
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Т. 15, № 3. 2023 год

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

Перевод на английский язык – Скуйбеда О.Н.

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

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 00.06.2023
Дата выхода 28.06.2023. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000
Отпечатано в ООО «Амирит». 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

V. 15, № 3. 2023

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

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

EDITORIAL BOARD:

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

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

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

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

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

English version is of Olga N. Skuybedina.

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

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 00.06.2023
The date of the issue is 28.06.2023. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000
Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88

СОДЕРЖАНИЕ

Наш юбиляр	5
СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ	
Трипутин В. М., Кашуба Ю. Н., Ковтуненко А. Н. Новый сорт озимой ржи Иртышская 2	8
Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Изучение взаимосвязей урожайности с биохимическими показателями семян сои	14
Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Дмитриев А. М., Бадамшина Е. В. Особенности наследования признаков продуктивности у гибридов гороха F_1 и F_2	21
Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Лупиного Д. Р., Арженовская Ю. Б., Шевченко Н. А. Взаимосвязь количественных признаков и урожайности зерна у гибридов восковидной кукурузы	29
Косенко С. В. Конкурсное сортоиспытание озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области	36
Левакова О. В., Гладышева О. В., Костаньянц М. И. Сравнительный анализ зерновой урожайности и биометрических элементов сортов пшеницы озимой в зависимости от периодов сортосмены	42
Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Ладатко М. А., Зеленева И. А., Фолиянц Б. В. Экологическое изучение зерноградских сортов риса в пойме Кубани	48
Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Бугрова В. В., Крахмалева М. С., Соболев С. В. Урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка»	54
Фадеева И. Д. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Султан	60
ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО	
Сухарев А. А., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Копман И. К., Самофалова Н. Е. Выбор предшественников и сроков посева для новых сортов твердой озимой пшеницы Юбилярка и Янтарина	65
Ермолаева Г. В. Изменение химического состава растений овса и накопление в урожае NPK при внесении минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом	73
Оганян Л. Р., Ерошенко Ф. В., Ковтун В. И., Сторчак И. Г. Агротехника возделывания озимой пшеницы сортов селекции Северо-Кавказского ФНАЦ	80
Дериглазова Г. М. Оценка стабильности урожайности ярового ячменя в условиях ЦЧР	87
Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А., Копман И. К., Манукян Ю. В. Влагообеспеченность посевов мягкой и твердой озимой пшеницы	93
ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ	
Верещагина А. Б., Гандрабур Е. С. Диагностика внутрипопуляционного адаптационного генеза черемухово-злаковой тли <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) в условиях питания на яровой мягкой пшенице различных сортов	99

CONTENTS

The person whose jubilee is celebrated	5
---	----------

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Triputin V. M., Kashuba Yu. N., Kovtunenkov A. N. The new winter rye variety 'Irtyskaya 2'	8
Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V. The study of the correlation between productivity and biochemical parameters of soybean	14
Davletov F. A., Gainullina K. P., Dmitriev A. M., Badamshina E. V. Inheritance features of productivity traits in pea hybrids F_1 and F_2	21
Krivoshchev G. Ya., Ignatiev A. S., Lupinoga D. R., Arzhenovskaya Yu. B., Shevchenko N. A. Correlation between quantitative traits and grain productivity of the waxy maize hybrids	29
Kosenko S. V. Competitive Variety Testing of winter common wheat in the conditions of the Penza region	36
Levakova O. V., Gladysheva O. V., Kostanyants M. I. Comparative analysis of grain productivity and biometric elements of winter wheat varieties depending on the variety change periods	42
Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V., Ladatko M. A., Zeleneva I. A., Foliyants B. V. Ecological study of the Zernograd rice varieties in the Kuban floodplain	48
Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Bugrova V. V., Krakhmaleva M. S., Sobolev S. V. Productivity and grain quality of winter common wheat varieties developed by the "FRC "Nemchinovka"	54
Fadeeva I. D. A new winter common wheat VARIETY 'Sultan'	60

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Sukharev A. A., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Kopman I. K., Samofalova N. E. Selection of forecrops and sowing time for the new winter durum wheat varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina'	65
Ermolaeva G. V. Chemical composition change of oat plants and the accumulation of NPK in the yield when applying a mineral fertilizer modified with a biological product	73
Oganyan L. R., Eroshenko F. V., Kovtun V. I., Storchak I. G. Cultivation agrotechnologies of winter wheat varieties developed by the North Caucasus FRAC	80
Deriglazova G. M. Estimation of the stability of spring barley productivity under the conditions of the Central Blackearth Region	87
Ovsyannikova G. V., Popov A. S., Sukharev A. A., Kopman I. K., Manukyan Yu. V. Moisture supply of the sown winter common and durum wheat	93

PLANT PROTECTION

Vereshchagina A. B., Gandrabur E. S. Diagnosis of intrapopulation adaptation genesis of bird cherry aphid <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) under nutrition conditions on various spring common wheat varieties	99
---	-----------

НАШ ЮБИЛЯР

**75 лет со дня рождения,
50 лет научно-педагогической деятельности, 40 лет работы на донской земле**

23 мая 2023 года доктору биологических наук, ведущему научному сотруднику лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки Центра фундаментальных научных исследований ФГБНУ «АНЦ «Донской» Михаилу Мефодьевичу Копусю исполнилось 75 лет.

Михаил Мефодьевич Копусь – основатель, руководитель и исполнитель исследований и оценок селекционного и семеноводческого материала по белковым (биохимическим) маркерам (генетика качества зерна и семян) на Дону.

Фундаментальные работы Михаила Мефодьевича по генетике клейковинных белков (идея генетической номенклатуры, нуль-аллели, каталоги, связь с качеством, геногеография, использование в селекции и семеноводстве, новые направления по качеству) стали классическими и получили широкое применение и известность не только в России, но и далеко за ее пределами. Копусь – автор работ по генетике мягкой и твердой пшеницы, озимого и ярового ячменя, тритикале, опубликованных на русском и английском языках. Им разработаны методы идентификации генотипов, способы селекции зерновых культур, созданы генетические коллекции.

Михаил Мефодьевич родился 23 мая 1948 г. в с. Слюсареве Одесской области (СССР). В 1966 г. поступил в Одесский сельскохозяйственный институт, который окончил в 1971 г. по специальности «Ученый агроном». После окончания работал в течение нескольких месяцев агрономом-семеноводом в хозяйстве в Одесской области, с 1971 по 1972 г. служил в рядах Советской Армии. В 1972 г. устроился лаборантом в отдел качества зерна, в 1973 г. поступил в аспирантуру Всесоюзного селекционно-генетического института (ВСГИ, г. Одесса). В 1975 г. им были предложены генетическая номенклатура клейковинных белков, факторов hard и soft, нуль-аллелей и многое другое. Все эти прорывные для биохимической генетики идеи были высоко оценены, поддержаны и продвинуты в СССР и в мире академиком ВАСХНИЛ, директором ВСГИ и научным руководителем М.М. Копуся Алексеем Алексеевичем Созиновым. Под руководством А.А. Созинова Михаил Мефодьевич в 1981 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук по теме «Связь генетически обусловленных особенностей компонентного состава глина с качеством муки у сортов мягкой озимой пшеницы» в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центральные районы Нечерноземной зоны (пос. Немчиновка Московской обл.). В 1998 г., по результатам многолетних исследований в Донском селекцентре НПО «Дон» (с 1999 г. – Всероссийский научно-исследовательский институт сорго и других зерновых культур (ВНИИСЗК), с 2004 г. – Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г. Калининко (ГНУ ВНИИСЗК им. И.Г. Калининко, ныне ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»), защитил при научной консультации академика Россельхозакадемии, академика и президента Украинской академии аграрных наук А.А. Созинова диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук по теме «Полиморфизм белков зерна и селекция озимых пшениц» во Всероссийском научно-исследовательском институте риса (г. Краснодар). В 2011 г. вышла в свет монография «Геномика пшеницы и тритикале в создании высококачественных сортов нового поколения», обобщающая научные исследования Михаила Мефодьевича за много лет работы (с 1983 по 2011 год). М.М. Копусь – автор коммерческих сортов озимой пшеницы, ячменя, сорго, люцерны и эспарцета.



Доктор биологических наук, заведующий отделом биохимической оценки во Всероссийском НИИ сорго и других зерновых культур М.М. Копусь, 2000 г.



М.М. Копусь вместе с научным руководителем и учителем академиком ВАСХНИЛ, академиком Национальной академии наук Украины А.А. Созиновым. Киев, 2009 г.



Профессор М. М. Копусь ведет практическое занятие для студентов-агрономов на кафедре агробиотехнологий ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская агроинженерная академия, 2011 г.



Слева направо: доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси, академик РАН, академик НААН Украины С. И. Гриб, доктор с.-х. наук, член-корреспондент РАН А. И. Грабовец, доктор биол. наук М. М. Копусь на конференции по тритикале на Северо-Донецкой опытной станции Донского зонального НИИ сельского хозяйства (Ростовская обл., Тарасовский район, 2012 г.)



Доктор биол. наук М. М. Копусь с коллегой (были аспирантами в ВСГИ) доктором биол. наук В. П. Нецветаевым (крайний справа), заведующим лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ Белгородского ФАНЦ РАН, на конференции в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Ростовская обл., г. Зерноград, 2017 г.)



М. М. Копусь с главой администрации Зерноградского района Ростовской области В. В. Панасенко. Награждение благодарственным письмом к Дню российской науки, 8 февраля 2023 г.

С 1983 г. М. М. Копусь работает в Донском селекцентре НПО «Дон» (с 2017 г. по настоящее время – ФГБНУ «АНЦ «Донской»), где начал свой научный и трудовой путь с должности старшего научного сотрудника отдела биохимии и дошел до заведующего отделом биохимической оценки. С 2013 г. – ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала, с 2019 г. – ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, с 2023 г. – ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки Центра фундаментальных научных исследований ФГБНУ «АНЦ «Донской». С конца 2000 гг. и по настоящее время является главным научным сотрудником отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале в ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр (Ростовская обл., пос. Рассвет). Михаил Мефодьевич совмещал научно-исследовательскую работу с преподавательской и экспертной деятельностью: он был председателем Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС им. Н. И. Вавилова) во ВНИИЗК им. И. Г. Калиненко, членом Ростовского регионального правления ВОГиС им. Н. И. Вавилова (г. Ростов-на-Дону), членом Всероссийского правления ВОГиС им. Н. И. Вавилова (г. Москва), заместителем руководителя координационного совета по качеству зерна Российской академии сельскохозяйственных наук (г. Москва), до 2013 г., преподавал в 2011–2012 гг. на должности профессора кафедры агробиотехнологий в ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, много лет был членом объединенного диссертационного совета ДМ 006.066.01, созданного на базе ГНУ Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Ростовская обл., пос. Рассвет) и диссертационного совета Д220.001.02 при ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная

академия (Ростовская обл., г. Зерноград). С 2013 г. на регулярной основе привлекался в качестве председателя Государственной аттестационной комиссии (ГАК) по защите дипломов по агрономическим специальностям (специалитет) в ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, с 2017 г. и по настоящее время работает в качестве председателя и члена Квалификационной экспертной комиссии (КЭК) по защите работ бакалавров и магистров и приему экзаменов в аспирантуру по агрономическим специальностям в Азово-Черноморском инженерном институте – филиале ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». В 2022 г. вошел в состав редакционного совета научного журнала «Хранение и переработка сельхозсырья», включенного в перечень ВАК.

*Администрация ФГБНУ «АНЦ «Донской»
и коллектив редакции журнала «Зерновое хозяйство России»
поздравляют Михаила Мефодьевича с юбилеем и желают ему
крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов.*

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.527:633.14«324»

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-8-13

НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ РЖИ ИРТЫШСКАЯ 2

В. М. Трипутин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории селекции озимых культур, vtriputin@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3210-5507;

Ю. Н. Кашуба, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции озимых культур, kaschuba.jurij@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2842-3270;

А. Н. Ковтуненко, заведующий лабораторией селекции озимых культур, agric@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7271-1205

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012, г. Омск, проспект Королева, д. 26

Озимая рожь при всех ее достоинствах (адаптивность, стрессоустойчивость, повышенная продуктивность) не выдерживает конкуренции с другими зерновыми культурами, и в большей степени это относится к качеству зерна. Исправление ситуации возможно в частности при возделывании сортов ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне. В Западной Сибири озимая рожь традиционно считалась ведущей зерновой культурой, эффективно использующей ресурсы среды и более продуктивной в сравнении с озимой пшеницей и тритикале. Для повышения результативности в селекционные исследования Омского аграрного научного центра был привлечен низкопентозановый сорт ржи Берегиня. В качестве исходной формы этот сорт использован при создании нового сорта Иртышская 2. Целью настоящей работы являлась характеристика данного сорта по ряду ценных признаков. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на опытных полях лаборатории селекции озимых культур. Оценка сорта ржи Иртышская 2 выявила ряд его преимуществ в сравнении со стандартным сортом Ирина. Новый сорт более урожайный. Его превышение над стандартом составило 0,36 т/га (при средней урожайности 6,34 т/га). Сорт Иртышская 2 характеризуется лучшей выраженностью количественных признаков (озерненность и продуктивность колоса) и показателей качества зерна (натура зерна, число падения). Для отборов на повышенную продуктивность нового сорта в качестве ведущего признака предлагается озерненность колоса, которая характеризуется сильной корреляционной связью с массой зерна колоса ($r = 0,731–0,889$). В 2022 г. сорт Иртышская 2 передан на Государственное сортоиспытание и рекомендован для использования в Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском регионах.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, урожайность.

Для цитирования: Трипутин В. М., Кашуба Ю. Н., Ковтуненко А. Н. Новый сорт озимой ржи Иртышская 2 // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 8–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-8-13.



THE NEW WINTER RYE VARIETY 'IRTYSHSKAYA 2'

V. M. Triputin, Candidate of Agricultural Sciences, docent, senior researcher of the laboratory for winter crop breeding, vtriputin@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3210-5507;

Yu. N. Kashuba, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for winter crop breeding, kaschuba.jurij@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2842-3270;

A. N. Kovtunencko, head of the laboratory for winter crop breeding, agric@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7271-1205

Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Research Center", 644012, RF, Omsk, Korolev Av, 26

Winter rye, with all its advantages (adaptability, stress resistance, increased productivity), cannot compete with other grain crops, and the reason is grain quality to a greater extent. Solution of the issue is possible when cultivating rye varieties with a low content of water-soluble pentosans in grain. In Western Siberia, winter rye has traditionally been considered a leading grain crop, which efficiently uses environmental resources and is more productive in comparison with winter wheat and triticale. In order to increase the efficiency, the low-pentosan rye variety 'Bereginya' was involved in the breeding study of the Omsk Agricultural Research Center. As an initial form, this variety was used to develop a new variety 'Irtyskaya 2'. The purpose of the current work was to characterize this variety according to a number of valuable traits. The study was carried out on the experimental plots of the laboratory for winter crop breeding in 2020–2022. The estimation of the rye variety 'Irtyskaya 2' has identified several advantages in comparison with the standard variety 'Irina'. The new variety was more productive. Its excess over the standard variety was 0.36 t/ha (with an average productivity of 6.34 t/ha). The variety 'Irtyskaya 2' is characterized by the best severity of quantitative traits ('grain size' and 'head productivity') and grain quality indicators ('grain unit', 'falling number'). In order to select for increased productivity of a new variety there has been proposed grain content of a head as the main trait, which is characterized by a strong correlation with the trait 'grain weight per head' ($r = 0.731–0.889$). In 2022 the variety 'Irtyskaya 2' was sent to the State Variety Testing and recommended for use in the West Siberian and East Siberian regions.

Keywords: winter rye, variety, productivity.

Введение. В России рожь относится к основным зерновым культурам, но ее производство в последнее время неуклонно снижается. Одной из причин такой негативной тенденции является невысокая конкурентоспособность ржи, определяемая механизмом ценообразования и возможностями расширения рынка потребителей (Шаболкина и др., 2018).

Ни одна зерновая культура не может сравниться с рожью по адаптивности и стрессоустойчивости, способности давать стабильный урожай зерна в неблагоприятные и экстремальные по погодным условиям годы. Являясь культурой низкого экологического и экономического риска, рожь традиционно считается страховой зерновой культурой в большинстве земледельческих регионов страны (Сысуев и др., 2020).

Для расширения посевов и увеличения валовых сборов зерна необходимо создание новых сортов ржи (Сафонова и др., 2019). В настоящее время приоритетно получение адаптивных сортов ржи продовольственного использования, устойчивых к нерегулируемым факторам внешней среды и приспособленных к почвенно-климатическим особенностям региона (Шляхтина и Рылова, 2020).

Важным условием селекции ржи является соответствие качества зерна требованиям рынка. Селекционная работа позволяет создавать сорта для целевого использования и расширения технологий, связанных с переработкой ржи. Именно в этом нам видится реновация ржи – переоткрытие ржи с новых позиций, что должно привести к изменениям в отношении к культуре в целом и ее производству (Пономарева и Пономарев, 2019).

В селекции ржи оформилось новое направление – создание сортов универсального использования, характеризующихся низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне (Кобылянский и др., 2021). Предполагается, что возделывание низкопентозановых сортов ржи обеспечит формирование продукции лучшего качества, увеличит спектр использования ржаного зерна и повысит востребованность культуры (Кобылянский и др., 2019).

Из всех озимых культур именно рожь больше всего подходит для возделывания в суровых условиях Западной Сибири. Многолетнее испытание озимых культур в конкурсном со-

ртоиспытании Омского аграрного научного центра (АНЦ) указывает на стабильное преимущество ржи по урожайности перед тритикале и пшеницей (Трипутин и др., 2020).

Цель настоящей работы – охарактеризовать новый сорт диплоидной озимой ржи Иртышская 2 по хозяйственно ценным признакам.

Материалы и методы исследований.

Материалом для изучения были образцы диплоидной озимой ржи из конкурсного сортоиспытания (КСИ). Номера питомника располагались на делянках площадью 15 м² в трехкратной повторности. Стандарт – сорт Ирина. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на опытных полях лаборатории селекции озимых культур Омского АНЦ. Предшественник – пар. Посев проводили сеялкой ССФК 7М в третьей декаде августа (29 августа в 2019 и 2020 гг., 28 августа в 2021 г.) на глубину 5–6 см. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Уборку осуществляли комбайном «Winter Steger Classic».

В опытах руководствовались методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Зимостойкость оценивалась по результатам перезимовки в полевых условиях. Выборка при структурном анализе растений составляла 30 шт. Статистическая обработка результатов исследований была проведена по программам из пакета Анализ для Microsoft Excel и по методике Б. А. Доспехова (2014).

Содержание белка в зерне определяли по Къельдалю в модификации Базавлука. Реологические свойства теста изучали на альвеографе. Хлебопекарные свойства оценивали по пробной выпечке хлеба методом «ремикс».

При анализе погодных условий использованы данные сайта www.pogodaklimat.ru для г. Омска. В 2020 г. стабильно высокая температура воздуха отмечена в период со второй декады апреля (срок возобновления вегетации озимых культур в регионе) и до первой декады июня включительно (табл. 1). Теплее обычного в этом году было в первой и второй декадах июля. В 2021 г. преобладание теплой погоды оказалось характерным для мая, а также начала и конца июля. Повышенный температурный фон в 2022 г. охватил все весенние месяцы (апрель, май) и проявился во второй декаде июня, второй и третьей декадах июля.

Таблица 1. Температура (°C) воздуха по декадам в годы опытов
Table 1. Air temperature (°C) by decades during the years of experience

Год, норма	Апрель		Май			Июнь			Июль		
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2020	10,6	13,9	13,9	20,2	18,0	17,1	16,2	15,2	21,4	23,9	18,2
2021	4,8	8,2	13,8	17,0	21,2	15,0	16,8	16,7	23,5	17,1	21,2
2022	9,1	8,7	19,2	16,6	20,8	14,8	19,3	17,3	18,4	20,8	22,3
Средняя многолетняя	4,9	8,0	10,7	13,0	15,1	16,9	18,1	19,0	19,4	19,5	19,0

Относительно осадков самым неблагоприятным оказался 2022 г., когда на протяжении

всего периода вегетации растений (за исключением третьей декады июня) их выпало мень-

ше нормы (табл. 2). При этом самый большой недобор осадков отмечен весной (апрель, май) и в июле. В 2020 г. очень мало осадков выпало в период третья декада мая – вторая декада

июня и в течение всего июля. В 2021 г. сильное отставание от нормы по осадкам проявилось в период вторая декада мая – первая декада июня.

Таблица 2. Сумма осадков (мм) по декадам в годы опытов
Table 2. Total precipitation (mm) by decades during the years of experience

Год, норма	Апрель		Май			Июнь			Июль		
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2020	6	28	1	16	6	1	1	41	8	3	2
2021	0	10	8	1	4	8	22	15	13	13	7
2022	3	1	0	5	6	13	14	32	8	13	5
Средняя многолетняя	7	10	10	11	14	15	16	21	20	22	22

В целом наибольшие отличия от сред-немноголетних значений (повышенные температуры воздуха, частый недобор осадков) оказались характерными для 2022 года.

Результаты и их обсуждение. Сорт озимой ржи Иртышская 2 создан посредством массового отбора из гибридной популяции, полученной от переопыления сортов Берегиня, Ирина, Иртышская. Сорт Берегиня является одним из первых низкопентозановых сортов озимой ржи (Кобылянский и др., 2021).

Апробационные признаки сорта Иртышская 2. Стебель полый прочный. Лист широкий, без опушения и воскового налета. Колос белый призматический (см. рисунок). Колосковая чешуя ланцетная со слабо выраженной нервацией. Зубец длинный. Плечо отсутствует. Киль слабо выражен. Ости длинные расходящиеся, грубые, белые. Зерно серо-зеленое, удлиненное.



Колос и зерно сорта Иртышская 2
Ear and grain of the variety Irtyshskaya 2

Продолжительность вегетационного периода сорта Иртышская 2 составляет 323 сут., по группе спелости он относится к среднепоздним сортам. Новый сорт устойчив к осыпанию. Устойчивость к полеганию у сорта Иртышская 2 за годы исследований составила 3,4 балла, а у стандартного сорта Ирина – 3,2 балла.

В процессе селекционной работы часто одновременно изучают несколько перспективных образцов. Конкурсное испытание позволяет сравнить продуктивные и адаптивные способности новых сортов с известными сортами, выращиваемыми в производстве. Наибольшей ценностью характеризуются сорта, у которых сохраняется высокая продуктивность при изменении условий выращивания (Потапова и др., 2020).

Именно новый сорт озимой ржи Иртышская 2 отличался повышенной стабильной урожайностью по отношению к ранее созданным в лаборатории сортам Ирина и Иртышская (табл. 3). Максимальная урожайность сорта Иртышская 2 отмечена в 2021 г. (7,59 т/га).

Таблица 3. Урожайность, т/га
Table 3. Productivity, t/ha

Сорт	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Ирина, st	6,22	7,09	4,62	5,98
Иртышская 2	6,79	7,59	4,65	6,34
Иртышская	6,26	7,20	4,61	6,02
HCP ₀₅	0,23	0,33	0,09	0,22

Значительное снижение урожайности в 2022 г. у всех сортов ржи по сравнению с 2020 и 2021 гг. объясняется худшей выраженностью многих показателей продуктивности (продуктивная кустистость, количество колосков в колосе, озерненность колоса, масса 1000 зерен, число зерен в колоске, масса зерна колоса и растения) из-за более жестких погодных условий в период их формирования. Наибольшие различия проявились по продуктивной кустистости (2,90 шт. в 2022 г. против 3,52 и 3,47 шт.) и массе зерна растения (2,98 г в 2022 г. против 4,98 и 3,75 г). В 2022 г. даже по высоте растения сортов были ниже, чем в предыдущие годы опытов (112 см против 138 и 127 см).

Зимостойкость сорта Иртышская 2 в среднем несколько выше, чем у стандарта (табл. 4). По высоте растения новый сорт находится на уровне сортов Ирина и Иртышская. У сорта Иртышская 2 – более длинный колос (11,7 см), а также лучшая выраженность озерненности колоса (53,4 шт.) и массы зерна колоса (1,56 г).

Таблица 4. Хозяйственно ценные признаки (2020–2022 гг.)
Table 4. Economically valuable traits (2020–2022)

Сорт	Зимостойкость, %	Высота растения, см	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерна колоса, г
Ирина, st	93	125	10,3	49,8	1,51
Иртышская 2	96	126	11,7	53,4	1,56
Иртышская	96	125	10,5	50,4	1,53
НСР ₀₅	1,9	2,1	0,8	2,4	0,08

Среди показателей качества зерна сорт Иртышская 2 выделяется по числу падения (178 сек.) и натуре зерна (729 г/л), несколько уступая стандарту по объемному выходу хлеба и общей хлебопекарной оценке (табл. 5). Содержание белка в зерне у нового сорта

ниже, чем у сорта Ирина. Однако предполагается, что именно повышенная урожайность сорта Иртышская 2 обеспечит ему валовый сбор белка с единицы площади на уровне стандарта или даже выше его.

Таблица 5. Показатели качества зерна (2020–2022 гг.)
Table 5. Grain quality indicators (2020–2022)

Сорт	Натура зерна, г/л	Белок, %	Число падения, с	Объемный выход хлеба, см ³	Общая хлебопекарная оценка, балл
Ирина, st	714	17,4	139	430	3,8
Иртышская 2	729	16,4	178	420	3,7
Иртышская	714	16,4	159	420	3,7
НСР ₀₅	11	0,6	36	8	0,1

Расчет коэффициентов вариации (V) элементов колоса сорта Иртышская 2 показал, что незначительная изменчивость присуща длине колоса ($V = 9,4\text{--}9,9\%$) (табл. 6). У массы

1000 зерен изменчивость находится на среднем уровне ($13,2\text{--}15,4\%$), а по озерненности колоса отмечены колебания от средней до значительной ($V = 17,1\text{--}29,6\%$).

Таблица 6. Изменчивость ($V \pm S_v$) признаков сорта Иртышская 2, %
Table 6. Variability ($V \pm S_v$) of traits of the variety 'Irtyskaya 2', %

Признак	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Длина колоса	$9,9 \pm 1,28$	$9,7 \pm 1,25$	$9,4 \pm 1,21$
Озерненность колоса	$17,1 \pm 2,21$	$29,6 \pm 3,82$	$21,0 \pm 2,71$
Масса 1000 зерен	$15,4 \pm 1,99$	$15,2 \pm 1,96$	$13,2 \pm 1,71$

Определение коэффициентов корреляции (r) позволило установить наличие стабильно сильной связи массы зерна колоса с его озерненностью ($r = 0,731\text{--}0,889$) (табл. 7). Между массой зерна колоса и массой 1000 зерен проявилась средняя зависимость ($r = 0,487\text{--}0,678$).

Озерненность колоса непосредственно характеризовалась более тесной корреляционной связью с количеством колосков в колосе ($r = 0,537\text{--}0,842$), чем с длиной колоса ($r = 0,130\text{--}0,402$).

Таблица 7. Корреляции ($r \pm S_r$) признаков сорта Иртышская 2
Table 7. Correlations ($r \pm S_r$) of traits of the variety 'Irtyskaya 2'

Пары коррелируемых признаков	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Масса зерна колоса – озерненность колоса	$0,731 \pm 0,130$	$0,889 \pm 0,086$	$0,869 \pm 0,094$
Масса зерна колоса – масса 1000 зерен	$0,622 \pm 0,148$	$0,487 \pm 0,165$	$0,678 \pm 0,139$
Озерненность колоса – количество колосков в колосе	$0,759 \pm 0,123$	$0,842 \pm 0,102$	$0,537 \pm 0,159$
Озерненность колоса – длина колоса	$0,402 \pm 0,173$	$0,130 \pm 0,187$	$0,305 \pm 0,180$

Статистическая обработка экспериментальных данных у сорта озимой ржи Иртышская 2 показала, что озерненность колоса, несмотря на повышенный уровень изменчивости по сравнению с массой 1000 зерен и длиной колоса, более предпочтительна в качестве ведущего признака при проведении отборов на продуктивность благодаря сильной корреляционной зависимости с массой зерна колоса.

Расчет корреляций урожайности с хозяйственно ценными признаками за период 2020–2022 гг. у номеров КСИ выявил наличие средней зависимости между урожайностью и высотой растений ($r = 0,622 \pm 0,157$), а также между урожайностью и массой зерна колоса ($r = 0,400 \pm 0,183$). Связи урожайности с другими признаками (озерненность колоса, масса 1000 зерен, продуктивная кустистость, масса зерна растений, густота продуктивного стебле-

стоя) были несущественными (от $r = 0,025 \pm 0,200$ до $r = 0,359 \pm 0,186$). Большая значимость корреляции урожайности с высотой растений определялась влиянием погодных условий, когда под действием засухи (2022 г.) происходило снижение как высоты растений, так и урожайности. При относительно благоприятных условиях (2020–2021 гг.) были выше значения высоты растений и урожайности.

Новый сорт лаборатории селекции озимых культур Омского АНЦ Иртышская 2 передан на Государственное сортоиспытание в 2022 г. с рекомендацией использования в Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском регионах.

Выводы. Оценка нового сорта озимой ржи Иртышская 2 выявила ряд его преимуществ в сравнении со стандартным сортом Ирина. Новый сорт более урожайный. Его превышение над стандартом составило 0,36 т/га (при средней урожайности 6,34 т/га за 2020–2022 гг.). Сорт Иртышская 2 характеризуется лучшей выраженностью количественных признаков (озерненность и продуктивность колоса) и показателей качества зерна (натура зерна, число падения). Для отборов на повышенную продуктивность нового сорта в качестве ведущего признака предложена озерненность колоса.

Библиографические ссылки

1. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В., Никонорова И. М. Морфологические особенности низкопентозанового зерна ржи // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, Вып. 2. С. 123–130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.
2. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В., Тимина М. А., Плеханова Л. В., Количенко А. А., Ломова Т. Г. Новый сорт озимой ржи Красноярская универсальная // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 7. С. 13–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10703.
3. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 3. С. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.
4. Потапова Г. Н., Галимов К. А., Зобнина Н. Л. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи на Среднем Урале // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004.
5. Сафонова И. В., Анисимов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 6. С. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.
6. Сысоев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
7. Трипутин В. М., Ковтуненко А. Н., Кашуба Ю. Н., Пахотина И. В. Селекционная оценка озимых зерновых культур в Омской области // Актуальные направления развития аграрной науки: Сборник научных статей, посвященный 50-летию селекционного центра ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск: Изд-во ИП Макшеевой И. А., 2020. С. 249–254.
8. Шаболкина Е. Н., Бишарев А. А., Анисимкина Н. В., Беляева М. В. Перспективы селекции озимой ржи на хлебопекарные цели // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 59–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-59-63.
9. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3. С. 38–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42.

References

1. Kobylanskiy V. D., Solodukhina O. V., Nikonorova I. M. Morfologicheskie osobennosti nizkopentozanovogo zerna rzhii [Morphological features of low-pentosan rye grain] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. T. 182, Vyp. 2. S. 123–130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.
2. Kobylanskiy V. D., Solodukhina O. V., Timina M. A., Plekhanova L. V., Kolichenko A. A., Lomova T. G. Novyi sort ozimoi rzhii Krasnoyarskaya universal'naya [The new winter rye variety 'Krasnoyarskaya Universalnaya'] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 7. S. 13–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10703.
3. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimizatsiya parametrov kachestva zerna dlya selektsii ozimoi rzhii [Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. T. 23, № 3. S. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.
4. Potapova G. N., Galimov K. A., Zobnina N. L. Produktivnost' i adaptivnost' sortov ozimoi rzhii na Srednem Urale [Productivity and adaptability of winter rye varieties in the Middle Urals] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 10. S. 28–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11004.
5. Safonova I. V., Anisimov N. I., Kobylanskiy V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kollektsii ozimoi rzhii VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kollektsii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [Database of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the collection history, and effective studying and preserving] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. T. 23, № 6. S. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.
6. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Znachenie ozimoi rzhii dlya sokhraneniya prirodnogo agroekologicheskogo balansa i zdorov'ya cheloveka (obzor) [Significance of winter rye for saving natural agro-ecological balance and human health (review)] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020. № 1. S. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.

7. Triputin V. M., Kovtunen A. N., Kashuba Yu. N., Pakhotina I. V. Selektionnaya otsenka ozimyykh zernovykh kul'tur v Omskoi oblasti [Breeding estimation of winter crops in the Omsk region] // Aktual'nye napravleniya razvitiya agrarnoi nauki: Sbornik nauch. statei, posvyashchennyi 50-letiyu selektsionnogo tsentra FGBNU «Omskii ANTs». Omsk: Izd-vo IP Maksheevoi I.A., 2020. S. 249–254.

8. Shabolkina E. N., Bisharev A. A., Anisimkina N. V., Belyaeva M. V. Perspektivy selektsii ozimoi rzhii na khlebopekarnye tseli [Prospects of winter rye breeding for baking purposes] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 6. S. 59–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-59-63.

9. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. Rezul'taty otsenki adaptivnykh pokazatelei priznakov «urozhainost'» i «chislo padeniya» sortov ozimoi rzhii v usloviyakh Kirovskoi oblasti [The results of estimating the adaptive indicators of the traits 'productivity' and 'falling number' of winter rye varieties in the conditions of the Kirov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 3. S. 38–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-38-42.

Поступила: 22.01.23; доработана после рецензирования: 21.02.23; принята к публикации: 22.02.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Трипутин В. М., Ковтуненко А. Н. – концептуализация исследования; Кашуба Ю. Н. – подготовка опыта; Трипутин В. М., Ковтуненко А. Н., Кашуба Ю. Н. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Трипутин В. М., Ковтуненко А. Н. – анализ данных и их интерпретация; Трипутин В. М., Кашуба Ю. Н. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ УРОЖАЙНОСТИ С БИОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕМЯН СОИ

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, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Цель исследований – выявить взаимосвязи между урожайностью семян и качественными показателями семян коллекционных образцов сои. Исследования проводили на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 годах. За годы исследований метеорологические условия были нестабильны и имели различия со среднемноголетними данными. Объектами исследований являлись 85 образцов сои из мировой коллекции ВИГРП им. Н. И. Вавилова. В результате проведенных исследований выявлено, что наиболее вариабельной была урожайность ($V = 45,4\%$), чем содержание белка ($V = 6,4\%$) и жира в семенах ($V = 9,7\%$). Взаимосвязи между урожайностью и качественными показателями семян были слабые и составили $r = -0,24$ с содержанием белка и $r = 0,29$ с содержанием жира. Между содержанием белка и жира корреляция была выше и составила $r = -0,51$. Составление диаграмм размаха показали, что основная часть коллекционных образцов сои имела среднее содержание белка 40,5–43,0 %, а наиболее урожайные образцы имели содержание белка 39,0–39,5 %. Преобладающая часть коллекции имела содержание жира в семенах от 19,0 до 21,5 %, в которую также входили образцы с максимальной семенной продуктивностью и содержанием жира 19,0–19,5 %. На фоне установленной отрицательной корреляции между содержанием белка и жира в семенах обнаружены образцы с очень высоким содержанием белка и жира в семенах одновременно. Были выделены 3 образца коллекции сои (Зодиак (Молдова), Селекта-101 (Россия) и Antuxiaoneidou (Китай), имеющие высокую урожайность с высоким содержанием белка и жира в семенах. Результаты исследований изучения взаимосвязей между семенной продуктивностью и качественными показателями семян коллекционных образцов сои будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: соя, коллекция, сорт, урожайность, корреляция, зависимость, вариация.

Для цитирования: Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Изучение взаимосвязей урожайности с биохимическими показателями семян сои // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 14–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-14-20.



THE STUDY OF THE CORRELATION BETWEEN PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SOYBEAN

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, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The purpose of the current study was to identify the correlation between seed productivity and quality indicators of the soybean collection samples. The study was carried out in the fields of the FSBSI “ARC “Donskoy” in 2019–2021. Over the years of study, the weather conditions were unstable and differed from the long-term mean data. The objects of research were 85 soybean samples from the world collection of the N. I. Vavilov Institute. The study has established that the most variable trait was productivity ($V = 45.4\%$) than protein ($V = 6.4\%$) and oil percentage in seeds ($V = 9.7\%$). The correlation between productivity and seed quality was weak and amounted to $r = -0.24$ with protein and $r = 0.29$ with oil content. The correlation between protein and oil content was higher and amounted to $r = -0.51$. Span charting showed that the bulk of soybean collection samples had a mean protein percentage of 40.5–43.0 %, and the most productive samples had 39.0–39.5 % of protein. The predominant part of the collection had an oil content in seeds from 19.0 to 21.5 %, which also included samples with maximum seed productivity and 19.0–19.5 % of oil. Against the background of the established negative correlation between protein and oil content in seeds, there were found the samples with a very high content of protein and oil in seeds at the same time. There were selected three soybean collection samples (‘Zodiak’ (Moldova), ‘Selekta-101’ (Russia) and ‘Antuxiaoneidou’ (China), which had large productivity a high content of protein and oil in seeds. The study results of the correlation between seed productivity and quality indicators of the soybean collection samples will be used in further breeding work.

Keywords: soybean, collection, variety, productivity, correlation, dependence, variation.

Введение. Сою (*Glycine max* (L.) Merr.) возделывают более чем в 90 странах мира на достаточно большой площади – больше 122 млн га. Можно считать, что северная граница – это 56-я параллель северной широты в России, а южная – 37-я параллель южной широты, которая находится в Аргентине (Федорина и др., 2022).

Благодаря сбалансированному химическому составу зерна и надземной вегетативной массы в широком применении в кормовых, пищевых, технических и медицинских отраслях сою можно считать самой значимой бобовой культурой во всем мире. В мировом производстве пищевого жира данное растение занимает главенствующие позиции. Удельный вес мирового производства соевого масла составляет 40 %, а подсолнечного – 17 % (Кипшакбаева и др., 2022). Соя является одной из приоритетных культур многоцелевого использования на Дальнем Востоке, важным источником белка для человека, животных и птиц. В наше время постоянно возрастают потребности населения в питании, а также в новых технологиях переработки. Все эти факторы поднимают требования к вновь создаваемым сортам сои. В последние годы селекционеры, наряду с главными признаками, которыми должен обладать сорт сои (урожайность, высокая продуктивность, устойчивость к экстремальным факторам среды, технологичность), все больше уделяют внимание содержанию белка и жира, а также их переработке. В растениеводстве, которое ориентировано на рост урожайности, ведущую роль играют адаптивные свойства сорта, с помощью которых можно стабильно получать высокие урожаи вне зависимости от погодно-климатических условий. Успешная работа ученых-селекционеров во многом зависит от целенаправленного подбора пар для гибридизации и изучения коллекционного материала (гермоплазмы или исходного материала), которые в свою очередь позволяют выделить нужные источники морфо-биологических, а также хозяйственно ценных признаков и свойств для использования в селекционной работе (Бутовец и др., 2020; Шепель и др., 2020; Новикова и др., 2018). Поэтому прогресс селекционной работы, ориентированной на создание высокопродуктивных и с высокими показателями качества сортов, невозможен без исследований адаптивности, оценку которой многие селекционеры считают одной из важнейших задач селекции (Фокина и др., 2019).

Несомненно, качество – это основное требование, актуальное для всех направлений их использования. У сои это прежде всего качество зерна: состав и содержание белка и масла, всевозможных антипитательных веществ. В ходе селекционной работы постоянно оценивается содержание в семенах белка, жира и других незаменимых аминокислот. Зачастую ученые хотят найти источники для создания сорта с высокими показателями содержания

белка и жира одновременно. Было установлено, что за последние годы данные качественные показатели увеличились и практически достигли своих пределов. Но как показывает селекционная практика, накопление белка и жира в семенах сои обычно имеет сильную отрицательную связь, которую пока не удается разорвать. Установлено, что отрицательная корреляция между данными признаками может варьировать от $r = -0,26$ до $r = -0,92$ (Stobaugh et al., 2017).

При создании масличных сортов также не всегда учитывается характеристика материала по качеству белка. В коллекциях были выявлены источники хозяйственно ценных признаков, идентифицированы генотипы для оптимизации селекции масличных сортов: с высоким содержанием масла (выше 25 %), с повышенным содержанием линолевой кислоты (50–52 %), с повышенным содержанием ненасыщенных кислот (Fang et al., 2017).

Тем не менее, коллекционный генофонд систематизируется на основе фенотипических признаков, которые получены в результате изучения образцов в различных погодно-климатических и почвенных условиях и, естественно при лабораторных анализах. Перед учеными стояла и стоит задача знать мировые современные тенденции использования данной культуры, для адресного поиска источников, которые можно будет предложить для селекции сортов целевого использования. Такая возможность поиска в первую очередь определяется большой изменчивостью признаков и свойств, которая выявляется в изучении коллекционного материала (Вишнякова и др., 2017).

Цель исследований – выявить взаимосвязи между урожайностью семян и качественными показателями семян коллекционных образцов сои.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований служили 85 коллекционных образцов сои из ВИГРР им. Н. И. Вавилова, которые различались по морфобиологическим и хозяйственно ценным признакам. В качестве стандарта использовался районированный сорт Донская 9.

Исследования проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 годах. Почва – чернозем обыкновенный мощный карбонатный тяжелосуглинистый. Предшественник – озимая пшеница. Учет урожайности и биохимический анализ проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019).

Коллекционный питомник высевали широкорядным способом сеялкой ССФК-7. Ширина междурядий 0,45 м. Площадь делянки 5 м². Механизированную уборку проводили по достижении семян полной спелости комбайном «Wintersteiger». Определение содержания белка в семенах образцов сои проводили по методу Кьельдаля, содержание жира – по методу

Ружковского. Математический анализ данных исследований выполнен по методике Б.А. Доспехова (2014) и с помощью программы Statistica 10. Главным критерием отбора коллекционных образцов была урожайность семян, достоверно превысившая стандартный сорт.

За годы исследований метеорологические условия были нестабильны и различались по годам, что позволило объективно оценить вариабельность исследуемых показателей.

Вегетационный период сои 2019 г. и в целом погодные условия в период вегетации положительно повлияли на дружность всходов сои и интенсивность роста и развития растений.

В 2020 г. распределение осадков в процессе онтогенеза растений сои было неравномерным, но на уровне среднеголетних данных. А температурный режим в период вегетации сои был на 0,4–4,7 °С выше среднеголетних, что отрицательно повлияло на развитие растений.

Условия вегетации в 2021 г. характеризовались осадками на уровне среднеголетних показателей более равномерным распределением во время вегетации, чем в предыдущий год, на фоне повышенных температур воздуха благоприятствовали формированию урожая семян сои.

Результаты и их обсуждение. В исследования по изучению взаимосвязей урожайности семян и их качественными показателями были включены 85 образцов коллекции сои, различающихся по основным хозяйственно ценным признакам (период вегетации, высота растений, масса 1000 семян, количество семян с одного растения и др.). Оценка урожайности и качественных показателей семян, их диапазона данных показала, что наиболее вариабельной была урожайность, что свидетельствует о большей межсортной изменчивости данного признака, чем содержание белка и жира в семенах (табл. 1).

Таблица 1. Показатели урожайности и качества семян коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)
Table 1. Indicators of productivity and seed quality of soybean collection samples (2019–2021)

Показатели	Годы	min	max	Среднее	Коэффициент вариации, %
Содержание белка в семенах, %	2019	38,9	45,9	41,5	3,8
	2020	34,2	46,1	40,1	6,9
	2021	38,9	49,4	44,2	4,6
	среднее	34,2	49,4	42,0	6,4
Содержание жира в семенах, %	2019	17,6	23,2	21,4	5,9
	2020	17,4	22,1	20,3	6,1
	2021	14,2	20,0	18,0	7,2
	среднее	14,2	23,2	19,9	9,7
Урожайность семян, т/га	2019	0,28	2,39	1,43	34,3
	2020	0,10	1,14	0,70	31,6
	2021	0,63	2,83	1,60	29,0
	среднее	0,10	2,83	1,24	45,4

Так, межсортная изменчивость коллекционных образцов по урожайности семян согласно методике Б.А. Доспехова (2012) была очень высокой (более 20 %) и составила 45,4 %, с минимальным значением за годы исследований 0,10 т/га, максимальным – 2,83 т/га и средним – 1,24 т/га. А наименее вариабельным с низким значением был показатель «содержание белка в семенах» (6,4 %). Среднее значение содержания белка в семенах в целом по коллекции за годы исследований составило 42,0 %, минимальное – 34,2 %, максимальное – 49,4 %.

Промежуточную позицию по изменчивости занимал показатель «содержание жира в семенах» с низким показателем вариации 9,7 %. Среднее содержание жира по коллекции за годы исследований составило 19,9 %, минимальное – 14,2 %, максимальное – 23,2 %.

Определение взаимосвязей между урожайностью и качественными показателями семян коллекционных образцов сои показало слабые зависимости. Корреляционная связь между урожайностью и содержанием белка была отрицательной ($r = -0,24$) и содержанием жира положительным ($r = 0,29$) (табл. 2).

Таблица 2. Взаимосвязь между урожайностью и качеством семян коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)
Table 2. Correlation between productivity and seed quality of soybean collection samples (2019–2021)

Показатели	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание жира, %
Урожайность, т/га	–	–0,24+0,11*	0,29+0,10*
Содержание белка, %	–	–	–0,51+0,09**
Содержание жира, %	–	–	–

Примечания. * – значимо при $p = 0,05$; ** – значимо при $p = 0,01$.

Между содержанием белка и жира наблюдалась отрицательная взаимосвязь на среднем уровне, она составила ($r = -0,51$). Все это свидетельствует о том, что при повышении урожайности семян сои увеличивается содержание жира, но снижается содержание белка в семенах. И наоборот, при снижении урожайности падает доля жира в семенах, но увеличивается белковая составляющая.

В целом представленные корреляционные связи характеризуют весь массив исследованного коллекционного материала. Однако для селекционной работы интерес представ-

ляют отдельные образцы или группа образцов коллекции, существенно отличающиеся от усредненных значений. В связи с этим авторами была проведена оценка зависимостей составлением диаграмм размаха, на которых представлены линия регрессии, показывающая корреляционную связь, средние значения по группам, стандартное отклонение, фактические средние за годы исследований показатели по каждому образцу.

На рисунке 1 основная часть коллекционных образцов сои имела среднее содержание белка – 40,5–43,0 %.

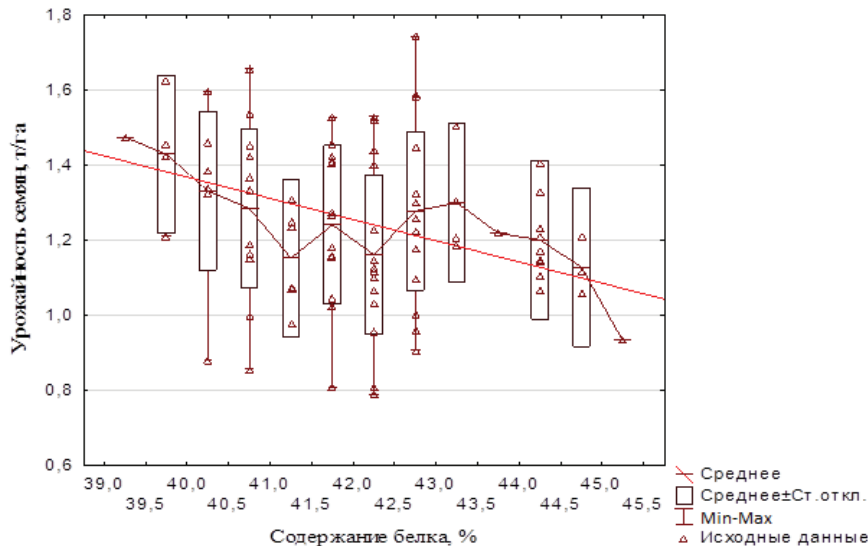


Рис. 1. Взаимосвязь урожайности семян и содержания белка в семенах коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Correlation between seed productivity and protein percentage in seeds of soybean collection samples (2019–2021)

Наиболее урожайные образцы имели содержание белка 39,0–39,5 %. Увеличение содержания белка в семенах наблюдалось на фоне снижения урожайности семян. Но выделились образцы с урожайностью бо-

лее 1,6 т/га и высоким содержанием белка (40,5–41,0 % и 42,5–43,0 %).

По содержанию жира в семенах основная часть коллекционных образцов сои находилась в группе от 19,0 до 21,5 % (рис. 2).

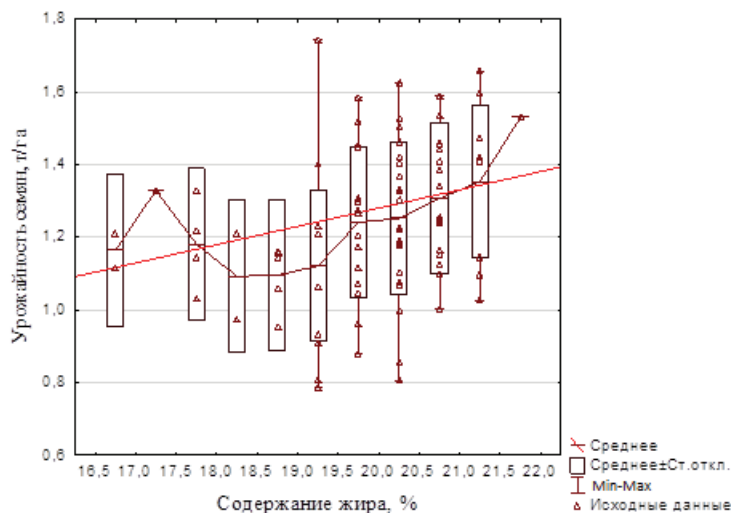


Рис. 2. Взаимосвязь урожайности семян и содержания жира в семенах коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)

Fig. 2. Correlation between seed productivity and oil content in seeds of soybean collection samples (2019–2021)

График размаха показал, что при увеличении урожайности семян возрастает и содержание жира в семенах. Наиболее урожайными были образцы, которые имели содержание жира 21,0–21,5 %. Максимальную урожайность показали образцы с содержанием жира 19,0–19,5 %.

В селекционной работе на качество семян сои всегда стоит выбор – либо создавать сорта

с высоким содержанием белка, либо с высоким содержанием жира. Это подтверждается и нашими исследованиями, где между содержанием белка и жира в семенах прослеживается отрицательная корреляция на среднем уровне ($r = -0,51$). Однако возможны и исключения, для поиска которых был построен график размаха по показателям содержания белка и жира в семенах (рис. 3).

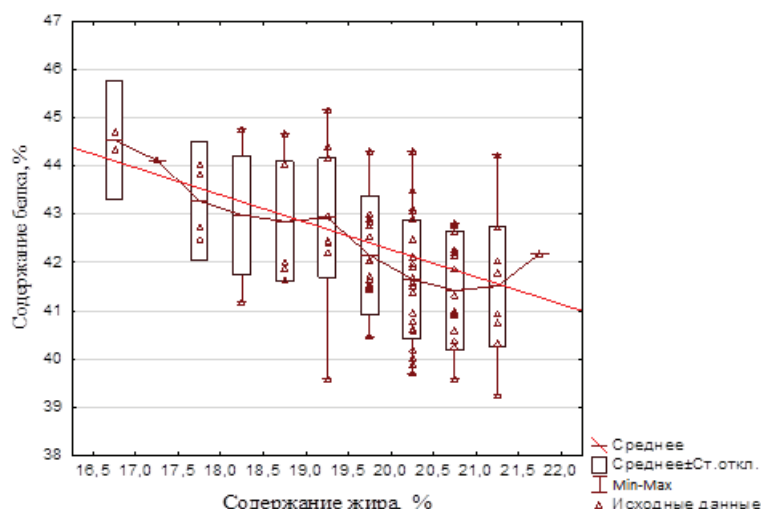


Рис. 3. Взаимосвязь между содержанием белка и жира в семенах коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)

Fig. 3. Correlation between protein and oil content in seeds of soybean collection samples (2019–2021)

Все образцы имеют содержание белка в семенах более 39,0 %. Основной массив образцов расположен в группах с содержанием жира более 19,5 %. Но при отрицательной корреляции обнаружены образцы с очень высоким содержанием белка и жира в семенах одновременно.

Обобщая результаты проведенных исследований, были выделены 3 образца коллекции сои (Зодиак (Молдова), Селекта-101 (Россия) и Antuxiaoneidou (Китай)), для которых главным критерием отбора являлся высокий уровень урожайности семян. Но у них был и высокий уровень содержания белка и жира в семенах (табл. 3).

Таблица 3. Показатели урожайности семян, содержания белка и жира в семенах выделившихся коллекционных образцов сои (2019–2021 гг.)

Table 3. Indicators of seed productivity, protein, and oil content in seeds of soybean collection samples (2019–2021)

Образец, происхождение	Урожайность, т/га	Содержание белка в семенах, %	Содержание жира в семенах, %
Донская 9 (Россия), st	1,40	39,6	20,7
Зодиак (Молдова)	1,74	43,0	19,4
Селекта-101 (Россия)	1,66	40,7	21,4
Antuxiaoneidou (Китай)	1,63	39,7	20,2
Среднее	1,24	42,1	19,9
Стандартное отклонение	—	1,39	1,05
НСР ₀₅	0,21	—	—

Представленные образцы представляют интерес в селекционной работе по сое как родительские формы в скрещиваниях с высоким потенциалом урожайности семян с их высокими качественными показателями.

Выводы. В результате проведенных исследований межсортовая изменчивость урожайности семян (в среднем 1,24 т/га) коллекцион-

ных образцов была очень высокой и составила 45,4 %. Содержание белка в семенах в среднем по коллекции составило 42,0 % с вариацией 6,4 %. Содержание жира по коллекции за годы исследований составило 19,9 % с показателем вариации 9,7 %. Выявлены отрицательные корреляции между урожайностью семян и содержанием белка в семенах ($r = -0,24$) и между со-

держанием белка и жира в семенах ($r = -0,51$), а также положительная между урожайностью семян и содержанием жира в семенах ($r = 0,29$). Из 85 коллекционных образцов выделены три, которые отличились высокой семенной продуктивностью с высоким содержанием бел-

ка и жира в семенах. Это Зодиак (Молдова), Селекта-101 (Россия) и Antuxiaoneidou (Китай). Результаты исследований изучения взаимосвязей между урожайностью и качеством семян образцов коллекции сои будут использованы в дальнейшей селекционной работе.

Библиографические ссылки

1. Бутовец Е. С., Васина Е. А., Лукьянчук Л. М. Скрининг гермоплазмы сои в условиях Приморского края // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10803.
2. Новикова Л. Ю., Сеферова И. В., Некрасов А. Ю. и др. Влияние погодных-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(6). С. 708–715. DOI: 10.18699/VJ18.414.
3. Кипшакбаева Г. А., Амантаев Б. О., Тлеулина З. Т., Жанбыршина Н. Ж., Кульжабаев Е. М. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 40–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47.
4. Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Самсонова М. Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus.
5. Федорина Я. В., Хлесткина Е. К., Сеферова И. В., Вишнякова М. А. Молекулярно-генетические механизмы, лежащие в основе продвижения ареала возделывания сои к северу // Экологическая генетика. 2022. Т. 20, № 1. С. 13–30. DOI: 10.17816/ecogen83879.
6. Фокина Е. М., Титов С. А., Разанцев Д. Р. Агроэкологическая оценка перспективных образцов сои // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 7. С. 21–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.
7. Шепель О. Л., Асеева Т. А., Зволимбовская М. П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 16–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802.
8. Fang C., Ma Y., Wu S., Liu Z., Wang Z., Yang R., Hu G., Zhou Z., Yu H., Zhang M., Pan Y., Zhou G., Ren H., Du W., Yan H., Wang Y., Han D., Shen Y., Liu S., Liu T., Zhang J., Qin H., Yuan J., Yuan X., Kong F., Liu B., Li J., Zhang Z., Wang G., Zhu B., Tian Z. Genome-wide association studies dissect the genetic networks underlying agronomical traits in soybean // Genome Biol. 2017. P. 161–165. DOI: 10.1186/s13059-017-1289-9.
9. Stobaugh B., Florez-Palacios L., Chen P., Orazaly M. Agronomic evaluation of high-protein and high-oil soybean genotypes for specialty markets // Journal of Crop Improvement. 2017. Vol. 31(2), P. 247–260. DOI: 10.1080/15427528.2017.1287807.

References

1. Butovets E. S., Vasina E. A., Luk'yanchuk L. M. Screening germoplasm of soy in Primorsky Krai [Screening of soybean germplasm in the Primorsky Krai] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 8. S. 23–27. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10803.
2. Novikova L. Yu., Seferova I. V., Nekrasov A. Yu. i dr. Vliyaniye pogodno-klimaticheskikh uslovii na sodержaniye belka i masla v semenakh soi na Severnom Kavkaze [Effect of weather and climatic conditions on the content of protein and oil in soybean seeds in the North Caucasus] // Vavilovskii zhurnal genetik i selektsii. 2018. № 22(6). S. 708–715. DOI: 10.18699/VJ18.414.
3. Kipshakbaeva G. A., Amantaev B. O., Tleulina Z. T., Zhanbyrshina N. Zh., Kul'zhabaev E. M. Izucheniye i sozdaniye iskhodnogo materiala soi v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Study and development of soybean initial material in the conditions of Northern Kazakhstan] // Agrarnyi vestnik Urala. 2022. № 02(217). S. 40–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47.
4. Vishnyakova M. A., Seferova I. V., Samsonova M. G. Trebovaniya k iskhodnomu materialu dlya selektsii soi v kontekste sovremennykh biotekhnologii (obzor) [Requirements for the initial material for soybean breeding in the context of modern biotechnologies (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017. T. 52, № 5. S. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus.
5. Fedorina Ya. V., Khlestkina E. K., Seferova I. V., Vishnyakova M. A. Molekulyarno-geneticheskie mekhanizmy, lezhashchie v osnove prodvizheniya areala vozdeleyvaniya soi k severu [Molecular genetic mechanisms underlying the northward expansion of the soybean cultivation area] // Ekologicheskaya genetika. 2022. T. 20, № 1. S. 13–30. DOI: 10.17816/ecogen83879.
6. Fokina E. M., Titov S. A., Razantsvei D. R. Agroekologicheskaya otsenka perspektivnykh obraztsov soi [Agro-ecological estimation of promising samples of soybeans] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 7. S. 21–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.
7. Shepel' O. L., Aseeva T. A., Zvolimbovskaya M. P. Zavisimost' khozyaistvenno-biologicheskikh priznakov soi ot gidrotermicheskikh uslovii Srednego Priamur'ya [Dependence of the economic and biological traits of soybean on the hydrothermal conditions of the Middle Amur region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 8. S. 16–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802.
8. Fang C., Ma Y., Wu S., Liu Z., Wang Z., Yang R., Hu G., Zhou Z., Yu H., Zhang M., Pan Y., Zhou G., Ren H., Du W., Yan H., Wang Y., Han D., Shen Y., Liu S., Liu T., Zhang J., Qin H., Yuan J., Yuan X., Kong F., Liu B., Li J., Zhang Z., Wang G., Zhu B., Tian Z. Genome-wide association studies dissect the genetic networks underlying agronomical traits in soybean // Genome Biol. 2017. P. 161–165. DOI: 10.1186/s13059-017-1289-9.

9. Stobaugh B., Florez-Palacios L., Chen P., Orazaly M. Agronomic evaluation of high-protein and high-oil soybean genotypes for specialty markets // Journal of Crop Improvement. 2017. Vol. 31(2), P. 247–260. DOI: 10.1080/15427528.2017.1287807.

Поступила: 21.04.23; доработана после рецензирования: 29.05.23; принята к публикации: 30.05.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. – 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.

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У ГИБРИДОВ ГОРОХА F_1 И F_2

Ф. А. Давлетов¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства зернобобовых и крупяных культур, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

К. П. Гайнуллина^{2,3}, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геномики растений, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

А. М. Дмитриев⁴, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии, dmitriev-bgau@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1596-7372;

Е. В. Бадамшина¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник аналитической лаборатории, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450059, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, д. 19;

²Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Республика Башкортостан, г. Уфа, проспект Октября, д. 71/1Е;

³Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450535, Республика Башкортостан, Уфимский район, с. Чернолесовский, ул. Тополиная, д. 1;

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Основным резервом увеличения производства зерна гороха является создание новых высокоурожайных сортов. При этом основным инструментом выступает внутривидовая гибридизация, однако закономерности наследования гибридами ряда хозяйственно ценных признаков все еще недостаточно изучены. Цель работы – установить характер наследования признаков продуктивности у гибридов гороха. Опыты проводили в 2020–2022 годах. Объектом исследования послужили 8 гибридных комбинаций гороха F_1 и F_2 . Оценку коллекционного и гибридного материала выполняли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (2019). Анализ расщепления у гибридов гороха F_1 выявил различные типы наследования изучаемых количественных признаков: от гибридной депрессии до сверхдоминирования. По высоте растения степень доминирования (h_p) варьировала от 0 до 3,00, по числу бобов на растении – от –0,50 до 3,00, по числу семян в бобе – от –1,67 до 4,00, по массе 1000 семян – от 0,20 до 0,44. Гибридологический анализ растений гороха F_2 по признаку «высота растения» в четырех гибридных комбинациях выявил неполное отрицательное доминирование (h_p от –0,20 до –0,43), в четырех – неполное доминирование (h_p от 0,60 до 0,69). По числу бобов на растении в двух гибридных комбинациях наблюдалось полное доминирование ($h_p = 1,00$), в одной – неполное доминирование ($h_p = 0,35$), в пяти – неполное отрицательное доминирование (h_p от –0,50 до –0,71). Признак «масса 1000 семян» во всех гибридных комбинациях наследовался по типу неполного доминирования (h_p от 0,10 до 0,16). По числу семян в бобе в четырех гибридных комбинациях было выявлено неполное доминирование (h_p от 0,67 до 0,83), в одной – неполное отрицательное доминирование ($h_p = –0,50$), в трех – полное отрицательное доминирование ($h_p = –0,00$).

Ключевые слова: горох, гибридная комбинация, наследование, количественные признаки, гетерозис.

Для цитирования: Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Дмитриев А. М., Бадамшина Е. В. Особенности наследования признаков продуктивности у гибридов гороха F_1 и F_2 // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 21–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-21-28.



INHERITANCE FEATURES OF PRODUCTIVITY TRAITS IN PEA HYBRIDS F_1 AND F_2

F. A. Davletov¹, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for legume and grain crop breeding and primary seed production, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

K. P. Gainullina^{2,3}, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for feed and grain crop breeding and seed production, senior researcher of the laboratory for plant genomics, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214;

A. M. Dmitriev⁴, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of plant production, plant breeding and biotechnologies, dmitriev-bgau@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1596-7372;

E. V. Badamshina¹, Candidate of Technical Sciences, senior researcher of the laboratory for analytics, evbadamshina@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0788-7260

¹Bashkiria RIA, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center RAS, 450059, Ufa, Rikhard Zorge Str., 19;

²Institute of Biochemistry and Genetics, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS, 450054, Republic of Bashkortostan, Ufa, Oktyabr Av., 71/ 1E;

³Experimental station "Ufimskaya", separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS, 450535, Republic of Bashkortostan, Ufa district, v. of Chernolesovsky, Topolinaya Str., 1;

⁴FSBEI HE "Bashkirsky State Agricultural University", 450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letie Oktyabrya Str., 34

The main reserve for improving of pea grain production is the development of new highly productive varieties. In this case, intraspecific hybridization is the main tool, but the patterns of inheritance by hybrids of several economically valuable traits are still insufficiently studied. The purpose of the current work was to establish the inheritance nature of productivity traits in pea hybrids. The trials were carried out in 2020–2022. The objects of the study were 8 pea hybrid combinations F_1 and F_2 . The estimation of the collection and hybrid material was carried out in accordance with the Methodology of the State Variety Testing (2019). Segregation analysis in F_1 pea hybrids has revealed different types of inheritance of the studied quantitative traits, from hybrid depression to overdominance. According to 'plant height', the dominance degree (h_p) varied from 0 to 3.00. According to 'number of pods per plant' it varied from –0.50 to 3.00. According to 'number of beans per pod' it varied from 1.67 to 4.00. According to '1000-seed weight' it varied from 0.20 to 0.44. Hybridological analysis of F_2 pea plants based on 'plant height' in 4 hybrid combinations has revealed incomplete negative dominance (h_p from –0.20 to –0.43), in 4 hybrid combinations it was incomplete dominance (h_p from 0.60 to 0.69). According to 'number of pods per plant', two hybrid combinations have shown complete dominance ($h_p = 1.00$), one hybrid combination has shown incomplete dominance ($h_p = 0.35$), five hybrid combinations have shown incomplete negative dominance (h_p from –0.50 to –0.71). The trait '1000-seed weight' in all hybrid combinations was inherited according to the type of incomplete dominance (h_p from 0.10 to 0.16). According to 'number of beans per pod', four hybrid combinations have shown incomplete dominance (h_p from 0.67 to 0.83); one hybrid combination has shown incomplete negative dominance ($h_p = -0.50$); three hybrid combinations have shown complete negative dominance ($h_p = -1.00$).

Keywords: peas, hybrid combination, inheritance, quantitative traits, heterosis.

Введение. Горох – наиболее распространенная зернобобовая культура в России, которую возделывают на продовольственные и кормовые цели. В посевах бобовых его доля достигает 80 %, однако урожайность гороха невысокая и нестабильная по годам (Костерин, 2015; Гайнуллина и др., 2020). Значительная роль в увеличении валовых сборов зерна гороха принадлежит селекции и семеноводству новых сортов (Хабибуллин и др., 2020; Ауиров et al., 2019). Это особенно актуально в условиях Республики Башкортостан, где возделываемые сорта недостаточно адаптивны к абиотическим факторам среды и неустойчивы к болезням и вредителям (Давлетов и др., 2022).

Основным методом селекции является внутривидовая гибридизация, однако создание новых сортов гороха с использованием данного метода встречает ряд трудностей, связанных с недостаточной изученностью вопросов, касающихся выяснения закономерностей наследования отдельных хозяйственно ценных признаков гибридами и определения степени влияния наследственных особенностей родительских форм на проявление этих признаков у гибридных особей (Сухенко и др., 2021). В связи с этим целью нашей работы стало выяснение закономерностей наследования основных признаков продуктивности у гибридов гороха.

Материалы и методы исследований.

Материалом для исследования послужили гибриды гороха F_1 и F_2 , полученные при скрещивании сортов Чишминский 80, Чишминский 95, Чишминский 229, Памяти Хангильдина, Тюменец, Омский 18, Арендатор, Флагман 9, К-8714 (Адыгея) и линий Л-29070, Л-29724.

Подбор родительских пар проводили среди соотобразцов с одинаковой и различной степенью выраженности хозяйственно ценных признаков.

Полевые опыты проводили на полях первого селекционного севооборота Чишминского селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в 2020–2022 годах. Почва опытного участка представлена карбонатным черноземом средней мощности, по механическому составу – среднесуглинистая иловато-песчаная, по кислотности – нейтральная (рН = 7,0). В верхнем слое почвы содержится 8,2 % гумуса, 0,4 % общего азота. На 100 г почвы приходится 42,0 мг подвижного калия и 23,6 мг окиси фосфора. Содержание гумуса в почве определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), общего азота – по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84), фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205-91). Предшественник – озимая рожь. Агротехнические условия проведения опытов – общепринятые для зоны. Семена гибридов F_1 и F_2 высевали в гибридном питомнике. Площадь деланки определялась количеством семян. Рядом с гибридами высевали родительские формы.

Метеорологические условия в годы проведения исследований складывались различно: 2020, 2022 гг. были относительно благоприятными для роста и развития растений гороха (ГТК = 1,20; 1,30 соответственно), 2021 г. характеризовался высокой температурой воздуха, недостатком влаги, особенно в период цветения и формирования бобов (ГТК = 0,41).

Фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили по методике государствен-

ного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Степень доминирования определяли по формуле В. Griffing (1956):

$$h_p = \frac{\bar{F} - \overline{MP}}{\overline{P} - \overline{MP}},$$

где h_p – степень доминирования, $\bar{F}$ – средняя арифметическая гибрида, $\overline{P}$ – средняя арифметическая родителя с более развитым признаком, $\overline{MP}$ – средняя арифметическая родительских форм. При $h_p = 0$ доминирование отсутствует, при $0 < h_p < 1,0$ наблюдается частичное доминирование, при $h_p = 1$ – полное доминирование, при $h_p > 1,0$ – гетерозис. Обработку экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову (2014), гибридо-

логический анализ – в программе Полиген А (Мережко, 2005), графики строили в программе MS Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Наследование признаков у гибридов гороха F_1 . Высота растения. В нашем исследовании у гибридов Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Чишминский 80 наблюдалось сверхдоминирование изучаемого признака ($h_p = 1,67; 1,50; 2,50; 2,33; 3,00$ соответственно), у гибридов Тюменец × Омский 18, К-8714 (Адыгея) × Л-29724 – неполное доминирование ($h_p = 0,50; 0,60$ соответственно). В гибридной комбинации К-8714 (Адыгея) × Арендатор доминирование отсутствовало ($h_p = 0$) (табл. 1).

Таблица 1. Высота растения и элементы структуры урожая у гибридов гороха F_1 и их родительских форм (2021 г.)
Table 1. 'Plant height' and yield structure elements in pea hybrids F_1 and their parental forms (2021)

Сортообразец, гибрид	Высота растения, см		Число бобов на растении, шт.		Число семян в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p
Флагман 9	50	–	2,4	–	2,9	–	220	–
Флагман 9 × Чишминский 95	58	1,67	3,1	0,56	3,3	0,33	224	0,33
Чишминский 95	56	–	3,3	–	3,5	–	226	–
Флагман 9	50	–	2,4	–	2,9	–	220	–
Флагман 9 × Памяти Хангильдина	60	1,50	2,8	0,50	2,8	–1,25	234	0,27
Памяти Хангильдина	58	–	3,0	–	3,7	–	242	–
Л-29070	55	–	2,8	–	3,5	–	260	–
Л-29070 × Чишминский 229	62	2,50	2,9	–0,50	3,8	2,00	250	0,20
Чишминский 229	59	–	3,2	–	3,7	–	235	–
Л-29070	55	–	2,8	–	3,5	–	260	–
Л-29070 × Памяти Хангильдина	60	2,33	3,0	1,00	3,9	3,00	255	0,44
Памяти Хангильдина	58	–	3,0	–	3,7	–	242	–
Тюменец	54	–	2,8	–	3,3	–	208	–
Тюменец × Омский 18	53	0,50	3,1	1,00	3,8	4,00	215	0,27
Омский 18	50	–	3,1	–	3,5	–	219	–
Тюменец	54	–	2,8	–	3,2	–	208	–
Тюменец × Чишминский 80	58	3,00	3,0	2,00	3,5	0,50	218	0,25
Чишминский 80	50	–	2,4	–	3,6	–	224	–
К-8714 (Адыгея)	52	–	2,6	–	3,1	–	250	–
К-8714 (Адыгея) × Л-29724	56	0,60	3,0	3,00	3,6	1,50	243	0,30
Л-29724	57	–	2,8	–	3,5	–	230	–
К-8714 (Адыгея)	52	–	2,6	–	3,0	–	250	–
К-8714 (Адыгея) × Арендатор	52	0	2,7	2,00	2,9	–1,67	242	0,36
Арендатор	52	–	2,4	–	3,3	–	225	–

Число бобов на растении. В наших опытах в острозасушливый 2021 г. число бобов на растении у родительских форм колебалось от 2,4 до 3,3 шт., у гибридов F_1 – от 2,7 до 3,1 шт. Степень доминирования данного признака варьировала от –0,50 до 3,00 (от неполного отрицательного доминирования до сверхдоминирования). Гетерозис наблюдался в трех гибридных комбинациях: Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор ($h_p = 2,00; 3,00; 2,00$ соответственно). У гибридов Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Омский 18

отмечалось полное доминирование признака ($h_p = 1,00$), у гибридов Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Флагман 9 × Чишминский 95 – неполное доминирование ($h_p = 0,50; 0,56$ соответственно), у гибрида Л-29070 × Чишминский 229 – неполное отрицательное доминирование ($h_p = -0,50$) (табл. 1).

Число семян в бобе. Полученным нами данным в 2021 г. число семян в бобе у родительских форм находилось в пределах от 2,9 до 3,7 шт., у гибридов – от 2,8 до 3,9 шт. У 4 гибридов (Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Тюменец × Омский 18,

К-8714 (Адыгея) × Л-29724) наблюдался гетерозис ($h_p = 3,00; 2,00; 4,00; 1,50$ соответственно), у 2 (Флагман 9 × Памяти Хангильдина, К-8714 (Адыгея) × Арендатор) – гибридная депрессия ($h_p = -1,25; -1,67$ соответственно), у 2 (Флагман 9 × Чишминский 95, Тюмонец × Чишминский 80) – неполное доминирование ($h_p = 0,33; 0,50$ соответственно) (табл. 1).

Масса 1000 семян (крупность). При изучении данного признака нами было установлено, что у родительских форм его значения варьировали от 208 до 260 г, у гибридов – от 215 до 255 г. По крупности семян гибриды F_1 занимали промежуточное положение между родительскими формами – признак «масса 1000 семян» наследовался по типу неполного доминирования ($h_p = 0,20-0,44$) (табл. 1).

Таким образом, в нашем исследовании по высоте растения гетерозис проявился у 62,5 % гибридов гороха F_1 , по числу бобов на растении – у 37,5 %, по числу семян с растения – у 50 %. Крупность семян во всех изученных нами гибридных комбинациях наследовалась по типу неполного доминирования.

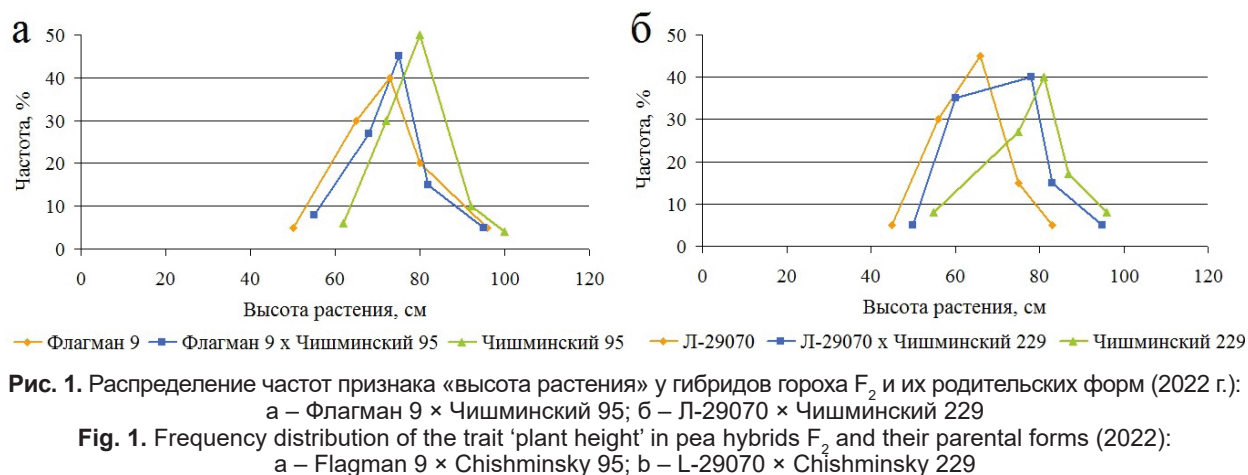
Наследование признаков у гибридов гороха F_2 . Высота растения. В 2022 г. гибриды F_2 Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор по высоте растения занимали промежуточное положение между родительскими формами ($h_p = -0,43; -0,38; -0,20; -0,29$ соответственно) (табл. 2).

Таблица 2. Высота растения и элементы структуры урожая у гибридов гороха F_2 и их родительских форм (2022 г.)
Table 2. 'Plant height' and yield structure elements in pea hybrids F_2 and their parental forms (2022)

Сортообразец, гибрид	Высота растения, см		Число бобов на растении, шт.		Число семян в бобе, шт.		Масса 1000 семян, г	
	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p	X_{cp}	h_p
Флагман 9	73	—	4,5	—	4,9	—	218	—
Флагман 9 × Чишминский 95	75	-0,43	4,6	1,00	4,8	0,83	212	0,14
Чишминский 95	80	—	4,6	—	3,7	—	204	—
Флагман 9	73	—	4,5	—	4,9	—	218	—
Флагман 9 × Памяти Хангильдина	64	-0,38	4,6	-0,50	4,8	0,82	223	0,16
Памяти Хангильдина	60	—	4,9	—	3,8	—	230	—
Л-29070	66	—	3,5	—	4,3	—	270	—
Л-29070 × Чишминский 229	78	0,60	3,9	-0,53	4,2	0,67	250	0,13
Чишминский 229	81	—	5,2	—	3,7	—	223	—
Л-29070	66	—	3,5	—	4,3	—	270	—
Л-29070 × Памяти Хангильдина	65	0,67	3,7	-0,71	4,2	0,67	252	0,10
Памяти Хангильдина	60	—	4,9	—	3,8	—	230	—
Тюмонец	100	—	4,7	—	4,0	—	204	—
Тюмонец × Омский 18	96	0,60	4,9	0,33	3,8	-1,00	219	0,15
Омский 18	80	—	5,0	—	3,8	—	230	—
Тюмонец	100	—	4,7	—	4,0	—	204	—
Тюмонец × Чишминский 80	96	0,69	4,7	1,00	3,6	-1,00	214	0,11
Чишминский 80	74	—	4,5	—	3,6	—	222	—
К-8714 (Адыгея)	60	—	4,0	—	4,1	—	250	—
К-8714 (Адыгея) × Л-29724	66	-0,20	4,3	-0,57	3,6	-1,00	240	0,16
Л-29724	75	—	5,4	—	3,6	—	225	—
К-8714 (Адыгея)	60	—	4,0	—	4,1	—	250	—
К-8714 (Адыгея) × Арендатор	65	-0,29	4,2	-0,60	3,8	-0,50	235	0,12
Арендатор	74	—	5,0	—	3,7	—	215	—

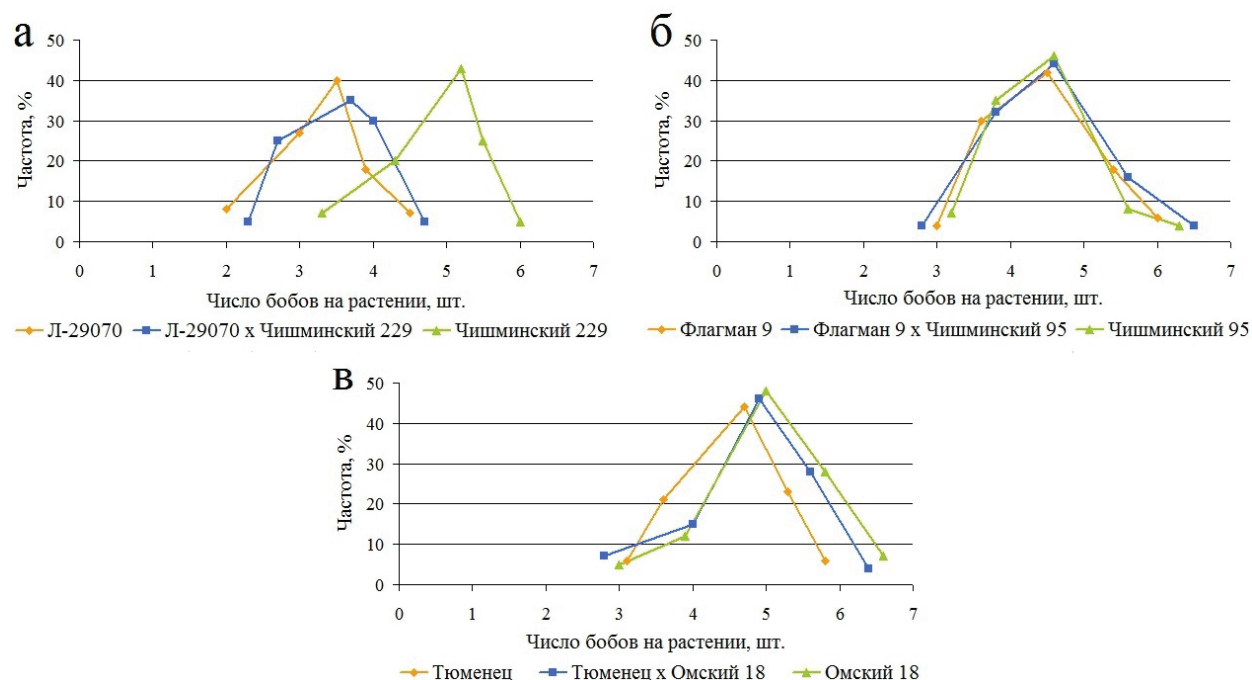
На рисунке 1а в качестве примера представлено распределение частот признака «высота растения» у гибрида Флагман 9 × Чишминский 95 и его родительских форм. Кривая распределения частот изучаемого признака гибрида расположена на границах изменчивости родительских сортов, а ее вершина находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот низкорослого родительского сорта Флагман 9, что свидетельствует о моногенном характере наследования с расщеплением по фенотипу 3:1.

У гибрида Л-29070 × Чишминский 229 кривая распределения частот признака «высота растения» смещена в сторону наибольших значений, а ее вершина находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот высокорослого родительского сорта (рис. 1б), так же как и у гибридов Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюмонец × Омский 18, Тюмонец × Чишминский 80. В данных гибридных комбинациях наблюдалось неполное доминирование изучаемого признака ($h_p = 0,60-0,69$) (табл. 2).



Число бобов на растении. В 2022 г. в результате анализа данного признака у гибридов гороха F_2 нами были установлены различные типы наследования. На рисунке 2а представлено распределение частот признака «число бобов на растении» у гибрида Л-29070 × Чишминский 229 и его родительских форм. Вершина кривой распределения частот гибрида смещена в сторону родитель-

ской формы с минимальным проявлением признака, что свидетельствует о неполном доминировании меньших значений признака ($h_p = -0,53$). Аналогичный тип наследования также наблюдался в гибридных комбинациях Флагман 9 × Памяти Хангильдина ($h_p = -0,50$), Л-29070 × Памяти Хангильдина ($h_p = -0,71$), К-8714 (Адыгея) × Л-29724 ($h_p = -0,57$), К-8714 (Адыгея) × Арендатор ($h_p = -0,60$) (табл. 2).



Родительские сорта гибридов Флагман 9 × Чишминский 95, Тюменец × Чишминский 80 оказались очень близки по значениям признака «число бобов на растении». Как видно из рисунка 2б, кривые распределения частот данного признака у гибрида Флагман 9 × Чишминский 95

и его родительских форм практически совпадают, что подтверждает отсутствие различий между ними по аллельному составу.

При анализе наследования признака «число бобов на растении» в гибридной комбинации Тюменец × Омский 18 было выявлено не-

полное доминирование ($h_p = 0,33$) (табл. 2). Вершина кривой распределения частот этого гибрида находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с большими значениями признака (рис. 2в).

Число семян в бобе. В нашем исследовании родительские формы характеризовались значительными различиями по озерненности боба и были разделены на три группы: с высоким числом семян в бобе – 4,3–4,9 шт. (сорт-образцы Л-29070, Флагман 9), со средним числом семян в бобе – 4,0–4,1 шт. (сорт-образцы Тюменец, К-8714 (Адыгея)), с относительно низким числом семян в бобе – 3,6–3,8 шт. (сорт-образцы Л-29724, Чишминский 80, Арендатор, Чишминский 229, Чишминский 95, Омский 18, Памяти Хангильдина) (табл. 2). При скрещивании родительских сортов с относительно низким и средним числом семян в бобе у боль-

шинства полученных гибридов доминировали меньшие значения признака. Этот тип наследования наблюдался в гибридных комбинациях Тюменец × Омский 18, Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724 ($h_p = -1,00$) (табл. 2).

На рисунке 3а представлено распределение частот признака «число семян в бобе» у гибрида Тюменец × Чишминский 80 и его родительских форм. Вершина кривой распределения частот гибрида расположена в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с относительно низкой озерненностью боба. Таким образом, для гибридной комбинации Тюменец × Чишминский 80 характерен моногенный тип наследования признака «число семян в бобе» с расщеплением по фенотипу 3:1, так же как для гибридных комбинаций Тюменец × Омский 18 и К-8714 (Адыгея) × Л-29724.

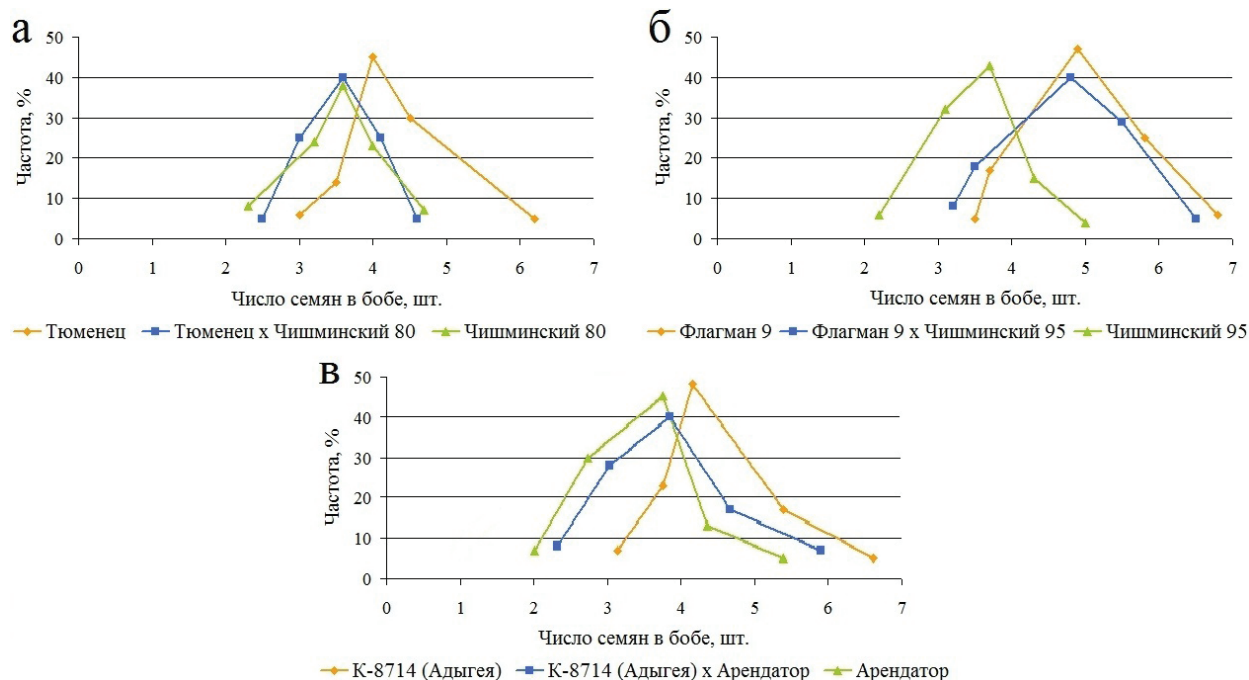


Рис. 3. Распределение частот признака «число семян в бобе» у гибридов гороха F_2 и их родительских форм (2022 г.):

а – Тюменец × Чишминский 80; б – Флагман 9 × Чишминский 95; в – К-8714 (Адыгея) × Арендатор

Fig. 3. Frequency distribution of the trait 'number of beans per pod' in pea hybrids F_2 and their parental forms (2022):

а – Tyumenets × Chishminsky 80; б – Flagman 9 × Chishminsky 95; в – K-8714 (Adygea) × Arendator

Анализ расщепления гибридов F_2 Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229 показал, что при скрещивании родительских форм с высоким и относительно низким числом семян в бобе наблюдается неполное доминирование ($h_p = 0,83$; 0,82; 0,67; 0,67 соответственно) (табл. 2). Вершина кривой распределения частот гибридной комбинации Флагман 9 × Чишминский 95 находится в одном классе с вершиной кривой распределения частот родительского сорта с большими значениями изучаемого признака (рис. 3б). Следовательно, у гибрида Флаг-

ман 9 × Чишминский 95, а также в гибридных комбинациях Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229 признак «число семян в бобе» наследовался по моногенному типу, расщепление по фенотипу соответствовало соотношению 3:1.

При скрещивании сорт-образцов К-8714 (Адыгея) и Арендатор у гибридов F_2 по признаку «число семян в бобе» наблюдалось неполное отрицательное доминирование ($h_p = -0,50$) (табл. 2). Как видно из рисунка 3в, вершина кривой распределения частот гибрида К-8714 (Адыгея) × Арендатор смещена в сторону роди-

тельской формы с наименьшей озерненностью боба.

Масса 1000 семян (крупность семян). В наших опытах во всех гибридных комбинациях наблюдалось промежуточное наследование данного признака с расщеплением по фенотипу, близкому к соотношению 1:2:1. Степень доминирования (h_p) варьировала от 0,10 до 0,16

(табл. 2). На рисунке 4 в качестве примера представлено распределение частот признака «масса 1000 семян» у гибрида Л-29070 × Памяти Хангильдина и его родительских форм. Кривая распределения частот гибрида имеет левостороннюю асимметрию, а ее вершина находится между вершинами кривых распределения частот родительских форм.

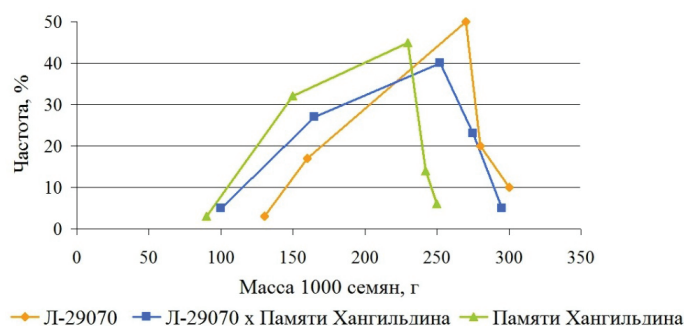


Рис. 4. Распределение частот признака «масса 1000 семян» у гибрида гороха F_2 Л-29070 × Памяти Хангильдина и его родительских форм (2022 г.)

Fig. 4. Frequency distribution of the trait '1000-seed weight' in pea hybrid F_2 L-29070 × Memory of Khangildin and its parental forms (2022)

Выводы. В 2020 г. в результате скрещивания сортообразцов коллекции, отобранных по комплексу хозяйственно ценных признаков, было получено 8 гибридных комбинаций: Флагман 9 × Чишминский 95, Флагман 9 × Памяти Хангильдина, Л-29070 × Чишминский 229, Л-29070 × Памяти Хангильдина, Тюменец × Омский 18, Тюменец × Чишминский 80, К-8714 (Адыгея) × Л-29724, К-8714 (Адыгея) × Арендатор. В 2021–2022 гг. проведено изучение характера наследования признаков «высота растения», «число бобов на растении», «число семян в бобе», «масса 1000 семян» у гибридов. Тип наследования варьировал от гибридной депрессии до сверхдоминирования. По высоте растения степень доминирования

(h_p) колебалась от 0 до 3,00 в F_1 и от –0,43 до 0,69 в F_2 , по числу бобов на растении – от –0,50 до 3,00 в F_1 и от –0,71 до 1,00 в F_2 , по числу семян в бобе – от –1,67 до 4,00 в F_1 и от –1,00 до 0,83 в F_2 , по массе 1000 семян – от 0,20 до 0,44 в F_1 и от 0,10 до 0,16 в F_2 . Полученная информация о закономерностях наследования изученных признаков имеет важное значение для эффективного подбора родительских пар, определения ценности селекционного материала на ранних этапах селекции.

Финансирование. Исследования Ф. А. Давлетова поддержаны грантом Минобрнауки РФ № 075-15-2021-549 от 31 мая 2021 г., работы К. П. Гайнуллиной поддержаны грантом АН РБ № 22-14-20049 от 06.06.2022 г.

Библиографические ссылки

1. Гайнуллина К. П., Кулуев Б. Р., Давлетов Ф. А. Оценка генетического разнообразия сортов и линий гороха с помощью SSR-анализа // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 3. С. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80.
2. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Каримов И. К. Создание исходного материала для селекции гороха с использованием методов гибридизации и физического мутагенеза // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
4. Костерин О. Э. При царе горохе (*Pisum sativum* L.): непростая судьба первого генетического объекта // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19, № 1. С. 13–26. DOI: 10.18699/VJ15.002.
5. Мережко А. Ф. Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
6. Сухенко Н. Н., Костылев П. И., Костылева Л. М. Наследование ряда количественных признаков у гибридов между листочковыми и усатыми морфотипами гороха // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 3–1(105). С. 121–125. DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.018.
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. Ayupov D. S., Davletov F. A., Asylbaev I. G., Kuznetsov I. Y., Akhmadullina I. I., Dmitriev A. M., Vakhitova R. K., Satarov M. Y., Avsakhov F. F., Irgalina R. S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research. 2019. Vol. 42, Iss. 5. P. 615–619. DOI: 10.18805/LR-474.

9. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9, № 4. P. 463–493. DOI: 10.1071/bi9560463.

References

1. Gainullina K. P., Kuluev B. R., Davletov F. A. Otsenka geneticheskogo raznoobraziya sortov i linii gorokha s pomoshch'yu SSR-analiza [Estimation of the genetic diversity of pea varieties and lines using SSR analysis] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. T. 181, № 3. S. 70–80. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-70-80.
2. Davletov F. A., Gainullina K. P., Karimov I. K. Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selektsii gorokha s ispol'zovaniem metodov gibridizatsii i fizicheskogo mutageneza [Development of initial material for pea breeding using hybridization and physical mutagenesis methods] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6-e izd., pererab. i dop. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
4. Kosterin O. E. Pri tsare gorokhe (*Pisum sativum* L.): neprostaya sud'ba pervogo geneticheskogo ob"ekta [Ancient peas (*Pisum sativum* L.): the difficult fate of the first genetic object] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2015. T. 19, № 1. S. 13–26. DOI: 10.18699/VJ15.002.
5. Merezko A. F. Ispol'zovanie mendelevskikh printsipov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchikh priznakov [Use of Mendelian principles in computer analysis of the inheritance of varying traits] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKhN, VNII risa. Krasnodar, 2005. S. 107–117.
6. Sukhenko N. N., Kostylev P. I., Kostyleva L. M. Nasledovanie ryada kolichestvennykh priznakov u gibridov mezhdu listochkovymi i usatymi morfotipami gorokha [Inheritance of several quantitative traits in hybrids between foliate and baleen pea morphotypes] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2021. № 3–1(105). S. 121–125. DOI: 10.23670/IRJ.2021.105.3.018.
7. Khabibullin K. N., Ashiev A. R., Skulova M. V. Otsenka adaptivnosti produktivnosti rasteniy kollektsii gorokha posevnogo [Estimation of the productive adaptability of plants in the pea collection] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36.
8. Ayupov D. S., Davletov F. A., Asylbaev I. G., Kuznetsov I. Y., Akhmadullina I. I., Dmitriev A. M., Vakhitova R. K., Satarov M. Y., Avsakhov F. F., Irgalina R. S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research. 2019. Vol. 42, Iss. 5. P. 615–619. DOI: 10.18805/LR-474.
9. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9, № 4. P. 463–493. DOI: 10.1071/bi9560463.

Поступила: 14.04.23; доработана после рецензирования: 02.05.23; принята к публикации: 15.05.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Давлетов Ф. А. – концептуализация исследования; Дмитриев А. М., Бадамшина Е. В. – выполнение опытов и сбор данных; Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА У ГИБРИДОВ ВОСКОВИДНОЙ КУКУРУЗЫ

Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;
Д. Р. Лупинога, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;
Ю. Б. Арженовская, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X;
Н. А. Шевченко, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, kccck-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Подвид восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*) характеризуется тем, что его зерно на 100 % состоит из амилопектинового крахмала – ценного сырья для кондитерского производства, изготовления полимеров, заменителя крови. Отсутствие в Государственном реестре селекционных достижений отечественных гибридов восковидной кукурузы обуславливает необходимость проведения исследований по этому направлению селекции. Цель исследований: выявление зависимостей, позволяющих повысить эффективность селекционного процесса при создании гибридов восковидной кукурузы. Исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2020–2022 годах. В качестве объекта исследований взяты 36 гибридов восковидной кукурузы, созданных методом межлинейной гибридизации. Изученные признаки различались по степени варьирования. Высокие коэффициенты вариации отмечены у признаков «урожайность зерна» ($V = 30,1 \%$) и «масса 1 початка» ($V = 21,5 \%$). Слабо варьирующими оказались «количество рядов» ($V = 8,4 \%$) и «выход зерна при обмолоте» ($V = 8,2 \%$). Увеличение значений у любого изученного признака приводило к увеличению урожайности зерна. Однако по влиянию на формирование урожая зерна у гибридов восковидной кукурузы признаки продуктивности оказались не равнозначны. Выделены признаки продуктивности, которые оказывали наибольшее влияние: «количество початков на 1 растении», «масса 1 початка» и «количество зерен на початке». Корреляционная связь между ними и урожайностью зерна положительная, тесная ($r = 0,73 \pm 0,12 - 0,82 \pm 0,10$). Выделенные признаки положительно сопряжены с остальными ($r = 0,30 \pm 0,16 - 0,74 \pm 0,12$), отбор образцов с высокими их значениями не снижает значений у других признаков продуктивности. Выявленные зависимости необходимо учитывать при отборе исходного материала и при создании восковидных гибридов кукурузы.

Ключевые слова: подвид восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*), амилопектиновый крахмал, самоопыленные линии, гибридные комбинации, корреляционные связи.

Для цитирования: Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Лупинога Д. Р., Арженовская Ю. Б., Шевченко Н. А. Взаимосвязь количественных признаков и урожайности зерна у гибридов восковидной кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35.



CORRELATION BETWEEN QUANTITATIVE TRAITS AND GRAIN PRODUCTIVITY OF THE WAXY MAIZE HYBRIDS

G. Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;
D. R. Lupinoga, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;
Yu. B. Arzhenovskaya, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X;
N. A. Shevchenko, technician-researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, kccck-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

A subspecies of waxy maize (*Zea mays L. ceratina*) is characterized by the fact that its grain contains 100 % amylopectin starch, a valuable raw material for confectionery production, the manufacture of polymers, and a blood substitute. The absence of domestic waxy maize hybrids in the State List of Breeding Achievements necessitates the study in this area of breeding. The purpose of the current study was to identify dependencies that make it possible to increase the efficiency of the breeding process when developing waxy maize hybrids. The study was carried out at the FSBSI “ARC “Donskoy” in 2020–2022. The objects of the study were 36 waxy maize hybrids developed by the method of interline hybridization. The studied traits differed in the degree of variation. High coefficients of variation were identified in the traits ‘grain productivity’ ($V = 30.1 \%$) and ‘one cob weight’ ($V = 21.5 \%$). The traits ‘number of rows’ ($V = 8.4 \%$) and ‘grain yield during threshing’ ($V = 8.2 \%$) turned out to be slightly varying. An increase in the values of

any studied trait resulted in an increase in grain yield. However, the signs of productivity were not equivalent according to their effect on the formation of the grain productivity of the waxy maize hybrids. There have been identified the most influential traits of productivity, such as 'number of cobs per 1 plant', 'one cob weight' and 'number of seeds per cob'. The correlation between them and grain productivity is positive, close ($r = 0.73 \pm 0.12 - 0.82 \pm 0.10$). The identified traits have been positively associated with the rest ($r = 0.30 \pm 0.16 - 0.74 \pm 0.12$), the selection of samples with high values does not reduce the values of other productivity traits. The identified dependencies must be taken into account when selecting the initial material and when developing waxy maize hybrids.

Keywords: waxy maize subspecies (*Zea mays* L. *ceratina*), amylopectin starch, self-pollinated lines, hybrid combinations, correlations.

Введение. Отличительной особенностью подвида восковидной кукурузы считается содержание высококачественного крахмала в зерне, состоящего на 100 % из амилопектина. Амилопектиновый крахмал представляет ценность в медицине, технической, крахмало-паточной и пищевой промышленности. В медицине важнейшее использование амилопектинового крахмала – в качестве заменителя плазмы крови «Волекам» (Сидоров и др., 2018).

Новые области применения крахмала восковидной кукурузы в кондитерской промышленности – эмульсии, пленки, покрытия, в технической промышленности – для получения полимеров (Šárka and Dvořáček, 2017).

Иностранные селекционеры ведут интенсивные работы по созданию гибридов восковидной кукурузы, разрабатывают методики отбора исходного материала для селекции высокопродуктивных восковидных гибридов (Dermail et. al., 2022). Изучают возможности целенаправленного отбора форм на основе прогнозирования гетерозиса в скрещиваниях между восковидными самоопыленными линиями (Dermail et. al., 2020). Некоторые исследователи акцентируют внимание на совмещении в генотипе важных полезнейших количественных признаков (Sukto et. al., 2021).

В России работа с подвигом восковидной кукурузы начата позже, чем за рубежом. Отмечено отставание отечественных научных учреждений от иностранных по этому направлению селекции и необходимость устранения этого отставания. Востребованность амилопектинового крахмала и отсутствие отечественных восковидных гибридов кукурузы обуславливают важность усиления работ по этому направлению селекции (Кривошеев и Игнатьев, 2017).

Причины, по которым затрудняется создание отечественных гибридов, – ограниченное количество исходного материала, слабая изученность подвида восковидной кукурузы. В частности, изучение признаков продуктивности у восковидной кукурузы, их сопряженности, зависимостей между ними может улучшить ситуацию (Бойко и Хатефов, 2021, Кагермезов и др., 2022).

Цель исследований: выявление зависимостей, позволяющих повысить эффективность селекционного процесса при создании гибридов восковидной кукурузы.

Материалы и методы исследований.

В качестве объекта исследований использованы 36 простых гибридов восковидной кукурузы. Исследования выполнены в 2020–2022 гг.

в ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Основной метод создания – межлинейная гибридизация с использованием гетерозиса в первом поколении (F_1). Восковидные гибридные комбинации получены от скрещивания новых константных (I_5) самоопыленных восковидных линий, созданных в «АНЦ «Донской». Полевые опыты заложены согласно Методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980). Математическая обработка выполнена по Б. А. Доспехову (2014). Изучали урожайность зерна и количественные признаки: «количество початков на 1 растении» «масса 1 початка», «масса 1000 зерен», «количество рядов зерен», «количество зерен в ряду», «количество зерен на початке», «выход зерна при обмолоте».

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, карбонатный, тяжело суглинистый, мощность плодородного слоя до 140 см. Климат пункта проведения исследований – умеренно континентальный (ГТК = 0,7). Количество атмосферных осадков за период вегетации в среднем составляет 225,5 мм. Годы проведения эксперимента оказались в разной степени засушливыми. Так, в 2020 и 2021 гг. количество осадков за период вегетации примерно соответствовало среднемуголетней норме, однако распределение их в течение вегетации было крайне неравномерным, вследствие чего во второй половине вегетации кукурузы отмечалась сильная почвенная и воздушная засуха. Наиболее засушливым оказался 2022 г., когда за период вегетации кукурузы выпало лишь 123,1 мм атмосферных осадков, что значительно меньше среднемуголетней нормы (58,6 %). Учитывая, что по статистике два года из трех на юге области являются засушливыми, годы проведения эксперимента оказались типичными для этой зоны.

Результаты и их обсуждение. Гибридные комбинации восковидной кукурузы характеризовались разнообразием по изучаемым признакам. В зависимости от комбинации скрещивания урожайность зерна варьировала от 1,0 до 3,24 т/га, количество початков на 1 растении – от 0,56 до 0,96 шт., масса початка – от 43,1 до 102,4 г, масса 1000 зерен – от 160 до 261 г, количество рядов зерен – от 14 до 19 шт., зерен в ряду – от 25 до 38 шт., зерен на початке – от 351 до 696 шт., выход зерна – от 59 до 82 % (табл. 1).

В связи с тем, что годы проведения исследований были засушливыми, гибридные комбинации восковидной кукурузы, неустойчивые

к региональному типу засух, снизили урожай зерна (до 1,0 т/га) и имели половину бесплод-

ных растений (количество початков, приходящихся на 1 растение – 0,56 шт.).

Таблица 1. Статистические показатели урожайности зерна и количественных признаков гибридов восковидной кукурузы (2020–2022 гг.)
Table 1. Statistical indicators of grain productivity and quantitative traits of waxy maize hybrids (2020–2022)

Показатель	Урожайность зерна, при 14 % влажности, т/га	Количество початков на 1 растении, шт.	Масса 1 початка, г	Масса 1000 зерен, г	Количество, шт.			Выход зерна, %
					рядов зерен	зерен в ряду	зерен на початке	
Среднее значение ($\bar{X}$)	1,9	0,7	68,6	203,6	15,9	31,6	493,5	74,6
Максимальное значение ($X_{\max}$)	3,24	0,96	102,4	261	19	38	696	82
Минимальное значение ($X_{\min}$)	1,00	0,56	43,1	160	14	25	351	59
Стандартное отклонение (S)	0,58	0,11	14,74	29,09	1,33	3,77	77,76	6,11
Коэффициент вариации (V)	30,1	15,8	21,5	14,2	8,4	11,9	15,8	8,2

Высокие коэффициенты вариации выявлены у признаков «урожайность зерна» ($V = 30,1\%$) и «масса 1 початка» ($V = 21,5\%$). Средние коэффициенты вариации отмечены у признаков «количество початков на 1 растении» ($V = 15,8\%$), «масса 1000 семян» ($V = 14,2\%$), «количество зерен в ряду» ($V = 11,9\%$) и «количество зерен на початке» ($V = 15,8\%$). Низкие коэффициенты вариации имели признаки «количество рядов зерен» ($V = 8,4\%$) и «выход зерна» ($V = 8,2\%$).

Наличие разнообразия по изучаемым признакам позволило установить зависимости между ними. Практический интерес представляет выявление признаков, которые оказывают наибольшее влияние на формирование урожая зерна у гибридов восковидной кукурузы. Результаты корреляционного анализа позволили выявить такие, которые тесно коррелировали с величиной урожайности зерна (рис. 1).

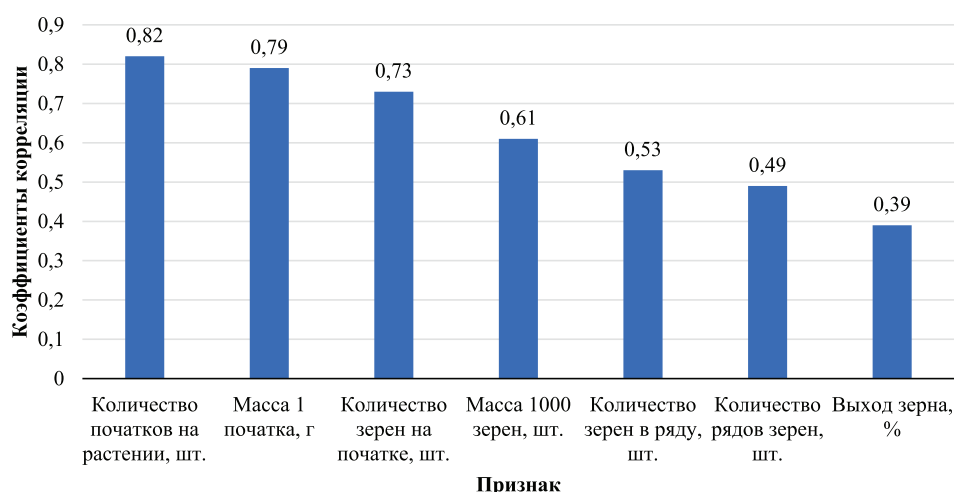


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и количественными признаками гибридов восковидной кукурузы (2020–2022 гг.)

Fig. 1. Correlation coefficients between grain yield and quantitative traits of waxy maize hybrids (2020–2022)

К ним относятся: «количество початков на 1 растении» ($r = 0,82 \pm 0,10$), «масса 1 початка» ($r = 0,79 \pm 0,11$), «количество зерен на початке» ($r = 0,73 \pm 0,12$).

Между признаками «масса 1000 зерен», «количество рядов зерен», «количество зерен в ряду», «выход зерна» и урожайностью зерна выявлены средние положительные корреляционные зависимости ($r = 0,39 \pm 0,16 - 0,61 \pm 0,15$).

Наименьшие значения коэффициентов корреляции имели признаки «количество рядов зерен» ($r = 0,49 \pm 0,15$) и «выход зерна» ($r = 0,39 \pm 0,16$).

Все признаки продуктивности вносили вклад в формирование урожая зерна. Накопление высоких значений этих признаков в генотипе способствует формированию высокого урожая зерна у гибридов восковидной ку-

курузы. Однако значение признаков различно, ранжирование их по степени важности позволит вести отбор наиболее ценного исходного материала и повысить эффективность селекционного процесса.

Графики рассеивания наглядно демонстрируют увеличение урожайности зерна с увеличением значений у наиболее важных признаков продуктивности: «количество початков на 1 растении», «масса 1 початка» и «количество зерен на початке» (рис. 2).

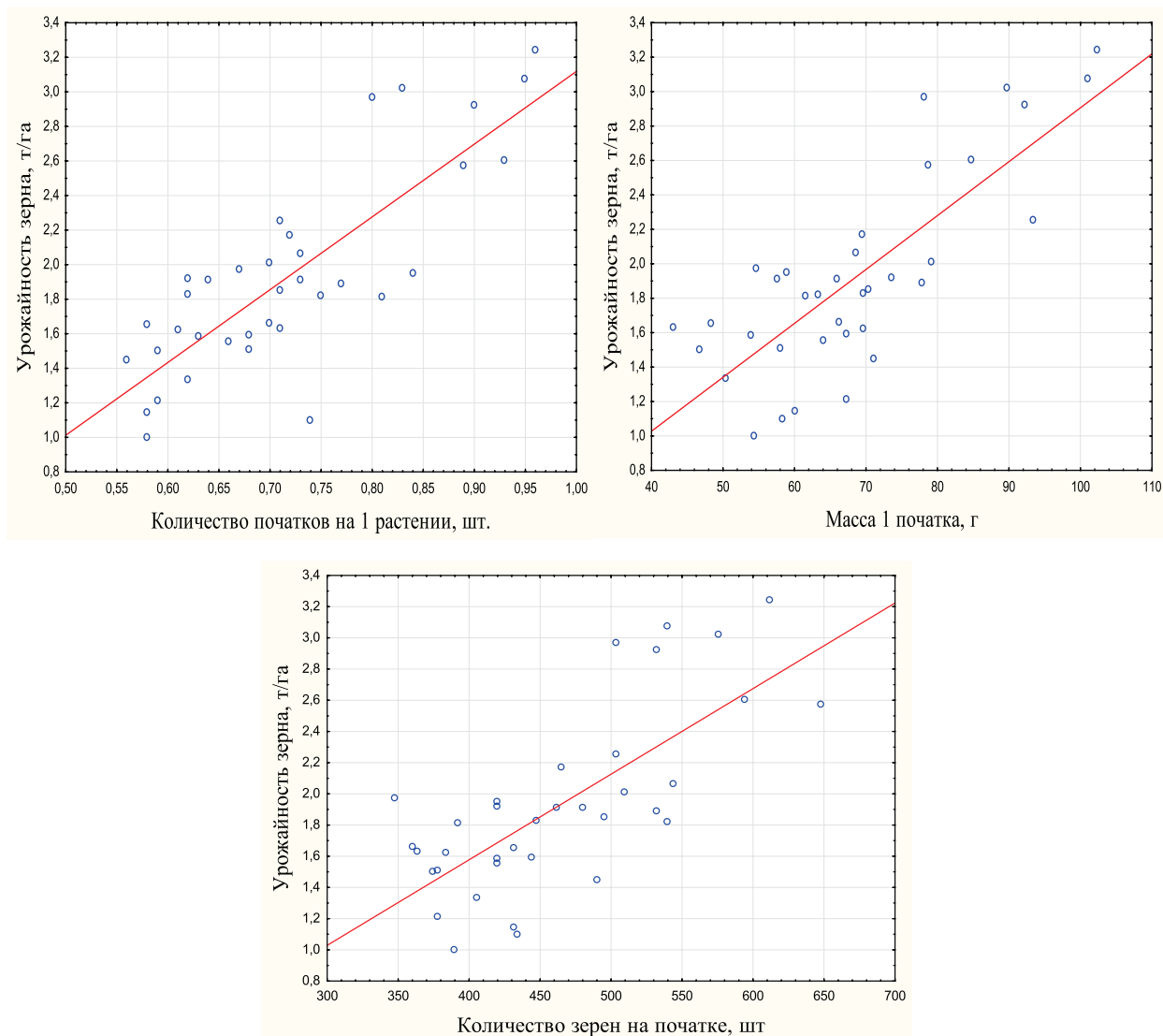


Рис. 2. Зависимость урожайности зерна от признаков: «количество початков на 1 растении», «масса 1 початка», «количество зерен на початке» (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Dependence of grain productivity on such traits as 'number of cobs per 1 plant', 'one cob weight' and 'number of seeds per cob' (2020–2022)

В засушливых условиях, когда растения кукурузы формируют не более одного початка, показатель количества початков, приходящихся на одно растение, является обратным величине бесплодия. Чем выше значение признака «количество початков на 1 растении», тем меньше бесплодных растений. Естественно, гибриды с наименьшим количеством бесплодных растений формируют наибольший урожай зерна.

Признак «масса 1 початка» оказался на втором месте по влиянию на урожай зерна восковидных гибридов кукурузы в засушливых условиях, гибриды с крупным початком имели

выше урожай. При ранжировании по степени важности на третьем месте оказался признак «количество зерен на початке». В засушливых условиях гибриды подвита восковидной кукурузы с хорошо озерненной верхушкой початка и отсутствием через-зерницы имели большее количество зерен на початке и формировали больший урожай зерна.

Для практической селекции интерес представляет не только выявление влияния количественных признаков на урожайность зерна, но и выявление зависимостей между количественными признаками. Признак «количество початков на 1 растении» положи-

тельно коррелировал со всеми остальными признаками продуктивности – корреляционные зависимости средние, положительные ($r = 0,30 \pm 0,16 - 0,68 \pm 0,13$). Не выявлено отрицательных зависимостей, следовательно, отбор

исходного материала и гибридов с высокими значениями количества початков на 1 растении не вызывает снижения величины у других признаков продуктивности (рис. 3).

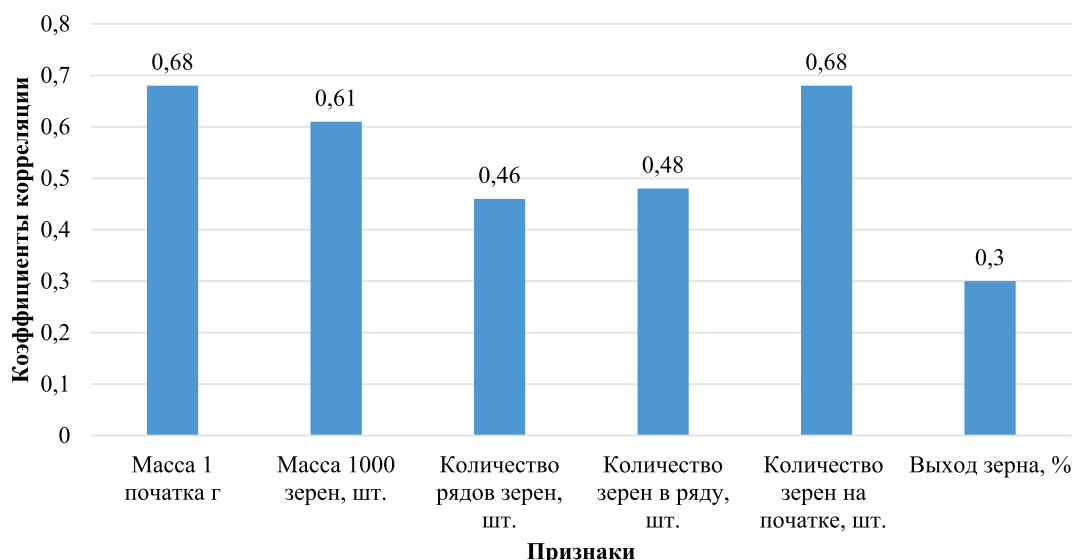


Рис. 3. Коэффициенты корреляции между количеством початков на 1 растении и количественными признаками гибридов восковидной кукурузы (2020–2022 гг.)

Fig. 3. Correlation coefficients between the trait 'number of cobs per 1 plant' and quantitative traits of waxy maize hybrids (2020–2022)

Подобные результаты были получены при анализе зависимостей массы 1 початка с другими количественными признаками.

Коэффициенты корреляции оказались положительными ($r = 0,31 \pm 0,16 - 0,74 \pm 0,12$), корреляционная связь средняя или тесная (рис. 4).

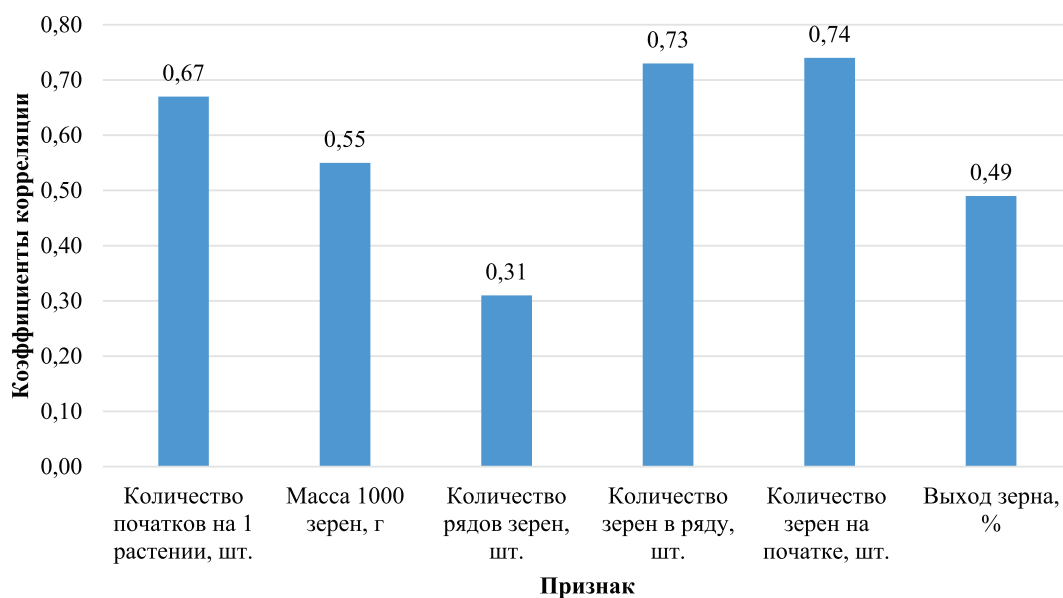


Рис. 4. Коэффициенты корреляции между массой 1 початка и количественными признаками гибридов восковидной кукурузы (2020–2022 гг.)

Fig. 4. Correlation coefficients between the trait 'one cob weight' and quantitative traits of waxy maize hybrids (2020–2022)

Наибольшее увеличение значений массы 1 початка происходило при увеличении коли-

чества зерен в ряду ($r = 0,73 \pm 0,13$) и количества зерен на початке ($r = 0,74$).

Признак «количество зерен на початке» в первую очередь зависит от компонентов, составляющих его: количества зерен в ряду по-

чатка ($r = 0,71 \pm 0,12$) и количества рядов зерен ($r = 0,69 \pm 0,12$) (рис. 5).

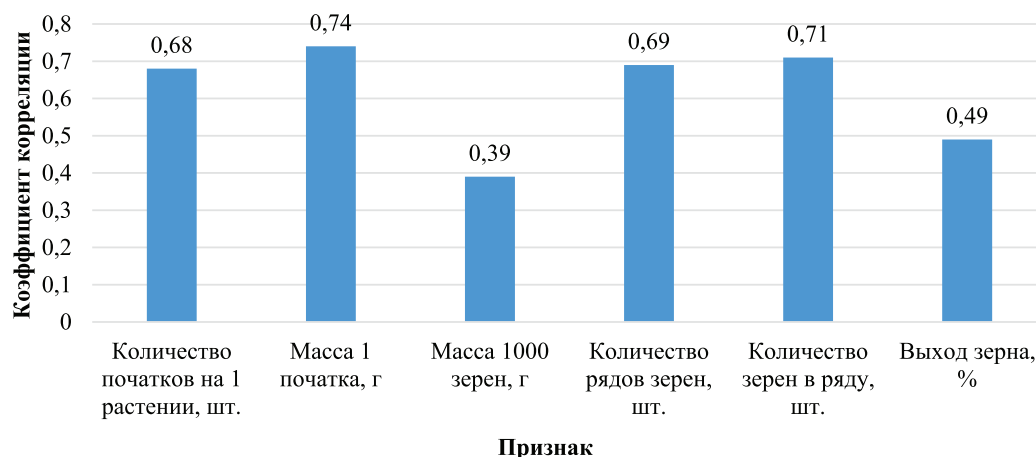


Рис. 5. Коэффициенты корреляции между количеством зерен на початке и количественными признаками гибридов восковидной кукурузы (2020–2022 гг.)

Fig. 5. Correlation coefficients between the trait 'number of seeds per cob' and quantitative traits of waxy maize hybrids (2020–2022)

Выводы. Гибриды подвида восковидной кукурузы характеризовались разнообразием по изучаемым признакам. Наиболее высокие значения коэффициентов вариации отмечены у признаков «урожайность зерна» ($V = 30,1\%$) и «масса 1 початка» ($V = 21,5\%$).

Все признаки продуктивности положительно коррелировали с урожайностью зерна, имея тесную или среднюю связь. Выявлены признаки продуктивности, которые оказывали наибольшее влияние на формирование урожая зерна у гибридов восковидной

кукурузы: «количество початков на 1 растении», «масса 1 початка» и «количество зерен на початке». Корреляционная связь между ними и урожайностью зерна положительная, тесная ($r = 0,73 \pm 0,12 - 0,82 \pm 0,10$).

Выделенные количественные признаки положительно сопряжены с остальными признаками. Отбор исходного материала и гибридов кукурузы с высокими значениями количества початков на 1 растении, массы 1 початка и количества зерен на початке не снижает значений других признаков продуктивности.

Библиографические ссылки

1. Бойко В. Н., Хатефов Э. Б. Исходный материал для гибридной селекции кукурузы на многопочатковость из коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 4. С. 27–35. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-27-35.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 издание, перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Яндиева А. Р. Изучение самоопыленных линий кукурузы по хозяйственно ценным признакам и устойчивости к биотическим факторам в предгорной зоне Кабардино-Балкарии // Вестник НГА. 2022. № 4(65). С. 50–55. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-50-55.
4. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С. Селекционная ценность образцов подвида восковидной кукурузы (*Zea mays* L. *ceratina*) // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 1. С. 39–43.
5. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Д. С. Филев, В. С. Циков, В. И. Золотов и др. Днепропетровск, 1980. 54 с.
6. Сидорова В. В., Керв Ю. А., Матвеева Г. В., Конарев А. В. Перспективы использования зерновых маркеров в селекции линий и сортов восковидного подвида кукурузы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179, № 3. С. 240–249. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-240-249.
7. Dermail A., Fuengtee A., Lertrat K., Bayuardi Suwarno W., Lübberstedt T. Simultaneous Selection of Sweet-Waxy Corn Ideotypes Appealing to Hybrid Seed Producers, Growers, and Consumers in Thailand // Agronomy. 2022. Vol. 12(1), Article number: 87. DOI: 10.3390/agronomy12010087.
8. Dermail A., Suriharn B., Chankaew S., Sanitchon J., Lertrat K. Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 259. Article number: 108817. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108817.
9. Sukto S., Lomthaisan K., Sanitchon J., Chankaew S., Falab S., Lübberstedt T., Lertrat K., Suriharn K. Breeding for prolificacy, total carotenoids and resistance to downy mildew in small-ear waxy corn by modified mass selection // Agronomy. 2021. Vol. 11, Article number: 1793. DOI: 10.3390/agronomy11091793.
10. Sárka E., Dvořáček V. Waxy starch as a perspective raw material (a review) // Food Hydrocolloids. 2017. Vol. 69, P. 402–409. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.03.001.

References

1. Boiko V. N., Khatefov E. B. Iskhodnyi material dlya gibridnoi seleksii kukuruzy na mnogopochatkovost' iz kollektsii VIR [Initial material for hybrid breeding of maize for multicrobs from the VIR collection] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2021. T. 182, № 4. S. 27–35. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-27-35.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5 izdanie, pererab. i dop., stereotip. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Yandieva A. R. Izuchenie samoopylennykh linii kukuruzy po khozyaistvenno-tsennym priznakam i ustoichivosti k bioticheskim fak-toram v predgornoi zone Kabardino-Balkarii [Study of self-pollinated maize lines for economically valuable traits and resistance to biotic factors in the foothill zone of Kabardino-Balkaria] // Vestnik NGA. 2022. № 4(65). S. 50–55. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-50-55.
4. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Seleksionnaya tsennost' obraztsov podvida vos-kovidnoi kukuruzy (*Zea mays* L. ceratina) [Breeding value of samples of the waxy maize subspecies (*Zea mays* L. ceratina)] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. T. 31, № 1. S. 39–43.
5. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoi [Methodical recommendations for conducting field trials with corn] / D. S. Filev, V. S. Tsikov, V. I. Zolotov i dr. Dnepropetrovsk, 1980. 54 s.
6. Sidorova V. V., Kerv Yu. A., Matveeva G. V., Konarev A. V. Perspektivy ispol'-zovaniya zeinovykh markerov v seleksii linii i sortov voskovidnogo podvida kukuruzy [Prospects for the use of zein markers in breeding of lines and varieties of waxy maize subspecies] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2018. T. 179, № 3. S. 240–249. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-240-249.
7. Dermail A., Fuengtee A., Lertrat K., Bayuardi Suwarno W., Lübberstedt T. Simultaneous Selection of Sweet-Waxy Corn Ideotypes Appealing to Hybrid Seed Producers, Growers, and Consumers in Thailand // Agronomy. 2022. Vol. 12(1), Article number: 87. DOI: 10.3390/agronomy12010087.
8. Dermail A., Suriharn B., Chankaew S., Sanitchon J., Lertrat K. Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 259, Article number: 108817. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108817.
9. Sukto S., Lomthaison K., Sanitchon J., Chankaew S., Falab S., Lübberstedt T., Lertrat K., Suriharn K. Breeding for prolificacy, total carotenoids and resistance to downy mildew in small-ear waxy corn by modified mass selection // Agronomy. 2021. Vol. 11, Article number: 1793. DOI: 10.3390/agronomy11091793.
10. Šárka E., Dvořáček V. Waxy starch as a perspective raw material (a review) // Food Hydrocolloids. 2017. Vol. 69, P. 402–409. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.03.001.

Поступила: 02.05.23; доработана после рецензирования: 06.06.23; принята к публикации: 06.06.23

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кривошеев Г. Я. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Игнатьев А. С. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Лупиного Д. Р., Арженовская Ю. Б., Шевченко Н. А. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

КОНКУРСНОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Косенко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, kosenkosv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5698-8618
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
170041, Тверская обл., г. Тверь, пр. Комсомольский, д. 17/56

В статье изложены результаты проведенных исследований в питомнике конкурсного сортоиспытания в лесостепной зоне Пензенской области линий озимой мягкой пшеницы за 2016–2020 годы. Целью исследований являлось изучение и оценка селекционных линий озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по основным хозяйственно-биологическим признакам и выделение образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, при которых стабильно сохраняется уровень урожайности. Объектом для исследования послужили 35 линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании колебалась от 4,31 т/га у линии Эритроспермум 17/01-1-08 до 4,85 т/га у линии Эритроспермум 12/00-16-04. По урожайности стандартный сорт Фотинья достоверно превысили 13 линий, прибавки которых составили от 0,37 до 0,92 т/га, $HCP_{05} = 0,24$ т/га. За период исследования проведена комплексная оценка линий озимой мягкой пшеницы на выявление лучших из них носителей хозяйственно ценных признаков, что позволит ускорить создание новых высокопродуктивных сортов с высоким уровнем адаптивности к условиям лесостепи Среднего Поволжья. Интерес для селекции представляют линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 18/04-3-08, Эритроспермум 17/01-7-08, выделившиеся по комплексу показателей (высокая урожайность – в среднем 4,38–4,85 т/га, зимостойкость – более 90 %, скороспелость, устойчивость к полеганию – 9 баллов, натурная масса зерна – 767–780 г/л, стекловидность – 86–90 %, содержание клейковины в зерне – 28,2–32,2 %, содержание белка в зерне – 14,8–17,1 %). Выделившиеся линии рекомендуются для включения в селекционные программы по созданию высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, линия, конкурсное сортоиспытание, урожайность, зимостойкость, качество зерна

Для цитирования: Косенко С. В. Конкурсное сортоиспытание озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-36-41.



COMPETITIVE VARIETY TESTING OF WINTER COMMON WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE PENZA REGION

S.V. Kosenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding technologies, kosenkosv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5698-8618
FSBSI "Federal Research Center of Fiber Crops",
170041, Russian Federation, Tver, Komsomolsky Av., 17/56

The current paper has presented the results of winter common wheat, studied in the nursery of the Competitive Variety Testing in the forest-steppe zone of the Penza region for 2016–2020. The purpose of the study was to estimate breeding lines of winter common wheat of the Competitive Variety Testing according to the main economic and biological traits and to identify samples with a complex of economically valuable traits and properties, in which the productivity level is stably maintained. The objects of the study were 35 winter common wheat lines developed by the FSBSI "Federal Research Center of Fiber Crops". The zoned variety of winter common wheat 'Fotinya' was used as a standard one. The productivity of winter common wheat lines in the competitive variety testing ranged from 4.31 t/ha (the line 'Erythrosperrum 17/01-1-08') to 4.85 t/ha (the line 'Erythrosperrum 12/00-16-04'). According to productivity, the standard variety 'Fotinya' significantly exceeded 13 lines, the increase of which ranged from 0.37 to 0.92 t/ha, $HCP_{05} = 0.24$ t/ha. During the study period, there was carried out a comprehensive estimation of winter common wheat lines to identify the best of them as carriers of economically valuable traits, which can promote developing new highly productive varieties with a high level of adaptability to the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The lines 'Erythrosperrum 12/00-16-04', 'Erythrosperrum 29/03-2-06', 'Erythrosperrum 21/00-3-08', 'Erythrosperrum 18/04-3-08', 'Erythrosperrum 17/01-7-08' are of great interest for breeding, since they have been distinguished by a set of indicators (with a mean yield of 4.38–4.85 t/ha, more than 90 % of winter resistance, early maturity, 9 points of resistance to lodging, natural grain weight of 767–780 g/l, 86–90 % of kernel hardness, 28.2–32.2 % of gluten in grain, 14.8–17.1 % of protein in grain). The selected lines have been recommended for inclusion in breeding programs for the development of highly productive winter common wheat genotypes.

Keywords: winter common wheat, line, the Competitive Variety Testing, productivity, winter resistance, grain quality

Введение. Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) является важнейшей продовольственной культурой России, занимаю-

щей значительную долю в структуре зернового клина. Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – биологически очень сложная куль-

тура. Специфика условий лесостепи Среднего Поволжья усугубляет эту сложность. Довольно продолжительная вегетация влечет за собой сильную зависимость урожайности от ее погодных условий. Повышение урожайности и ее стабильности обусловлено достижениями селекции, созданием сортов, обладающих адаптивностью к агроклиматическим условиям региона возделывания, генетической защитой от неблагоприятных факторов, высоким потенциалом хозяйственно ценных признаков (Алабушев, 2019; Ly et al., 2018; Mohammadi et al., 2016).

Для успешного создания сортов, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам, необходимо изучение закономерностей изменений основных хозяйственно ценных признаков под влиянием сортовых особенностей, природно-климатических условий и их взаимодействия в конкретных экологических условиях, которые дадут возможность обосновывать подбор родительских форм для гибридизации и проводить отбор селекционно ценных рекомбинантов в расщепляющихся поколениях (Luján Basile et al., 2019; Clarke et al., 2021; Raza et al., 2019).

Целью исследований являлось изучение и оценка селекционных линий озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по основным хозяйственно-биологическим признакам и выделение образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, при которых стабильно сохраняется уровень урожайности.

Материалы и методы исследований.

Объектом для исследования послужили 35 линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Исследования проводили в 2016–2020 гг. в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Почвы опытного участка – выщелоченный чернозем среднесиловый среднесуглинистый, мощность пахотного горизонта 35–40 см. Среднее содержание гумуса в пахотном слое 6,38 % (по Тюрину и Кононовой), легкогидролизуемых форм азота – 6,41; P_2O_5 – 14,96; K_2O – 16,9 мг/100 г почвы (по Чирикову). Кислотность водной вытяжки составила 5,5 ед. рН.

Условия вегетации в годы исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Вегетационный период озимой мягкой пшеницы в 2018 и 2019 гг. проходил при недостаточном водообеспечении (осадков выпало в 2018 г. 74,9 мм, что ниже среднесуточной нормы на 70,6 мм, и в 2019 г. – 101,2 мм, что ниже среднесуточной нормы на 41,3 мм), ГТК за период «отрастание – восковая спелость» составлял 0,5 и 0,8 соответственно, что впоследствии привело к снижению массы 1000 зерен и недобору урожая. Хорошие

условия увлажнения и умеренные температуры воздуха отмечены в период «отрастание – восковая спелость» в 2016, 2017 и 2020 гг., ГТК составлял 1,1; 1,18 и 1,12 соответственно.

Закладку питомника конкурсного сортоиспытания проводили в 1-й декаде сентября по предшественнику чистый пар на неодобренном фоне сеялкой СН-10 Ц. Площадь деланки – 10 м², повторность опыта шестикратная. Нормы высева – 5,5 млн всхожих зерен/га.

Оценку зимостойкости, фенологические наблюдения проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (под ред. М. А. Федина, 1989). Устойчивость растений к полеганию оценивали два раза за вегетационный период по методике ВИР (Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале, 1999). Физико-химические показатели качества зерна (масса 1000 зерен, стекловидность, натура зерна, количество и качество клейковины, содержание белка в зерне) определяли стандартными методами, изложенными в Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1988). При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. Важнейшим признаком продуктивности озимой пшеницы является урожайность зерна изучаемых сортов. Урожайность зерна – это интегральный показатель продуктивности растений, результат взаимодействия всех количественных признаков растения с условиями внешней среды. Основной причиной колебания урожаев зерновых культур является изменение погодных условий в период вегетации. Реакция сортов на те или иные условия обусловлена комплексом признаков и свойств, заложенных в генотипе. Сорта, которые сохраняют высокую урожайность независимо от влияния биотических и абиотических факторов среды, являются экологически пластичными (Косенко, 2020; Kobata et al., 2018; Eltaher et al., 2021).

Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании колебалась от 4,31 т/га у линии Эритроспермум 17/01-1-08 до 4,85 т/га у линии Эритроспермум 12/00-16-04. По урожайности стандартный сорт Фотинья достоверно превысила 13 линий, прибавки которых составили от 0,37 до 0,92 т/га, $HCP_{05} = 0,24$ т/га (табл. 1).

Наивысшая урожайность (в среднем по опыту 5,81 т/га) отмечена в условиях благоприятного 2017 года. Максимальную урожайность сформировал сорт Эритроспермум 26/01-1-08 – 6,56 т/га.

Самая низкая урожайность отмечена в условиях 2019 г. (год отличался высокими среднесуточными температурами воздуха и недостатком осадков в период завязывания и формирования зерна), в среднем по опыту она составила 2,78 т/га. Самая высокая урожайность отмечена у линии Эритроспермум 37/01-1-08 – 3,10 т/га.

Таблица 1. Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2016–2020 гг.)
Table 1. Productivity of the winter common wheat lines in the Competitive Variety Testing (2016–2020)

Сорта	Урожайность, т/га						
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	± st
Фотинья, st	4,00	4,96	3,48	2,66	4,54	3,93	–
Эр.12/00-16-04	5,63	5,84	4,85	3,06	4,88	4,85	0,92
Лют. 29/03-3-05	4,57	5,92	3,98	2,96	5,09	4,50	0,57
Эр. 29/03-2-06	5,00	6,44	4,05	2,56	5,43	4,70	0,77
Лют. 26/03-1-06	4,64	5,74	4,32	2,90	5,37	4,59	0,66
Лют. 42/03-1-07	4,65	6,51	4,38	2,70	4,53	4,55	0,62
Эр. 26/01-1-08	3,99	6,56	3,79	2,36	5,18	4,38	0,45
Эр. 21/00-3-08	5,18	6,33	4,31	2,81	4,95	4,72	0,79
Эр.17/01-1-08	4,51	5,17	3,82	2,85	5,20	4,31	0,38
Лют. 36/03-1-08	4,40	5,39	4,53	2,36	4,84	4,30	0,37
Эр. 37/01-1-08	4,36	6,25	4,13	3,10	5,33	4,63	0,70
Эр. 18/04-3-08	3,95	5,99	4,32	3,00	4,66	4,38	0,45
Эр. 17/01-7-08	4,73	4,91	4,15	2,90	5,25	4,39	0,46
Эр. 18/04-10-09	4,65	5,34	3,68	2,76	5,28	4,34	0,41
Среднее по опыту	4,63	5,81	4,17	2,78	5,04	–	–
НСР ₀₅	0,20	0,33	0,20	0,09	0,37	0,24	–

В среднем за годы изучения стабильно высокой урожайностью независимо от погодных условий периода вегетации отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04 – 4,85 т/га; Лютесценс 29/03-3-05 – 4,50 т/га; Эритроспермум 29/03-2-06 – 4,70 т/га; Лютесценс 26/03-1-06 – 4,59 т/га; Лютесценс 42/03-1-07 – 4,55 т/га; Эритроспермум 26/01-1-08 – 4,38 т/га; Эритроспермум 21/00-3-08 – 4,72 т/га; Эритроспермум 17/01-1-08 – 4,31 т/га; Лютесценс 36/03-1-08 – 4,30 т/га; Эритроспермум 37/01-1-08 – 4,63 т/га; Эритроспермум 18/04-3-08 – 4,38 т/га; Эритроспермум 17/01-7-08 – 4,39 т/га; Эритроспермум 18/04-10-09 – 4,34 т/га. Во все годы исследования наблюдали высокую корреляционную связь урожайности зерна с массой зерна главного колоса (от $r = 0,550 \pm 0,072^{***}$ до $r = 0,686 \pm 0,063^{***}$)

и урожайности зерна с массой зерна с растения (от $r = 0,632 \pm 0,065^{***}$ до $r = 0,725 \pm 0,058^{***}$).

Важное значение для озимой мягкой пшеницы имеет зимостойкость. Зимостойкость интегральна, она включает в себя устойчивость ко множеству абиотических и биотических стрессоров – низким отрицательным температурам, резким перепадам температур, ледяной корке, выпреванию, вымоканию, зимней засухе, мартовским заморозкам (Salina et al., 2015).

Зимостойкость озимой мягкой пшеницы в годы исследований изменялась. Наивысшая зимостойкость (в среднем 95 %) в среднем по опыту отмечалась в условиях благоприятного 2020 г., несколько ниже (в среднем 93 %) – в 2018 году. Резко снизилась зимостойкость в 2017 г. (причиной гибели растений послужило выпревание), в среднем по опыту она составила 69 % (табл. 2).

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2016–2020 гг.)
Table 2. Economic and biological characteristics of the winter common wheat lines in the Competitive Variety Testing (2016–2020)

Сорт	Зимостойкость, %		Период отрастания – колошение, сут.		Высота растений, см		Устойчивость к полеганию, балл
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Фотинья, st	79–97	92	56–66	61	69–127	114	7
Эр.12/00-16-04	73–97	91	53–65	58	65–116	102	9
Лют.29/03-3-05	66–98	88	53–67	61	65–121	105	8
Эр.29/03-2-06	72–96	91	53–64	58	55–115	92	9
Лют.26/03-1-06	70–96	82	56–66	61	73–126	109	9
Лют.42/03-1-07	70–94	82	56–66	61	65–134	108	9
Эр. 26/01-1-08	68–96	91	55–70	63	50–128	102	9
Эр.21/00-3-08	83–98	91	52–62	56	70–134	109	9
Эр.17/01-1-08	71–99	91	53–64	58	70–118	104	9
Эр.30/01-3-08	57–96	81	56–66	62	65–124	106	9
Лют.36/03-1-08	63–96	81	57–68	61	70–121	104	8
Эр.37/01-1-08	60–95	85	56–66	62	65–126	109	9
Эр.18/04-3-08	65–96	87	54–64	58	70–123	103	9
Эр.17/01-7-08	77–94	82	56–67	62	62–120	105	9
Эр.3/05-1-09	68–98	83	53–68	61	60–124	102	8
Эр.18/04-10-09	66–98	91	57–67	62	65–121	107	8
Среднее по опыту	57–99	85	50–70	59	55–134	105	8,5
НСР ₀₅	–	0,67	–	0,22	–	0,74	0,41

Стабильно высоким уровнем перезимовки (более 90 %) в полевых условиях отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04; Эритроспермум 29/03-2-06; Эритроспермум 26/01-1-08; Эритроспермум 21/00-3-08; Эритроспермум 17/01-1-08; Эритроспермум 18/04-10-09. Корреляционная связь перезимовки с урожайностью во все годы была слабой, но достоверной и положительной (от $r = 0,159 \pm 0,080^*$ до $r = 0,384 \pm 0,075^{**}$).

По вегетационному периоду линии варьировали от раннеспелой группы у линии Эритроспермум 21/00-3-08 (в среднем 56 суток от возобновления вегетации до колошения) до среднепоздней группы у линии Эритроспермум 26/01-1-08 (в среднем 63 дня). Линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 17/01-1-08, Эритроспермум 18/04-3-08 выколашивались на 3–5 суток раньше стандартного сорта Фотинья. Достоверной корреляционной связи между продолжительностью периода «отрастание – колошение» и урожаем не выявлено, что показывают коэффициенты корреляции – $0,102 \pm 0,079$; $0,089 \pm 0,081$; $0,94 \pm 0,078$; $0,98 \pm 0,080$ в 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. соответственно.

Высота растений в среднем по опыту в годы исследований варьировала в пределах 92 см у линии Эритроспермум 29/03-2-06 до 114 см у сорта Фотинья.

В среднем за годы изучения стабильно высокой устойчивостью к полеганию (в среднем 9 баллов) независимо от погодных условий периода вегетации отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04; Эритроспермум 29/03-2-06; Лютесценс 26/03-

1-06; Лютесценс 42/03-1-07; Эритроспермум 26/01-1-08; Эритроспермум 21/00-3-08; Эритроспермум 17/01-1-08; Эритроспермум 30/01-3-08; Эритроспермум 37/01-1-08; Эритроспермум 18/04-3-08; Эритроспермум 17/01-7-08. Коэффициенты корреляции между высотой растения и урожайностью зерна во все годы были невысокими, но достоверными на 1%-м уровне значимости (от $0,26 \pm 0,078$ до $0,32 \pm 0,081$).

Одной из главных целей селекции озимой мягкой пшеницы является создание высокоурожайных сортов, обладающих хорошим качеством зерна. Роль генотипа в формировании качества зерна является определяющей (Кравченко и др., 2020), поэтому селекция на качество имеет первостепенное значение.

Стекловидность, натурная масса зерна, содержание клейковины и белка в зерне в определенной степени зависели от года выращивания. Наименьшей изменчивостью по годам характеризовался показатель натурности ($C_n = 0,3–5,2\%$ в зависимости от сорта), наибольшей – содержание клейковины в зерне ($C_v = 6,8–24,1\%$). Натура зерна в среднем по опыту варьировала от 740 г/л у линии Лютесценс 36/03-1-08 до 780 г/л у линии Эритроспермум 12/00-16-04, стекловидность зерна – от 74 % у линии Лютесценс 36/03-1-08 до 90 % у линии Лютесценс 42/03-1-07, содержание клейковины в зерне – от 28,1 % у линии Эритроспермум 17/01-7-08 до 32,2 % у линии Эритроспермум 18/04-3-08, содержание белка в зерне – от 13,6 % у линии Эритроспермум 37/01-1-08 до 17,5 % у линии Лютесценс 26/03-1-06.

Для селекции представляют интерес линии, выделившиеся по комплексу технологических свойств (табл. 3).

Таблица 3. Линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания, выделенные по комплексу показателей качества зерна (2016–2020 гг.)
Table 3. The winter common wheat lines of the Competitive Variety Testing identified by a set of grain quality indicators (2016–2020)

Сорта, линии	Натурная масса зерна, г/л	Стекловидность зерна, %	Содержание клейковины, %	Показатель ИДК-1, ед	Содержание белка, %
Фотинья, st	777	85	28,1	75	16,7
Эр.12/00-16-04	780	87	28,6	75	15,7
Эр.29/03-2-06	760	86	28,2	72	14,8
Лют.26/03-1-06	772	88	28,4	72	17,5
Эр.21/00-3-08	767	89	28,4	80	14,4
Лют. 36/03-1-08	765	90	31,2	80	15,4
Эр.18/04-3-08	780	90	32,2	80	17,1
Эр.17/01-7-08	770	89	28,8	80	16,6
Среднее по опыту	744±2,39	81±0,40	27,2±0,66	74±1,79	14,4±0,22
НСР ₀₅	1,04	0,62	0,06	0,83	0,09

Выводы. В результате проведенных исследований в условиях лесостепной зоны Пензенской области, выделены перспективные линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 18/04-3-08, Эритроспермум 17/01-7-08 для селекции на продуктивность, которые сочетают высокую

урожайность (в среднем 4,38–4,85 т/га) с высокой зимостойкостью (больше 90%), скороспелостью, устойчивостью к полеганию (9 баллов) и высоким качеством зерна (натурная масса зерна 767–780 г/л, содержание клейковины в зерне 28,2–32,2 %, содержание белка в зерне 14,8–17,1 %). Выделившиеся линии рекомендуются для включения в селекционные програм-

мы по созданию высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках

Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008).

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. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Косенко С. В. Изучение адаптивной способности озимой мягкой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 41–45. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp41-45.
4. Кравченко Н. С., Некрасова О. А., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М., Алты-Садых Ю. Н. Качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 101–107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / под ред. М. А. Федина. М.: Колос, 1989. 194 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 270 с.
7. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР / Р. А. Удачин, В. Е. Зуев [и др.]; под ред. А. Ф. Мережко. СПб., 1999. 82 с.
8. Clarke D., Hess T. M., Haro-Monteagudo D., Semenov M. A., Knox J. W. Assessing future drought risks and wheat yield losses in England // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 297, Article number: 108248. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108248.
9. Eltaher S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Alqu-dah A. M., Sallam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat // BMC Genomics. 2021. Vol. 22, Article number: 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
10. Kobata T., Koç M., Barutçular C., Tanno K., Inagaki M. Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria // Plant Production Science. 2018. Vol. 21(2), P. 71–82. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1445534.
11. Ly D., Huet S., Gauffreteau A., Rincet R., Touzy G., Mini A., Jannink J.-L., Cormier F., Paux E., Lafarge S., Le Gouis J., Charmet G. Whole-genome prediction of reaction norms to environmental stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by genomic random regression // Field crops research. 2018. Vol. 216, P. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.020.
12. Luján Basile S. M., Ramírez I. A., Crescente J. M., Conde M. B., Demichelis M., Abbate P., Rogers W. J., Pontaroli A. C., Helguera M., Vanzetti L. S. Haplotype block analysis of an Argentinean hexaploid wheat collection and GWAS for yield components and adaptation. BMC Plant Biology. 2019. Vol. 19(1), Article number: 553. DOI: 10.1186/s12870-019-2015-4.
13. Mohammadi M., Ghogh H., Khanzadeh H., Hosseinpour T., Armion M. Assessment of yield stability of spring bread wheat genotypes in multi-environment trials under rainfed conditions of Iran using the AMMI model // Crop Breeding Journal. 2016. Vol. 6(2), P. 59–66. DOI: 10.22092/CBJ.2016.107108.
14. Raza A., Razzaq A., Mahmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // Plants (Basel). 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
15. Salina E. A., Adonina I. G., Stasyuk A. I., Leonova I. N., Badaeva E. D., Shishkina A. A., Kroupin P. Y., Divashuk M. G., Staricova E. V., Khuat T. M., Karlov G. I., Syukov V. V. A Thinopyrum intermedium chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. Euphytica. 2015. Vol. 204, Article number: 1. P. 91–101.

References

1. Alabushev A. V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export 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. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5 izdanie, pererab. i dop., stereotip. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kosenko S. V. Izuchenie adaptivnoi sposobnosti ozimoi myagkoi pshenitsy po urozhainosti i kachestvu zerna v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Study of the adaptability of winter common wheat in terms of productivity and grain quality in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 10. S. 41–45. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp41-45.
4. Kravchenko N. S., Nekrasova O. A., Ignat'eva N. G., Oldyreva I. M., Alty-Sadykh Yu. N. Kachestvo zerna sortov i linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Grain quality of winter common wheat varieties and lines in the conditions of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 101–107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology for state variety testing of agricultural crops: cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops] / pod red. M. A. Fedina. M.: Kolos, 1989. 194 s.

6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M., 1985. Vyp. 1. 270 s.
7. Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoi kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale: metodicheskie ukazaniya VIR [Replenishment, preservation in vitro and study of the world collection of wheat, aegilops and triticales: methodical recommendations of VIR] / R. A. Udachin, V. E. Zuev [i dr.]; pod red. A. F. Merezhko. SPb., 1999. 82 s.
8. Clarke D., Hess T. M., Haro-Monteagudo D., Semenov M. A., Knox J. W. Assessing future drought risks and wheat yield losses in England // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 297, Article number: 108248. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108248.
9. Eltaher S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Alqu-dah A. M., Sallam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat // *BMC Genomics*. 2021. Vol. 22, Article number: 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
10. Kobata T., Koç M., Barutçular C., Tanno K., Inagaki M. Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria // *Plant Production Science*. 2018. Vol. 21(2), P. 71–82. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1445534.
11. Ly D., Huet S., Gauffreteau A., Rincet R., Touzy G., Mini A., Jannink J.-L., Cormier F., Paux E., Lafarge S., Le Gouis J., Charmet G. Whole-genome prediction of reaction norms to environmental stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by genomic random regression // *Field crops research*. 2018. Vol. 216, P. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.020.
12. Luján Basile S. M., Ramírez I. A., Crescente J. M., Conde M. B., Demichelis M., Abbate P., Rogers W. J., Pontaroli A. C., Helguera M., Vanzetti L.S. Haplotype block analysis of an Argentinean hexaploid wheat collection and GWAS for yield components and adaptation. *BMC Plant Biology*. 2019. Vol. 19(1), Article number: 553. DOI: 10.1186/s12870-019-2015-4.
13. Mohammadi M., Ghogh H., Khanzadeh H., Hosseinpour T., Armion M. Assessment of yield stability of spring bread wheat genotypes in multi-environment trials under rainfed conditions of Iran using the AMMI model // *Crop Breeding Journal*. 2016. Vol. 6(2), P. 59–66. DOI: 10.22092/CBJ.2016.107108.
14. Raza A., Razzaq A., Mehmood S.S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // *Plants (Basel)*. 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
15. Salina E. A., Adonina I. G., Stasyuk A. I., Leonova I. N., Badaeva E. D., Shishkina A. A., Kroupin P.Y., Divashuk M. G., Staricova E. V., Khuat T. M., Karlov G. I., Syukov V. V. A Thinopyrum intermedium chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. *Euphytica*. 2015. Vol. 204, Article number: 1. P. 91–101.

Поступила: 01.04.23; доработана после рецензирования: 28.04.23; принята к публикации: 28.04.23.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Косенко С. В. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, проведение полевого опыта, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗЕРНОВОЙ УРОЖАЙНОСТИ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЕРИОДОВ СОРТОСМЕНЫ

О. В. Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, levakova.olga@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5400-669X;

О. В. Гладышева, кандидат сельскохозяйственных наук, директор ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ORCID ID: 0000-0001-9030-0055;

М. И. Костаньянц, младший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, ORCID ID: 0000-0002-7012-659

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390502, Рязанская обл., с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1; e-mail: podvyaze@bk.ru

Исследования проведены в 2018–2022 гг. в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская область) на темно-серой лесной почве среднего уровня плодородия (содержание органического вещества 5,60 %). Объект исследований – 9 сортов озимой мягкой пшеницы, которые были внесены в Государственный реестр селекционных достижений с 2005–2023 гг. по Центральному региону Нечерноземной зоны РФ и разделены по периодам сортосмены: V период – Галина, Ангелина, Московская 56, Виола; VI период – Даная, Фелиция, Галатея, Анфиса, Боярка. Цель исследований – провести анализ зерновой урожайности и биометрических элементов ее структурных показателей у сортов пшеницы озимой мягкой в зависимости от периодов сортосмены в условиях южной зоны Центрального региона РФ. В ходе исследований выявлено превышение средней (на 15,9 %), минимальной (на 27,9 %) и максимальной (на 8,3 %) урожайности сортов последнего периода сортосмены; преимущество на 5,2 % по реализации потенциала урожайности (средний показатель 74,5 %) и коэффициенту адаптивности на 17,4 % (среднее значение свыше 1,0). Высокие значения реализации потенциала урожайности (82,4 %) имеет сорт Галатея, коэффициент адаптивности (1,12) – Фелиция. Установлено, что у современных сортов произошло уменьшение длины стебля в среднем на 5,9 см. Самыми низкорослыми сортами являются Виола, Фелиция, Анфиса и Боярка – 96–97 см. Выявлено, что у сортов VI периода произошла аугментация длины колоса на 12,7 %, количества зерен в колосе – на 2,5 %, массы зерна с колоса – на 11,7 % и массы 1000 зерен – на 4,2 % в сравнении с сортами предыдущей селекции. Существенный вклад в продуктивность новых сортов ($\bar{g} \geq +0,700$) внесли количество зерен в колосе и масса зерна с колоса. Самый длинный колос имел сорт Анфиса – 11,3 см; количество зерен в колосе более 42,0 шт. были у сортов Фелиция и Боярка; масса зерна с колоса более 2,0 г отмечалась у сортов Фелиция, Галатея, Боярка; все сорта последней сортосмены имеют крупное зерно, $m_{1000} > 46,0$ г, особой крупностью отличается сорт Галатея – 49,1 г.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., сортосмена, урожайность, коэффициент адаптивности, структурные элементы.

Для цитирования: Левакова О. В., Гладышева О. В., Костаньянц М. И. Сравнительный анализ зерновой урожайности и биометрических элементов сортов пшеницы озимой в зависимости от периодов сортосмены // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 42–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-42-47.



COMPARATIVE ANALYSIS OF GRAIN PRODUCTIVITY AND BIOMETRIC ELEMENTS OF WINTER WHEAT VARIETIES DEPENDING ON THE VARIETY CHANGE PERIODS

O. V. Levakova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of breeding and primary seed production, levakova.olga@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5400-669X;

O. V. Gladysheva, Candidate of Agricultural Sciences, head of the Institute, ORCID ID: 0000-0001-9030-0055;

M. I. Kostanyants, junior researcher of the department of breeding and primary seed production, ORCID ID: 0000-0002-7012-659

Institute of Seed production and Agrotechnologies, Branch of the Federal Budgetary Scientific Institution "Federal Research Agro-Engineering Center VIM", 390502, Ryazan Region, Ryazan district, v. of Podvyaze, Parkovaya Str., 1; e-mail: podvyaze@bk.ru

The current study was carried out at the Institute of Seed production and Agrotechnologies, Branch of the Federal Budgetary Scientific Institution "Federal Research Agro-Engineering Center VIM" (Ryazan region) on dark gray forest soil of medium fertility (organic matter content 5.60 %) in 2018–2022. The objects of the study were 9 winter common wheat varieties (developed by the FSBSI FRC "Nemchinovka" and FSBSI FRAC VIM), which were included in the State List of Breeding Achievements from 2005–2023 in the Central region of the Non-Blackearth part of the Russian Federation and divided according to the variety change periods, i.e. period V with 'Galina', 'Angelina', 'Moskovskaya 56', 'Viola'; period VI with 'Danaya', 'Felitsiya', 'Galateya', 'Anfisa', 'Boyarka'. The purpose of the study was to analyze the grain yield and biometric elements of its structural indicators in the winter common wheat varieties, depending on the variety change periods in the conditions of the southern part of the Central region of the Russian Federation. During the study, there has been established an excess of the average (by 15.9 %), minimum (by 27.9 %) and maxi-

mum (by 8.3 %) productivity of varieties of the last variety change period with 5.2 % advantage in realizing the yield potential (average 74.5 %) and adaptability coefficient by 17.4 % (average value over 1.0). The variety 'Galateya' has high values of productivity potential with adaptability coefficient of 1.12. There has been established that in modern varieties there was a decrease in the stem length by 5.9 cm on average. The shortest varieties were 'Viola', 'Felitsiya', 'Anfisa' and 'Boyarka' with 96–97 cm. There has been established that the varieties of the period VI experienced a stem augmentation on 12.7 %, number of grains per head on 2.5 %, grain weight per head on 11.7 % and 1000-grain weight on 4.2 % in comparison with the varieties of the previous selection. A significant contribution to the productivity of new varieties ($r \geq +0.700$) was made by the traits 'number of grains per head' and 'grain weight per head'. The variety 'Anfisa' had the longest head of 11.3 cm. The varieties 'Galateya', 'Felitsiya', and 'Boyarka' had number of grains per head more than 42.0 pcs., and grain weight per head of more than 2.0 g. All varieties of the last variety change had large grain, $m1000 > 46.0$ g, the variety 'Galateya' had especially coarse grain of 49.1 g.

Keywords: *Triticum aestivum* L., variety change, productivity, coefficient of adaptability, structural elements.

Введение. Мягкая озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из главных продовольственных и экспортирующихся сельскохозяйственных культур, возделываемых в России (Скрипка и др., 2019).

В современных условиях сорт представляется тем фактором, без которого невозможен научно-технический прогресс и без которого невозможно достичь оперативного развития растениеводческого производства и экономической стабильности сельскохозяйственных предприятий. Одним из важнейших свойств лучших современных сортов является их способность давать не только высокий, но и относительно стабильный урожай в широком диапазоне варьирования условий выращивания во времени и пространстве (Алабушев, 2019; Грабовец и др., 2021).

За последние годы увеличение валовых сборов зерна по зерновым культурам произошло в основном благодаря повышению адаптивности и урожайности, в чем немалую роль сыграло внедрение в производство современных сортов (Singh et al., 2016; Zhang et al., 2010; Sun et al., 2017).

Сортосмена очень значима в повышении продуктивности пашни и валового сбора зерна. Каждый период сортосмены представляет собой более высокую ступень, качественно новый этап совершенствования той или иной сельскохозяйственной культуры (Черткова и др., 2020; Левакова и Костаньянц, 2022).

Повышение урожайности является одним из самых сложных направлений селекции, поскольку этот признак формируется из нескольких элементов (густота стеблестоя, продуктивность колоса, крупность зерна и др.). А каждый из компонентов зависит от многочисленных генетических и средовых факторов на всех этапах органогенеза (Eroshenko et al., 2021).

Анализ данных урожайности районированных сортов озимой пшеницы необходим для определения основных тенденций в улучшении сортов, а изучение элементов структуры урожайности позволит установить закономерности ее формирования. В связи с этим актуальным становится проведение данного анализа в зависимости от периодов сортосмены, что поможет выявить наиболее динамичные признаки, определить характер изменений и показать их вклад в рост урожайности.

Цель исследований – провести анализ зерновой урожайности и биометрических эле-

ментов ее структурных показателей у сортов пшеницы озимой мягкой в зависимости от периодов сортосмены в условиях южной зоны Центрального региона РФ.

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований служили 9 сортов озимой мягкой пшеницы (созданные ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» и ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), районированные по Центральному региону РФ и разделенные на этапы сортосмены: V период (2005–2016 гг.) – Галина, Ангелина, Московская 56, Виола; VI период (2017–2023 гг.) – Даная, Фелиция, Галатея, Anfisa, Боярка. Полевые исследования по испытанию данных сортов заложены в 2018–2022 гг. в севооборотах Института семеноводства и агротехнологий (ИСА) – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Рязанская область) на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве (содержание органического вещества 5,60 %). Делянки с учетной площадью 10 м² высевали в четырехкратной повторности по предшественнику черный пар с нормой высева 500 всхожих зерен на 1 м².

Степень модификационной изменчивости признака (коэффициент вариации (C_v , %)), сопряженность параметров с урожайностью (коэффициент корреляции (r)), стандартная ошибка среднего значения показателя ($\bar{x} \pm SE\bar{x}$) определяли по методике Б.А. Доспехова (2014) с использованием компьютерных программ «Microsoft Office Excel» и «Diana», индекс условий среды (I_j) – по методике С.А. Эберхарта и У.А. Рассела (S. A. Eberhart и W. A. Russell) в изложении В.А. Зыкина с соавторами (2008), потенциальную продуктивность и коэффициент адаптивности определяли по методике Л.А. Животкова с соавторами (1994).

Биометрический анализ растений образцов выполняли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) по следующим параметрам: «высота растений», см (Hр); «количество продуктивных стеблей», шт/м² (ПС); «длина колоса», см (Lк); «коэффициент кущения» (КК); «количество зерен в колосе», шт. (КЗ); «масса зерна с колоса», г (тк); «масса 1000 зерен», г (m1000).

Для оценки складывающихся гидротермических условий использовали данные по количеству осадков и температуре, полученные на местной метеостанции (табл. 1).

Таблица 1. Метеоусловия вегетационных периодов озимой пшеницы (2018–2022 гг.)
Table 1. Weather conditions of winter wheat vegetation period (2018–2022)

Параметры	Осень			Весна–лето				
	сентябрь	октябрь	сумма	апрель	май	июнь	июль	сумма
	2017			2018				
Сумма осадков, мм	30,5	20,0	50,5	39,5	27,8	10,6	76,6	154,5
Сумма активных температур, °C	524	240,8	764,8	266,5	592,3	608,8	714,9	2182,5
Среднесуточная температура, °C	17,5	8,3	25,8	9,6	19,2	20,3	23,1	72,2
ГТК	0,6	0,8	0,7	1,5	0,5	0,2	1,1	0,7
	2018			2019				
	2019			2020				
	2020			2021				
Сумма осадков, мм	11,8	18,2	30,0	11,9	48,0	38,2	38,2	136,3
Сумма активных температур, °C	445,3	280,5	725,8	301,0	594,9	634,4	603,7	2134
Среднесуточная температура, °C	14,8	9,6	24,4	10,4	19,1	22,7	19,5	71,7
ГТК	0,3	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6
	2019			2020				
	2020			2021				
	2021			2022				
Сумма осадков, мм	31,6	15,6	47,2	14,6	57,1	112,9	55,5	240,1
Сумма активных температур, °C	493,1	323,3	816,4	176,8	436,8	625,1	697,8	1936,5
Среднесуточная температура, °C	16,4	11,1	27,5	6,9	14,0	20,9	22,5	64,3
ГТК	0,6	0,5	0,6	0,8	1,3	1,8	0,8	1,2
	2020			2021				
	2021			2022				
	2022			Среднемноголетние				
Сумма осадков, мм	48,2	13,7	61,9	28,0	42,5	72,3	41,1	183,9
Сумма активных температур, °C	351	222,7	573,7	231,0	531	694,8	801,4	2258,2
Среднесуточная температура, °C	11,7	7,5	19,2	8,8	17,1	23,2	25,9	75,0
ГТК	1,4	0,6	1,1	1,2	0,8	1,0	0,5	0,8
	2021			2022				
	2022			Среднемноголетние				
	Среднемноголетние							
Сумма осадков, мм	88,6	69,7	158,3	26,7	49,6	40,7	16,0	133
Сумма активных температур, °C	361,4	233,9	595,3	214,4	400,6	644,0	743,8	2002,8
Среднесуточная температура, °C	12,1	8,2	20,3	7,8	13,4	21,5	24,0	66,7
ГТК	2,5	3,0	2,6	1,2	1,2	0,6	0,2	0,7
	2022			Среднемноголетние				
	Среднемноголетние							
Сумма осадков, мм	40,0	47,0	87,0	28,0	37,0	52,0	64,0	181,0
Среднесуточная температура, °C	12,2	4,6	16,8	4,1	12,7	17,6	18,8	53,2

Из всех периодов наблюдений наиболее контрастным был 2020 г., когда растения озимой пшеницы развивались в условиях обильных осадков с резкими колебаниями среднесуточных температур. Неблагоприятно на растения повлияли выпавшие в 1-й декаде июня (ГТК = 3,9) осадки, которые спровоцировали раннее полегание растений.

Гидротермические условия 2018–2022 гг. существенно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, варьирующими в течение вегетационных периодов. Обеспеченным увлажнением весенне-летнего вегетационного периода характеризовался 2020 г. с ГТК 1,2, засушливыми характеризовались 2018, 2021, 2022 гг. (коэффициент влагообеспеченности находился в интервале 0,7–0,8), сухого земледелия – 2019 г. с ГТК 0,6.

Результаты и их обсуждение. За полувековой период селекции озимой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ учеными достигнуто значительное совершенствование урожайности за счет различных методов, направлений и подходов.

В условиях южной зоны Центрального региона Российской Федерации сортосмена пше-

ницы озимой условно разделена на шесть периодов: I период пришелся на 1960–1970-е гг., когда основным сортом был сорт Мироновская 808 (1963); II начался с распространения сортов Заря (1978), Янтарная 50 (1985) и пришелся на 1980-е гг.; III период в 1990-е гг. был связан с приходом на поля сортов Инна (1991), Памяти Федина (1993), Безенчукская 380 (1994), IV – начало 2000-х гг., связан с созданием принципиально нового по качественным свойствам зерна сорта Московская 39 (1999) (Сандухадзе, 2016).

Следующий период сортосмены (V) пришелся на 2005–2016 гг. и связан с распространением сортов Галина (2005), Ангелина (2006), Немчиновская 24 (2006), Московская 56 (2008), Виола (2013). VI период сортосмены – с 2017 г. и по настоящее время.

Итоги последних этапов (V и VI периодов) сортосмены по полученной урожайности демонстрируют, что сорта последнего периода имеют приоритет по данному признаку в сравнении с сортами предшествующего поколения (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов озимой пшеницы разных периодов сортосмены, их вариация и коэффициент адаптивности (2018–2022 гг.)

Table 2. Productivity of winter wheat varieties of different variety change periods, their variation and coefficient of adaptability (2018–2022)

Периоды сортосмены	Сорт	Год районирования	Урожайность*, т/га						Cv, %	РПУ, %	Коэффициент адаптивности
			2018	2019	2020	2021	2022	$\bar{X} \pm SE\bar{X}$			
V (2005–2016 гг.)	Галина	2005	7,48	2,60	4,21	4,58	5,82	4,94±0,82	37,0	66,0	0,89
	Ангелина	2006	7,43	3,44	6,52	2,47	4,75	4,92±0,92	42,0	66,2	0,90
	Московская 56	2008	7,29	2,93	4,51	4,48	5,97	5,04±0,74	32,9	69,1	0,92
	Виола	2013	6,71	2,30	7,10	5,41	5,46	5,40±0,84	34,9	76,0	0,97
	$\bar{X}$	–	7,22	2,82	5,58	4,23	5,50	5,08	36,7	69,3	0,92
VI (2017–2023 гг.)	Даная	2017	8,04	3,56	5,85	4,25	7,01	5,74±0,83	32,4	71,4	1,05
	Фелиция	2019	7,99	3,45	7,11	4,86	7,20	6,12±0,85	30,9	76,6	1,12
	Галатея	2021	6,74	3,78	5,64	6,05	7,11	5,86±0,58	22,1	82,4	1,10
	Анфиса	2023	8,36	2,30	5,61	4,95	7,80	5,80±1,09	41,8	69,4	1,02
	Боярка	2023	6,99	3,42	5,95	5,07	8,16	5,92±0,81	30,3	72,5	1,09
	$\bar{X}$	–	7,62	3,30	6,03	5,04	7,45	5,89	31,5	74,5	1,08
Среднесортосовая урожайность, т/га		–	7,42	3,06	5,81	4,64	6,48	5,49	–	–	–
Индекс условий среды (Ij)		–	+1,91	–2,44	+0,30	–0,85	+1,06	–	–	–	–

Примечание. *HCP₀₅: 2018 г. – 0,61; 2019 г. – 0,66; 2020 г. – 0,86; 2021 г. – 0,57; 2022 г. – 1,12.

Анализ полученной информации указывает на то, что средняя урожайность сортов ($\bar{X}$) при единой базовой технологии возделывания на 15,9 % (0,81 т/га) повышена у современных сортов в сравнении с предшествующими.

В опыте определен индекс условий среды (Ij), который показал агроклиматическое влияние на реализацию потенциала продуктивности всего набора сортов в конкретном году. Более благоприятными факторами среды для роста и развития пшеницы озимой характеризовались 2018, 2020 и 2022 гг. (Ij = +0,30...+1,91) по сравнению с 2019 г. (Ij = –2,44) и 2021 г. (Ij = –0,85). Установлено, что сорта VI периода сортосмены выгодно отличались по реакции на улучшение условий среды, проявляющееся в повышении урожайности. Так, в благоприятные годы наблюдалось превышение урожайности на 0,40–1,95 т/га, в неблагоприятные годы превышение достигало 0,48–0,81 т/га.

Средняя урожайность сортов, созданных в последнее десятилетие, составила 5,89 т/га, сортов предыдущей селекции – 5,08 т/га. На 8,3 % произошло увеличение средней максимальной урожайности. В оптимальных условиях роста и развития растений озимой пшеницы полученная максимальная урожайность составила 8,36 т/га (сорт Анфиса). Минимальный уровень урожайности новых сортов, складывающийся при отрицательно действующем экологическом стрессе, увеличился на 27,9 %.

Показатель, характеризующий разброс значений относительно среднего уровня (коэффициент вариации C_v), установил, что вариабельность урожайности новых сортов снизилась в среднем на 5,2 %. Наименьший показатель данного значения имеет сорт Галатея – 22,1 %.

Ценный показатель оценки сортов в различных условиях среды – реализация потенциала их урожайности (РПУ, %). Эта величина сравни-

тельно низкая в большинстве регионов нашей страны, что является следствием как несоблюдения требований технологии, так и недостаточной адаптивности сортов, что не позволяет им противостоять отрицательно действующим погодным факторам среды (Левакова, 2021). Расчеты данного показателя продемонстрировали, что современные сорта достаточно полно раскрывают потенциал урожайности в различные по метеоусловиям годы, имея преимущество по данному показателю на 5,2 % (при среднем значении 74,5 %). Наибольшее значение реализации потенциала урожайности имеет сорт Галатея – 82,4 %.

Коэффициент адаптивности указывает на продуктивные возможности изучаемых сортов. Самый высокий показатель был отмечен у новых сортов, где коэффициент адаптивности составил свыше 1,0 (оптимальное значение) и имел увеличение показателя по сравнению с ранее созданными сортами на 17,4 %.

Биометрический анализ урожайности исследованных сортов указывает, что на урожай отдельного периода сортосмены влияли разные структурные элементы (табл. 3).

На урожайность сортов V периода сортосмены значимо влияет масса 1000 зерен ($r = +0,648$), средняя связь ($r = +0,348...+0,359$) отмечена с массой зерна с колоса (mk) и длиной колоса (Lk). Высота растений (Hr) данного периода имеет тесную отрицательную связь с урожайностью – $r = -0,866$, что направляет селекционную работу по этой культуре на уменьшение длины стебля. Данной предпосылке и следовали селекционеры, создавая современные сорта – произошло уменьшение длины стебля в среднем на 5,9 см. Самыми низкорослыми современными сортами являются Виола, Фелиция, Анфиса и Боярка – 96–97 см.

Таблица 3. Биометрические показатели выделенных сортов и их связь с урожайностью по периодам сортосмены
Table 3. Biometric indicators of the identified varieties and their correlation with productivity during variety change periods

Сорт	Нр $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	ПС $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	КК $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	Lk $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	K3 $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	mk $\bar{x} \pm SE\bar{x}$	m1000 $\bar{x} \pm SE\bar{x}$
V период (n = 4)							
Ангелина, st	105±6,75	552±55,3	3,1±0,25	8,6±0,38	39,2±3,27	1,85±0,19	46,7±1,36
Галина	114±6,05	538±73,6	3,0±0,15	10,0±0,39	40,5±2,75	1,78±0,19	42,5±3,64
Московская 56	106±6,54	493±78,9	2,9±0,37	9,2±0,23	36,2±2,45	1,67±0,14	46,0±1,76
Виола	97±5,88	463±52,2	3,0±0,17	9,8±0,37	40,8±1,84	1,86±0,12	47,6±1,76
Xi	105,5	511,5	3,0	9,4	39,2	1,79	45,7
Коэффициент корреляции с урожайностью, r	-0,866**	-0,900**	-0,183	+0,359**	+0,301	+0,348**	+0,648**
VI период (n = 5)							
Даная	106±5,09	490±56,7	3,0±0,18	10,6±0,28	39,2±2,17	1,90±0,14	47,9±1,64
Фелиция	96±6,51	467±41,2	3,0±0,23	10,5±0,38	42,2±1,89	2,20±0,11	48,4±2,31
Галатея	103±5,09	497±55,8	3,0±0,19	10,4±0,43	38,8±1,47	2,00±0,09	49,1±1,34
Анфиса	96±6,04	538±53,5	2,8±0,16	11,3±0,29	38,3±1,69	1,86±0,12	46,6±2,66
Боярка	97±7,05	499±19,4	3,0±0,17	10,1±0,39	42,6±1,53	2,06±0,09	46,1±0,70
Xi	99,6	498,2	3,0	10,6	40,2	2,0	47,6
Коэффициент корреляции с урожайностью, r	-0,609**	-0,632**	+0,336**	-0,367	+0,758**	+0,955**	+0,191
НСР ₀₅	4,7	23,4	0,13	0,43	0,82	0,13	0,46

Примечание. ** – Доверительная вероятность $P \geq 0,95$; Нр – высота растений, см; ПС – количество продуктивных стеблей, шт/м²; Lk – длина колоса, см; КК – коэффициент кущения.; К3 – количество зерен в колосе, шт.; mk – масса зерна с колоса, г; m1000 – масса 1000 зерен, г.

Что касается биометрических показателей сортов VI периода сортосмены, произошла аугментация длины колоса (Lk) на 12,7 %, количества зерен в колосе (K3) – на 2,5 %, массы зерна с колоса (mk) – на 11,7 % и массы 1000 зерен (m1000) – на 4,2 % в сравнении с сортами предыдущей селекции. На урожайность сортов VI периода сортосмены существенно ($r \geq +0,700$) влияет количество зерен в колосе и масса зерна с колоса. Самый длинный колос имел сорт Анфиса – 11,3 см; количество зерен в колосе более 42,0 шт. было у сортов Фелиция и Боярка; масса зерна с колоса более 2,0 г отмечалась у сортов Фелиция, Галатея, Боярка. Все сорта последней сортосмены имеют крупное зерно, m1000 > 46,0 г, особой крупностью отличается сорт Галатея – 49,1 г.

Выводы. На основании проведенных исследований можно утверждать, что итогом селекционной работы явилось повышение уровня урожайности новейших сортов ози-

мой мягкой пшеницы как в оптимальные, так и неблагоприятные годы. Результаты сравнения адаптивной реакции выявили их преимущество над сортами более раннего периода сортосмены по коэффициенту вариации, коэффициенту адаптивности и показателю реализации потенциала урожайности. Предпосылкой успеха при создании современных селекционных форм явилось уменьшение высоты растений и увеличение таких структурных элементов, как длина колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен.

Выделившиеся в условиях южной зоны Центрального региона РФ сорта последнего периода селекционной работы рекомендованы для использования в селекционных программах, а также как альтернативный заместитель в посевах старых сортов, что является наиболее эффективным способом повышения урожайности и валовых сборов зерна.

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.
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. Левакова О. В. Селекционная работа по созданию адаптированных к Нечерноземной зоне РФ сортов ярового ячменя и перспективы развития данной культуры в Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.
4. Левакова О. В., Костаньянц М. И. Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 1(23). С. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.
5. Скрипка О. В., Подгорный С. В., Самофалов А. П., Некрасова О. А., Громова С. Н., Чернова В. Л., Кравченко Н. С. Хлебопекарные качества зерна озимой мягкой пшеницы в условиях юга

Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36.

6. Сандухадзе Б. И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в Нечерноземье // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 15–18.

7. Черткова Н. Г., Скворцова Ю. Г., Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Семеноводство и периоды сортосмены ярового ячменя в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64.

8. Eroshenko L. M., Levakova O. V., Gladysheva O. V., Gureeva E. V., Romakhin M. M., Dedushev I. A. The elements of productivity and their contribution to high level of crop yield // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012005.

9. Singh M., Kumar S. Broadening the Genetic Base of Grain Cereals // Springer, 2016. 275 p. DOI: 10.1007/978-81-322-3613-9_1.

10. Sun C., Zhang F., Yan X., Zhang X., Dong Z., Cui D. and Chen F. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. P. 953–969.

11. Zhang L. Y., Liu D. C., Guo X. L., Yang W. L., Sun J. Z., Wang D. W. and Zhang A. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52(11). P. 996–1007.

References

1. Alabushev A. V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export 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.

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 common wheat varieties as the result of the implementation of developments in breeding for productivity and adaptability] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2021. № 2. S. 19–23. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/19-23.

3. Levakova O. V. Seleksionnaya rabota po sozdaniyu adaptirovannykh k Nechernozemnoi zone RF sortov yarovogo yachmenya i perspektivy razvitiya dannoi kul'tury v Ryazanskoi oblasti [Breeding work on the development of spring barley varieties adapted to the Non-Blackearth part of the Russian Federation and prospects for the development of this crop in the Ryazan region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.

4. Levakova O. V., Kostan'yants M. I. Galateya – novyi sort ozimoi myagkoi pshenitsy dlya Tsentral'nogo regiona Rossii [‘Galatea’ is a new winter common wheat variety for the Central region of Russia] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 1(23). S. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.

5. Skripka O. V., Podgorniy S. V., Samofalov A. P., Nekrasova O. A., Gromova S. N., Chernova V. L., Kravchenko N. S. Khlebopekarnye kachestva zerna ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh yuga Rostovskoi oblasti [Bakery qualities of winter common wheat grain in the conditions of the south of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 6. S. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36.

6. Sandukhadze B. I. Razvitie i rezul'taty selektsii ozimoi pshenitsy v Nechernozem'e [Development and results of winter wheat breeding in the Non-Blackearth region] // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2016. № 9. S. 15–18.

7. Chertkova N. G., Skvortsova Yu. G., Firsova T. I., Filenko G. A. Semenovodstvo i periody sortosmeny yarovogo yachmenya v FGBNU «ANTs «Donskoi» [Seed production and periods of variety change of spring barley in the FSBSI «ARC «Donskoy»] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64.

8. Eroshenko L. M., Levakova O. V., Gladysheva O. V., Gureeva E. V., Romakhin M. M., Dedushev I. A. The elements of productivity and their contribution to high level of crop yield // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number: 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012005.

9. Singh M., Kumar S. Broadening the Genetic Base of Grain Cereals // Springer, 2016. 275 p. DOI: 10.1007/978-81-322-3613-9_1.

10. Sun C., Zhang F., Yan X., Zhang X., Dong Z., Cui D. and Chen F. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. P. 953–969.

11. Zhang L. Y., Liu D. C., Guo X. L., Yang W. L., Sun J. Z., Wang D. W. and Zhang A. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52(11). P. 996–1007.

Поступила: 17.03.23; доработана после рецензирования: 07.04.23; принята к публикации: 10.04.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Левакова О. В., Гладышева О. В. – концептуализация исследования; Левакова О. В., Костаньянц М. И. – подготовка опыта, выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Левакова О. В., Гладышева О. В., Костаньянц М. И. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗЕРНОГРАДСКИХ СОРТОВ РИСА В ПОЙМЕ КУБАНИ

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

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

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

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

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

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

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

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

Создание новых сортов риса и их ускоренное внедрение в производство имеет большое значение для увеличения урожайности и валового сбора зерна. В основных селекционных учреждениях России по рису (ФНЦ риса и «АНЦ «Донской») постоянно создаются более урожайные сорта, устойчивые к болезням и стресс-факторам. Каждый сорт имеет генетически обусловленную реакцию на различия агроэкологических условий местности, которая оказывает влияние на урожайность и, соответственно, востребованность для растениеводства. В статье представлены результаты экологического испытания пяти сортов риса в 2021–2022 гг. на полях двух хозяйств Краснодарского края, которые определили значительные различия по урожайности. Результаты экологического испытания сортов риса показали, что урожайность существенно колебалась в зависимости от хозяйства, года, предшественника и варианта удобрений в опытах. В ЭСОС «Красная» в среднем за 2 года по четырем предшественникам и двум вариантам удобрений лидировал сорт Рапан 2, сформировавший урожайность 8,13 т/га, на втором месте Фаворит (7,59 т/га), на третьем – Аргамак (7,23 т/га). В РПЗ «Красноармейский» сорт Аргамак показал максимальную урожайность (8,04 т/га) по предшественнику «рис» на низком чеке, на уровне сорта Фаворит (7,99 т/га), выше сорта Рапан 2 (7,49 т/га). На высоком чеке максимальную урожайность сформировали сорта Рапан 2 (9,05 т/га) и Фаворит (8,50 т/га), а из зерноградских сортов – раннеспелый сорт Виран (8,43 т/га). Урожайность изученных сортов высоко положительно коррелировала с количеством колосков на метелке ($r = 0,75 \pm 0,18$), средне положительно – с высотой растений ($r = 0,47 \pm 0,24$), длиной метелки ($r = 0,40 \pm 0,25$), количеством зерен в метелке ($r = 0,66 \pm 0,20$) и массой зерна с метелки ($r = 0,65 \pm 0,20$). Рекомендуется выращивать в Краснодарском крае высокоурожайный сорт риса Аргамак селекции АНЦ «Донской».

Ключевые слова: рис, сорт, урожайность, экологическое испытание, корреляция признаков.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В., Ладатко М. А., Зеленева И. А., Фолиянц Б. В. Экологическое изучение зерноградских сортов риса в пойме Кубани // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 48–53. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-48-53.



ECOLOGICAL STUDY OF THE ZERNOGRAD RICE VARIETIES IN THE KUBAN FLOODPLAIN

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

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

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

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

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

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

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

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

The development of new rice varieties and their fast introduction into production is of great importance for improving productivity and gross grain harvest. In the main rice breeding institutions in Russia (FRC of Rice and "ARC "Don-

skoy”), there are constantly being developed more productive varieties that are resistant to diseases and stress factors. Each variety has a genetically determined response to differences in the agro-ecological conditions of the area, which affects productivity, and, accordingly, the demand for plant production. The current paper has presented the results of the ecological testing of five rice varieties on the fields of two farms in the Krasnodar Territory in 2021–2022, which demonstrated significant differences in productivity. The results of the ecological testing of rice varieties have shown that the productivity varied significantly depending on the farm, year, forecrop and fertilizer variant in the trials. In the ESP ‘Krasnaya’, on average for 2 years, according to four forecrops and two fertilizer options, the leading variety was ‘Rapan 2’, which produced 8.13 t/ha, the variety ‘Favorit’ was in the second place with 7.59 t/ha, the variety ‘Argamak’ was in the third one with 7.23 t/ha. In the RPZ ‘Krasnoarmeisky’, the variety ‘Argamak’ showed the maximum productivity (8.04 t/ha), sown after rice at a low check, the same productivity with the variety ‘Favorit’ (7.99 t/ha), and larger productivity than that of the variety ‘Rapan 2’ (7.49 t/ha). At a high check, the maximum productivity was formed by the varieties ‘Rapan 2’ (9.05 t/ha) and ‘Favorit’ (8.50 t/ha), and the early-maturing Zernograd variety ‘Virasan’ (8.43 t/ha). The productivity of the studied varieties highly positively correlated with the trait ‘number of spikelets per panicle’ ($r = 0.75 \pm 0.18$), moderately positively correlated with the trait ‘plant height’ ($r = 0.47 \pm 0.24$), ‘panicle length’ ($r = 0.40 \pm 0.25$), ‘number of seeds per panicle’ ($r = 0.66 \pm 0.20$) and ‘seed weight per panicle’ ($r = 0.65 \pm 0.20$). There has been recommended to grow a highly productive rice variety Argamak developed by the ARC “Donskoy” in the Krasnodar Territory.

Keywords: rice, variety, productivity, ecological testing, correlation between traits.

Введение. В формировании высокой урожайности важную роль играют сортовые особенности риса. Поэтому для рисоводства необходимо регулярно обновлять ассортимент сортов, максимально адаптированных для почвенно-климатических условий конкретной зоны.

Урожайность зерна одного и того же сорта риса может значительно различаться в зависимости от плодородия почвы, температуры, количества и времени выпадения осадков и т.д. Поэтому подбор лучших сортов и применение подходящей технологии возделывания дают возможность значительно увеличить продуктивность риса. Взаимодействие генотип $\times$ среда ($G \times E$) возникает, когда разные генотипы по-разному реагируют на разные среды, и имеет первостепенное значение для идентификации и развития генотипов, которые хорошо себя чувствуют в широком диапазоне условий выращивания (Dixit. et al., 2015).

Использование различных по расположению полей с особыми экологическими условиями позволяет выявить более адаптированные сорта, способные значительно повысить урожайность и обеспечить устойчивую агроэкологическую интенсификацию, тем самым способствуя развитию сельскохозяйственного производства (Nayak et al., 2019).

Итальянские исследователи указывают на то, что в различных сельскохозяйственных предприятиях фермеры могут идентифицировать генетический материал, который лучше использует их агрономические приемы. Такой подход, основанный на использовании конкретной адаптации, в конечном итоге должен привести к увеличению агробиоразнообразия, необходимого для повышения устойчивости и преодоления климатических изменений, а также биотических стрессов. Поэтому привлечение производителей к отбору лучших сортов для своих конкретных условий может представлять собой тот тип инноваций, который считается одним из ключей к демократизации продовольственных систем (De Santis et al., 2022).

Высокая эффективность использования сорта зависит от своевременного и адаптив-

ного районирования. По мнению А. А. Жученко (2001), в повышении продуктивности растений роль селекционных сортов составляет от 30 до 70 %. Чтобы получать высокий и стабильный урожай риса, нужно использовать наилучшие сорта, которые сочетают в себе высокую продуктивность, технологическое качество зерна и крупы, адаптированность для условий районного рисоводства (Dzhamirze et al., 2020).

Усилиями современных селекционеров, ускоренной заменой сортов и их выращиванием на основе агро-ландшафтных районов в последние годы удалось достичь хороших результатов рисоводства (Гаркуша, 2019).

С использованием широких экологических испытаний возможно определить степень адаптированности новых сортов растений для возделывания в различных зонах, определить ареал их вероятного произрастания (Ковтунова и др., 2018; Кривошеев и Игнатьев, 2018).

Цель исследований: оценка новых зерноградских сортов риса по урожайности и другим признакам в рамках экологического испытания в хозяйствах Красноармейского района Краснодарского края.

Материалы и методы исследований. В опытах исследовали три сорта риса ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Вирансан, Абсолют, Аргамак) и два сорта ФНЦ риса (Рапан 2, Фаворит). По вегетационному периоду 4 сорта являются среднеспелыми (120–125 дней), а сорт Вирансан раннеспелым (105–110 дней). Стандартом служил сорт Рапан 2.

Экологическое испытание сортов проводили в 2021–2022 гг. в рамках договора о сотрудничестве между ФНЦ риса и АНЦ «Донской» в двух предприятиях Краснодарского края (ЭСОС «Красная», РПЗ «Красноармейский») по разным предшественникам. В опыте использовали общепринятую агротехнику (Агарков и др., 2006). Использование удобрений в хозяйствах основывается на научных рекомендациях. Почва – лугово-черноземная, тяжело-суглинистая, нейтральная и слабощелочная. Мощность гумусного горизонта – 130 см. Почва на делянках имела малое содержание гумуса

(3,2–3,8 %). Содержание азота, фосфора, калия различалось в почвах разных хозяйств в небольших пределах. Валовой азот – 0,16–0,21 %, легкогидролизуемый азот – 5,38–6,63 мг/100 г, общий фосфор – 0,14–0,18 %, обменный аммоний – 0,08–0,39 мг/100 г, подвижный фосфор – 2,86–6,55 мг/100 г, подвижный калий – 16,1–33,7 мг/100 г.

На полях ФГБУ Элитно-семеноводческой опытной станции (ЭСОС) «Красная» под посев риса использовали три предшественника: рис, АМП (агромелиоративное поле с озимой пшеницей) и люцерну. При этом чеки после АМП имели низкий и высокий уровень расположения на карте. На всех предшественниках удобрения вносили в почву в двух вариантах: 1) комплексный состав удобрений (фон), 2) фон + азот N_{30} кг д. в. / га. Мочевину разбрасывали по всходам (два-три листа). На фоновых вариантах нормы внесения удобрений составляли по рису $N_{173}P_{52}$, по АМП – $N_{125}P_{42}$, по люцерне – $N_{56}P_{42}$.

На полях ФГУП Рисоводческий племенной завод (РПЗ) «Красноармейский имени А.И. Майстренко» для выращивания сортов риса использовали только один предшественник – рис на высоко и низко расположенных полях. Фоновые нормы удобрений составили на низких чеках $N_{149}P_{55}$, высоких – $N_{156}P_{55}$.

Семена высевали в период со 2 по 13 мая в 4-кратной повторности, рендомизированно селекционной сеялкой СНЦ-8 при норме высева 7 млн шт./га всхожих семян с последующим прикатыванием поверхности поля. Делянки состояли из 8 рядков, междурядья – 15 см, площадь – 13,2 м², ширина дорожек – 50 см. С помощью малогабаритного комбайна ДКС-515 в сентябре проводили уборку зерна. После уборки урожайность пересчитывали на влажность – 14 % и чистоту – 100 % (Дзюба, 2007).

В процессе вегетации растений проводили обработки гербицидом и отмечали фенологические фазы. Густоту продуктивного стеблестоя подсчитывали после созревания зерна.

На территории поймы Кубани складываются благоприятные климатические условия с достаточной суммой температуры воздуха для возделывания риса. В 2021 г. в период роста и развития риса средняя температура в мае составила 18,8 °C (+2,0 °C), в июне – 22,8 °C (+2,4 °C), июле – 27,5 °C (+4,3 °C), то есть была

существенно выше среднегодовой нормы (16,8, 20,4 и 23,2 °C). Суммарное количество осадков в мае (55,4 мм), июне (63,8 мм) и июле (38,6 мм) было меньше нормы на 1,6 – 21,4 мм, а в августе (113,0) и сентябре (58,6 мм) – больше на 20,6–66,0 мм. Норма: 57, 67, 60, 47 и 38 мм соответственно.

В 2022 г. среднемесячная температура воздуха в мае составила 15,5 °C, прохладнее обычного на 1,3 °C. Лето было жарким, температура в июне достигла 23,3, в июле – 24,6, августе – 27,3 °C, что на 2,9, 1,4, 4,6 °C выше среднегодовой нормы соответственно. Сентябрь тоже был теплым – 19,4 °C, на 2,0 °C выше нормы (17,4 °C). Количество осадков лишь в июне (76,4 мм) было близко к норме (67,0 мм), а в остальные месяцы сумма осадков была меньше нормы на 10,5–30,8 мм.

Индекс развития болезни (ИРБ) вычисляли для пирикулярноза по формуле $R = \Sigma(ab) / N$, где R – степень развития болезни, %; $\Sigma(ab)$ – сумма произведений количества заболевших растений (a) на соответствующий балл поражения (b); N – общее количество здоровых и больных растений. Обработку полученных данных проводили с использованием методов статистического анализа (Дзюба, 2007).

Результаты и их обсуждение. Урожайность является основным суммарным показателем продуктивности и экологической приспособленности всех сортов риса. По ее уровню определяется их значимость и возможность использования в сельскохозяйственном производстве.

Экологическое испытание сортов риса в двух сельскохозяйственных предприятиях показало, что урожайность значительно варьировала в зависимости от хозяйств, предшественников и доз удобрений.

В РПЗ «Красноармейский» максимальную урожайность в среднем по двум годам и четырем вариантам показал сорт Рапан 2 – 8,27 т/га (табл. 1). На уровне с ним был сорт Фаворит (8,24 т/га), на третьем месте – сорт Вирасан (7,96 т/га). Было установлено, что на высоком чеке урожайность оказалась выше, чем на низком: у сорта Рапан 2 – на 1,56 т/га, у Вирасана – на 0,95 т/га, у Фаворита – на 0,51 т/га. У сортов Абсолют и Аргамак, наоборот, на низком чеке она была выше на 1,19 и 0,93 т/га соответственно.

Таблица 1. Урожайность зерна риса в РПЗ «Красноармейский», т/га (2021–2022 гг.)
Table 1. Rice productivity in the RPZ 'Krasnoarmeisky', t/ha (2021–2022)

Сорт	Предшественник						Общие средние
	рис (низкий чек)			рис (высокий чек)			
	фон	фон + N ₃₀	средние	фон	фон + N ₃₀	средние	
Рапан 2	7,35	7,63	7,49	9,43	8,66	9,05	8,27
Фаворит	8,53	7,44	7,99	8,71	8,28	8,50	8,24
Абсолют	7,64	7,37	7,51	5,71	6,93	6,32	6,91
Аргамак	8,27	7,81	8,04	6,95	7,26	7,11	7,57
Вирасан	7,75	7,21	7,48	8,32	8,54	8,43	7,96
Средние	7,91	7,49	7,70	7,83	7,93	7,88	7,79
НСР ₀₅	0,44	0,42	—	0,43	0,44	—	—

Это связано с различиями окислительно-восстановительных процессов в почве и генетическими особенностями сортов. Поэтому при размещении сортов нужно учитывать эти факторы.

Оба варианта удобрений незначительно различались по влиянию на урожайность. На низких чеках подкормка азотом (30 кг/га) приводила к снижению урожайности в среднем по всем сортам на 0,42 т/га, а на высоких – к повышению на 0,10 т/га, то есть в пределах НСР₀₅. При этом на высоком по уровню чеке у краснодарских сортов Рапан 2 и Фаворит подкормки снижали урожайность на 0,43–0,77 т/га, а у зерноградских сортов Абсолют, Аргамак, Вирасан повышали на 0,22–1,22 т/га. Из зерноградских сортов максимальную урожайность сформировали раннеспелый сорт Вирасан на высоком чеке (8,32–8,54 т/га) и сорт Аргамак на низком чеке (7,81–8,27 т/га).

Поэтому в РПЗ «Красноармейский» рекомендуется в низких чеках размещать сорт Аргамак.

В ЭСОС «Красная» по предшественнику «агромелиоративное поле» (АМП) наблюдали большие различия между сортами и расположением чеков. На низком чеке средняя по пяти сортам урожайность составила от 8,26 (Фон) до 8,28 т/га (Фон + N₃₀), а на высоком – 5,49–5,76 т/га соответственно (табл. 2). Разница составила 2,53–2,76 т/га. На низком чеке наибольшую урожайность показал сорт Рапан 2 (10,46 т/га), на втором месте оказался Фаворит (9,39 т/га), на третьем – Аргамак (8,54 т/га). На высоком чеке максимальную урожайность сформировал сорт Абсолют (6,12 т/га), на втором месте был Аргамак (5,71 т/га), на третьем – Фаворит (5,63 т/га).

Таблица 2. Урожайность риса в экологическом испытании в ЭСОС «Красная» (т/га), предшественник АМП (озимая пшеница) (2021–2022 гг.)

Table 2. Rice productivity in the ecological testing in the ESP 'Krasnaya' (t/ha), the forecrop of AMS (winter wheat) (2021–2022)

Сорт	Предшественник						Общие средние
	АМП (низкий чек)			АМП (высокий чек)			
	фон	фон + N ₃₀	средние	фон	фон + N ₃₀	средние	
Рапан 2	10,38	10,54	10,46	5,48	5,33	5,41	7,93
Фаворит	9,36	9,42	9,39	5,50	5,75	5,63	7,51
Абсолют	5,09	4,97	5,03	5,89	6,35	6,12	5,58
Аргамак	8,36	8,71	8,54	5,60	5,82	5,71	7,12
Вирасан	8,10	7,77	7,94	5,00	5,53	5,27	6,60
Средние	8,26	8,28	8,27	5,49	5,76	5,63	6,95
НСР ₀₅	0,46	0,46	—	0,31	0,32	—	—

При этом дополнительное внесение 30 кг/га азота на низком чеке не привело к существенному повышению урожайности зерна как в среднем по группе, так и по каждому сорту. На высоком чеке выявлено существенное повышение урожайности лишь у сортов Абсолют (+0,46 т/га) и Вирасан (+0,53 т/га).

Раннеспелый сорт Вирасан хорошо показал себя в ЭСОС «Красная» на низком чеке по АМП без подкормки – 8,10 т/га, на уровне со среднеспелыми сортами.

По другим предшественникам урожайность изученных сортов также значительно различалась (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность риса в экологическом испытании в ЭСОС «Красная» (т/га), предшественники рис и люцерна (2021–2022 гг.)

Table 3. Rice productivity in the ecological testing in the ESP 'Krasnaya' (t/ha), the forecrops rice and alfalfa (2021–2022)

Сорт	Предшественник						Общие средние
	рис			люцерна			
	фон	фон + N ₃₀	средние	фон	фон + N ₃₀	средние	
Рапан 2	6,99	7,91	7,45	9,34	9,06	9,20	8,33
Фаворит	7,50	7,39	7,45	7,83	7,96	7,90	7,67
Абсолют	6,77	6,50	6,64	5,95	4,32	5,14	5,89
Аргамак	6,50	7,02	6,76	7,97	7,86	7,92	7,34
Вирасан	6,53	6,74	6,64	6,17	6,94	6,56	6,60
Средние	6,86	7,11	6,99	7,45	7,23	7,34	7,16
НСР ₀₅	0,38	0,40	—	0,41	0,40	—	—

После предшественника рис наибольшую урожайность (в среднем по двум вариантам удобрений) показали сорта Рапан 2 и Фаворит

(7,45 т/га). При этом у Рапана 2 при подкормке N₃₀ урожайность повысилась на 0,92 т/га, а у Фаворита снизилась на 0,11 т/га. Остальные

три сорта сформировали урожайность в пределах 6,64–6,76 т/га. Средняя прибавка от внесения N_{30} составила 0,25 т/га, что ниже НСР₀₅.

После предшественника люцерны урожайность в целом была выше, чем после предшественника риса, на 0,35 т/га. В среднем по двум вариантам доз удобрений максимальную урожайность показали сорта Рапан 2 (9,20 т/га), Аргамак (7,92 т/га) и Фаворит (7,90 т/га).

Сорт Абсолют на фоне с повышенным содержанием азота был значительно поражен пирикулярией, поэтому его урожайность снизилась. На это повлияло высокое содержание азотистых веществ в почве после предшественника люцерны, что способствовало развитию пирикуляриоза в фазу налива зерна. Индекс развития болезни (ИРБ) составил: у Рапана 2 – 27,8, Фаворита – 21,1, Абсолюта – 47,8, Аргамака – 37,8, Вирасана – 30,0 %.

При этом густота стеблестоя по предшественнику люцерны составляла: у Рапана 2 – 233, Фаворита – 241, Абсолюта – 196, Аргамака – 179, Вирасана – 182 шт./м². Устойчивость к полеганию зависела от предшественника. Более высокие значения в среднем по пяти сортам были по АМП (низкий чек) – 7,4 балла, затем по АМП (высокий чек) – 6,0, по рису – 4,4 и люцерне – 2,5. Более устойчивым сортом по трем первым предшественникам был сорт Рапан 2, а по люцерне – Вирасан.

В среднем по четырем вариантам и трем предшественникам по урожайности первое место занял сорт Рапан 2 (8,13 т/га), второе – Фаворит (7,59 т/га), третье – Аргамак (7,23 т/га), четвертое – Вирасан (6,60 т/га), пятое – Абсолют (5,73 т/га).

Из трех исследованных сортов риса селекции АНЦ «Донской» сорт Аргамак был наиболее урожайным, что позволяет успешно выращивать его в условиях Красноармейского района.

Структурный анализ был проведен по 20 растениям, выращенным в ЭСОС «Красная» по предшественнику АМП (низкий чек). Высота растений варьировала между сортами в пределах от 73,4 до 84,7 см, кустистость – от 1,1 до 1,4 стебля, длина метелки – от 12,0 до 16,0 см, количество колосков на метелке – от 69,4 до 132,3 шт., зерен – от 63,1 до 112,1 шт., масса зерна с метелки – от 1,92 до 3,09 г, масса 1000 зерен – от 27,8 до 30,7 г, К хоз. – от 0,51 до 0,61.

Корреляционный анализ позволил установить, что урожайность риса по предшественнику АМП (низкий чек) высоко положительно коррелировала с количеством колосков

на метелке ($r = 0,75 \pm 0,18$), средне положительно – с высотой растений ($r = 0,47 \pm 0,24$), длиной метелки ($r = 0,40 \pm 0,25$), количеством зерен в метелке ($r = 0,66 \pm 0,20$), массой зерна с метелки ($r = 0,65 \pm 0,20$), средне отрицательно – с массой 1000 зерен ($r = -0,43 \pm 0,24$) и кустистостью ($r = -0,50 \pm 0,23$). Сорта с более мелкими зерновками формировали более высокую урожайность, чем с крупными.

Признак «количество зерен в метелке» высоко положительно коррелировал с массой зерна с метелки ($r = 0,93 \pm 0,10$) и количеством колосков на ней ($r = 0,89 \pm 0,12$). Высокая густота размещения растений на площади уменьшает количество колосков и зерен на метелке.

Высота растений имела положительную корреляцию с длиной метелки ($r = 0,94 \pm 0,09$), количеством колосков на ней ($r = 0,77 \pm 0,17$) и массой соломы ($r = 0,89 \pm 0,12$).

Масса 1000 зерен отрицательно коррелировала с высотой растений ($r = -0,84 \pm 0,14$), длиной метелки ($r = -0,90 \pm 0,12$), массой соломы ($r = -0,75 \pm 0,18$) и урожайностью ($r = -0,43 \pm 0,24$).

Выводы. В результате экологического испытания новых зерноградских сортов риса на полях двух сельскохозяйственных предприятий Краснодарского края были выявлены различные уровни урожайности по вариантам опыта. В ЭСОС «Красная» в среднем за два года по всем предшественникам и дозам удобрений на первом месте был сорт Рапан 2, сформировавший урожайность 8,13 т/га, на втором – Фаворит (7,59 т/га), на третьем – Аргамак (7,23 т/га).

В РПЗ «Красноармейский» сорт Аргамак показал максимальную урожайность (8,04 т/га) по предшественнику риса на низком чеке, на уровне сорта Фаворит (7,99 т/га), выше сорта Рапан 2 (7,49 т/га). На высоком чеке максимальную урожайность сформировали сорта Рапан 2 (9,05 т/га) и Фаворит (8,50 т/га), а из зерноградских сортов – раннеспелый сорт Вирасан (8,43 т/га).

Установлена высокая положительная корреляция урожайности изученных сортов с количеством колосков на метелке ($r = 0,75 \pm 0,18$), средняя положительная – с высотой растений ($r = 0,47 \pm 0,24$), длиной метелки ($r = 0,40 \pm 0,25$), количеством зерен в метелке ($r = 0,66 \pm 0,20$) и массой зерна с метелки ($r = 0,65 \pm 0,20$).

Высокоурожайный новый сорт риса Аргамак селекции АНЦ «Донской» рекомендуется для выращивания в рисоводческих хозяйствах Краснодарского края по предшественникам риса и озимая пшеница на низких по уровню чеках.

Библиографические ссылки

1. Агарков В. Д., Уджуху А. Ч., Харитонов Е. М. Агротехнические требования и нормативы в рисоводстве: практическое пособие. Краснодар: ВНИИ риса, 2006. 96 с.
2. Гаркуша С. В. Пути адаптации растениеводства к изменениям климата // Международная научно-практическая конференция с элементами школы молодых ученых «Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства». Краснодар, 2019. С. 3–7.
3. Дзюба В. А. Многофакторные опыты и методы биометрического анализа экспериментальных данных. Методические рекомендации. Краснодар, 2007. 76 с.

4. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. Т. 1, 780 с.
5. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Барановский А. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Экологическое испытание сортов и гибридов зернового сорго // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 42–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-42-47.
6. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы в условиях различной влагообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51.
7. De Santis G., Ponzini D., Stentella R., Gaifami T., Bettina Bussi B., Caimo-Duc R., Stocchi U., Cuneo M., Paravicini M., Bocci R., Petitti M., Ceccarelli S. Participatory Evaluation of Rice Varieties for Specific Adaptation to Organic Conditions in Italy // Sustainability. 2022. Vol. 14(17), Article number: 10604. DOI:10.3390/su141710604.
8. Dixit S., Grondin A., Lee C. R. Lee, Henry A., Olds T. M., Kumar A. Understanding rice adaptation to varying agro-ecosystems: trait interactions and quantitative trait loci // BMC Genetics. 2015. Vol. 16(86), P. 1–14. DOI: 10.1186/s12863-015-0249-1.
9. Dzhamirze R., Ostapenko N., Garkusha S., Chinchenko N. Evaluation of new rice varieties in the conditions of climate change // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164, Article number: 06017. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406017.
10. Nayak A. K., Shahid Md., Nayak A. D., Dhal B., Moharana K. C., Mondal B., Tripathi R., Mohapatra S. D., Bhattacharyya P., Jambhulkar N. N., Shukla A. K., Fitton N., Smith P., Pathak H. Assessment of ecosystem services of rice farms in eastern India // Ecological Processes. 2019. Vol. 8(35), P. 1–16. DOI:10.1186/s13717-019-0189-1.

References

1. Agarkov V. D., Udzhukhu A. Ch., Kharitonov E. M. Agrotekhnicheskie trebovaniya i normativy v risovodstve: prakticheskoe posobie [Agrotechnical requirements and standards in rice cultivation: a practical guide]. Krasnodar: VNII risa, 2006. 96 s.
2. Garkusha S. V. Puti adaptatsii rastenievodstva k izmeneniyam klimata [Ways to adapt crop production to climate change] // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s elementami shkoly molodykh uchenykh «Nauchnye priority adaptivnoi intensivifikatsiya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva». Krasnodar, 2019. С. 3–7.
3. Dzyuba V. A. Mnogofaktornye opyty i metody biometricheskogo analiza eksperimental'nykh dannykh [Multifactor trials and methods for biometric analysis of experimental data]. Metodicheskie rekomendatsii. Krasnodar, 2007. 76 s.
4. Zhuchenko A. A. Adaptivnaya sistema selektsii rastenii (ekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)]. М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. Т. 1. 780 с.
5. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Baranovskii A. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A. Ekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov zernovogo sorgo [Ecological testing of grain sorghum varieties and hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 4(58). С. 42–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-42-47.
6. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Ekologicheskoe ispytanie novykh gibridov kukuruzy v usloviyakh razlichnoi vlagoobespechennosti [Ecological testing of new maize hybrids under different moisture conditions] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 4(58). С. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-47-51.
7. De Santis G., Ponzini D., Stentella R., Gaifami T., Bettina Bussi B., Caimo-Duc R., Stocchi U., Cuneo M., Paravicini M., Bocci R., Petitti M., Ceccarelli S. Participatory Evaluation of Rice Varieties for Specific Adaptation to Organic Conditions in Italy // Sustainability. 2022. Vol. 14(17), Article number: 10604. DOI:10.3390/su141710604.
8. Dixit S., Grondin A., Lee C. R. Lee, Henry A., Olds T. M., Kumar A. Understanding rice adaptation to varying agro-ecosystems: trait interactions and quantitative trait loci // BMC Genetics. 2015. Vol. 16(86), P. 1–14. DOI: 10.1186/s12863-015-0249-1.
9. Dzhamirze R., Ostapenko N., Garkusha S., Chinchenko N. Evaluation of new rice varieties in the conditions of climate change // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164, Article number: 06017. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406017.
10. Nayak A. K., Shahid Md., Nayak A. D., Dhal B., Moharana K. C., Mondal B., Tripathi R., Mohapatra S. D., Bhattacharyya P., Jambhulkar N. N., Shukla A. K., Fitton N., Smith P., Pathak H. Assessment of ecosystem services of rice farms in eastern India // Ecological Processes. 2019. Vol. 8(35), P. 1–16. DOI:10.1186/s13717-019-0189-1.

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

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ «ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

Б. И. Сандухадзе, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, sanduchadze@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7184-7645;

Р. З. Мамедов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, mam-ramin@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-2473-4538;

В. В. Бугрова, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ORCID ID: 0009-0001-5730-7826;

М. С. Крахмалева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, korovushkina.mar@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0861-1514;

С. В. Соболев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ORCID ID: 0009-0008-3144-4495

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
143026, Московская обл., г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6

Получение зерна пшеницы с хорошими хлебопекарными качествами является частью продовольственной безопасности РФ. Важным звеном в производстве зерна оказываются сорта озимой мягкой пшеницы, имеющие генетически детерминированные качественные характеристики. ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» является передовым институтом по созданию сильных и ценных сортов озимой пшеницы. В последние годы в производстве наиболее распространенными сортами озимой мягкой пшеницы Немчиновской селекции являются Московская 39, Московская 56 и Немчиновская 85. Цель работы – рассмотрение урожайности и качественных показателей данных сортов в различные по погодным условиям годы (по данным конкурсного сортоиспытания 2015–2022 гг.). Наиболее урожайным сортом является Немчиновская 85, средняя урожайность – 7,35 т/га, превышение над стандартом Московская 39 – 1,47 т/га, максимум 12,14 т/га. По рассмотренным качественным показателям выделен сорт Московская 39, содержание белка в зерне 15,9 %, клейковины – 34,8 %, ИДК – 72,6 ед. приб., сила муки на альвеографе – 350 е.а., валометрическая оценка – 72 е.вал., объемный выход хлеба – 1003 см³. Сорта Московская 56 и Немчиновская 85 имели показатели качества, соответствующие ценной и сильной пшеницам. Установлено, что сорт Немчиновская 85 был наиболее вариabельным по годам исследования (CV 8,0–18,9 %). Сила муки на альвеографе в наибольшей степени различалась и по сортам, и по годам (17,1; 15,4 и 17,6 %). Выявлено, что объемный выход хлеба был наименее вариabельным показателем (5,5; 14,0 и 8 %). При оценке корреляционных связей установлены схожая у трех сортов сильная отрицательная взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка в зерне, средняя положительная корреляция между урожайностью и ИДК.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, показатели качества, протеин, клейковина, реологические свойства.

Для цитирования: Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Бугрова В. В., Крахмалева М. С., Соболев С. В. Урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 54–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-54-59.



PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER COMMON WHEAT VARIETIES DEVELOPED BY THE “FRC “NEMCHINOVKA”

B. I. Sandukhadze, Doctor of Agricultural Sciences, academician of RAS, main researcher of the laboratory for winter wheat breeding and primary seed production, sanduchadze@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7184-7645;

R. Z. Mamedov, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for winter wheat breeding and primary seed production, mam-ramin@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-2473-4538;

V. V. Bugrova, senior researcher of the laboratory for winter wheat breeding and primary seed production, ORCID ID: 0009-0001-5730-7826;

M. S. Krakhmaleva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, korovushkina.mar@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0861-1514;

S. V. Sobolev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher
Federal Research Center “Nemchinovka”,

143026, Moscow region, Odintsovsky region, Odintsovsky district, v. of Novoivanovskoe, Agrochimikov Str., 6

Obtaining wheat grain with good baking qualities is an important part of the food security of the Russian Federation. An important link in the production of grain is the development of winter common wheat varieties, which have genetically determined quality characteristics. FSBSI “FRC “Nemchinovka” is a leading institute for the development of strong and valuable winter wheat varieties. In recent years, the most spread varieties of winter

common wheat developed by "Nemchinovska" are 'Moskovskaya 39', 'Moskovskaya 56' and 'Nemchinovskaya 85'. The purpose of the current work was to study productivity and quality indicators of these varieties during the with years different weather conditions (according to the Competitive Variety Testing in 2015–2022). The most productive variety is 'Nemchinovskaya 85', the mean productivity is 7.35 t/ha, exceeding the standard 'Moskovskaya 39' on 1.47 t/ha with its maximum of 12.14 t/ha. According to the considered qualitative indicators, there was identified the variety 'Moskovskaya 39' with 15.9 % of protein in grain, 34.8 % of gluten in grain, 72.6 u. appr. of IDK, 350 u.a of strength of flour on the alveograph, 72 u.val. of valometric estimation, 1003 cm³ of volumetric yield of bread. The varieties 'Moskovskaya 56' and 'Nemchinovskaya 85' had quality indicators corresponding to valuable and strong wheat. There was found that the variety 'Nemchinovskaya 85' was the most variable over the years of the study (CV 8.0–18.9 %). The strength of flour on the alveograph differed to the greatest extent both according to the factors 'variety' and 'year' (17.1 %; 15.4 %; 17.6 %). There was identified that the volumetric yield of bread was the least variable indicator (5.5 %; 14.0 %; 8 %). When estimating the correlations, there was established a strong negative relationship between productivity and protein percentage in grain, similar in three varieties, and a mean positive correlation between productivity and IDK.

Keywords: winter common wheat, quality indicators, protein, gluten, rheological properties.

Введение. Одной из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством, является повышение объемов производства высококачественного зерна (Nuttall et al., 2017; Некрасов и др., 2019; Иванисов и др., 2019; Кравченко и др., 2020). Важнейшей культурой для получения зерна является пшеница, ее ценность определяется главным образом содержанием и составом белка в зерне. Зерно с долей белка 10,5–14,0 % обычно используют для хлебопечения, 8,0–15,0 % – для изготовления лапши, низкобелковое – в кондитерской промышленности, содержащее свыше 15,0 % высококачественного белка – в смесях для улучшения низкоккачественного зерна (Souza et al. 2004; Созинов, 1985).

Качество зерна определяется как наследственными особенностями, так и условиями возделывания и включает в себя более 20 признаков, которые изучаются от подбора родительских форм для скрещивания до передачи сорта на государственное испытание. Проведение достоверной поэтапной оценки биохимических и технологических свойств зерна на всех этапах является одним из важнейших условий результативности селекционного процесса создания сорта с высоким качеством зерна (Лихенко, 2007; Фадеева и др., 2022). Главная роль в получении сортов с повышенными качественными характеристиками принадлежит селекции, успех которой во многом зависит

от знания значений генотип-средовых взаимодействий, генотипически обусловленных взаимосвязей признаков качества, от подбора родительских форм для гибридизации, своевременной и объективной оценки и браковки селекционного материала (Сандухадзе и др., 2021; Утебаев и др., 2022). Есть мнение, что перспективным способом получения более продуктивных сортов с высоким уровнем качества зерна является целенаправленный отбор наиболее перспективных сортообразцов с обязательным контролем качества с ранних этапов селекции (Хлесткина и др., 2017; Барковская и др., 2021). На поздних этапах селекционного процесса, таких как экологическое сортоиспытание, конкурсное сортоиспытание, контрольный питомник, изучение качественных характеристик является обязательным, используется пробная выпечка образцов.

В СССР были достигнуты выдающиеся успехи по созданию высокоурожайных сортов сильной и ценной мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. (Митрофанова и Хакимова, 2016). Значительную роль в получении высококачественного зерна в РФ играют сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка». Большинство из них являются сильными или ценными пшеницами. На данный момент в реестре находятся 16 сортов, 11 из них сильные или ценные (табл. 1).

Таблица 1. Сорта озимой мягкой пшеницы Немчиновской селекции, включенные в Государственный реестр селекционных достижений (2022 г.)
Table 1. Winter common wheat varieties of "Nemchinovka" breeding, included in the State List of Breeding Achievements (2022)

№ п/п	Сорт	Год включения	Регионы районирования	Направление использования
1	Заря	1978	2, 3, 4, 5	Сильная
2	Янтарная 50	1985	3, 4	Ценная
3	Инна	1991	2, 3, 5	Ценная
4	Московская 70	1991	5	Ценная
5	Московская 39	1999	2, 3, 4, 5, 7, 9, 12	Сильная
6	Московская 56	2008	3, 4, 5	Ценная
7	Московская 40	2011	3, 4, 5	Сильная
8	Немчиновская 17	2013	3, 5	Ценная
9	Виола	2013	3, 5, 7	Ценная
10	Московская 82	2021	4, 5	Ценная
11	Немчиновская 85	2021	3, 4, 5	Сильная

В последние годы в производстве наиболее распространенными сортами озимой пшеницы Немчиновской селекции являются сорта Московская 39 и Московская 56. Первый сорт известен в России как уникальный по своим качественным характеристикам. Сорт Московская 39, районированный в 1999 г., до сих пор очень востребован у сельхозпроизводителей по причине стабильного высокого качества зерна. Сорт Московская 56 имеет высокую урожайность, которая достигается хорошей морозо-зимостойкостью сорта. Районированный в 2021 г. сорт Немчиновская 85 в последние годы также приобретает все большую популярность у сельхозпроизводителей. Сильные сорта озимой мягкой пшеницы Московская 39, Московская 40 и Немчиновская 85 занимают суммарные площади посевов более 1 млн га (по данным rosstat.ru). Несмотря на такую эффективную селекционную работу по созданию высококачественных сортов озимой мягкой пшеницы, остается актуальным вопрос сравнения за относительно длительный период урожайности и качества зерна шедевра селекции Московская 39, стабильно урожайного сорта Московская 56 и нового сорта Немчиновская 85.

Цель исследования заключалась в оценке сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и качественным показателям зерна пшеницы по данным конкурсного сортоиспытания, выявления взаимосвязи между урожайностью и показателями качества зерна.

Материалы и методы исследований.

Сорта Московская 39, Московская 56 и Немчиновская 85 изучали по данным конкурсного сортоиспытания (10 м², 4-кратная повторность) за 8 лет – с 2015 по 2022 год. Полевые опыты проводили на полях селекционного севооборота. Почва – дерново-подзолистая, суглинистая. Содержание гумуса составляет 1,9–2,2 %, рН солевой вытяжки в слое почвы 0–20 см – 5,4, гидролитическая кислотность – 2,51 ммоль/100 г почвы; содержание P₂O₅ (по Кирсанову) – 237 мг/кг почвы (по Масловой), K₂O – 134 мг/кг почвы. Мощность пахотного слоя – 28 см. Агротехника возделывания озимой пшеницы в опыте – общепринятая для зоны. Предшественником озимой пшеницы служил чистый пар. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию из расчета по д.в. N₄₈P₄₈K₄₈ (азофоска).

Метеорологические условия лет испытаний значительно различались, что позволяет нам сделать обоснованные выводы об урожайности и качестве зерна. Погодные условия сезона 2014/2015 гг. были относительно благоприятными, перезимовка сортов была хорошей. Большое количество осадков способствовало наливу зерна, что сказалось на исключительно высокой урожайности образцов. В 2016 г. после схода снега перезимовка по данным оценки была понижена. Негативными факторами для растений озимых были и ледяная корка, и частично условия, способствующие выпрева-

нию. Аномально высокое количество осадков в июле–августе 2016 г. привело к затягиванию оптимальных сроков уборки, и как следствие, уменьшению урожайности и фитосанитарного состояния семян. Условия сезона 2016/2017 гг. характеризовались пониженной перезимовкой озимой пшеницы, однако в период налива и созревания зерна (июль–август) сложились благоприятные условия по температуре с пониженным количеством осадков. Прекращение вегетации озимых осенью 2017 г. произошло 20 октября в фазе 3–5 побегов кущения, а оптимальным состоянием перед перезимовкой считаются 2–3 стебля, дальнейшие погодные условия не способствовали хорошей закалке озимых и промерзанию почвы, летние условия 2018 г. были благоприятными для озимой пшеницы. Погодные условия сезона 2018/2019 гг. способствовали удовлетворительной перезимовке сортообразцов, при этом оптимальные сроки уборки озимой пшеницы были сдвинуты по причине большого количества осадков в третьей декаде июня и 1–2-й декадах июля. Осень и зима 2020 г. были очень теплыми, снежный покров отсутствовал. Процент перезимовки всех сортообразцов составил 100 %, но в мае – начале июня сильные дожди со шквалистым ветром спровоцировали сильное полегание посевов пшеницы. В 2021 г. суровые погодные условия зимы спровоцировали сильную дифференциацию сортов по перезимовке, а засуха в июне–июле способствовала формированию относительно мелкого зерна, что негативно сказалось на крупности зерна и урожайности. В 2022 г. дефицит осадков вкупе с высокими температурами отмечен во все три летних месяца, особенно в августе. В период налива зерна температура воздуха и достаточное количество осадков способствовали хорошему наливу зерна. Мягкая зима, хороший налив зерна и своевременная уборка благоприятно сказались на урожайности озимой пшеницы.

Оценку качества зерна проводили в лаборатории технологии зерна ФИЦ «Немчиновка». Определение белка в зерне проводили на приборе SpectraStar 2600. Определение сырой клейковины в зерне – по ГОСТ Р 54478-2011. ИДК определяли по ГОСТу 27893-2013. Реологические свойства теста определяли по альвеографу, ГОСТ Р 51415-99 и по фаринографу, ГОСТ ISO 5530-1-2013. Пробную выпечку образцов проводили по ГОСТ 27669-88.

Результаты и их обсуждение. Без высокого потенциала продуктивности сорт, обладающий хорошим качеством зерна, не является конкурентоспособным. Даже сортам сильной и ценной пшеницы необходимо давать высокие урожаи зерна. У сортов Немчиновской селекции достигнут высокий потенциал продуктивности. Средняя урожайность за 8 лет конкурсного сортоиспытания составила у сорта Московская 39 – 5,88 т/га, Московская 56 – 6,24 т/га, Немчиновская 85 – 7,35 т/га. В сравнении со стандартом Московская 39 урожайность

сорта Московская 56 не имела достоверных различий, сорт Немчиновская 85 достоверно на 1,47 т/га превышал стандарт. Максимум уро-

жайности достигнут сортом Немчиновская 85 в 2015 г. – 12,14 т/га, что говорит о более высокой продуктивности нового сорта (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность (т/га) сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» по данным конкурсного сортоиспытания (2015–2022 гг.)

Table 2. Productivity (t/ha) of winter common wheat varieties developed by the FRC “Nemchinovka” according to the Competitive Variety Testing (2015–2022)

Сорт	Год								Среднее
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Московская 39 St	9,07	4,91	6,31	5,02	6,16	6,35	5,84	6,94	5,88
Московская 56	8,51	6,71	9,49	4,99	5,80	6,50	5,01	6,44	6,24
Немчиновская 85	12,14	5,51	6,95	6,30	6,08	7,68	5,91	8,24	7,35
НСР ₀₅	0,37	0,29	0,46	0,35	0,38	0,29	0,31	0,42	0,56

По содержанию белка в зерне и сырой клейковины в муке выделяется сорт Московская 39 (15,9 и 34,8 %, среднее содержание по годам исследования). Качество клейковины, в частности ее упругость, у сортов Московская 39 и Немчиновская 85 имела близкие значения – 72,6 и 73 ед. приб. соответственно, что позволяет отнести эти сорта к I группе клейковины

(хорошая, умеренно упругая). Сорт Московская 56 по годам имел ИДК 85 ед. приб., что соответствует II группе клейковины, удовлетворительно слабая. По изученным признакам наименьшая вариабельность отмечена по содержанию белка в зерне, разброс по годам был незначительным (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика белково-клейковинного комплекса сортов озимой мягкой пшеницы (2015–2022 гг.)
Table 3. Characteristics of the protein-gluten complex of winter common wheat varieties, (2015–2022)

Сорт	Значение показателя	Содержание белка в зерне		Содержание сырой клейковины в муке		ИДК	
		%	CV, %	%	CV, %	Ед. приб.	CV, %
Московская 39	min–max среднее	14,1–18,3 15,9	6,6	30–42,2 34,8	9,6	59–87 72,6	11,0
Московская 56	min–max среднее	13,2–16,2 14,7	6,5	29,4–37,1 32,5	7,6	68–97 85	10,0
Немчиновская 85	min–max среднее	10,5–15,5 14,0	11,5	20,5–34,9 30,1	15,0	47–93 73	18,6

Лучшие реологические свойства теста проявились у сорта Московская 39, удельная работа деформации теста составила 350 е.а. Комплексной характеристикой физических свойств теста, определяемых на фаринографе, служит площадь, занимаемая фаринограммой, которая устанавливается с помощью валориметра. Во все годы исследования этот показатель имел средние и высокие значения (различия по сортам – от 57 до 89 е. вал.), что со-

ответствует сильным и ценным сортам пшеницы. Объемный выход хлеба является одним из основных характеристик пробной выпечки хлеба. По данным 2015–2022 гг., наибольший объемный выход хлеба у сорта Московская 39 – 1003 см³, по годам исследования он наиболее стабилен. Наименее вариабельный признак среди рассмотренных – объемный выход хлеба, коэффициент вариации составляет 5,5, 14 и 8 % (табл. 4).

Таблица 4. Реологические свойства теста и объемный выход хлеба (2015–2022 гг.)
Table 4. Rheological properties of dough and volumetric yield of bread (2015–2022)

Сорт	Значение показателя	Сила муки на альвеографе		Валометрическая оценка		Объемный выход хлеба	
		Е.а.	CV, %	Е.вал.	CV, %	см ³	CV, %
Московская 39	min–max среднее	260–458 350	17,1	65–89 72,0	11,0	920–1110 1003	5,5
Московская 56	min–max среднее	171–273 222,7	15,4	57–62 60,0	8,3	611–1000 852	14,0
Немчиновская 85	min–max среднее	211–369 310	17,6	59–84 67,0	18,9	788–980 903	8,0

По сортам наибольшая вариабельность изученных признаков, кроме объемного выхода хлеба, была у сорта Немчиновская 85. Это может косвенно свидетельствовать о сильной зависимости этого сорта от погодных условий и, как следствие, о его пластичности.

Для более полного понимания сочетания в одном генотипе высокой урожайности и хороших хлебопекарных качеств, а также их взаимодействия между собой были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между урожайностью сортов озимой мягкой пшеницы и показателями качества зерна и муки (2015–2022 гг.)

Table 5. Correlation coefficients between productivity of winter common wheat varieties and quality indicators of grain and flour (2015–2022)

Урожайность	Московская 39	Московская 56	Немчиновская 85
Содержание белка в зерне	$-0,90 \pm 0,12$	$-0,29 \pm 0,34$	$-0,43 \pm 0,31$
Содержание сырой клейковины в муке	$-0,71 \pm 0,22$	$-0,43 \pm 0,31$	$-0,10 \pm 0,15$
ИДК	$0,27 \pm 0,35$	$0,60 \pm 0,26$	$0,49 \pm 0,29$
Сила муки на альвеографе	$-0,62 \pm 0,25$	$-0,05 \pm 0,09$	$-0,42 \pm 0,31$
Валориметрическая оценка	$-0,12 \pm 0,38$	$0,59 \pm 0,26$	$-0,12 \pm 0,38$
Объемный выход хлеба	$0,12 \pm 0,38$	$0,20 \pm 0,18$	$0,03 \pm 0,40$

Между урожайностью и содержанием белка в зерне пшеницы у сортов Московская 56 и Немчиновская 85 отмечена средняя отрицательная корреляция, а у сорта Московская 39 – сильная отрицательная ($-0,90$). Это говорит о том, что чем выше урожайность сорта Московская 39, тем меньше содержание белка. Между урожайностью и содержанием клейковины взаимосвязь аналогична, только менее выражена. Средняя положительная корреляция отмечена между урожайностью и ИДК, то есть чем выше урожайность, тем выше ИДК, при высокой урожайности формируется удовлетворительно слабая клейковина – II группы. Средняя отрицательная корреляция между урожайностью и силой муки выявлена у сортов Московская 39 ($-0,62$) и Немчиновская 85 ($-0,42$). У сорта Московская 56 $r = 0,59$ была

между урожайностью и валориметрической оценкой сорта. Урожайность и объемный выход хлеба не имели достоверной взаимосвязи.

Выводы. Сорта Московская 39, Московская 56 и Немчиновская 85 за годы исследования имели среднюю урожайность 5,88; 6,24; 7,35 т/га соответственно, в отдельные годы выше 10 т/га в сочетании со стабильно высокими характеристиками качества зерна. Сорт Московская 39 имел выдающиеся хлебопекарные свойства, по всем показателям он относится к сильным пшеницам при стабильной урожайности зерна. Сорт Московская 56, отличающийся высокой зимостойкостью и урожайностью, охарактеризован как ценная пшеница. Сорт Немчиновская 85 в своем генотипе совмещает максимально высокую продуктивность и хорошие качественные характеристики.

Библиографические ссылки

1. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Оценка потребительских свойств зерна селекционных линий яровой мягкой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(2). С. 204–211. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.204-211.
2. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Рыбась И. А., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Кравченко Н. С. Результаты изучения сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 12–17. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-12-17.4.
3. Кравченко Н. С., Некрасова О. А., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М., Алты-Садых Ю. Н. Качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 101–107.
4. Лихенко И. Е. Некоторые проблемы качества зерна пшеницы и направления селекционной работы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 6(174). С. 108–110.
5. Митрофанова О. П., Хакимова А. Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(4). С. 545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177.
6. Некрасов Е. В., Марченко Д. М., Иванисов М. М., Рыбась И. А., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В., Копусь М. М. Оценка урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 79–85. DOI: 10.333952/2542-0720-2019-4-20-79-85.
7. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Крахмалева М. С., Бугрова В. В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25(4). С. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-0.
8. Созинов, А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. М.: Наука, 1985. 272 с.
9. Утебаев М. У., Шелаева Т. В., Боме Н. А., Чилимова И. В., Крадецкая О. О., Дашкевич С. М., Новохатин В. В., Вайсфельд Л. И. Качество зерна сортов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Западно-Сибирской селекции в условиях Северного Казахстана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(3). С. 27–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38.
10. Фадеева И. Д., Игнатьева И. Ю., Хакимова А. Г., Митрофанова О. П. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна в условиях севера Среднего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(1). С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
11. Хлесткина Е. К., Журавлева Е. В., Пшеничникова Т. А., Усенко Н. И., Морозова Е. В., Осипова С. В., Пермязова М. Д., Афонников Д. А., Отмахова Ю. С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 52(3). С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.

12. Nuttall J. G., O'Leary G. J., Panozzo J. F., Walker C. K., Barlow K. M., Fitzgerald G. J. Models of grain quality in wheat — a review // *Field Crop Res.* 2017. Vol. 202, P. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011.
13. Souza E. J., Martin J. M., Guttieri M. J., O'Brien K. M., Habernicht D. K., Lanning S. P., McLean R., Carlson G. R., Talbert L. E. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality // *Crop Science.* 2004. Vol. 44, P. 425–432.

References

1. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G. Otsenka potrebitel'skikh svoystv zerna selektsionnykh linii yarovoi pshenitsy [Estimation of consumer properties of grain of spring common wheat lines] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2021. № 22(2). S. 204–211. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.204-211.
2. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Rybas' I. A., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Kravchenko N. S. Rezul'taty izucheniya sortov ozimoi myagkoi pshenitsy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh yuga Rostovskoi oblasti [The study results of winter common wheat varieties of various ecological and geographical origin in the conditions of the south part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii.* 2019. № 6(66). S. 12–17. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-12-17.4.
3. Kravchenko N. S., Nekrasova O. A., Ignat'eva N. G., Oldyreva I. M., Alty-Sadykh Yu. N. Kachestvo zerna sortov i linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Grain quality of winter common wheat varieties and lines in the conditions of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii.* 2020. № 6(72). S. 101–107.
4. Likhenko, I. E. Nekotorye problemy kachestva zerna pshenitsy i napravleniya selektsionnoi raboty [Some problems of wheat grain quality and breeding work direction] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki.* 2007. № 6(174). S. 108–110.
5. Mitrofanova O. P., Khakimova A. G. Novye geneticheskie resursy v selektsii pshenitsy na uvelichenie soderzhaniya belka v zerne [New genetic resources in wheat breeding to increase protein percentage in grain] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii.* 2016. № 20(4). S. 545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177.
6. Nekrasov E. V., Marchenko D. M., Ivanisov M. M., Rybas' I. A., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V., Kopus' M. M. Otsenka urozhainosti i kachestva zerna sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Estimation of productivity and grain quality of winter common wheat varieties in the conditions of the Rostov region] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki.* 2019. № 4(20). S. 79–85. DOI: 10.333952/2542-0720-2019-4-20-79-85.
7. Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. Nauchnaya selektsiya ozimoi myagkoi pshenitsy v Nechernozemnoi zone RF: istoriya, metody i rezul'taty [Scientific breeding of winter common wheat in the Non-Blackearth part of the Russian Federation: history, methods and results] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii.* 2021. № 25(4). S. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.
8. Sozinov A. A. Polimorfizm belkov i ego znachenie v genetike i selektsii [Protein polymorphism and its significance in genetics and breeding]. M.: Nauka, 1985. 272 c.
9. Utebaev M. U., Shelaeva T. V., Bome N. A., Chilimova I. V., Kradetskaya O. O., Dashkevich S. M., Novokhatin V. V., Vaisfel'd L. I. Kachestvo zerna sortov yarovoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) Zapadno-Sibirskoi selektsii v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Grain quality of spring wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of West Siberian breeding in the conditions of Northern Kazakhstan] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii.* 2022. № 183(3). S. 27–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38.
10. Fadeeva I. D., Ignat'eva I. Yu., Khakimova A. G., Mitrofanova O. P. Iskhodnyi material dlya selektsii ozimoi myagkoi pshenitsy na kachestvo zerna v usloviyakh severa Srednego Povolzh'ya [Initial material for winter common wheat breeding for grain quality in the conditions of the northern part of the Middle Volga region] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii.* 2022. № 183(1). S. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
11. Khlestkina E. K., Zhuravleva E. V., Pshenichnikova T. A., Usenko N. I., Morozova E. V., Osipova S. V., Pemyakova M. D., Afonnikov D. A., Otmakhova Yu. S. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoi pshenitsy pod vliyaniem uslovii vneshnei sredy: sovremennye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i khlebopekarnoi produktsii (Obzor) [Implementation of the genetic potential of common wheat varieties under the effect of environmental conditions: modern opportunities for improving quality of grain and bakery products (review)] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya.* 2017. № 52(3). S. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.3.501rus.
12. Nuttall J. G., O'Leary G. J., Panozzo J. F., Walker C. K., Barlow K. M., Fitzgerald G. J. Models of grain quality in wheat – a review // *Field Crop Res.* 2017. Vol. 202, P. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011.
13. Souza E. J., Martin J. M., Guttieri M. J., O'Brien K. M., Habernicht D. K., Lanning S. P., McLean R., Carlson G. R., Talbert L. E. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality // *Crop Science.* 2004. Vol. 44, P. 425–432.

Поступила: 31.01.23; доработана после рецензирования: 28.04.23; принята к публикации: 28.04.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сандухадзе Б. И. – концептуализация исследования; Мамедов Р. З. – подготовка опыта; Соболев С. В. – выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных; Бугрова В. В. – анализ данных и их интерпретация; Крахмалева М. С. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СУЛТАН

И. Д. Фадеева, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции озимой пшеницы, fad-ir2540@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8453-5437
TatНИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 48

Озимая пшеница занимает значительные площади на полях Республики Татарстан. Цель работы – создать новый сорт озимой мягкой пшеницы Султан и выявить его способность формировать не только высокую урожайность, но и качество зерна в условиях республики. Исследования проводили на полях Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН на серой лесной почве при посеве по чистому пару в оптимальные для данной зоны сроки. В статье представлена характеристика сорта по хозяйственно полезным признакам в годы исследований (2018–2020 гг.). Сорт создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Казанская 84 х Московская 39) х Казанская 285. По урожайности новый сорт Султан превысил стандартный сорт Казанская 560 на 0,75 т/га. Выявлено, что высокая урожайность сорта Султан формируется за счет густоты продуктивного стеблестоя, высокого числа и массы зерна с колоса. Сорт характеризуется высокой морозостойкостью (90 % в среднем за три года испытаний), выдерживает понижение температуры на уровне узла кущения в зимний период до –20 °С. Обладает высокой репаративной способностью в весенний период. Сорт Султан формирует выполненное зерно с натурой 780–801 г/л. Содержание сырого протеина в зерне составляет 14,9–15,6 %, а клейковины – 26,8–28,5 %. Сорт обладает высокими значениями реологических свойств: удельная работа деформации теста по альвеографу (сила муки) – 275 е.а., валориметрическая оценка – 60 %. В среднем за три года изучения объемный выход хлеба из 100 г муки составил 576 мл³, общая хлебопекарная оценка – 4,6 балла. Рекомендуются для возделывания на юго-востоке Республики Татарстан.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, белок, клейковина, сила муки.

Для цитирования: Фадеева И. Д. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Султан // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 60–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-60-64.



A NEW WINTER COMMON WHEAT VARIETY 'SULTAN'

I. D. Fadeeva, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for winter wheat breeding, fad-ir2540@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8453-5437
TatRIA, a separate structural subdivision of the FRC KazSC RAS, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48

Winter wheat occupies significant areas in the fields of the Republic of Tatarstan. The purpose of the current paper was to develop a new winter common wheat variety 'Sultan' and to identify its ability to produce not only high yields, but also grain quality in the conditions of the Republic. The study was carried out on the fields of the TatRIA, a separate structural subdivision of the FRC KazSC RAS on gray forest soil when sown on bare fallow at the optimal time for this area. The paper has presented the characteristics of the variety according to economically valuable traits during the years of study (2018–2020). The variety was developed by the method of individual selection from a hybrid population (Kazanskaya84 x Moskovskaya39) x Kazanskaya 285. According to the productivity, the new variety 'Sultan' has exceeded the standard variety 'Kazanskaya 560' by 0.75 t/ha. There has been established that the large productivity of the variety 'Sultan' is formed due to the density of the productive stem, large number and weight of grain per ear. The variety is characterized by high frost-winter resistance (90 % on average over three years of trials), can withstand a temperature decrease at the level of the tillering node to minus 20°C in winter. The variety has a high reparation ability in spring. The variety 'Sultan' forms well-filled grain with a grain unit of 780–801 g/l. Crude protein in grain is of 14.9–15.6 %, and 26.8–28.5 % of gluten. The variety has high values of rheological properties, namely the specific work of dough deformation according to the alveograph (flour strength) is 275 e.u., the calorimetric value is 60 %. On average, over the three years of the study, the volume yield from 100 g of flour was 576 ml³, the general baking assessment was 4.6 points. The variety can be recommended for cultivation in the south-east of the Republic of Tatarstan.

Keywords: winter wheat; productivity; protein; gluten; flour strength.

Введение. Республика Татарстан является одним из крупных зернопроизводящих регионов Российской Федерации. Озимая мягкая пшеница, наряду с яровой, является базовой культурой, на которой строится стратегия развития АПК (Косенко, 2021). С учетом нестабильности климата роль селекции в повышении продуктивности оценивается учеными в 30–70 % (Демина и др., 2020). Районирование устойчивых сортов, которые способны обеспечить длительную защиту от местных популяций патоге-

на, – наиболее эффективный, экономически и экологически оправданный способ защиты (Manukyan and Miroshnikova, 2020). Критериями для определения регионов районирования сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию на территории РФ, являются морфологические, биометрические, физиологические, технологические параметры, а также устойчивость к наиболее экономически значимым болезням (Фадеева и др., 2021). Важным

свойством комплексной адаптивности сортов является их устойчивость к биотическим факторам произрастания (Громова и др., 2023).

Изменения метеоусловий и степени оснащения сельскохозяйственного производства предъявляют все новые требования к возделываемым сельскохозяйственным культурам. В связи с чем создание высокопродуктивных сортов озимой мягкой пшеницы, обладающих набором хозяйственно ценных признаков и свойств, – главная задача селекционеров на современном этапе. Успешное решение ее может быть достигнуто на основе широкого вовлечения в гибридизацию их лучших источников (Иванисов и др., 2022).

Цель работы – создать новый сорт озимой мягкой пшеницы Султан и выявить его способность формировать не только высокую урожайность, но и качество зерна в условиях Республики Татарстан.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2018, 2019 и 2020 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания на полях Татарского НИИСХ. Почва серая лесная: содержание гумуса (по Тюрину) составляет 3,1–3,4 %, легкогидролизуемого азота – 127–130 мг/кг; подвижного фосфора (по Кирсанову) – 265–274 мг/кг; калия (по Кирсанову) – 128–134 мг/кг; pH солевой вытяжки 5,2–5,4. Предшественник – чистый

пар. Сроки посева – оптимальные для зоны. Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова (2014).

Фенологические наблюдения, оценку степени зимостойкости, устойчивости к грибным болезням проводили согласно методическим указаниям ВИР (1999). Анализ структуры урожая проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Физико-химические показатели качества зерна определяли стандартными методами: масса 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89; натура зерна – по ГОСТ 10840-64, количество и качество клейковины – по ГОСТ 54478-2011, стекловидность – по ГОСТ 10987-76. Содержание белка в зерне определяли по методу Кьельдаля. При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ.

Наиболее благоприятные метеорологические условия в фазы весеннего кущения, трубкования и колошения растений озимой пшеницы складывались в 2019 и 2020 годах. Засушливые условия в фазы кущения и колошения отмечены в 2018 г., а в фазу налива зерна и его созревания – в 2019 г., что отразилось как на формировании генеративных органов, так и на крупности и натурной массе зерна (рис. 1).

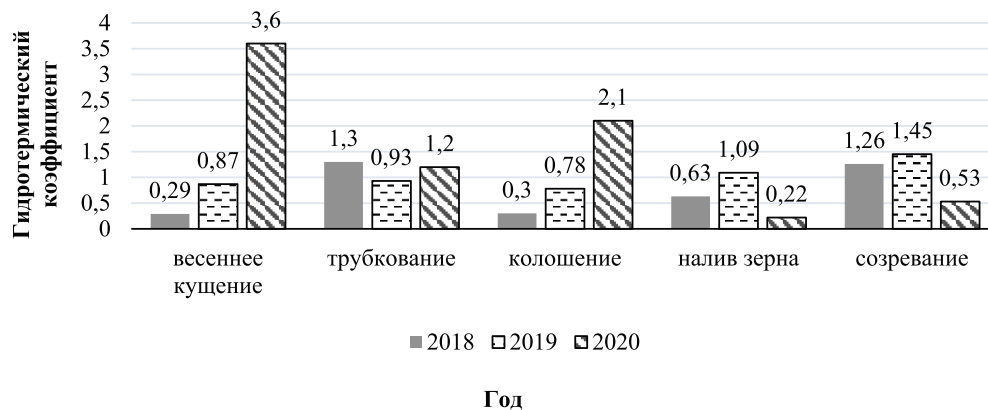


Рис. 1. Изменение гидротермического коэффициента по фазам развития озимой пшеницы (2018–2020 гг.)
Fig. 1. Change in the hydrothermal coefficient by development phases of winter wheat (2018–2020)

Результаты и их обсуждение. Сорт создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Казанская 84 x Московская 39) x Казанская 285. Скрещивание родительских форм было проведено в 2000 г.; элитное растение отобрано в 2004 году. Авторы сорта: Василий Иванович Якимов, Ирина Дмитриевна Фадеева, Гульназ Нургалиевна Валиуллина, Марсель Шарипзянович Тагиров.

Код сорта: 8457495. Номер патента 10140. Патентообладатель: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Ботаническая характеристика. Разновидность – гостиянум (*Hostianum*). Колос белый

остистый, опушенный. Ости белые, на конце колоса средней длины. Куст промежуточный. Восковой налет на колосе слабый-средний и на верхнем междоузлии слабый-средний, на влагалище флагового листа – средний. Опушение верхушечного сегмента оси колоса с выпуклой стороны среднее. Колос пирамидальный, средней плотности, короткий-средней длины, белый. Ости на конце колоса средней длины. Плечо закругленное, узкое-средней ширины. Зубец слегка изогнут-умеренно изогнут, средней длины (Каталог сортов селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, 2023). Зерновка окрашенная, овальной формы. Масса 1000 зерен 37,6–42,6 г.

Биологические особенности. По степени созревания сорт Султан относится к группе среднеспелых сортов с продолжительностью

вегетационного периода 320–326 дней в зависимости от условий выращивания (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика сорта озимой мягкой пшеницы Султан (КСИ, 2018–2020 гг.)
Table 1. Characteristics of the winter common wheat variety 'Sultan' (CVT, 2018–2020)

Показатели	Стандарт Казанская 560		Султан	
	min–max/среднее	CV, %	min–max/среднее	CV, %
Вегетационный период, дни	<u>325–330</u> 327	0,76	<u>320–326</u> 325	1,41
Зимостойкость, %	<u>72–92</u> 82	12,19	<u>82–96</u> 90	7,86
Устойчивость к полеганию, балл	<u>6–8</u> 7	14,28	<u>6–9</u> 8	21,39
Высота растения, см	<u>68–76</u> 75	8,74	<u>72–80</u> 77	5,66

Характеризуется высокой морозо-зимостойкостью (90 % в среднем за три года испытаний). При испытании в бесснежные годы сорт Султан выдерживает понижение температуры на уровне узла кущения до –18–20 °С. В среднем за годы испытания зимостойкость сорта Султан составила 90 %. Сорт обладает мощной корневой системой и хорошей репарационной способностью в весенний период. В средней степени поражается бурой ржавчиной, мучнистой росой. Высоко устойчив к снежной плесени. Сорт Султан рекомендуется для возделывания на юго-востоке Республики Татарстан, где часто наблюдаются неблагоприятные метеоро-

логические факторы в период вегетации озимой пшеницы.

По высоте сорт Султан превышает стандартный сорт на 2 см, но обладая прочной соломиной, имеет более высокую устойчивость к полеганию.

В среднем за три года урожайность сорта Султан составила 5,38 т/га, что выше стандартного сорта Казанская 560 на 0,75 т/га. Максимальная урожайность – 5,71 т/га – в Татарском НИИСХ была получена в 2018 г. (табл. 2). Высокая урожайность сорта Султан формируется за счет густоты продуктивного стеблестоя, а также высокого количества зерен и массы зерна с колоса.

Таблица 2. Урожайность нового сорта Султан, т/га (КСИ, 2018–2020 гг.)
Table 2. Productivity of the new variety 'Sultan', t/ha (KSI, 2018–2020)

Сорт	Год			Среднее
	2018	2019	2020	
Казанская 560, st	4,85	4,20	4,84	4,63
Султан	5,71	4,80	5,62	5,38
Отклонение от стандарта	0,86	0,60	0,78	0,75
HCP ₀₅	–	–	–	0,36

Сорт Султан можно отнести к сортам пшеницы, ценной по качеству зерна. Он формирует выполненное зерно с натурой 780–801 г/л (табл. 3). Содержание белка и содержание

клейковины в зерне составляет 14,9–15,6 и 26,8–28,5 % соответственно. Коэффициенты вариации показателей качества по годам у сорта ниже, чем у стандартного сорта.

Таблица 3. Характеристика технологического качества зерна сорта озимой мягкой пшеницы Султан (2018–2020 гг.)
Table 3. Characteristics of the technological quality of grain of the winter common wheat variety 'Sultan' (2018–2020)

Показатели	Казанская 560, st		Султан	
	min–max/среднее	CV, %	min–max/среднее	CV, %
Масса 1000 зерен, г	<u>36,5–42,8</u> 39,5	7,98	<u>37,6–42,6</u> 39,8	6,38
Натура зерна, г/л	<u>770–780</u> 776	0,68	<u>780–795</u> 788	0,97
Стекловидность, %	<u>76–88</u> 82	7,31	<u>79–90</u> 85	6,55
Содержание белка в зерне, %	<u>13,5–15,1</u> 14,2	5,62	<u>14,9–15,6</u> 14,8	5,41
Содержание клейковины в зерне, %	<u>25,8–27,9</u> 26,5	4,57	<u>26,8–28,5</u> 27,2	4,39
Качество клейковины в зерне, ед. ИДК	<u>70–85</u> 75	11,13	<u>70–80</u> 75	6,67

У сорта Султан удельная работа деформации теста по альвеографу (сила муки) составила 275 е.а., а валориметрическая оценка – 60 %

(табл.4). Объемный выход хлеба из 100 г муки у сорта Султан выше на 78 мл³, чем у стандартного сорта.

Таблица 4. Характеристика реологического и хлебопекарного качества зерна сорта озимой мягкой пшеницы Султан (2018–2020 гг.)
Table 4. Characteristics of the rheological and baking quality of grain of the winter common wheat variety 'Sultan' (2018–2020)

Показатели	Казанская 560, st		Султан	
	min–max/среднее	CV, %	min–max/среднее	CV, %
Сила муки, е.а.	<u>260–280</u> 268	3,87	<u>260–280</u> 275	4,81
Валориметрическая оценка, %	<u>55–60</u> 58	4,46	<u>58–62</u> 60	3,33
Объемный выход хлеба из 100 г муки, мл ³	<u>469–528</u> 498	5,92	<u>567–585</u> 576	1,56
Общая хлебопекарная оценка, балл	<u>4,0–4,4</u> 4,2	4,76	<u>4,5–4,8</u> 4,6	3,30

Выводы. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Султан обладает повышенной зимостойкостью (90 %) и репарационной способностью в весенний период, что позволяет ему формировать высокую продуктивную кустистость и урожайность зерна (в среднем 5,38 т/га). За годы изучения сорт Султан формировал показатели качества зерна на уровне ценной пшеницы с содержанием клейковины 26,8–28,5 %. Рекомендуются для возделывания в юго-восточной и северной зонах Республики Татарстан.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания № 122011800138-7 «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка берегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды».

Библиографические ссылки

1. Громова С. Н., Скрипка О. В., Подгорный С. В., Самофалов А. П., Чернова В. Л. Экологическое испытание сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 17–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-17-22.
2. Демина Е. А., Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю., Муллаянова О. С., Чекмасова К. Ю. Источники ценных признаков для селекции яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье // Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 4(60). С. 21–26. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-21-26.
3. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по хозяйственно ценным признакам // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-11-16.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
5. Каталог сортов селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН [Электронный ресурс] URL: <http://knc.ru>. (дата обращения 09.03.2023).
6. Косенко С. В. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Аленушка // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 27–30. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp27-30.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
8. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР / под ред. А.Ф. Мережко. СПб.: ВИР, 1999. 82 с.
9. Фадеева И. Д., Газизов И. Н., Курмакаев Ф. Ф., Игнатъева И. Ю. Влияние фунгицидной обработки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник Казанского ГАУ. № 2(62). 2021. С. 49–54. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-49-54.
10. 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, Article number 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012022.

Reference

1. Gromova S. N., Skripka O. V., Podgornyi S. V., Samofalov A. P., Chernova V. L. Ekologicheskoe ispytanie sortov i liniy ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi zony Rostovskoi oblasti [Ecological testing of winter common wheat varieties and lines in the conditions of the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 1. S. 17–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-17-22.
2. Demina E. A., Kincharov A. I., Taranova T. Yu., Mullayanova O. S., Chekmasova K. Yu. Istochniki tsennykh priznakov dlya selektsii yarovoi myagkoi pshenitsy v Srednem Povolzh'e [Sources of valuable

traits for spring common wheat breeding in the Middle Volga region] // Vestnik Kazanskogo GAU. 2020. № 4(60). S. 21–26. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-21-26.

3. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. Otsenka sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v mezstantsionnom ispytanii po khozyaistvenno-tsennym priznakam [Estimation of winter common wheat varieties in an inter-station test according to economically valuable traits] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). S. 11–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-11-16.

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

5. Katalog sortov selektsii TatNIISKh FITs KazNTs RAN [Catalog of breeding varieties TatNIISKh FRC KazSC RAS] [Elektronnyi resurs] URL: <http://knc.ru>. (data obrashcheniya 09.03.2023).

6. Kosenko S. V. Novyi sort ozimoi myagkoi pshenitsy Alenushka [A new winter common wheat variety 'Alyonushka'] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2021. № 7. S. 27–30. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp27-30.

7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: OOO «Gruppa Kompanii More», 2019. Vyp. 1. 384 s.

8. Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoi kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale: metodicheskie ukazaniya VIR [Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale: VIR methodical recommendations] / pod red. A. F. Merezsko. SPb.: VIR, 1999. 82 s.

9. Fadeeva I. D., Gazizov I. N., Kurmakaev F. F., Ignat'eva I. Yu. Vliyanie fungitsidnoi obrabotki na urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy [Effect of fungicidal treatment on the productivity and quality of winter wheat grain] // Vestnik Kazanskogo GAU. № 2(62). 2021. S. 49–54. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-49-54.

10. 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, Article number: 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012022.

Поступила: 10.03.23; доработана после рецензирования: 30.03.23; принята к публикации: 30.03.23.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Фадеева И. Д. – исследования, анализ и написание статьи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11:631.559

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-65-72

**ВЫБОР ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И СРОКОВ ПОСЕВА
ДЛЯ НОВЫХ СОРТОВ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ЮБИЛЯРКА И ЯНТАРИНА**

А. А. Сухарев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

А. С. Попов, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

Г. В. Овсянникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-6667-2032;

И. К. Копман, агроном лаборатории технологии возделывания зерновых культур;

Н. Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Исследования проводили в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «АНЦ» Донской в 2020–2022 годах. Целью исследований являлось определение лучших предшественников и оптимальных сроков посева для новых сортов твердой озимой пшеницы Юбилейка и Янтарина. Установлено, что сорта Юбилейка и Янтарина хорошо реагируют на выбор предшественника и срока посева. Влияние предшественников на урожайность сортов твердой озимой пшеницы Юбилейка и Янтарина составило 90 и 85 % соответственно. Выявлено, что черный пар был лучшим предшественником для изучаемых сортов, обеспечивающий формирование в среднем за годы проведения опытов урожайность зерна 6,25–6,31 т/га при посеве с 10 по 30 сентября. В эти же сроки посева по предшественнику подсолнечник урожайность сортов была наименьшей в течение всего периода исследований – 3,73–4,02 т/га. Установлено, что по всем предшественникам наименьшая урожайность зерна у сортов Юбилейка и Янтарина была получена при посеве 10 октября (поздний срок) и составила в среднем за 2020–2022 гг. после черного пара 5,60 и 5,77 т/га, после гороха – 4,16 и 4,35 т/га и после подсолнечника – 3,51 и 3,63 т/га соответственно. Наибольшее количество продуктивных стеблей изучаемые сорта формировали по предшественнику черный пар – 540–609 шт./м², а наименьшее их количество – 382–410 шт./м² было по непаровым предшественникам. Основное влияние на качественные показатели зерна сортов твердой озимой пшеницы Юбилейка и Янтарина оказали предшественники и в меньшей степени сроки посева. Производство качественного зерна твердой озимой пшеницы экономически эффективно: условный чистый доход достигал 52908–53268 руб./га, а рентабельность производства зерна – 127–129 %. По предшественнику подсолнечник урожайность была наименьшей в течение всего периода исследований и в среднем за три года составила 3,73–4,02 т/га. Отмечено снижение урожайности на 0,5–0,7 т/га при позднем сроке посева (10 октября).

Ключевые слова: твердая озимая пшеница, сорт, предшественник, срок посева, урожайность, качество, экономическая эффективность.

Для цитирования: Сухарев А. А., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Копман И. К., Самофалова Н. Е. Выбор предшественников и сроков посева для новых сортов твердой озимой пшеницы Юбилейка и Янтарина // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 65–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-65-72.

**SELECTION OF FORECROPS AND SOWING TIME
FOR THE NEW WINTER DURUM WHEAT VARIETIES
'YUBILYARKA' AND 'YANTARINA'**

A. A. Sukharev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technologies of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

A. S. Popov, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technologies of grain crops, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

G. V. Ovsyannikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technologies of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-6667-2032;

I. K. Kopman, agronomist of the laboratory for cultivation technologies of grain crops;

N. E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164.

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current study was carried out in the southern part of the Rostov region in the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2020–2022. The purpose of the current study was to identify the best forecrops and optimal sowing time for the new winter durum wheat varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina'. There has been established that the winter durum wheat varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina' respond well to the choice of a forecrop and sowing time. The effect of forecrops on productivity of the winter durum wheat varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina' was 90 % and 85 %, respectively. There has been revealed that weedfree fallow was the best one for the studied varieties, providing the formation of a mean

grain productivity of 6.25–6.31 t/ha over the years of the trial when sown from September 10 to 30. At the same sowing time when sown after sunflower, productivity of the varieties of 3.73–4.02 t/ha was the lowest during the entire period of the study. There has been established that for all forecrops, the lowest grain productivity of the varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina' was obtained when sown on October 10 (late date) and averaged 5.60 and 5.77 t/ha in 2020–2022 when sown after weedfree fallow; 4.16 and 4.35 t/ha when sown after peas; and 3.51 and 3.63 t/ha when sown after sunflower. The studied varieties formed the largest number of productive stems of 540–609 pcs/m² when sown in weedfree fallow, and the smallest number of 382–410 pcs/m² when sown after non-fallow forecrops. The quality indicators of grain of the winter durum wheat varieties 'Yubilyarka' and 'Yantarina' were mainly affected by forecrops and slightly by sowing time. The production of high-quality winter durum wheat grain is cost-effective. The conditional net income reached 52908–53268 rubles/ha, and the profitability of grain production was 127–129 %. When sown after sunflower, the productivity was the lowest during the entire period of study and averaged 3.73–4.02 t/ha over three years. There has been found a productivity decrease on 0.5–0.7 t/ha with a late sowing date (October 10).

Keywords: winter durum wheat, variety, forecrop, sowing time, productivity, quality, economic efficiency.

Введение. Еще на заре развития человеческой цивилизации люди использовали в своем питании далекого предка твердой озимой пшеницы – полбу, которую выращивают и сейчас. Постепенно данная зерновая культура была вытеснена более урожайной твердой озимой пшеницей, площади посевов которой в настоящее время в мире составляют примерно 70 млн га, производится около 35 млн т зерна этой ценной пищевой культуры. Страны-производители твердой озимой пшеницы – Италия, США, Канада, Северная Африка импортируют около 7 млн т зерна, остальное количество этой продукции остается для внутренних нужд (Пшеница твердых сортов: особенности производства и перспективы, 2020).

Для выращивания твердой пшеницы требуется сухой климат с высокими дневными температурами и небольшим числом дней с осадками. Во многих регионах России складываются благоприятные условия для получения качественного зерна твердой пшеницы. В Оренбургской, Челябинской, Саратовской, Самарской областях, Алтайском и Ставропольском краях (лидеры производства) возделывают сорта яровой твердой пшеницы. В регионе Северного Кавказа (Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область) основные площади посевов этой культуры занимают сорта озимой твердой пшеницы. Несмотря на рост производства зерна этой злаковой культуры в России, его качество не всегда отвечает требованиям использования полученной продукции как на внешнем, так и на внутреннем рынках, для переработки на крупку и макароны. Увеличить производство зерна пшеницы, в том числе и востребованной твердой озимой пшеницы, позволит совершенствование системы его производства, предусматривающее использование новых высокопродуктивных сортов, государственную поддержку на льготное кредитование для освоения интенсивных технологий с научным и экспертным сопровождением и пр. (Журавлева и др., 2020).

В каждом регионе возделывания применительно к конкретной почвенно-климатической зоне разрабатываются или совершенствуются агротехнические приемы возделывания для новых сортов твердой пшеницы – способы обработки почвы, сроки и нормы посева, применение удобрений, биостимуляторов и т.д. (Магомедов и др., 2019; Розова и др.,

2019; Самофалова и др., 2021; Скороходов и др., 2022).

Важным агротехническим приемом, способствующим росту урожайности и повышению качественных показателей продукции, является срок посева пшеницы (Ma et al. 2018; Ren et al. 2019; Shahab et al. 2020).

Селекция по твердой озимой пшенице в ФГБНУ АНЦ «Донской» ведется с 60-х гг. XX века и направлена на создание высокоурожайных сортов, характеризующихся высокой морозо- и зимостойкостью, устойчивостью к полеганию и болезням, дающих зерно с хорошим и отличным качеством крупки, макарон. Потенциал продуктивности новых сортов высокий – 11–13 т/га, и реализовать его возможно при соблюдении всех агротехнологических требований (Левкина и Михальчева, 2018; Иличкина и др., 2020).

Цель исследований – определить лучшие предшественники и оптимальные сроки посева для новых сортов твердой озимой пшеницы Юбильярка и Янтарина.

Материалы и методы исследований.

Объектами исследований были два сорта твердой озимой пшеницы селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» – Юбильярка и Янтарина, внесенные в Госреестр по РФ в 2019 и 2020 гг. соответственно.

Предшественниками для твердой озимой пшеницы являлись: 1) черный пар как наиболее обеспеченный почвенной влагой с высоким агрофоном, 2) горох – лучший из непаровых предшественников и 3) подсолнечник – непаровой пропашной предшественник, чаще всего с дефицитом влаги и питательных веществ. Сроки посева в южной зоне Ростовской области были в диапазоне от 10 сентября (первый, ранний календарный срок) до 10 октября (четвертый, поздний календарный срок). Между этими крайними сроками были еще два срока посева с интервалом 10 дней: 20 сентября – второй срок (начало оптимальных сроков для зоны) и 30 сентября – третий срок (конец оптимальных сроков для зоны). Посев проводили сеялкой СС-11 «Альфа» с нормой высева 5 млн всхожих семян на 1 га. Используя комбайн Сампо 2010, осуществляли уборку делянок прямым способом. Урожай приводили к 100%-й чистоте и 14%-й влажности зерна. Все мероприятия по обработке почвы и уходные мероприятия за посевами соответствовали общепринятым

(«Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы»).

Определение качественных показателей и структуры урожая изучаемых сортов выполнялось согласно следующим ГОСТам и методикам: ГОСТ 1084-2017 Зерно. Метод определения натуры; ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка; ГОСТ Р 54478-2011 Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице; ГОСТ ISO 520-2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. Математическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову (2014).

Среднесуточная температура воздуха за 2020–2022 с/х годы была интервале 11,5–12,0 °С и была выше на 1,9–2,4 °С от среднеегоголетней (9,6 °С). Сумма осадков за с/х годы составила: 2020 г. – 463,7 мм; 2021 г. – 569,2 мм и 2022 г. – 530,3 мм (норма – 582,4 мм, среднеегоголетнее за 45 лет, 1958–2002 гг.). В течение вегетации озимой пшеницы отмечалось неравномерное выпадение осадков. Возврат холодов в марте и апре-

ле в 2020 с/х году оказал негативное влияние на рост, развитие и величину урожая озимой пшеницы

Результаты и их обсуждение. Благоприятные условия увлажнения почвы и обеспеченности доступными элементами питания ставят предшественник черный пар в выгодное положение для роста, развития и формирования более высокой урожайности озимой пшеницы по сравнению с горохом и, особенно, с жестким непаровым предшественником – подсолнечником. Анализ данных урожайности показал, что сорт твердой озимой пшеницы Юбильярка формировал самую низкую урожайность зерна по всем предшественникам и по всем срокам посева в 2020 году. После черного пара урожайность этого сорта по срокам посева составила 3,87–4,19 т/га. При сильном иссушении почвы осенью по непаровым предшественникам (горох, подсолнечник) и весенних заморозках урожайность зерна у данного сорта по всем срокам посева была в интервале 2,01–2,40 и 2,28–2,36 т/га соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сорта твердой озимой пшеницы Юбильярка в зависимости от сроков посева по различным предшественникам, т/га (2020–2022 гг.)
Table 1. Productivity of the winter durum wheat variety 'Yubilyarka' depending on the sowing time after various forecrops, t/ha (2020–2022)

Срок посева (фактор В)	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Предшественник черный пар (фактор А)				
10 сентября	4,11	5,75	9,06	6,31
20 сентября	4,12	5,78	9,01	6,30
30 сентября	4,19	5,81	8,83	6,28
10 октября	3,87	5,29	7,63	5,60
Предшественник горох				
10 сентября	2,20	5,05	6,98	4,74
20 сентября	2,26	5,17	6,92	4,78
30 сентября	2,40	5,26	6,45	4,70
10 октября	2,01	5,28	5,19	4,16
Предшественник подсолнечник				
10 сентября	2,35	3,83	5,11	3,76
20 сентября	2,36	4,08	5,01	3,82
30 сентября	2,34	4,11	4,75	3,73
10 октября	2,28	4,20	4,06	3,51
НСП ₀₅ , т/га	0,26	0,31	0,26	0,28
Влияние фактора А, %	95	89	87	90
Влияние фактора В, %	1,2	1,0	11	4,4
Взаимодействие АВ, %	0,4	3,4	0,6	1,5

Наибольшую урожайность зерна сорт Юбильярка формировал в 2022 г., когда она составила по предшественникам: черный пар – 7,63–9,06 т/га; горох – 5,19–6,92 т/га и подсолнечник – 4,06–5,11 т/га.

Как в отдельности, так и в среднем за годы изучения данный сорт сохранял тенденцию формирования максимум урожайности после черного пара, минимум – после подсолнечника и среднее между ними после предшественника подсолнечника.

Влияние предшественников на урожайность сорта твердой озимой пшеницы Юбильярка было велико – 90 %.

По всем предшественникам за годы изучения разницы в урожайности по срокам посева с 10 по 30 сентября практически не было. В среднем за 2020–2022 гг. после черного пара в эти сроки посева урожайность была в интервале 6,28–6,31 т/га. По предшественнику подсолнечник урожайность была наименьшей в течение всего периода исследований и при посеве с 10 по 30 сентября в среднем за три года составила 3,73–3,82 т/га. После гороха урожайность в этот период была в интервале 4,70–4,78 т/га, что ниже черного пара на 1,52–1,58 т/га и выше предшественника подсолнечник на 0,96–0,98 т/га. Наибольшая уро-

жайность после непаровых предшественников отмечена при посеве 20 сентября, то есть в начале оптимальных сроков посева для зоны. Сорт твердой озимой пшеницы Юбиларка во все годы исследований (2020–2022 гг.) формировал наименьшую урожайность зерна при позднем сроке посева – 10 октября, и в среднем она составила по предшественникам: черный пар – 5,60 т/га, горох – 4,16 т/га и подсолнечник – 3,51 т/га. Разница по уровню урожайности сорта при посеве с 10 по 30 сентября и при позднем сроке посева (10 октября)

была больше НСР как по годам, так и в среднем за годы исследований.

Реакция на предшественники нового сорта твердой озимой пшеницы Янтарина была аналогичной сорту Юбиларка, и за все годы исследований лучшим предшественником был черный пар, а худшим – подсолнечник. Сорт Янтарина формировал наименьшую урожайность в 2020 с/х году, и по уровню она была ниже сорта Юбиларка практически по всем вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сорта твердой озимой пшеницы Янтарина в зависимости от сроков посева по различным предшественникам, т/га (2020–2022 гг.)
Table 2. Productivity of the winter durum wheat variety 'Yantarina' depending on the sowing time after various forecrops, t/ha (2020–2022)

Срок посева (фактор В)	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Предшественник черный пар (фактор А)				
10 сентября	3,39	6,41	8,95	6,25
20 сентября	3,70	6,09	9,05	6,28
30 сентября	3,63	6,06	9,07	6,25
10 октября	3,42	5,92	7,97	5,77
Предшественник горох				
10 сентября	1,73	5,25	7,24	4,74
20 сентября	1,98	5,45	7,33	4,92
30 сентября	2,43	5,46	6,70	4,86
10 октября	1,92	5,57	5,56	4,35
Предшественник подсолнечник				
10 сентября	2,21	3,90	5,67	3,93
20 сентября	2,29	4,12	5,64	4,02
30 сентября	2,36	4,40	5,15	3,97
10 октября	2,00	4,52	4,38	3,63
НСР ₀₅ , т/га	0,46	0,27	0,27	0,33
Влияние фактора А	80	89	85	85
Влияние фактора В	3,3	0,6	12	5,3
Взаимодействие АВ	1,7	4,5	0,9	2,4

Если после черного пара урожайность составила по срокам посева от 3,39 до 3,70 т/га, то по предшественникам горох и подсолнечник она варьировала от 1,73 до 2,43 и от 2,00 до 2,36 т/га соответственно. Уровень урожайности сорта Янтарина в 2021 и 2022 гг. был выше, чем у сорта Юбиларка, и достигал по предшественникам: черный пар – 6,41–9,07 т/га, горох – 5,46–7,33 т/га и подсолнечник – 4,40–5,67 т/га соответственно.

Влияние предшественников на урожайность сорта твердой озимой пшеницы Янтарина составило 85 %.

Черный пар как предшественник для озимой пшеницы способствовал формированию дополнительной урожайности сортов Юбиларка и Янтарина, значительно превышающей уровень НСР в опыте – в среднем 0,28 и 0,33 т/га соответственно. Кроме предшественников и сроков посева, на долю других факторов, влияющих на величину урожайности изучаемых сортов, приходилось от 4,1 до 7,3 %.

Как в отдельные годы, так и в среднем за 2020–2022 гг. отмечено снижение урожайности не только при позднем (четвертом),

но и при раннем (первом) сроках посева по всем изучаемым предшественникам. Наибольшую урожайность зерна сорт Янтарина в среднем за три года формировал при посеве в начале оптимальных сроков посева – 20 сентября, как по черному пару, так и по непаровым предшественникам. Наименьшая урожайность зерна у сорта Янтарина, как и у сорта Юбиларка, была получена по всем предшественникам при посеве 10 октября (поздний срок) и составила в среднем за 2020–2022 гг. после черного пара 5,77 т/га, после гороха и подсолнечника – 4,35 и 3,63 т/га соответственно.

Таким образом, оба сорта твердой озимой пшеницы – Юбиларка и Янтарина хорошо реагируют на выбор предшественника и срока посева. Урожайность сельскохозяйственных культур формируется из составляющих его элементов структуры. Наибольшее количество продуктивных стеблей сорт Юбиларка формировал по предшественнику черный пар – 577–609 шт./м², а наименьшее их количество – 352–382 шт./м² было по непаровым предшественникам (табл. 3).

Таблица 3. Элементы структуры урожая сорта твердой озимой пшеницы Юбиларка в зависимости от сроков посева и предшественников (2020–2022 гг.)

Table 3. Yield structure elements of the winter durum wheat variety 'Yubilyarka' depending on the sowing time and forecrops (2020–2022)

Срок посева	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Длина колоса, см
Предшественник – черный пар					
10 сентября	578	30,4	1,12	95,1	5,1
20 сентября	600	30,0	1,08	95,1	5,2
30 сентября	609	30,6	1,06	93,6	5,2
10 октября	577	28,0	0,99	90,7	5,0
Среднее (M±m)	591±16,0	29,8±1,2	1,06±0,05	93,6±2,1	5,1±0,1
Предшественник – горох					
10 сентября	357	34,7	1,34	90,8	4,8
20 сентября	368	36,4	1,32	92,4	4,9
30 сентября	371	36,4	1,30	90,7	4,8
10 октября	351	32,6	1,20	86,4	4,6
Среднее (M±m)	362±5,4	35,0±1,1	1,29±0,04	90,1±1,48	4,8±0,1
Предшественник – подсолнечник					
10 сентября	352	29,3	1,11	82,5	4,5
20 сентября	379	27,5	1,04	82,8	4,6
30 сентября	382	26,3	1,04	82,3	4,3
10 октября	380	24,3	0,96	79,3	4,1
Среднее (M±m)	373±8,2	26,9±1,2	1,04±0,04	81,7±0,94	4,4±0,1

По предшественнику горох у данного сорта были наибольшими количество зерен в колосе и масса зерна с колоса – 32,6–36,4 шт. и 1,20–1,34 г соответственно.

Отличие от сорта Юбиларка сорт Янтарина формировал меньшее количество продуктивных стеблей, но большее количество зерен в колосе и их массу по предшественникам черный пар и подсолнечник – 480–540 и 327–373 шт./м², 30,5–33,2 и 25,7–30,0 шт.,

1,23–1,30 и 1,11–1,15 г соответственно (табл. 4). По предшественнику горох у сорта Янтарина, наоборот, было большее количество продуктивных стеблей и меньшее количество зерен в колосе и масса зерна с колоса – 385–410 шт./м², 29,6–32,6 шт. и 1,13–1,23 г соответственно. Высота растений и длина колоса у сорта Янтарина были меньше, чем у сорта Юбиларка, по всем вариантам опыта.

Таблица 4. Элементы структуры урожая сорта твердой озимой пшеницы Янтарина в зависимости от сроков посева и предшественников (2020–2022 гг.)

Table 4. Yield structure elements of the winter durum wheat variety 'Yantarina' depending on the sowing time and forecrops (2020–2022)

Срок посева	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Длина колоса, см
Предшественник – черный пар					
10 сентября	509	30,7	1,30	89,4	5,0
20 сентября	540	32,3	1,25	89,9	5,1
30 сентября	500	33,2	1,29	89,2	5,0
10 октября	480	30,5	1,23	86,1	4,8
Среднее (M±m)	507±14,4	31,7±0,7	1,27±0,02	88,7±1,0	5,0±0,1
Предшественник – горох					
10 сентября	405	31,4	1,20	85,3	4,6
20 сентября	410	32,6	1,23	86,1	4,6
30 сентября	407	32,2	1,23	85,2	4,6
10 октября	385	29,6	1,13	83,7	4,4
Среднее (M±m)	402±6,6	31,5±0,8	1,20±0,03	85,1±0,58	4,6±0,1
Предшественник – подсолнечник					
10 сентября	347	28,5	1,14	81,2	4,5
20 сентября	373	28,0	1,11	82,9	4,4
30 сентября	355	30,0	1,15	81,8	4,2
10 октября	327	25,7	1,13	77,8	3,9
Среднее (M±m)	351±11,0	28,1±1,0	1,13±0,01	80,9±1,27	4,3±0,2

В результате анализа структуры полученного урожая в среднем за 2020–2022 гг. было установлено, что урожайность сортов твердой озимой пшеницы определялась в основном продуктивным стеблестоем и массой зерна с колоса.

Сорта твердой озимой пшеницы Юбиларка и Янтарина формировали зерно хорошего качества по всем изучаемым предшественникам. Содержание белка в зерне в среднем за годы исследований по предшественникам черный пар и горох у сорта Юбиларка составило 14,4–14,8 и 14,7–14,9 % соответственно. Высоким было и содержание клейковины по этим предшественникам – 26,4–27,2 и 26,8–27,4 % соответственно, а зерно относилось ко 2 классу качества.

По предшественнику подсолнечник содержание белка (12,9–13,3 %) и клейковины (23,1–24,9 %) в зерне сорта Юбиларка соответствовало 3 классу качества.

У сорта Янтарина в среднем за годы исследований показатели качества зерна были выше, чем у сорта Юбиларка. По предшественникам черный пар и горох содержание белка в зерне варьировало от 14,8 до 15,3 % соответственно. Содержание клейковины по этим предшественникам было также высоким – 26,6–28,4 % соответственно. При всех изучаемых сроках

посева сорт Янтарина формировал по предшественникам черный пар и горох зерно 2 класса качества.

По предшественнику подсолнечник содержание белка и клейковины в зерне сорта Янтарина при посеве 20 сентября составило 13,1 и 24,2 %, что соответствовало 3 классу качества. В остальные сроки посева эти показатели были в интервале 13,0–13,6 и 25,3–26,0 %, что соответствовало 2 классу качества.

Зерно у сортов Юбиларка и Янтарина имело высокую натурную массу – 767–782 и 770–789 г/л соответственно. При поздних сроках посева у данных сортов отмечено снижение массы 1000 зерен.

Таким образом, основное влияние на качественные показатели зерна сортов твердой озимой пшеницы Юбиларка и Янтарина оказали предшественники и в меньшей степени сроки посева.

Получение качественного зерна обеспечивает увеличение закупочной цены на продукцию, что также отражается на экономических показателях.

При посеве с 10 по 30 сентября по предшественнику черный пар сорт твердой озимой пшеницы Юбиларка формировал зерно с наименьшей себестоимостью – 6552–6584 руб./т (табл. 5).

Таблица 5. Экономическая эффективность возделывания сорта твердой озимой пшеницы Юбиларка по различным предшественникам и срокам посева (2020–2022 гг.)
Table 5. Economic cultivation efficiency of the winter durum wheat variety 'Yubilyarka' depending on the sowing time and forecrops (2020–2022)

Срок посева	Урожайность, т/га	Затраты, руб./га	Валовой доход, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Предшественник – черный пар						
10 сентября	6,31	41317	94585	53268	6552	129
20 сентября	6,30	41317	94547	53230	6555	129
30 сентября	6,28	41317	94135	52818	6584	128
10 октября	5,60	41317	83975	42658	7380	103
Предшественник – горох						
10 сентября	4,74	34631	71118	36486	7304	105
20 сентября	4,78	34631	71703	37072	7245	107
30 сентября	4,70	34631	70545	35913	7364	104
10 октября	4,16	34631	62391	27760	8326	80
Предшественник – подсолнечник						
10 сентября	3,76	31510	56454	24944	8372	79
20 сентября	3,82	31510	57239	25729	8257	82
30 сентября	3,73	31510	56004	24494	8439	78
10 октября	3,51	31510	52686	21177	8971	67

В этих вариантах опыта были получены максимальные в опыте экономические показатели: условный чистый доход – 52818–53268 руб./га, рентабельность производства зерна составила 128–129 %. По предшественнику горох эти показатели были ниже, чем после черного пара, и наименьшими они были по предшествен-

нику подсолнечник, когда полученное зерно имело высокую себестоимость (8971 руб./т) при низкой рентабельности его производства (67–79 %).

Аналогичные показатели экономической эффективности также по предшественникам черный пар и подсолнечник показал сорт

Янтарина. При посеве с 20 сентября по 10 октября по предшественнику горох рентабельность производства зерна у сорта Янтарина

(88–113 %) была немного выше, чем у сорта Юбиларка (табл. 6).

Таблица 6. Экономическая эффективность возделывания сорта твердой озимой пшеницы Янтарина по различным предшественникам и срокам посева (2020–2022 гг.)
Table 6. Economic cultivation efficiency of the winter durum wheat variety 'Yantarina' depending on the sowing time and forecrops (2020–2022)

Срок посева	Урожайность, т/га	Затраты, руб./га	Валовой доход, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Предшественник – черный пар						
10 сентября	6,25	41317	93753	52436	6610	127
20 сентября	6,28	41317	94225	52908	6577	128
30 сентября	6,25	41317	93802	52485	6607	127
10 октября	5,77	41317	86536	45219	7162	109
Предшественник – горох						
10 сентября	4,74	34631	71109	36477	7305	105
20 сентября	4,92	34631	73792	39161	7040	113
30 сентября	4,86	34631	72951	38320	7121	111
10 октября	4,35	34631	65266	30635	7959	88
Предшественник – подсолнечник						
10 сентября	3,93	31510	58894	27384	8025	87
20 сентября	4,02	31510	56220	24710	7847	78
30 сентября	3,97	31510	59541	28032	7938	89
10 октября	3,63	31510	54481	22971	8675	73

При позднем сроке посева (10 октября) по всем предшественникам отмечено снижение экономических показателей.

Таким образом, экономическая эффективность производства зерна твердой озимой пшеницы зависела от выбора предшественника, срока посева и качества полученной продукции.

Выводы. Сорта твердой озимой пшеницы Юбиларка и Янтарина рекомендуется выращивать по предшественнику черный пар, где соз-

даются благоприятные условия для получения высокой урожайности зерна – 6,28–6,30 т/га. При этом производство качественного зерна экономически эффективно: условный чистый доход достигал 52908–53268 руб./га, а рентабельность производства зерна – 127–129 %. Посев сортов следует проводить с 20 по 30 сентября – оптимальные сроки для южной зоны Ростовской области. Поздний срок посева (10 октября) ведет к снижению урожайности на 0,5–0,7 т/га.

Библиографические ссылки

1. Пшеница твердых сортов: особенности производства и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://agriecommission.com/base/pshenica-tverdyyh-sortov> (дата обращения: 16.01.2023).
2. Журавлева Е. В., Милащенко Н. З., Сапожников С. Н., Трушкин С. В. Система увеличения производства высококачественного зерна пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 3. С. 7–10. DOI:10.24411/0235-2451-2020-10301.
3. Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Макарова Т. С., Дубинина О. А. Новый сорт озимой твердой пшеницы Юбиларка // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4(24). С. 62–71. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-62-71.
4. Левкина К. В., Михальчева Е. А. Продуктивность сортов твердой озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 158–164.
5. Магомедов Н. Р., Абдулаев Ж. Н., Сулейманов Д. Ю., Магомедов Н. Н., Абдулаев А. А., Гаджиев М. М. Урожайность твердой озимой пшеницы в зависимости от минерального питания и систем обработки почвы в Дагестане // Плодородие. 2019. № 4(109). С. 18–20. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.06.
6. Розова М. А., Зиборов А. И., Усенко В. И., Егизарян Е. Е. Реакция сортов яровой твердой пшеницы на удобрения и нормы высева при возделывании по технологии no-till в степной зоне Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 10. С. 34–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11008.
7. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Попов А. С., Дубинина О. А., Дерова Т. Г., Макарова Т. С., Костыленко О. А., Каменева А. С., Марченко Д. М., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Кравченко Н. С. Твердая озимая пшеница в Ростовской области: сортовой состав, технология возделывания, семеноводство. Методические указания. Саратов: ООО «Амирит», 2021. 68 с.

8. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Максюттов Н. А., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Возделывание яровой твердой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Предуралья // Земледелие. 2022. № 1. С. 19–22. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-19-22.

9. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 119, Article number: 126120. DOI:10.1016/j.eja.2020.126120.

10. Ma S.-C., Wang T.-C., Guan X.-K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot // Field Crops Research. 2018. Vol. 221, P. 166–174. DOI:10.1016/j.fcr.2018.02.028.

11. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Iss. 1. P. 33–42. DOI:10.1016/S2095-3119(18)61980-X.

References

1. Pshenitsa tverdykh sortov: osobennosti proizvodstva i perspektivy [Durum wheat: production features and prospects] [Elektronnyi resurs]. URL: <https://agriecommission.com/base/pshenica-tverdykh-sortov> (data obrashcheniya: 16.01.2023).

2. Zhuravleva E. V., Milashchenko N. Z., Sapozhnikov S. N., Trushkin S. V. Sistema uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy [System for increasing the production of high-quality wheat grain] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 3. S. 7–10. DOI:10.24411/0235-2451-2020-10301.

3. Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Makarova T. S., Dubinina O. A. Novyi sort ozimoi tverdoi pshenitsy «Yubilyarka» [A new winter durum wheat variety 'Yubilyarka'] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2020. № 4(24). S. 62–71. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-4-24-62-71.

4. Levkina K. V., Mikhail'cheva E. A. Produktivnost' sortov tverdoi ozimoi pshenitsy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoi oblasti [Productivity of winter durum wheat varieties on light chestnut soils of the Volgograd region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3(51). S. 158–164.

5. Magomedov N. R., Abdulaev Zh. N., Suleimanov D. Yu., Magomedov N. N., Abdulaev A. A., Gadzhiev M. M. Urozhainost' tverdoi ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya i sistem obrabotki pochvy v Dagestane [Productivity of durum winter wheat depending on mineral nutrition and tillage systems in Dagestan] // Plodorodie. 2019. № 4(109). S. 18–20. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.06.

6. Rozova M. A., Ziborov A. I., Usenko V. I., Egizaryan E. E. Reaktsiya sortov yarovoi tverdoi pshenitsy na udobreniya i normy vyseva pri vozdeleyvanii po tekhnologii no-till v stepnoi zone Altaiskogo kraia [Response of spring durum wheat varieties to fertilizers and seeding rates during no-till cultivation in the steppe zone of the Altai Territory] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 10. S. 34–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11008.

7. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Popov A. S., Dubinina O. A., Derova T. G., Makarova T. S., Kostylenko O. A., Kameneva A. S., Marchenko D. M., Skripka O. V., Samofalov A. P., Kravchenko N. S. Tverdaya ozimaya pshenitsa v Rostovskoi oblasti: sortovoi sostav, tekhnologiya vozdeleyvaniya, semenovodstvo [Winter durum wheat in the Rostov region: varietal composition, cultivation technology, seed production]. Metodicheskie ukazaniya. Saratov: OOO «Amirit», 2021. 68 s.

8. Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A., Maksyutov N. A., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. Vozdeleyvanie yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh neustoichivogo uvlazhneniya Orenburgskogo Predural'ya [Cultivation of spring durum wheat in conditions of unstable moisture in the Orenburg Cis-Urals] // Zemledelie. 2022. № 1. S. 19–22. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-19-22.

9. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 119, Article number: 126120. DOI:10.1016/j.eja.2020.126120.

10. Ma S.-C., Wang T.-C., Guan X.-K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot // Field Crops Research. 2018. Vol. 221, P. 166–174. DOI:10.1016/j.fcr.2018.02.028.

11. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Iss. 1. P. 33–42. DOI:10.1016/S2095-3119(18)61980-X.

Поступила: 03.03.23; доработана после рецензирования: 10.04.23; принята к публикации: 25.04.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попов А. С. – концептуализация исследований, критический анализ текста; Овсянникова Г. В. – анализ литературных источников, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Сухарев А. А. – выполнение полевых опытов, подготовка рукописи; Копман И. К. – выполнение полевых опытов, сбор данных; Самофалова Н. Е. – финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ ОВСА И НАКОПЛЕНИЕ В УРОЖАЕ NPK ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО БИОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТОМ

Г. В. Ермолаева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, Ga-lina_83@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0357-2621
Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. С. Немцева,
433315, Ульяновская обл., Ульяновский р-он, п. Тимирязевский; e-mail: uniish73@mail.ru

Целью данного исследования являлось изучение изменения химического состава растений овса и накопления в урожае основных элементов питания при внесении минерального и биомодифицированного удобрений. Исследования проводили на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом в 2016–2018 гг. по предшественнику ячмень яровой. Объекты исследований: минеральное удобрение – азофоска, биопрепарат БисолбиФит (порошкообразная форма на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13), овес яровой сорт Рысак. Погодно-климатические условия в годы исследований сложились довольно разнообразно, что позволило объективно оценить результаты исследований. Установлено, что урожайность овса за годы проведения исследований находилась на уровне 2,15–2,30 т/га. Применение в опыте изучаемых удобрений, таких как азофоска и БисолбиФит, способствовало повышению урожайности овса на 2,3–7,0 % по отношению к варианту без внесения удобрений (контроль). Максимальная прибавка урожая была получена на варианте с модифицированной азофоской (АЗК_м) в дозе 15 кг/га д. в., намолот зерна на данном варианте составил 2,30 т/га, превысив контроль на 0,15 т/га. Разница по вариантам опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га при HCR₀₅ = 0,17 т/га). Коэффициент потребления растениями овса азота, фосфора и калия в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 % соответственно. Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 (для биомодификации азофоски) способствовало максимальному увеличению окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений отмечена при внесении азофоски, модифицированной биопрепаратом БисолбиФит, в дозе 7,5 кг/га д. в. (½ АЗК_м) и составила – 5,8 кг/кг.

Ключевые слова: овес яровой, урожайность, NPK, биомодифицированное минеральное удобрение, инокуляция, окупаемость, биопрепарат.

Для цитирования: Ермолаева Г. В. Изменение химического состава растений овса и накопление в урожае NPK при внесении минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 73–79. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-73-79.



CHEMICAL COMPOSITION CHANGE OF OAT PLANTS AND THE ACCUMULATION OF NPK IN THE YIELD WHEN APPLYING A MINERAL FERTILIZER MODIFIED WITH A BIOLOGICAL PRODUCT

G. V. Ermolaeva, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department for agriculture and crop cultivation technologies, Ga-lina_83@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0357-2621
Samarsky Federal Research Center RAS,
Uliyanov Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev
433315, Uliyanov region, Uliyanov district, v. of Timiryazevsky, Institutsкая Str., 19; e-mail: uniish73@mail.ru

The purpose of the current study was to determine changes in the chemical composition of oat plants and the accumulation of the main nutrients when applying mineral and biomodified fertilizers. The study of oats sown after spring barley was carried out on leached heavy loamy chernozem in 2016–2018. The objects of the study were the mineral fertilizer 'Azofoska', the biological product 'BisolbiFit' (powder form based on live beneficial bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13), the spring oats variety 'Rysak'. The weather and climatic conditions during the years of study were quite diverse, which made it possible to objectively estimate the study results. There has been found that the oat productivity over the years of study (2016–2018) was at the level of 2.15–2.30 t/ha. The use of the studied fertilizers in the trial, such as 'Azofoska' and 'BisolbiFit', contributed to oat productivity increase by 2.3–7.0 % compared to the variant without fertilization (control). The maximum productivity increase was obtained in the variant with modified 'Azofoska' (AZK_m) at a dose of 15 kg/ha a.i., grain yield in this variant was 2.30 t/ha, exceeding the control by 0.15 t/ha. The difference between the variants of the trial was not significant (0.05–0.15 t/ha) with HSR₀₅ = 0.17 t/ha. The coefficient of consumption of nitrogen, phosphorus, and potassium by oat plants on average was 63, 39 and 65 %. The use of a microbiological product based on live beneficial bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13 (for the biomodification of 'Azofoska') contributed to the maximum increase in the payback of 1 kg of NPK by the yield increase. The highest payback from 1 kg a.i. fertilizers was established when applying 'Azofoska' modified with the biological product 'BisolbiFit' at a dose of 7.5 kg/ha a.i. (½ AZK_m) and amounted to 5.8 kg/kg.

Keywords: spring oats, productivity, NPK, biomodified mineral fertilizer, inoculation, payback, biological product.

Введение. Благодаря исследованиям, проведенным многими учеными (Завалин и Накаряков (2021), Никитин и Завалин (2017), Зеленский (2019), Gagkaeva et al. (2014) и др.), доказано, что применение удобрений является важным фактором увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и повышения качества растениеводческой продукции.

На сегодняшний день применение микробиологических препаратов, представляющих живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов, стало важным направлением в сельскохозяйственной микробиологии. Такая технология, как биологическая модификация гранул удобрений, является одним из путей повышения их эффективности. В процессе нанесения микробиологического препарата на гранулы минеральных удобрений образуется биокапсула, выполняющая удобрительную, стимулирующую и защитную функцию (Гилев и др., 2019; Kulikova et al., 2019; Чеботарь и др., 2014; Mnasri et al., 2017). Наблюдениями Завалина и др. (2022) установлено, что использование для создания микробиологических препаратов природных штаммов микроорга-

низмов обеспечивает экологическую безопасность.

Цель работы – изучить изменение химического состава растений овса и накопление в урожае основных элементов питания при внесении минерального, биомодифицированного удобрений и биопрепарата БисолбиФит.

Материалы и методы исследований.

Объекты исследований:

- сложное минеральное удобрение (вносили при посеве) – азофоска в дозе 15 кг/га д. в. и 7,5 кг/га д. в.;
- микробиологический препарат – БисолбиФит.

Изготовитель данного биопрепарата – ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, представляет собой порошок на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13.

Научные исследования проходили с 2016 по 2018 г. в условиях многолетнего стационарного полевого опыта Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка представлена в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка
Table 1. Agrochemical soil characteristics of the experimental plot

Показатели	Содержание
Тип почвы	чернозем выщелоченный
Гранулометрический состав	тяжелосуглинистый
Гумус, % (по Тюрину)	6,4–6,6
pH _{кс}	6,3–6,8
Hг, моль/100 г почвы	1,2–1,3
S, моль/100 г почвы	39,7–42,2
V, %	96,9–97,2
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг (по Чирикову)	214,0–228,0
Содержание, K ₂ O, мг/кг (по Чирикову)	101,0–117,0

Повторность полевого опыта 3-кратная. Севооборот пятипольный зернопаровой, включал следующие культуры: 1) пар чистый – 2) пшеница мягкая озимая – 3) пшеница мягкая яровая – 4) ячмень яровой – 5) овес яровой. Рендомизированное размещение делянок.

Многолетний полевой стационарный опыт закладывался согласно разработанной схеме, представленной в таблице 2. Общая площадь делянки – 145 м², учетной площадь делянки – 100 м².

Таблица 2. Схема полевого опыта
Table 2. Scheme of the field trial

Вариант	Вид удобрения	Название удобрения	Доза применения	Способ применения
1. Контроль	без удобрения	–	–	–
2. БП	биопрепарат	БисолбиФит	600 г/т	инокуляция семян
3. АЗК	сложное минеральное	Азофоска	15 кг/га д. в.	при посеве
4. АЗК _м	сложное минеральное	Обработка гранул азофоски	15 кг/га д. в.	при посеве
5. ½ АЗК _м	сложное минеральное	БисолбиФитом (4 кг/т)	7,5 кг/га д. в.	при посеве

Инокуляцию семян проводили за два дня до посева из расчета 600 г препарата на 1 т семян, расход рабочего раствора – 10 л воды на 1 т семян. В качестве прилипателя использовали желатин, 50 г разводили в небольшом количестве воды и оставляли до полного разбухания, полученную массу разводили в 10 л воды.

Приготовление минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом – 4 кг препарата БисолбиФит наносили на 1 т сложного минерального удобрения (в день применения).

Биологические особенности: среднеспелый, разновидность – мутика, остистость отсут-

ствуется, количество зерен в метелке 33–35 шт., зерновка пленчатая, цвет зерна белый.

Ботаническая характеристика: масса 1000 зерен – 38–40 г, пленчатость – 24–28 %, натура зерна – 500–580 г/л, содержание протеина – 13–15 %, осыпаемость зерна – слабая, высота растений – 99–117 см.

Основные достоинства: высокая урожайность, засухоустойчив, устойчив к болезням, высокие показатели качества зерна.

Посев ярового овса проводили в оптимальные сроки (конец апреля – начало мая) сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом, вслед за культивацией. Норма высева семян составляла 4,5 млн всхожих семян на гектар, или 187 кг/га в физическом весе на глубину заделки 5–6 см.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований различались и имели определенные отклонения от среднеголетних показателей, но в целом были достаточно благоприятными для роста и развития растений, а также формирования урожая зерна ярового овса.

При проведении учетов, наблюдений и анализов использовали следующие методы и методики: содержание гумуса в почве (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91), обменного калия (ГОСТ 26204-91), реакция почвенного раствора (ГОСТ 26483-85), степень насыщенности оснований (ГОСТ 27821-88), учет урожая путем сплошного обмолота комбайном Сампо-500.

В растительных образцах определяли: содержание общего азота (ГОСТ 13496.4-93),

содержание общего фосфора (ГОСТ 26657-97), содержание общего калия методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97).

В исследованиях применялся разностный метод определения коэффициента (K_y) использования растениями элементов питания из минеральных удобрений по формуле $K_y = (B_y - B_o) / D_y \times 100$, где B_y – вынос NPK в удобренном варианте, B_o – вынос NPK в контрольном варианте, D_y – доза удобрений в удобренном варианте.

Статистическую обработку данных (экспериментальных) проводили методом однофакторного дисперсионного анализа ($p = 0,05$) по Б. А. Доспехову (2014) с вычислением значений средних, НСР и критерия Фишера для оценки существенной разницы между средними с использованием программы AGROS версия 209, для построения графиков использовали компьютерную программу Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. В результате наших исследований за 2016–2018 гг. сказалось положительное действие на урожайность овса минерального удобрения и биопрепарата. Применение изучаемых в опыте различных видов удобрений способствовало повышению урожайности овса ярового на 2,3–7,0 % по отношению к контрольному варианту. В среднем за 3 года урожайность зерна овса изменялась от 2,15 до 2,30 т/га, в среднем по вариантам опыта составила 2,24 т/га (рис. 1).

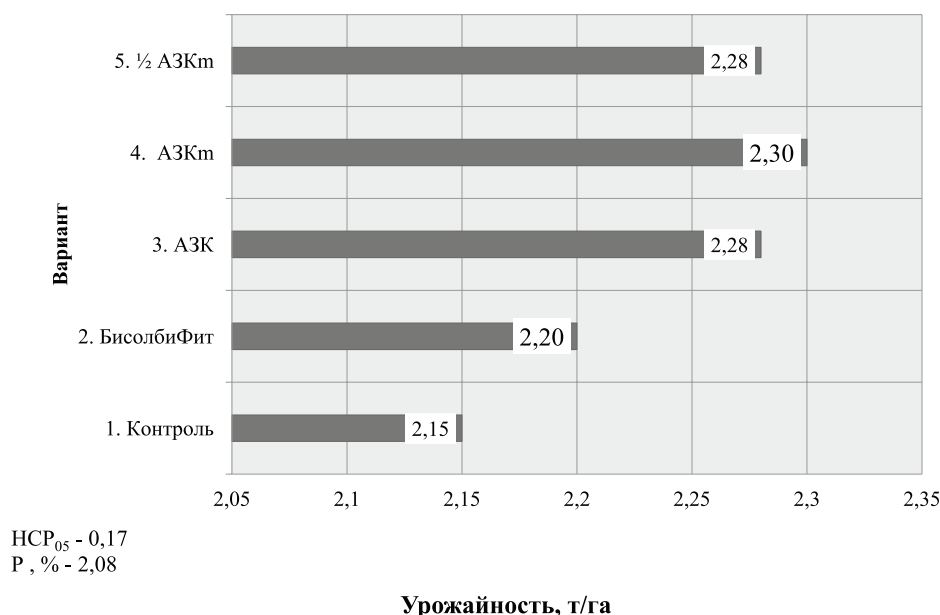


Рис. 1. Влияние биологической модификации минерального удобрения на урожайность овса, т/га
Fig. 1. Effect of biological modification of mineral fertilizer on oat productivity, t/ha

Без применения азофоски и микробиологического препарата БисолбиФит урожайность зерна достигала 2,15 т/га. В варианте с применением БП в качестве инокулянта урожайность была выше и составила 2,20 т/га (+ 2,3 % к кон-

тролю). Внесение (АЗК) и (1/2 АЗК_м) повысило урожайность на 0,13 т/га (+ 6,0 % к контролю). Наибольший эффект был получен на варианте, где азофоска (АЗК_м) в дозе 15 кг д. в. была модифицирована БисолбиФитом – 2,30 т/га. Разница

по вариантам опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га) при НСР₀₅ = 0,17 т/га.

В исследованиях А. Ю. Гавриловой (2018) показано, что потребление NPK определяется фазой онтогенеза, потребление их растениями возрастает по мере прохождения фаз развития. Количество элементов поступает максимальное в начальные фазы развития роста растений, минимальное – в фазу налива семян.

Результаты наших исследований согласуются с данными А. Ю. Гавриловой (2018), в которых установлено, что от фазы кущения до фазы выхода в трубку потребление азота существенно возрастало вследствие резкого нарастания надземной фитомассы. При этом инокуляция семян БП овса ярового способствовала повышению содержания азота на 0,12 %, за счет АЗК в чистом виде накопление азота увеличилось на 0,31 %. Биомодификация азотоса АЗК биопрепаратом на 0,23–0,26 % дополнительно повышала содержание азота в растениях овса.

В фазу цветения из-за увеличения биомассы снижалось содержание азота в растениях и находилось в пределах 1,81–2,01 %.

Положительное действие изучаемых в опыте удобрений на содержание азота в растениях овса сохранялось.

В результате предпосевной обработки семян овса биопрепаратом БисолбиФит содержание фосфора находилось на уровне контрольного варианта, азотоса (АЗК) в чистом виде и биомодифицированная биопрепаратом (АЗК_м) повышали данный показатель в фазу кущения на 0,07–0,11 %.

К фазе «выход в трубку» накапливалось примерно около 36–37 % фосфора, потребляемого за всю вегетацию изучаемой культуры. Увеличение накопления фосфора происходило в большей степени при применении азотоса как в чистом, так и модифицированной микробиологическим препаратом БисолбиФит. Исследуемый показатель повышался на 0,03–0,09 % по отношению к варианту без внесения удобрений.

Накопление фосфора к фазе цветения сформировалось на уровне 0,24–0,26 %, различий по вариантам опыта практически не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 3. Содержание NPK в растениях овса ярового, % на воздушно сухое вещество
Table 3. NPK content in spring oats, % of air-dry matter

Вариант	Кущение	Выход в трубку	Цветение
N			
1. Контроль	4,04	3,43	1,81
2. БП	4,16	3,43	1,83
3. АЗК	4,35	3,60	2,01
4. АЗК _м	4,30	3,60	2,00
5. ½ АЗК _м	4,27	3,52	1,97
Среднее	4,23	3,52	1,92
P₂O₅			
1. Контроль	0,94	0,69	0,24
2. БП	0,94	0,70	0,24
3. АЗК	1,05	0,72	0,26
4. АЗК _м	1,05	0,78	0,26
5. ½ АЗК _м	1,01	0,72	0,26
Среднее	1,00	0,72	0,25
K₂O			
1. Контроль	5,04	4,11	1,61
2. БП	5,16	4,14	1,75
3. АЗК	5,28	4,26	1,82
4. АЗК _м	5,31	4,24	1,89
5. ½ АЗК _м	5,15	4,14	1,77
Среднее	5,19	4,17	1,77

В течение вегетационного периода из-за нарастания надземной биомассы в растениях овса количество калия уменьшалось почти в 3 раза. Наибольшее содержание данного элемента установлено в фазу кущения – 5,04–5,31 %, а наименьшее в фазу цветения – 1,61–1,89 %.

Нами отмечено, что при использовании биомодифицированной азотоса (АЗК_м) и азотоса в чистом виде (АЗК) наблюдалась некоторая тенденция повышения калия в растениях овса в течение всего вегетационного периода, инокуляция семян микробиологическим пре-

паратом на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и половинная доза модифицированной азотоса (½ АЗК_м) практически одинаково повлияли на его содержание в растениях овса.

Содержание NPK в зерне и соломе овса ярового также зависело от вида и дозы используемых в опыте удобрений. Применение БисолбиФита в качестве инокулянта семян и биомодификатора минерального удобрения увеличило содержание азота в зерне на 0,01–0,31 % по отношению к варианту без внесения удобрений (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав зерна и соломы овса при применении азофоски и биопрепарата БисолбиФит, % на воздушно-сухое вещество
Table 4. Chemical composition of oat grain and straw when using 'Azofoska' and the biological product 'BisolbiFit', % of air-dry matter

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	1,72	1,17	0,65	0,31	0,54	1,15
2. БП	1,81	1,17	0,73	0,32	0,56	1,15
3. АЗК	1,95	1,23	0,75	0,37	0,60	1,25
4. АЗК _м	2,03	1,23	0,75	0,39	0,63	1,27
5. ½ АЗК _м	1,92	1,23	0,75	0,34	0,60	1,25
Среднее	1,89	1,21	0,73	0,34	0,59	1,21
НСР ₀₅	0,10	0,13	0,09	0,08	0,14	0,17

В результате применения АЗК и биопрепарата БисолбиФит согласно разработанной схеме опыта содержание фосфора в зерне овса находилось в пределах 1,17–1,23 %.

Нужно отметить, что наибольшее накопление калия было отмечено в год с недостаточным количеством атмосферных осадков (2018 г.), наименьшее – при их избытке (2017 г.). В среднем за 3 года содержание этого показателя варьировало от 0,65 до 0,75 %.

В соломе овса содержание азота находилось на уровне 0,31–0,37 %, фосфора – 0,54–0,63 % и калия – 1,15–1,27 %, внесение азофоски (АЗК, АЗК_м, ½ АЗК_м) способствовало росту величины этих показателей.

Внесение азофоски, как в чистом виде, так и биомодифицированной биопрепаратом БисолбиФит способствовало увеличению содержания калия по отношению к контролю на 0,10–0,12 %.

Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 в качестве инокулянта существенно не отразилось на концентрации NPK в соломе овса ярового.

Установлено, что коэффициенты использования (K_y) питательных веществ из азофоски в опыте, зависели от: биологической особенности культуры; погодных условий, протекающих в вегетационный период; вида и доз удобрений; микробиологических процессов протекающих в почве.

Полученные данные показывают, что при выращивании овса ярового коэффициент использования (K_y) азота из удобрений был довольно высокий и в среднем по вариантам опыта находился на уровне 63 %.

Это указывает на его использование не только из минерального, но и из органического удобрения, в том числе продуктов разложения растительных остатков предшествующих культур (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициент (K_y) использования растениями NPK из минеральных удобрений, %
Table 5. Coefficient (K_y) of NPK use by plants from mineral fertilizers, %

Вариант	K _y		
	N	P	K
1. Контроль	–	–	–
2. БП	–	–	–
3. АЗК	59	32	58
4. АЗК _м	67	39	63
5. ½ АЗК _м	63	48	73
Среднее	63	39	65

Биомодификация азофоски биопрепаратом БисолбиФит (*Bacillus subtilis* Ч-13) дополнительно повышала K_y азота от 4 до 8 % (по сравнению с необработанными биопрепаратом вариантами).

Всего лишь около 30 % фосфора от внесенного количества используется из минеральных удобрений (Куликова и др., 2017). Расчеты коэффициента использования фосфора из АЗК, применяемой в полевом многолетнем стационарном опыте, при сравнении с контрольным вариантом показали, что его значения были более высокими и составили 32–48 %, то есть при ее внесении растениями использовалось значительное количество фосфора на формирование урожая.

K_y калия из удобрений за годы проведения исследований находился в пределах 58–73 % и в среднем по вариантам опыта составил 65 %. Максимально использовал калий вариант с внесением биомодифицированной азофоски (½ АЗК_м) в дозе 7,5 кг/га д.в. – 73 %.

Коэффициент (K_y) использования растениями овса NPK из минеральных удобрений в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 %.

В результате внесения АЗК и БП в полевом опыте окупаемость в среднем за 3 года колебалась в диапазоне 2,9–5,8 кг зерна на 1 кг д.в. удобрений (рис. 2).

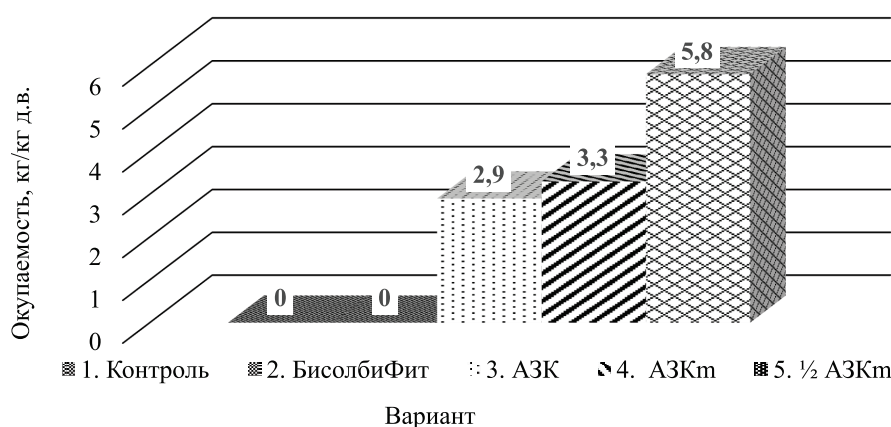


Рис. 2. Окупаемость удобрений прибавкой урожая овса, кг/кг д. в.

Fig. 2. Payback of fertilizers by improving oat productivity, kg/kg a.i.

Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений наблюдалось при внесении половинной дозы азофоски, модифицированной биопрепаратом БисолбиФит ($\frac{1}{2}$ АЗК_м) – 5,8 кг/кг. Окупаемость была выше на 50 %, чем в варианте с применением азофоски в чистом виде (АЗК), и на 43 % – в варианте с внесением биомодифицированной азофоски в полной дозе (АЗК_м).

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что наибольшая прибавка урожая получена на варианте с модифицированной азофоской в дозе 15 кг/га д. в., урожайность зерна в среднем за 3 года на данном варианте составил 2,30 т/га, превысив вариант без внесения удобрений (контроль) на 0,15 т/га. Разница по вариантам

опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га) при НСР₀₅ = 0,17 т/га. Коэффициент (K_y) использования растениями NPK из минеральных удобрений в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 %. С применением биомодифицированной азофоски в дозе 15 кг/га д. в. отмечалось максимальное содержание NPK в зерне и соломе овса. Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 (для биомодификации азофоски) способствовало максимальному увеличению окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая. Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. удобрений отмечена на варианте $\frac{1}{2}$ АЗК_м и составила 5,8 кг/кг.

Библиографические ссылки

1. 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.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2014. 352 с.
3. Завалин А. А., Кирпичников Н. А., Бижан С. П., Сапожников С. Н. Эффективность применения биомодифицированных удобрений под озимую пшеницу при различной реакции почвенной среды // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 12–16. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03.
4. Завалин А. А., Накаряков А. М. Эффективность применения биомодифицированных азотных удобрений под озимую пшеницу // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 33–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-006.
5. Зеленский Н. А. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Земледелие. 2019. № 8. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.
6. Куликова А. Х., Никитин С. Н., Сайдышева Г. В. Влияние удобрений на содержание и баланс гумуса в черноземе, выщелоченном при возделывании культур в зернопаровом севообороте // Агрохимия. 2017. № 12. С. 7–15. DOI: 10.7868/S000218811712002X.
7. Никитин С. Н., Завалин А. А. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность зернопарового севооборота, потоки элементов питания и свойства чернозема выщелоченного в лесостепи Среднего Поволжья // Агрохимия. 2017. № 6. С. 12–29. DOI: 10.7868/S0002188117060023.
8. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: [монография] / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. Ульяновск: УлГУ, 2014. 142 с.
9. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. № 1. P. 32–37.
10. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V., Toigildin A. L. The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing *avena sativa* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10, № 4. P. 128–131.
11. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébal N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahoui S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clumorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147(3), P. 501–515. DOI: 10.1007/s10658-016-1018-3.

References

1. Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Kopylov A. N., Efremov V. P. Priemy biologizatsii pri vozdeleyvanii yarovoi pshenitsy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh Zaural'ya [Methods of biologization for spring wheat cultivated in the resource-saving technologies of the Trans-Urals] // Plodorodie. 2019. № 3(108). S. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
2. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: ID AI'yans, 2014. 352 s.
3. Zavalin A. A., Kirpichnikov N. A., Bizhan S. P., Sapozhnikov S. N. Effektivnost' primeneniya biomodifitsirovannykh udobrenii pod ozimuyu pshenitsu pri razlichnoi reaktsii pochvennoi sredy [Efficiency of using biomodified fertilizers for winter wheat under different reactions of the soil environment] // Plodorodie. 2022. № 3 (126). S. 12–16. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03.
4. Zavalin A. A., Nakaryakov A. M. Effektivnost' primeneniya biomodifitsirovannykh azotnykh udobrenii pod ozimuyu pshenitsu [Efficiency of using biomodified nitrogen fertilizers for winter wheat] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 1. S. 33–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-006.
5. Zelenskii N. A. Priemy biologizatsii pri vozdeleyvanii kukuruzy na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoi oblasti [Methods of biologization for maize grown in light gray forest soils of the Nizhny Novgorod region] // Zemledelie. 2019. № 8. S. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.
6. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V. Vliyanie udobrenii na sodержanie i balans gumusa v chernozeme vyshchelochennom pri vozdeleyvanii kul'tur v zernoparovom sevooborote [The effect of fertilizers on the content and balance of humus in leached blackearth during the cultivation of crops in grain-fallow crop rotation] // Agrokhimiya. 2017. № 12. S. 7–15. DOI: 10.7868/S000218811712002X.
7. Nikitin S. N., Zavalin A. A. Vliyanie udobrenii i biopreparatov na produktivnost' zernoparovogo sevooborota, potoki elementov pitaniya i svoystva chernozema vyshchelochennogo v lesostepi Srednego Povolzh'ya [The effect of fertilizers and biological products on the productivity of grain-fallow crop rotation, the amount of nutrients and the properties of leached blackearth in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrokhimiya. 2017. № 6. S. 12–29. DOI: 10.7868/S0002188117060023.
8. Primenenie biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobrenii: monografiya [Application of biomodified mineral fertilizers] / V. K. Chebotar', A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. Ul'yanovsk: UIGU, 2014. 142 s.
9. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. № 1. P. 32–37.
10. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V., Toigildin A. L. The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing *avena sativa* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10, № 4. P. 128–131.
11. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébal N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahoui S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clumorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147(3), P. 501–515. DOI: 10.1007/s10658-016-1018-3.

Поступила: 01.02.23; доработана после рецензирования: 06.04.23; принята к публикации: 06.04.23.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ермолаева Г. В. – подготовка и выполнение опытов, сбор данных, статистическая обработка данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

АГРОТЕХНИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТОВ СЕЛЕКЦИИ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФНАЦ

Л. Р. Оганян, аспирант отдела физиологии растений, oganyan@inbox.ru,
ORCID ID: 0000-0002-0019-8956;

Ф. В. Ерошенко, доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений,
yer-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0238-3861;

В. И. Ковтун, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции
и первичного семеноводства озимых зерновых культур, sniish@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7454-9296;

И. Г. Сторчак, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела
физиологии растений, sniish.storchak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8741-688

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,

356241, Ставропольский край, Шпаковский р-он, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49

Проблема повышения устойчивости и эффективности производства зерна, увеличения его валового количества и улучшения качества является ключевой для аграриев Ставрополья. Из-за дефицита финансовых ресурсов у большинства сельхозтоваропроизводителей решение этой проблемы в большей степени осуществляется путем подбора наиболее эффективных элементов технологии возделывания, в том числе и за счет агротехники новых высокопродуктивных сортов. Целью исследований было определить влияние предшественников, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на урожайность, качество зерна и экономическую эффективность возделывания новых сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». В результате исследований, проведенных на посевах озимой пшеницы различных сортов селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», была получена урожайность после черного пара 5,71 т/га, что на 3,41 т/га больше, чем по колосовому. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности в среднем за 2018–2021 гг. по черному пару на 1,27 т/га, а по предшественнику озимая пшеница на 1,8 т/га. Максимальный урожай зерна отмечен при оптимальном сроке сева 30 сентября – 5 октября (в среднем на 6,8 % больше, чем при ранних и поздних сроках). Различные нормы высева не оказали существенного влияния на урожайность. На основе оценки влияния технологических приемов возделывания озимой пшеницы на урожайность, качество зерна и экономическую эффективность возделывания были даны агротехнологические характеристики новых сортов озимой пшеницы Северо-Кавказского ФНАЦ.

Ключевые слова: озимая пшеница, технология возделывания, сорт, предшественник, минеральное питание, срок сева, норма высева.

Для цитирования: Оганян Л. Р., Ерошенко Ф. В., Ковтун В. И., Сторчак И. Г. Агротехника возделывания озимой пшеницы сортов селекции Северо-Кавказского ФНАЦ // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 80–86. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-80-86.



CULTIVATION AGROTECHNOLOGIES OF WINTER WHEAT VARIETIES DEVELOPED BY THE NORTH CAUCASUS FRAC

L. R. Oganyan, post-graduate of the department of plant physiology, oganyan@inbox.ru,
ORCID ID: 0000-0002-0019-8956;

F. V. Eroshenko, Doctor of Biological Sciences, head of the department of plant physiology,
yer-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0238-3861;

V. I. Kovtun, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of winter grain crop breeding
and primary seed production, sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7454-9296;

I. G. Storchak, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department
of plant physiology, sniish.storchak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8741-688

FSBSI "North-Caucasus Federal Research Agricultural Center",

356241 Stavropol Kray, Shpakovsky district, Mikhaylovsk, Nikonov Str., 49; e-mail: info@fnac.center

The problem of improving the sustainability and efficiency of grain production, increasing its gross quantity and improving quality is a key one for farmers in the Stavropol region. Due to the lack of financial resources for most agricultural producers, the problem is largely solved by selecting the most effective cultivation technology elements, including new highly productive varieties due to the agrotechnology. The purpose of the current study was to determine the effect of forecrops, the level of mineral nutrition, sowing dates and seeding rates on productivity, grain quality and economic efficiency of cultivating new winter wheat varieties developed by the FSBSI "North-Caucasus Federal Research Agricultural Center". As a result of study carried out on winter wheat crops of various varieties developed by the FSBSI "North-Caucasus FRAC", productivity of the varieties sown in weedfree fallow was 5.71 t/ha, which was 3.41 t/ha more than after cropped fallow. The application of mineral fertilizers contributed to productivity improvement of the varieties sown in weedfree fallow on 1.27 t/ha, and on 1.8 t/ha when sown after winter wheat on average during 2018–2021. The maximum grain yield was identified at the optimal sowing time in September 30 – October 5 (an average of 6.8 % more than at early and late time). Different seeding rates did not have a significant effect on productivity. Based on the estimation of the effect of winter wheat cultivation technologies on productivity, grain quality and econom-

ic efficiency of cultivation, there have been given agrotechnological characteristics of the new winter wheat varieties developed by the North-Caucasus FRAC.

Keywords: winter wheat, cultivation technologies, variety, forecrop, mineral nutrition, sowing time, seeding rate.

Введение. Ставропольский край входит в десятку основных зернопроизводящих регионов РФ по выращиванию высококачественного зерна (Ерошенко и др., 2020). Создание прочной кормовой базы, стабилизации сельскохозяйственного производства в целом неразрывно связаны с повышением эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур, роль которых особенно возрастает в новых экономических и политических условиях (Ксенофонтов и Ползиков, 2020). От развития этого направления напрямую зависит выполнение показателей Доктрины продовольственной безопасности России по снижению зависимости от импортной продукции и обеспечению населения страны высококачественной продукцией отечественного производства (Гончаров и Косолапов, 2021).

В настоящее время реальные возможности аграриев выполнить весь комплекс агротехнических мероприятий значительно ограничены высокой стоимостью материально-технических ресурсов. Наиболее доступным направлением увеличения урожайности и повышения качества продукции является внедрение новых сортов, адаптированных к определенной почвенно-климатической зоне, и возможность реализации продуктивного потенциала на фоне внедрения наукоемких технологий возделывания сельскохозяйственных культур (Криулина и др., 2022). Поэтому сорта местной селекции, способные противостоять неблагоприятным факторам внешней среды, должны иметь неоспоримый приоритет при использовании в производстве (Ковтун и др., 2021).

По данным ученых, за счет высокого качества семян можно увеличить урожай примерно на 20 %, за счет сорта – на 25 %, а благодаря технологии на базе адаптированных сортов и высококачественных семян местного производства еще на 45 % (Алабушев и др., 2020). В системе агротехнических приемов, способствующих росту урожайности и качества зерна озимых зерновых культур, важную роль играют предшественники, удобрения, сроки посева, нормы высева и выбор сорта (Сандухадзе и др., 2021; Шестакова и др., 2018). Таким образом, совершенствование отдельных элементов технологии возделывания современных сортов озимых зерновых культур имеет важное научное и практическое значение.

Основными оригинаторами новых сортов и производителями их семян высшей репродукции в РФ, в том числе и в Ставропольском крае, являются научные учреждения сельскохозяйственного профиля, крупнейший из которых – ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Цель наших исследований – определить влияние предшественников, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на продуктивность и экономическую эффек-

тивность возделывания новых сортов озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в условиях Ставропольского края.

Материалы и методы исследований.

Объектами исследований были сорта озимой пшеницы Северо-Кавказской селекции: Виктория 11 (разновидность эритроспермум, куст прямостоячий-полупрямостоячий, растение среднерослое), Армада (разновидность эритроспермум, куст полупрямостоячий-промежуточный, растение средней длины), Партнер (разновидность эритроспермум, куст промежуточный, растение среднерослое), Паритет (разновидность лютеценс, куст промежуточный, растение средней длины-длинное). Исследования проводили с 2018 по 2021 г. на экспериментальном поле отдела физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Для достижения цели исследований и решения поставленных задач было заложено три полевых опыта.

1. Изучение влияния предшественников и уровня минерального питания (заклаывался по 3-факторной схеме). Фактор А: сорта озимой пшеницы – Виктория 11 (стандарт), Армада, Партнер, Паритет. Фактор В: предшественники – черный пар и озимая пшеница; фактор С: фоны минерального питания – (контроль без удобрений – естественное плодородие почвы) и удобренный ($N_{60}P_{60}K_{60}$ (нитроаммофоска) перед посевом и N_{60} (аммиачная селитра) ранней весной).

2. Изучение влияния сроков сева (заклаывался по 2-факторной схеме). Фактор А: сорта озимой пшеницы – Виктория 11 (стандарт), Армада, Партнер, Паритет. Фактор В: сроки сева – ранний 15–20 сентября, оптимальный 30 сентября – 5 октября (контроль), поздний 15–20 октября).

3. Изучение влияния норм высева (заклаывался по 2-факторной схеме). Фактор А: сорта озимой пшеницы – Виктория 11 (стандарт), Армада, Партнер, Паритет. Фактор В: нормы высева – 4, 5 (контроль), 6 млн всхожих семян на 1 га.

Варианты размещались систематическим методом одним ярусом в соответствии с методическими указаниями (Доспехов, 2014). Агротехника – общепринятая для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Посев проводили рядовой сеялкой СЗП-3.6. Глубина заделки семян – 3,5–4,5 см. Повторность опыта – трехкратная. Учетная площадь каждой делянки – 25 м². По вегетации проводили плановые обработки гербицидом Прима (0,6 л/га) и фунгицидами Альто Турбо (норма 0,4 л/га) + Фотрин (норма 0,1 л/га).

Подготовку и обработку почвы, дозы, сроки и способы внесения удобрений, а также ме-

роприятия по уходу за посевами проводили согласно «Системе земледелия нового поколения Ставропольского края» (Кулинцев и др., 2013). Урожайность учитывали малогабаритным комбайном Сампо-130 с последующим пересчетом на стандартную влажность 14 %. Технологические показатели качества зерна озимой пшеницы определяли в отделе физиологии растений Северо-Кавказского ФНАЦ согласно ГОСТ Р 9353-2016.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным среднесплошным малогумусным тяжелосуглинистым. По данным лаборатории агрохимии и почвоведения ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», при закладке опыта пахотный слой почвы харак-

теризовался следующими агрохимическими показателями: нитратный азот (по Грандваль-Ляжу) – 5,5 мг/кг, подвижный фосфор – 23 мг/кг и обменный калий (по Мачигину) – 236 мг/кг.

В годы проведения исследований погодные условия отличались повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Так, вегетационный период был теплее климатической нормы на 0,9–1,3°C. Максимально теплым он был в 2019/2020 с.-х. году, когда среднемесячная температура воздуха составила 11,3 °C при климатической норме 10,0 °C (1991–2020 гг.). Количество выпавших осадков по годам составило 486, 462 и 577 мм, или 94,7, 90,0 и 116,1 % от нормы соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия в годы проведения исследований (по данным метеостанции г. Ставрополя)
Table 1. Weather conditions during the years of study (according to the weather station in Stavropol)

Месяц	2018–2019 гг.		2019–2020 гг.		2020–2021 гг.		Климатическая норма (1991–2020)	
	температура	осадки	температура	осадки	температура	осадки	температура	осадки
август	22,6	41	22,5	19,6	22,8	5	22,6	43,1
сентябрь	18,1	42	16,3	106	19,7	2,9	16,7	40,3
октябрь	12,3	42	12,8	27,3	14,7	8,3	10,5	42,1
ноябрь	2,2	48	4,3	1,9	3,2	53	3,6	34,1
декабрь	–0,1	61	1,8	6,8	–1,4	6,9	–0,5	31,9
январь	–0,5	24	–0,1	32,6	0,5	32	–2,3	26,8
февраль	0,3	10	1,2	26,5	–1,6	89	–1,7	24,7
март	3,8	53	6,7	12,8	0,9	50,3	3,2	36,8
апрель	9,5	21	8,6	7,7	9,8	73	9,6	42,3
май	17,1	43	15,1	78,9	16,7	113	15,4	65
июнь	23,8	28	21,3	80,2	20,3	68	19,9	71,8
июль	21,5	73	24,9	61,6	25,0	76	22,9	54,2
Среднее	10,9	486	11,3	462	10,9	577	10,0	513

2018/2019 с.-х. год характеризовался ранним возобновлением весенней вегетации (8 марта в 2019 г.), повышенным температурным режимом и недостатком осадков в апреле–июне. Агрометеорологические условия, сложившиеся в 2019/2020 с.-х. году, были сложными. Возобновление весенней вегетации отмечено 12 марта, что раньше среднемноголетних значений на три декады. Весенне-летний период 2020 г. характеризовался жесткими погодными условиями, в первую очередь из-за отсутствия осадков в течение длительного периода. За март–май выпало 25 %, а за июнь–июль 29 % от климатической нормы. При этом недостаточное количество осадков сопровождалось повышенным температурным режимом (на 1,2 и 2,3 °C соответственно). ГТК за период июль–октябрь был равен 0,65. Такие погодные условия привели к значительному снижению урожая озимой пшеницы.

Сев в 2020/2021 с.-х. году проводили в засушенную почву. Поэтому всходы появились лишь к концу октября. Осадки третьей декады октября, хотя и слабые, и начала ноября несколько улучшили ситуацию. Температурный режим весеннего периода был близок к сред-

немноголетнему, а количество выпавших осадков на 53 % ниже среднемноголетних значений. Сложившиеся погодные условия летней вегетации были относительно благоприятными – без резкого нарастания температур и с достаточно хорошей влагообеспеченностью.

Таким образом, условия вегетации, которые сложились в районе проведения исследований, особенно в репродуктивный период, были достаточно сложными и оказали значительное влияние на формирование урожая.

Результаты и их обсуждение. В первом опыте по изучению влияния предшественника и фона минерального питания на эффективность возделывания озимой пшеницы сортов селекции Северо-Кавказского ФНАЦ определено, что наибольшая урожайность (6,98 т/га – удобренный фон, 5,71 т/га – без применения минеральных удобрений) и наилучшее качество зерна в засушливых условиях выращивания были сформированы по предшественнику черны́й пар.

По паровому предшественнику на контрольном варианте в среднем по сортам за 3 года (2019–2021 гг.) урожайность составила 5,7 т/га. Значения этого показателя варьирова-

ли от 5,58 т/га (сорт Паритет) до 5,87 т/га (сорт Виктория 11), по содержанию сырой клейковины у всех изученных сортов зерно соответствовало 3 классу. Самый большой условный

чистый доход (50 руб./га) и самая высокая рентабельность (137,6 %) производства были получены при возделывании сорта Виктория 11 (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предшественника и фона минерального питания, предшественник черный пар (2018–2021 гг.)
Table 2. Efficiency of winter wheat cultivation depending on a forecrop and background of mineral nutrition, sown in weedfree fallow (2018–2021)

Сорт	Фон	Урожайность, т/га	Содержание сырой клейковины, %	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./т	Уровень рентабельности, %
Виктория 11	контроль	5,87	25,3	36,3	6,2	50,0	8,5	137,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	7,02	27,9	49,3	7,0	53,9	7,7	109,2
Армада	контроль	5,72	24,1	36,3	6,4	47,8	8,4	131,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	7,20	25,3	49,3	6,9	56,5	7,9	114,6
Партнер	контроль	5,69	24,3	36,3	6,4	47,3	8,3	130,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	7,09	25,5	49,3	7,0	54,9	7,7	97,0
Паритет	контроль	5,58	23,1	36,3	6,5	45,7	8,2	125,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	6,61	24,3	49,3	7,5	47,8	7,2	111,9
Среднее	контроль	5,71	24,2	36,3	6,4	47,7	8,4	131,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	6,98	25,8	49,3	7,1	53,3	7,6	108,2

Примечание. НСР₀₅ опыта = 0,33 т/га, Ff = 39,8 > Fm = 2,8.

Возделывание озимой пшеницы всех изучаемых сортов без исключения по колосовому предшественнику на фоне без внесения удобрений оказалось низкорентабельным (14,6 %) (табл. 3). Внесение минеральных удобрений способствовало росту урожайности и качества зерна, в результате уровень рентабельности в среднем по сортам увеличился с 14,6 до 43, %. Максимальная рентабельность

получена у сорта Армада – 49,6 %, минимальная у сорта Паритет – 37,2 %.

Таким образом, в среднем за годы исследований урожайность изученных сортов по паровому предшественнику без внесения удобрений превышала колосовой на 3,41 т/га, или 59,7 %. Применение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности на 1,27 т/га (22,2 %) и 1,80 т/га (78,3 %) по чистому пару и озимой пшенице соответственно.

Таблица 3. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от предшественника и фона минерального питания, предшественник озимая пшеница (2018–2021 гг.)
Table 3. Efficiency of winter wheat cultivation depending on a forecrop and background of mineral nutrition, forecrop is winter wheat (2018–2021)

Сорт	Фон	Урожайность, т/га	Содержание сырой клейковины, %	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./т	Уровень рентабельности, %
Виктория 11	контроль	2,28	20,4	28,0	12,3	4,9	2,1	17,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	4,05	24,3	40,7	10,1	18,8	4,6	46,2
Армада	контроль	2,50	19,2	28,0	11,1	7,5	3,0	27,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	4,23	21,5	40,7	9,6	20,2	4,8	49,6
Партнер	контроль	2,23	19,5	28,0	12,5	3,7	1,7	13,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	3,95	20,2	40,7	10,3	16,2	4,1	39,7
Паритет	контроль	1,97	18,4	28,0	14,2	0,1	8,6	0,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	3,88	19,5	40,7	10,5	15,2	3,9	37,2
Среднее	контроль	2,30	19,4	28,0	12,6	4,0	3,9	14,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	4,10	21,4	40,7	10,1	17,6	4,4	43,2

Примечание. НСР₀₅ опыта = 0,48 т/га, Ff = 35,5 > Fm = 2,8.

Изучение влияния различных сроков сева на эффективность возделывания озимой пшеницы показало, что в зависимости от сорта потери урожая на ранних сроках могут доходить от 8,5 (Армада) до 19 % (Партнер), позднем сроке – от 3,1 до 9,3 % (Армада и Партнер соответственно). Также прослеживается тенденция

улучшения качества зерна при смещении сроков сева в сторону более поздних в среднем по изученным сортам – до 29 %. Во все годы исследований самое высокое качество зерна формирует сорт Виктория 11 (29,0 %), а самое низкое – сорт Паритет (24,5 %) (табл. 4).

Таблица 4. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от сроков сева, предшественник черный пар (2018–2021 гг.)
Table 4. Efficiency of winter wheat cultivation depending on sowing time, sown in weedfree fallow (2018–2021)

Сорта	Сроки сева	Урожайность, т/га	Содержание сырой клейковины, %	Себестоимость, тыс. руб./т	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./т	Уровень рентабельности, %
Виктория 11	ранний	3,43	25,3	11,9	9,7	2,8	23,9
	оптимальный	4,05	24,3	10,1	18,8	4,6	46,2
	поздний	3,71	29,0	11,0	14,6	3,9	35,8
Армада	ранний	3,87	22,4	10,5	15,0	3,9	36,9
	оптимальный	4,23	21,5	9,6	20,2	4,8	49,6
	поздний	4,10	28,7	9,9	20,4	5,0	50,1
Партнер	ранний	3,20	21,7	12,7	5,4	1,7	13,2
	оптимальный	3,95	20,2	10,3	16,2	4,1	39,7
	поздний	3,76	28,3	10,8	15,3	4,1	37,6
Паритет	ранний	3,46	19,6	11,8	9,1	2,6	22,4
	оптимальный	3,88	19,5	10,5	15,2	3,9	37,2
	поздний	3,52	24,5	11,6	11,7	3,3	28,8
Среднее	ранний	3,50	22,3	11,7	9,8	2,8	24,1
	оптимальный	4,00	21,4	10,1	17,6	4,4	43,2
	поздний	3,80	27,6	10,8	15,5	4,1	38,1

Примечания. $HCP_{05} \text{ опыта} = 0,28 \text{ т/га}$, $Ff = 12,3 > Fm = 2,3$.

* – Затраты по технологии составляли 40,7 тыс. руб./га.

Анализ полученных данных по экономической эффективности при различных сроках посева показал, что в среднем по сортам продукция ранних сроков посева имела высокую себестоимость – 11,7 тыс. руб./т и низкую рентабельность – 24,1 %. При оптимальных сроках посева снижалась себестоимость зерна на 15,8 % и возрастала рентабельность возделывания озимой пшеницы (43,2 %).

Исследования показали, что наибольшая урожайность (4,2 т/га) отмечалась при норме высева в 6 млн всхожих семян на гектар, однако низкое качество зерна (содержание сырой клейковины 20,6 %) и более высокие затраты (41,7 тыс. руб./га) на семена не позволили получить высокую прибыль. За годы исследований наибольший доход (17,6 тыс. руб./га) обеспечивали посевы с оптимальной нормой высева – 5,0 млн шт. всхожих семян на гектар (табл. 5).

Таблица 5. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от норм высева, предшественник черный пар (2018–2021 гг.)
Table 5. Efficiency of cultivation of the lake. wheat depending on seeding rates, sown in weedfree fallow (2018–2021)

Сорта	Нормы высева, млн шт/га	Урожайность, т/га	Содержание сырой клейковины, %	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./т	Уровень рентабельности, %
Виктория 11	4	3,70	24,7	39,8	11,6	10,6	3,1	26,7
	5	4,05	24,3	40,7	10,1	18,8	4,6	46,2
	6	4,08	22,0	41,7	11,2	11,8	3,2	28,2
Армада	4	4,13	20,9	39,8	10,3	15,9	4,1	40,0
	5	4,23	21,5	40,7	9,6	20,2	4,8	49,6
	6	4,36	20,3	41,7	10,2	17,4	4,2	41,7

Продолжение табл. 5

Сорта	Нормы высева, млн шт/га	Урожайность, т/га	Содержание сырой клейковины, %	Затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./т	Уровень рентабельности, %
Партнер	4	3,75	21,9	39,8	12,4	6,3	2,0	15,8
	5	3,95	20,2	40,7	10,3	16,2	4,1	39,7
	6	4,13	19,7	41,7	11,1	12,5	3,3	29,9
Паритет	4	3,60	19,4	39,8	11,5	10,0	2,9	25,2
	5	3,88	19,5	40,7	10,5	15,2	3,9	37,2
	6	4,07	20,4	41,7	11,8	9,0	2,6	21,6
Среднее	4	3,80	21,7	39,8	11,5	10,7	3,0	26,9
	5	4,00	21,4	40,7	10,1	17,6	4,4	43,2
	6	4,20	20,6	41,7	11,1	12,7	3,3	30,4

Примечание. HCP_{05} опыта = 0,27 т/га, $Ff = 5,62 > Fm = 2,3$.

Выводы. Проведенные исследования показали, что улучшение условий выращивания способствует росту зерновой продуктивности новых сортов озимой пшеницы, выведенных в Северо-Кавказском ФНАЦ. Так, в среднем по сортам урожайность зерна на контрольном варианте по предшественнику чистый пар была больше на 59,7 %, чем по колосовому. Применение минеральных удобрений ($N_{120}P_{60}K_{60}$) способствовало повышению урожайности на 22,2 % по пару и 78,3 % по озимой пшенице. Также установлено, что в среднем по сортам наилучшие результаты урожайности (4,0 и 4,2 т/га) продемонстрировали оптимальные сроки и норма высева в 6 млн всхожих семян на гектар.

На основе оценки влияния технологических приемов возделывания на урожайность зерна, его качество и экономическую эффективность возделывания озимой пшеницы нами выявлены наиболее перспективные сочетания элементов агротехнологии, обеспечивающие максимальную реализацию потенциала изученных сортов.

• Виктория 11

Удачное сочетание высокого урожая, хороших показателей качества зерна и экономической эффективности возделывания. Особо это проявляется на предшественнике черный пар. В то же время Виктория 11 может высеваться при среднем агрофоне. На худших предшественниках формирование высокого урожая качественного зерна с максимальной экономической выгодой возможно при внесении научно обоснованных доз удобрений. Наибольший урожай формируется при оптимальных сроках, но возможно их смещение в сторону поздних. Более высокий доход посева сорта обеспечи-

вают с рекомендованной для зоны нормой высева, но возможен сев и с повышенной нормой.

• Армада

Наиболее высокая экономическая эффективность с максимальным уровнем урожайности высококачественного зерна сорт Армада формирует на предшественнике черный пар. Может возделываться при среднем агрофоне. Характеризуется повышенной отзывчивостью на удобрения по колосовому предшественнику. Сорт толерантен к срокам сева и нормам высева. При оптимальных условиях выращивания экономически оправдано снижение нормы до 4 млн всхожих семян на 1 га.

• Партнер

Сорт интенсивного типа. Максимальные урожаи высококачественного зерна формирует на паровом предшественнике. Сорт характеризуется повышенной отзывчивостью на внесение минеральных удобрений при возделывании по колосовым предшественникам, при этом экономическая эффективность высокая. Наилучшие результаты демонстрирует при севе в оптимальные для почвенно-климатической зоны сроки рекомендованной нормой высева. В то же время возможен посев в поздние сроки.

• Паритет

Характеризуется средней интенсивностью. Наибольшее преимущество, в том числе экономическое, сорт демонстрирует при возделывании по предшественнику черный пар. При создании хороших условий минерального питания по колосовым предшественникам формирует высокие урожаи качественного зерна. Более высокий доход посева сорта обеспечивают при норме высева 5,0 млн всхожих семян на га. Возможен посев со сниженной нормой высева.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Гончаров Н. П., Косолапов В. М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд. перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.

4. Ерошенко Ф. В., Оганян Л. Р., Сторчак И. Г., Шестакова Е. О. Состояние и перспективы устойчивого производства высококачественного зерна в Ставропольском крае // АПК: экономика, управление. 2020. № 3. С. 55–66. DOI: 10.33305/203-54.

5. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., Майорова К. А. Новые генетические источники высокой урожайности зерна пшеницы мягкой озимой // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8 (173). С. 40–46. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-40-46.

6. Кriuлина Е. Н., Кащаев И. В., Оганян Л. Р. Устойчивость развития сельскохозяйственного производства СКФО // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 5. С. 92–98. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_92.

7. Ксенофонтов М. Ю., Ползиков Д. А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 3(180). С. 82–92.

8. Кулинцев В. В., Годунова Е. И., Желнакова Л. И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2013. 520 с.

9. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Крахмалева М. С., Бугрова В. В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.

10. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Оганян Л. Р. Реакция новых сортов озимой пшеницы на различные элементы технологии выращивания // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 8. С. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10809.

References

1. Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A. Vliyaniye srokov poseva po razlichnym predshestvennikam na urozhainost' i kachestvo zerna myagkoi ozimoi pshenitsy sorta Krasa Dona v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of sowing dates for various forecrops on productivity and grain quality of winter common wheat of the variety 'Krasa Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.

2. Goncharov N. P., Kosolapov V. M. Seleksiya rastenii – osnova prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii [Plant breeding is the basis of Russia's food security] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2021. T. 25, № 4. S. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.

3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaistvennykh uchebnykh zavedenii [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. Stereotip. izd. perepech. s 5-go izd., dop. i pererab. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

4. Eroshenko F. V., Oganyan L. R., Storchak I. G., Shestakova E. O. Sostoyaniye i perspektivy ustoychivogo proizvodstva vysokokachestvennogo zerna v Stavropol'skom krae [State and prospects for sustainable production of high-quality grain in the Stavropol Territory] // APK: ekonomika, upravlenie. 2020. № 3. S. 55–66. DOI: 10.33305/203-54.

5. Kovtun V. I., Kovtun L. N., Maiorova K. A. Novye geneticheskie istochniki vysokoi urozhainosti zerna pshenitsy myagkoi ozimoi [New genetic sources of large productivity of the winter wheat grain] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 8 (173). S. 40–46. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-40-46.

6. Kriuлина E. N., Kashchaev I. V., Oganyan L. R. Ustoychivost' razvitiya sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva SKFO [Sustainability of the development of agricultural production in the North Caucasus Federal District] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36, № 5. S. 92–98. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_5_92.

7. Ksenofontov M. Yu., Pol'zikov D. A. K voprosu o vliyaniy klimaticheskikh izmenenii na razvitie sel'skogo khozyaistva Rossii v dolgosrochnoi perspective [On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long-term period] // Problemy prognozirovaniya. 2020. № 3(180). S. 82–92.

8. Kulintsev V. V., Godunova E. I., Zhelnakova L. I. i dr. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraia [The farming system of a new generation of the Stavropol Territory]. Stavropol': Izdatel'stvo «AGRUS», 2013. 520 s.

9. Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. Nauchnaya seleksiya ozimoi myagkoi pshenitsy v Nечерноземной зоне Rossii: istoriya, metody i rezul'taty [Scientific breeding of winter common wheat in the Non-Blackearth part of Russia: history, methods and results] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2021. T. 25, № 4. S. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.

10. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G., Oganyan L. R. Reaktsiya novykh sortov ozimoi pshenitsy na razlichnye elementy tekhnologii vyrashchivaniya [Reaction of the new winter wheat varieties to the various elements of cultivation technology] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 8. S. 35–38. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10809.

Поступила: 27.03.23; доработана после рецензирования: 10.05.23; принята к публикации: 11.05.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Оганян Л. Р., Ерошенко Ф. В., Ковтун В. И., Сторчак И. Г. – 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.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

Г. М. Дериглазова, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, g_deriglazova@mail.ru, ORCIDID: 0000-0003-2401-3028
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Курский федеральный аграрный научный центр»,
305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70 б; e-mail: kurskfarc@mail.ru

Изучение стабильности урожайности ярового ячменя сорта Суздалец проводили в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» при возделывании культуры в различных севооборотах с внесением минеральных удобрений в условиях ЦЧР на черноземных почвах на протяжении 7 ротаций трех севооборотов (с 1985 по 2010 г.). Минеральные удобрения под ячмень вносили в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Основная обработка – вспашка. Целью работы – выявление влияния факторов на стабильность урожайности ярового ячменя с помощью комплексной оценки сопряженных данных технологии возделывания, погодных и почвенных условий. Выяснено, что варьирование урожайности ярового ячменя в опыте на 44 % было обусловлено влиянием погодных условий, значимо взаимодействие погодных условий с внесением минеральных удобрений (20 %) и взаимодействие всех изучаемых факторов (12 %). Проведенный корреляционный анализ показал прямую зависимость от ГТК ($r = 0,51$) и обратную с суммой активных температур ($r = -0,66$). Внесение двойной дозы минеральных удобрений уменьшает зависимость урожайности ячменя от количества выпавших осадков в период вегетации культуры. Наибольшая урожайность наблюдалась в зернопаропропашном севообороте. При внесении удобрений она увеличивалась во всех севооборотах. С введением трав в севооборот усиливалась устойчивость урожайности. Выявлено, что урожайность ярового ячменя имеет прямую корреляционную связь с содержанием гумуса и заметную – с содержанием нитратного азота ($r = 0,56-0,69$) и аммонийного азота ($r = 0,50-0,55$). Установлено, что урожайность ячменя имеет прямую умеренную и заметную связь ($r = 0,33-0,63$) со степенью подвижности фосфатов и калия. С помощью полученной математической модели, зная степень подвижности фосфатов и калия в почвах, можно спрогнозировать урожайность ярового ячменя на черноземных почвах ЦЧР.

Ключевые слова: яровой ячмень, севооборот, внесение удобрений, урожайность, плодородие почвы.

Для цитирования: Дериглазова Г. М. Оценка стабильности урожайности ярового ячменя в условиях ЦЧР // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 87–92. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-87-92.



ESTIMATION OF THE STABILITY OF SPRING BARLEY PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

G. M. Deriglazova, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for field crop cultivation technologies, g_deriglazova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2401-3028
FSBSI Kursk Federal Agrarian Research Center,
305021, Kursk, Karl Marks Str., 70b; e-mail: kurskfarc@mail.ru

The study of the stability of productivity of the spring barley variety 'Suzdalets' was carried out at the FSBSI "Kursk FARC" when cultivating the crop in various crop rotations with the application of mineral fertilizers, in the conditions of the Central Blackearth Region on chernozem soils over 7 rotations of three crop rotations (from 1985 to 2010). Mineral fertilizers for barley were applied in doses of $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60}$. The main tillage was plowing. The purpose of the current work was to identify the influence of factors on the stability of spring barley productivity using a comprehensive estimation of the associated data of cultivation technology, weather, and soil conditions. There has been found that the spring barley productivity variation in the trial by 44 % was because of weather conditions, the interaction of weather conditions with the application of mineral fertilizers (20 %) and the interaction of all the studied factors (12 %). The conducted correlation analysis has shown a direct dependence on the HTC ($r = 0.51$) and an inverse dependence with the sum of active temperatures ($r = -0.66$). The introduction of a double dose of mineral fertilizers has reduced the dependence of barley productivity on the amount of precipitation during the crop vegetation period. The largest productivity was established in the grain-fallow crop rotation. When fertilizing, it has increased in all crop rotations. With the introduction of grasses in the crop rotation, the stability of productivity has improved. There has been identified that spring barley productivity has a direct correlation with the content of humus and with the content of nitrate nitrogen ($r = 0.56-0.69$) and ammonium nitrogen ($r = 0.50-0.55$). There has been established that barley productivity has a direct, moderate and noticeable correlation ($r = 0.33-0.63$) with a mobility degree of phosphates and potassium. With the help of the obtained mathematical model, knowing the mobility degree of phosphates and potassium in soil, there will be possible to predict spring barley productivity on blackearth soils of the Central Blackearth Region.

Keywords: spring barley, crop rotation, fertilization, productivity, soil fertility.

Введение. Яровой ячмень – одна из основных зерновых культур, возделываемых в Центральном Черноземье (Лазарев и др., 2020; Митрохина, 2021; Акименко и др., 2022). В современных сложившихся экономических условиях, связанных с беспрецедентными санк-

циями, затрагивающими и сельское хозяйство (Капогузов и др., 2018), сельхозтоваропроизводители используют для посева отечественные сорта культур, которые менее требовательны к условиям возделывания и имеют стабильную урожайность (Елисеев, 2022). От стабильности

урожайности сельскохозяйственных культур зависит обеспечение финансовой устойчивости аграриев (Чарыкова и др., 2022). Поэтому изучение стабильности урожайности является важным и актуальным вопросом настоящего времени.

Показатель стабильности урожайности принято анализировать с узкой позиции селекции, то есть при сравнении различных сортов между собой в разнообразных климатических условиях (Асеева и Зенкина, 2020). Но некоторые ученые рассматривают этот показатель в широком смысле и считают стабильным генотип, на который не оказывает влияние изменение среды возделывания (Анисков и Поползухин, 2010). Такие работы позволяют анализировать стабильность с позиции комплексной оценки, то есть определить все возможные факторы, оказывающие существенное влияние на урожайность внутри одного сорта.

Цель работы: выявить влияние факторов на стабильность урожайности ярового ячменя с помощью комплексной оценки сопряженных данных технологии возделывания, погодных почвенных условий.

Материалы и методы исследований.

Изучение стабильности урожайности ярового ячменя проводили в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» ОПХ ВНИИЗ и ЗПЭ (Курская область, Медвенский район) на протяжении 7 ротаций трех севооборотов (с 1985 по 2010 г. – 7 лет исследований). Почва опытного участка представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым. Ячмень пивоваренного и ценного по качеству сорта Суздавец возделывали в трех севооборотах – зернопаропропашном (чистый пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень), зернотравянопропашном (клевер, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, клевер) и зернотравяном (клевер, клевер, озимая пшеница, ячмень с подсевом клевера). Минеральные удобрения под ячмень вносили осенью под зябь в дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. В качестве основной обработки почвы применяли вспашку. Размер опытных делянок – 100 м² (5х20), повторность трехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Учет урожая производили в фазу

полной спелости ячменя прямым комбайнированием комбайном «Samro-500».

Для анализа исследований влияния агроклиматических показателей на урожайность ячменя использовали данные ближайшего агрометеопоста. На их основе были рассчитаны за период активной вегетации ячменя такие показатели, как сумма активных температур выше 10 °С, сумма осадков и гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова.

Для агрохимической характеристики почвы отбирали средневзвешенные образцы, в которых определяли: pH – в 1,0 н KCl вытяжке (ГОСТ 26483-85); гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); азотнитратный – колориметрическим методом по Грандваль-Ляжу; аммонийный азот – колориметрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489-85); степень подвижности фосфатов – по Скофилду; степень подвижности калия – в 0,005 н CaCl вытяжке.

Полученные результаты опыта математически обрабатывали с помощью описательной статистики, дисперсионного, корреляционного и регрессионного методов анализа в программах Microsoft Office Excel и STATGRAP. Оценка тесноты связи коэффициентов корреляции проводилась по шкале Чеддока.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия являются одним из главных факторов, определяющих будущий урожай всех с.-х. культур. Доля влияния погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур оценивается различными учеными от 20 до 60 % (Черкасов и др., 2010; Чуян и др., 2020 и др.).

Погодные условия в период вегетации ячменя за годы исследований были оптимальными в 42 % от общего срока (3 года), два года были засушливыми (29 %) и два года – влажными (29 %). Варьирование урожайности ярового ячменя в опыте на 44 % было обусловлено влиянием погодных условий. Значимо также было взаимодействие погодных условий с внесением минеральных удобрений (20 %), взаимодействие всех изучаемых факторов (погода, севооборот, внесение минеральных удобрений) составило 12 % (рис. 1).

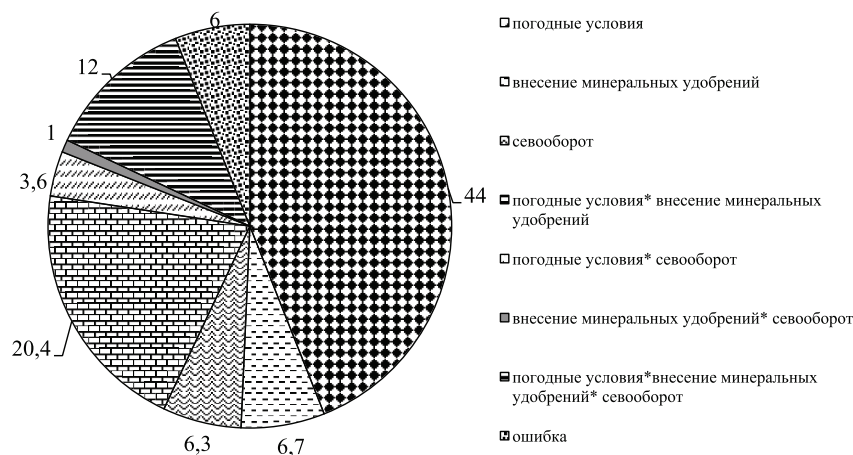


Рис. 1. Доля вклада факторов на изменение урожайности ярового ячменя в среднем за 7 лет, %
Fig. 1. Contribution of change in spring barley productivity factors on average over 7 years, %

Проведенный корреляционный анализ в среднем за все годы исследования по всем вариантам опыта между урожайностью ячменя и агроклиматическими показателями в период активной вегетации показал прямую зависимость от ГТК ($r = 0,51$) и обратную от суммы активных температур ($r = -0,66$).

Математическая модель зависимости урожайности ярового ячменя с сопряженными данными погодных условий выглядит следующим образом (уравнение 1):

$$y = 6,49 + 2,89x_1 - 0,0031x_2 - 1,08x_1^2, R^2 = 0,79 \quad (1)$$

где y – урожайность ячменя, т/га; x_1 – ГТК; x_2 – сумма активных температур, °С.

Полученная модель подтверждает результаты корреляционного анализа. Таким образом,

урожайность ярового ячменя имела выпуклую параболическую связь с гидротермическим коэффициентом, то есть урожай возрастал до определенного значения (оптимальное ГТК 1,2–1,3), а далее происходило снижение.

Рассчитано, что высокая сумма активных температур в период вегетации культуры (выше 1600 °С) приводит к значительному снижению урожайности ячменя. Максимальная урожайность наблюдалась при сумме активных температур в диапазоне 1300–1350 °С.

Определено, что внесение двойной дозы минеральных удобрений уменьшает зависимость урожайности ячменя от количества выпавших осадков в период вегетации культуры (табл. 1), то есть стабильность урожайности возрастает.

Таблица 1. Коэффициенты парной корреляции между урожайностью ярового ячменя и агроклиматическими показателями в период активной вегетации культуры
Table 1. Coefficients of pair correlation between spring barley productivity and agroclimatic indicators during the active crop vegetation period

Агроклиматические показатели	Дозы минеральных удобрений		
	Без удобрений	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Сумма активных температур, °С	–0,71	–0,63	–0,69
Сумма осадков, мм	0,46	0,43	0,15
ГТК	0,53	0,48	0,26

Урожайность ярового ячменя в среднем за семь лет зернопаропропашного, зернотравянопропашного и зернотравяного севооборо-

тов изменялась от 2,84 до 3,84 т/га в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений (рис. 2).

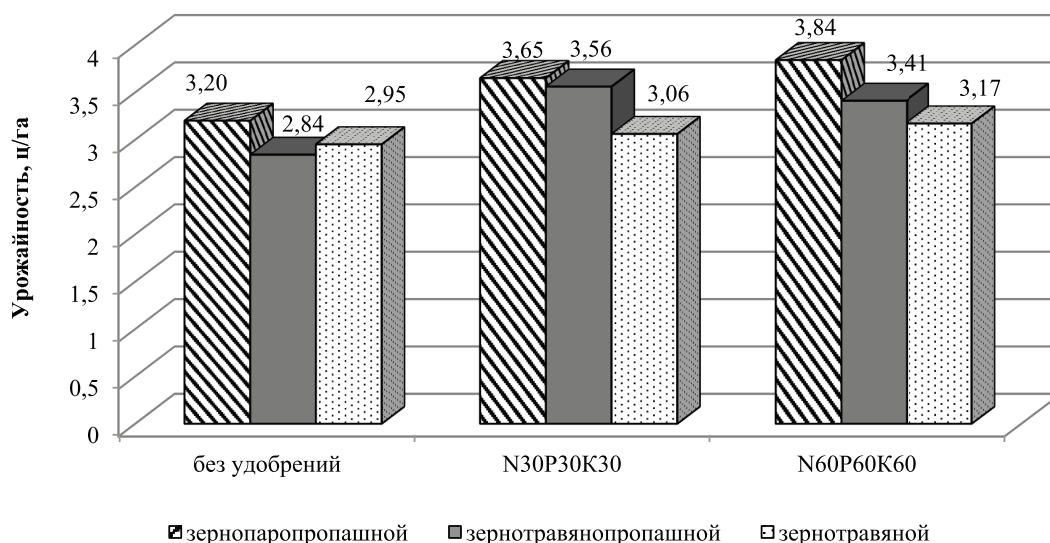


Рис. 2. Средняя урожайность ярового ячменя в зависимости от севооборота и внесения удобрений (в среднем за 7 лет), т/га

Fig. 2. Mean spring barley productivity depending on crop rotation and fertilizing (average over 7 years), hwt/ha

В зернопаропропашном севообороте урожайность в среднем за 7 лет была больше, чем в зернотравянопропашном, на 0,29 т/га (НСР₀₅ 0,21), или на 8,2 %, и чем в зернотравяном – на 0,50 т/га, или на 14,1 %.

В вариантах с различными дозами внесения минеральных удобрений превосходство зернопропашного севооборота сохранялось. Так, в контрольном варианте урожайность в зернопаропропашном севообороте была

больше по сравнению с зернотравянопропашным и зернотравяным на 0,36 и 0,25 т/га, или на 11,3 и 7,8 %, соответственно.

При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севообороте была примерно на одинаковом уровне – 3,65 и 3,56 т/га, что выше, чем в зернотравяном, на 0,59 и 0,50 т/га соответственно.

Различие между севооборотами при применении двойной дозы минеральных удобрений между зернопаропропашным и зернотравянопропашным севооборотом составило 0,67 т/га, что в процентном соотношении аналогично с вариантом без применения удобрений, то есть 11,2 %.

Таким образом, урожайность ячменя в зернопаропропашном севообороте при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ по сравнению с контрольным вариантом в среднем за 7 лет увеличивалась на 14 %

(0,45 т/га), при применении $N_{60}P_{60}K_{60}$ прибавка составила 20 % и урожайность составила 3,84 т/га.

Эффективность минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте была наибольшей при применении одинарной дозы удобрений – прибавка составила 0,72 т/га, или 25 %, от контрольного варианта. При двойной дозе эффективность несколько снижалась (0,57 т/га) и составила, так же как и в зернопаропропашном севообороте, 20 %. Применение минеральных удобрений в зернотравяном севообороте было наименее существенно, прибавка составила 4 и 8 % соответственно в зависимости от дозы.

Для выявления устойчивости урожайности ярового ячменя провели анализ амплитуды ее колебаний (табл. 2).

Таблица 2. Показатели стабильности урожайности ячменя, за 7 лет
Table 2. Indicators of barley productivity stability, over 7 years

Дозы удобрений	Пределы колебания урожайности, т/га			Величина колебания урожайности, т/га		
	зернопаропропашной	зернотравянопропашной	зернотравяной	зернопаропропашной	зернотравянопропашной	зернотравяной
Без удобрений	1,29–4,33	1,21–4,50	1,77–4,18	3,04	3,29	2,41
$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,18–5,62	1,32–5,22	1,78–4,45	4,44	3,90	2,67
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,82–5,04	1,73–4,98	1,90–5,15	3,22	3,25	3,25
HCP_{05}	0,22	0,18	0,12	0,22	0,18	0,12

Нижний предел колебаний урожайности в изучаемых севооборотах достоверно увеличивался при применении двойной дозы минеральных удобрений. Наибольший нижний предел наблюдался в зернотравяном севообороте. Верхний предел колебаний увеличивался при применении удобрений, причем наибольшее значение в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах отмечалось при одинарной дозе (5,62 и 5,22 т/га соответственно), а в зернотравяном – при двойной дозе (5,15 т/га).

Величина колебаний урожайности в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах при внесении двойной дозы удобрений находилась в пределах ошибки опыта по сравнению с их контрольными

вариантами. В зернотравяном севообороте при применении $N_{60}P_{60}K_{60}$ величина колебаний урожайности отмечалась максимальной и увеличивалась по сравнению с контрольным вариантом на 0,84 т/га.

С введением трав в зернотравяной севооборот величина колебания урожайности в среднем по опыту уменьшалась по сравнению с другими севооборотами, а, следовательно, увеличилась устойчивость урожайности.

Так как при возделывании культур растения находятся во взаимодействии не только с погодными условиями и технологией возделывания, но и с показателями почвенного плодородия, необходимо рассмотреть зависимость урожайности ячменя от изменения агрохимических показателей (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты парной корреляции между урожайностью ярового ячменя и показателями почвенного плодородия
Table 3. Coefficients of pair correlation between spring barley productivity and soil fertility indicators

Показатели	Дозы минеральных удобрений		
	контроль	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
pH _{KCL}	–0,05	0,21	0,06
Гумус	0,65	0,25	0,39
N-NO ₃	–0,67	–0,56	–0,69
N-NH ₄	0,50	0,55	0,50
Степень подвижности P ₂ O ₅	0,33	0,35	0,52
Степень подвижности K ₂ O	0,36	0,59	0,63

Почва опытного участка во всех севооборотах имела нейтральную и слабокислую ре-

акцию почвенной среды. Корреляционной зависимости урожайности ячменя от кислот-

ности почвы не было обнаружено. Возможно, это связано с тем, что ячмень сильно реагирует на подкисление почвы, а так как реакция почвенной среды была близка к нейтральной, то зависимости не было обнаружено.

Содержание гумуса по всем вариантам опыта варьировало за семь ротаций от 5,3 до 6,5 %, что соответствует среднему и повышенному уровню обеспеченности почвы. Наибольшее содержание гумуса наблюдалось в зернотравяном севообороте (6,2 % в среднем за 7 ротаций). Установлено, что урожайность ярового ячменя имела прямую корреляционную связь от слабой ($r = 0,25$ на варианте с одинарной дозой внесения удобрений) до заметной ($r = 0,65$ на контрольном варианте) с содержанием гумуса.

Содержание гумуса тесно связано с азотным питанием растений. Урожайность ячменя имела заметную корреляционную связь с содержанием нитратного азота ($r = 0,56-0,69$) и с содержанием аммонийного азота ($r = 0,50-0,55$) независимо от удобренности вариантов.

Большое внимание уделяется вопросу фосфатно-калийного питания ярового ячменя, так как для полноценного роста и развития растения культуры остро нуждаются в них. Установлено, что урожайность ячменя имеет прямую умеренную и заметную связь ($r = 0,33-0,63$) со степенью подвижности фосфатов и калия. С внесением минеральных удобрений корреляционная связь усиливается.

Математическая модель зависимости урожайности от степени подвижности фосфатов и калия описывается с помощью регрессионного уравнения, значимом на 99 % уровне (уравнение 2).

$$y = 1,38 + 0,642x_1 + 0,507x_2, R^2 = 0,81 \quad (2)$$

где y – урожайность ярового ячменя, т/га; x_1 – степень подвижности фосфатов, мг/л; x_2 – степень подвижности калия, мг/л.

Зная степень подвижности фосфатов и калия в почвах, с помощью этого уравнения можно спрогнозировать урожайность ярового ячменя на черноземных почвах ЦЧР.

Выводы. Погодные условия обеспечивали варьирование урожайности ярового ячменя

в опыте на 44 %, также было значимо взаимодействие погодных условий с внесением минеральных удобрений (20 %).

Рассчитано, что высокая сумма активных температур в период вегетации культуры приводит к снижению урожайности ячменя. Урожайность ярового ячменя имела выпуклую параболическую связь с гидротермическим коэффициентом (оптимальное ГТК 1,2–1,3). Внесение двойной дозы минеральных удобрений уменьшает зависимость урожайности ячменя от количества выпавших осадков в период вегетации культуры.

В зернопаропропашном севообороте урожайность в среднем за 7 лет была выше, чем в зернотравянопропашном, на 8,2 % и чем в зернотравяном – на 14,1 %.

Нижний предел колебаний урожайности ячменя в изучаемых севооборотах достоверно увеличивался при применении двойной дозы минеральных удобрений. С введением трав в севооборот увеличилась устойчивость урожайности.

Урожайность ярового ячменя имеет прямую связь с содержанием гумуса, заметную корреляционную связь с содержанием нитратного азота ($r = 0,56-0,69$) и с содержанием аммонийного азота ($r = 0,50-0,55$), прямую умеренную и заметную связь ($r = 0,33-0,63$) со степенью подвижности фосфатов и калия.

Обобщая все вышеперечисленные выводы, можно заявить, что внесение минеральных удобрений в дозе N60P60K60 положительно влияет на стабильность урожайности ячменя по двум причинам. Во-первых, уменьшает зависимость урожайности от количества выпавших осадков в период вегетации культуры. Во-вторых, величина колебаний урожайности в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах находилась в пределах ошибки опыта по сравнению с контрольными вариантами. С введением трав в севооборот устойчивость урожая увеличивается, но снижается урожайность ячменя. При выборе участка для посева сельхозтоваропроизводителям необходимо выбирать поле с высоким содержанием гумуса и степенью подвижности фосфатов и калия.

Библиографические ссылки

1. Акименко А. С., Свиридов В. И., Долгополова Н. В., Дудкина Т. А., Вавин В. Г. Урожайность ячменя в условиях Центрального Черноземья в зависимости от уровня удобренности и степени биологизации в севооборотах // Земледелие. 2022. № 6. С. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7.
2. Аниськов Н. И., Поползухин П. В. Оценка стабильности сортов ярового ячменя в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2010. № 7. С. 27–30.
3. Асеева Т. А., Зенкина К. В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 1. С. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.
4. Елисеев В. С. Проблемы правового обеспечения продовольственной безопасности России в свете санкционной политики недружественных государств // Вестник Университета имени О. Е. Кулафина. 2022. № 5. С. 71–77. DOI: 10.17803/2311-5998.2022.93.5.071-077.
5. Капогузов Е. А., Чупин Р. И., Харламова М. С. Структурные изменения российского зернового баланса в условиях антироссийских санкций: региональный аспект // TerraEconomicus. 2018. Т. 16, № 2. С. 122–139. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-2-122-139.
6. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Дериглазова Г. М., Гаврилова Т. В. Эффективность возделывания яровых зерновых культур в различных видах полевых севооборотов в почвенно-климати-

ческих условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5 (377). С. 17–20. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-15083.

7. Митрохина О. А. Содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 40–45. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10070.

8. Чарыкова О. Г., Отинова М. Е., Тютюников А. А. Ключевые направления развития экспорта в сельском хозяйстве России: региональный аспект // Экономика региона. 2022. Т. 18, № 1. С. 193–207. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-1-14.

9. Черкасов Г. Н., Дериглазова Г. М., Чуян О. Г. Возделывание ярового ячменя для различных целей на склонах Центрального Черноземья. Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. 75 с.

10. Чуян О. Г., Караулова Л. Н., Митрохина О. А. К системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 11. С. 9–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11101.

References

1. Akimenko A. S., Sviridov V. I., Dolgoplova N. V., Dudkina T. A., Vavin V. G. Urozhainost' yachmenya v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya v zavisimosti ot urovnya udobrennosti i stepeni biologizatsii v sevooborotakh [Barley production in the conditions of the Central Chernozem region, depending on the level of fertilization and the degree of biologization in crop rotations] // Zemledelie. 2022. № 6. S. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7.

2. Anis'kov N. I., Popolzukhin P. V. Otsenka stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Estimation of stability of the spring barley varieties in Western Siberia] // Vestnik KrasGAU. 2010. № 7. S. 27–30.

3. Aseeva T. A., Zenkina K. V. Ekologicheskaya ustoichivost' tritikale k neblagopriyatnym faktoram okruzhayushchei sredy [Ecological stability of triticale to unfavorable environmental] // Yug Rossii: ekologiya, razvitiye. 2020. Т. 15, № 1. С. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.

4. Eliseev V. S. Problemy pravovogo obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii v svete sanktsionnoi politiki nedruzhestvennykh gosudarstv [Problems of legal support of food security in Russia according to the sanctions policy of unfriendly states] // Vestnik Universiteta imeni O. E. Kutafina. 2022. № 5. S. 71–77. DOI: 10.17803/2311-5998.2022.93.5.071-077.

5. Kapoguzov E. A., Chupin R. I., Kharlamova M. S. Strukturnye izmeneniya rossiiskogo zernovogo balansa v usloviyakh antirossiiskikh sanktsii: regional'nyi aspekt [Structural changes in the Russian grain balance in the context of anti-Russian sanctions: a regional aspect] // TerraEconomicus. 2018. Т. 16, № 2. С. 122–139. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-2-122-139.

6. Lazarev V. I., Minchenko Zh. N., Deriglazova G. M., Gavrilova T. V. Effektivnost' vozdelvaniya yarovykh zernovykh kul'tur v razlichnykh vidakh polevykh sevooborotov v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Kurskoi oblasti [Efficiency of spring grain crops' cultivation in various types of field crop rotations in the soil and climatic conditions of the Kursk region] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2020. № 5 (377). С. 17–20. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-15083.

7. Mitrokhina O. A. Soderzhanie mikroelementov v pochvakh TsChR i ikh vliyanie na urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Content of microelements in the soils of the Central Blackearth Region and their impact on crop productivity] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 5. С. 40–45. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10070.

8. Charykova O. G., Otinova M. E., Tyutyunikov A. A. Klyuchevye napravleniya razvitiya eksporta v sel'skom khozyaistve Rossii: regional'nyi aspekt [Key directions of export development in Russian agriculture: regional aspect] // Ekonomika regiona. 2022. Т. 18, № 1. С. 193–207. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-1-14.

9. Cherkasov G. N., Deriglazova G. M., Chuyan O. G. Vozdelывание yarovogo yachmenya dlya razlichnykh tselei na sklonakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Spring barley cultivation for various purposes on the slopes of the Central Blackearth region]. Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2010. 75 s.

10. Chuyan O. G., Karaulova L. N., Mitrokhina O. A. K sisteme otsenki resursnogo potentsiala agrolandshaftov TsChR [To the system for estimating the resource potential of agricultural landscapes of the Central Blackearth region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Т. 34, № 11. С. 9–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11101.

Поступила: 24.03.23; доработана после рецензирования: 05.05.23; принята к публикации: 05.05.23.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Дериглазова Г. М. – концепция статьи, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОСЕВОВ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Г. В. Овсянникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-6667-2032;

А. С. Попов, доктор сельскохозяйственных наук, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

А. А. Сухарев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

И. К. Копман, агроном лаборатории технологии возделывания зерновых культур;

Ю. В. Манукян, техник-исследователь лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки, ORCID ID: 0009-0006-7698-7376

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Исследования проводили в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «АНЦ» Донской в 2019–2022 годах. Цель исследований – определение влагообеспеченности посевов мягкой и твердой озимой пшеницы по различным предшественникам. Выяснено, что при проведении исследований осадки выпадали по сезонам неравномерно. Количество полезных осадков в течение вегетации озимой пшеницы (среднее за три года) составляло 319,80 мм. Установлено, что по предшественнику черный пар суммарный расход влаги как по годам (278,90–445,00 мм), так и в среднем за три года (381,40 мм) превышал количество выпавших полезных осадков. Озимая пшеница расходовала на формирование урожайности зерна, кроме осадков, также накопленную по этому предшественнику продуктивную влагу из почвы. Обнаружено, что по непаровым предшественникам при отсутствии запасов продуктивной влаги в почве формирование урожайности протекало в основном за счет выпавших осадков. При посеве озимой пшеницы суммарный расход влаги (среднее за 2019–2022 гг.) составил после гороха 322,00 мм, подсолнечника – 315,50 мм. Определено, что наибольшая урожайность зерна сортов Зодиак (7,90 т/га) и Янтарина (6,28 т/га) была получена по предшественнику черный пар, при этом они расходовали наименьшее количество влаги на единицу урожая – 487,10 и 649,70 м³/т соответственно. По предшественнику подсолнечник урожайность зерна у сортов была наименьшей, а суммарный расход влаги на тонну зерна был наибольший – 5,60 т/га и 599,20 м³ соответственно (сорт Зодиак); 4,02 т/га и 869,70 м³ соответственно (сорт Янтарина). Предшественник горох занимал промежуточное положение между предшественниками черный пар и подсолнечник как по уровню урожайности, так и по суммарному расходованию влаги на тонну зерна – 6,36 т/га и 528,60 м³ соответственно (сорт Зодиак) и 4,92 т/га 823,60 м³ соответственно (сорт Янтарина).

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, предшественник, продуктивная влага, урожайность, расход влаги.

Для цитирования: Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А., Копман И. К., Манукян Ю. В. Влагообеспеченность посевов мягкой и твердой озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 93–98. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-93-98.



MOISTURE SUPPLY OF THE SOWN WINTER COMMON AND DURUM WHEAT

G. V. Ovsyannikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-6667-2032;

A. S. Popov, Doctor of Agricultural Sciences, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

A. A. Sukharev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

I. K. Kopman, agronomist of the laboratory for cultivation technology of grain crops;

Yu. V. Manukyan, technician-researcher of the laboratory for biochemical, technological and agrochemical estimation, ORCID ID: 0009-0006-7698-7376

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current study was carried out in the southern part of the Rostov region in the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2019–2022. The purpose of the study was to determine the moisture content of the winter common and durum wheat sown after various forecrops. There has been found that during the study, precipitation fell unevenly over the seasons. The amount of useful precipitation during the vegetation period of winter wheat (mean for three years) was 319.80 mm. There has been established that when sown in weedfree fallow, the total moisture consumption both over the years (278.90–445.00 mm) and on average over three years (381.40 mm) exceeded the amount of useful precipitation. On the formation of grain yield winter wheat has spent, in addition to precipitation, the productive moisture accumulated from the soil. There has been found that when sown after non-fallow forecrops, in the absence of reserves of productive moisture in the soil, the productivity formation proceeded mainly due to precipitation. When sowing winter wheat, the total moisture consumption (mean in 2019–2022) was 322.00 mm after peas and 315.50 mm after sunflower. There has been determined that the highest grain yield of the varieties 'Zodiak' (7.90 t/ha) and 'Yan-

tarina' (6.28 t/ha) was obtained when sown in weedfree fallow, while they spent the least amount of moisture per yield unit, being 487.10 and 649, 70 m³/t respectively. When sown after sunflower, grain yield of the varieties was the lowest, and the total moisture consumption per ton of grain was the highest, being 5.60 t/ha and 599.20 m³ (the variety 'Zodiak'); 4.02 t/ha and 869.70 m³ (the variety 'Yantarina'). The forecrop 'peas' occupied an intermediate position between weedfree fallow and sunflower both in terms of productivity and total moisture consumption per ton of grain, being 6.36 t/ha and 528.60 m³ (the variety 'Zodiak') and 4.92 t/ha 823, 60 m³ (the variety 'Yantarina').

Keywords: winter wheat, variety, forecrop, productive moisture, productivity, moisture consumption.

Введение. Ареал распространения пшеницы в мире очень обширен, и в большинстве регионов выращивания ее посевные площади среди озимых культур занимают лидирующее место. Размещение озимой пшеницы в севообороте является одним из агроприемов совершенствования технологии ее возделывания в различных регионах (Малкандуев и др., 2022; Tillmann et al., 2017; González-García et al., 2021; Woźniak, 2019).

Урожайность возделываемых сортов формируется под влиянием многих факторов, и немаловажным среди них является предшественник, который во многом определяет агрохимические и водно-физические свойства почвы для последующей сельскохозяйственной культуры. Для многих зон возделывания лимитирующим фактором продуктивности растений является почвенная влага. Эффективность агроприемов и продуктивность культур во многом зависят от условий влагообеспеченности почвы (Турусов и др., 2021; Сабитов, 2021; Zhao et al. 2020; Lehmann et al. 2020). Благоприятные запасы продуктивной влаги (140–160 мм) в метровом слое почвы на момент вегетации растений озимой пшеницы способствуют получению высоких урожаев качественного зерна озимой пшеницы.

Цель исследований – определить влагообеспеченность посевов мягкой и твердой озимой пшеницы по различным предшественникам.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований были два сорта озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» – Зодиак (мягкая) и Янтарина (твердая), внесенные в Госреестр по РФ в 2022 и 2020 гг. соответственно. Сорта высевались после предшественников – черный пар, горох и подсолнечник.

Посев проводили 20 сентября сеялкой СС-11 «Альфа» с нормой высева 5 млн всхожих семян на 1 га. При созревании зерна озимой пшеницы применяли прямую уборку комбайном «Сампо-2010». Урожай приводили к 100 %-й чистоте и 14 %-й влажности зерна.

Все мероприятия по обработке почвы и уходные мероприятия за посевами соответствовали общепринятым («Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы»). Содержание продуктивной влаги определяли по ГОСТу 28268-89. При расчете расхода влаги на единицу урожая зерна озимой пшеницы использовали рекомендации Л.П. Бельтюкова (2007). Полезные осадки – количество осадков за минусом на сток и испарение. В нашей зоне на сток и испарение взято 25 %, то есть полезные осадки составляли 75 %.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, обладающий значительной порозностью, аэрацией, газообменом, водопроницаемостью и влагоемкостью.

Метеорологические условия наблюдения (метеостанция «Зерноград») показали, что среднесуточная температура воздуха за 2020–2022 с.-х. годы была в интервале 11,5–12,0 °С, что выше на 1,9–2,4 °С от среднемноголетней (9,6 °С). Количество выпавших осадков за сельскохозяйственные годы составило: 2019–2020 гг. – 463,70 мм; 2020–2021 гг. – 569,20 мм и 2022 г. – 530,30 мм. В течение вегетации озимой пшеницы отмечалось неравномерное выпадение осадков. Возврат холодов и заморозки в марте и апреле в 2020 с.-х. году оказал негативное влияние на рост, развитие и величину урожая озимой пшеницы. Уровень урожайности озимой пшеницы по годам определялся разными факторами, и в первую очередь влагообеспеченностью.

Результаты и их обсуждение. В регионах, для которых характерно неустойчивое увлажнение, стабильный рост урожайности полевых культур зависит от обеспеченности влагой. Выпадающие осадки пополняют запасы продуктивной влаги в почве и используются растениями в процессе своей жизнедеятельности. За годы проведения исследований только в 2020/2021 с.-х. году сумма осадков была выше среднемноголетней на 22,70 мм (табл. 1).

Таблица 1. Динамика осадков за сельскохозяйственные годы и в отдельные периоды (2019–2022 гг.)

Сельскохозяйственный год	Осадки, мм					
	всего за с.-х. год	+/- к норме за год	сентябрь–октябрь	ноябрь–март	апрель–июнь	сентябрь–июнь
2019–2020	463,70	–82,80	67,40	154,00	136,90	358,30
2020–2021	569,20	22,70	19,10	209,80	264,60	493,50
2021–2022	530,30	–16,20	32,40	307,90	8,00	427,30
Среднее, 2019–2022 гг.	521,10	–25,40	39,60	223,90	162,80	426,40
Средне многолетнее (1931–2022 гг.)	546,50	–	76,80	214,80	155,40	447,00

В 2021/2022 с.-х. году общая сумма осадков составила 530,30 мм, а наиболее засушливым был 2019/2020 с.-х. год при недоборе осадков – 82,80 мм. В зоне проведения исследований накопление влаги в почве начинается в октябре и продолжается до весны. За все годы исследований в период посев – всходы (сентябрь–октябрь) количество выпавших осадков – 39,60 мм (среднее за три года) – было вдвое меньше среднемноголетнего (76,80 мм).

В 2020/2021 с.-х. году с ноября по март выпало 209,80 мм осадков, что практически на уровне среднемноголетних, а в 2019/2020 с.-х. году они составили 154,00 мм, или 72% от нормы. В среднем за 2019–2022 с.-х. годы за этот период осадки (223,90 мм) были на уровне среднемноголетних – 214,80 мм. С апреля по июнь в 2020/2021 с.-х. году выпало наибольшее за годы исследований количество осадков – 264,60 мм, а в целом с сентября по июнь (вегетация озимой пшеницы) – 493,50 мм, что на 46,50 мм больше среднемноголетних (447,00 мм). Количество осадков (136,40 мм) с апреля по июнь в 2019/2020 с.-х. году было немного меньше среднемноголетних (155,40 мм),

а в 2021/2022 с.-х. году они составили всего 8,00 мм, или 5 % от среднемноголетних. Однако в 2021/2022 с.-х. году сумма осадков (307,00 мм) с ноября по март обеспечила высокую влагообеспеченность посевов для формирования наибольшей урожайности зерна изучаемых сортов за годы исследований.

Урожайность озимой пшеницы во многом зависит от влагообеспеченности посевов на протяжении всего периода вегетации культуры. Выбор предшествующей культуры предопределяет накопление и сохранение продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы. Содержание продуктивной влаги должно составлять не менее 8,00–10,00 мм на каждый 10-сантиметровый слой почвы. В зоне проведения опытов даже по предшественнику черный пар в годы с недобором осадков (по сравнению с многолетними) наблюдается недостаточная, и даже низкая, влагообеспеченность почвы. Такая картина была характерна для осени 2019 года. По предшественнику черный пар перед посевом озимой пшеницы содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см составляло всего 34,20 мм (табл. 2).

Таблица 2. Обеспеченность влагой посевов озимой пшеницы (2019–2022 гг.)
Table 2. Moisture supply of winter wheat (2019–2022)

Сельскохозяйственный год	Продуктивная влага в слое почвы 0–100 см, мм		Полезные осадки за вегетацию (75 %), мм	Суммарный расход влаги, мм
	к севу	к уборке		
Предшественник – черный пар				
2019–2020	34,20	24,00	268,70	278,90
2020–2021	102,80	27,90	370,10	445,00
2021–2022	117,80	17,90	320,50	420,40
Среднее, 2019–2022	84,90	23,30	319,80	381,40
Предшественник – горох				
2019–2020	0,00	0,00	268,70	268,70
2020–2021	12,80	20,90	370,10	362,00
2021–2022	22,00	13,10	320,50	329,40
Среднее, 2019–2022	11,60	11,30	319,80	320,00
Предшественник – подсолнечник				
2019–2020	0,00	0,00	268,70	268,70
2020–2021	0,00	13,10	370,10	357,00
2021–2022	7,10	6,70	320,50	320,90
Среднее, 2019–2022	2,40	6,60	319,80	315,50

В 2020/2021 и 2021/2022 с.-х. годы перед посевом озимой пшеницы запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составляли 102,80 и 117,80 мм соответственно. В среднем за три года (2020–2022 гг.) содержание продуктивной влаги (84,90 мм) было достаточное для получения своевременных всходов озимой пшеницы.

По непаровым предшественникам (горох и подсолнечник) при сильном иссушении почвы продуктивная влага практически отсутствовала во все годы проведения исследований. В среднем ее содержание по этим предшественникам составляло 11,60 и 2,40 мм соответственно. Всходы озимой пшеницы были получены поздно осенью, после выпавших осадков, или даже ранней весной.

В процессе формирования урожая озимая пшеница интенсивно потребляет влагу, и к фазе полной спелости ее запасы в почве снижаются. При малой обеспеченности осадками продуктивная влага в почве может быть на уровне физиологического завядания культуры. Содержание продуктивной влаги в метровом слое (среднее за три года) составляло по предшественникам: черный пар – 23,30 мм, горох – 11,30 мм и подсолнечник – 6,60 мм, что свидетельствует о сильном иссушении почвы.

Количество полезных осадков в среднем за годы исследований было 319,80 мм. По предшественнику черный пар суммарный расход влаги озимой пшеницей как по годам (278,90–445,00 мм), так и в среднем за три года (381,40 мм) превышал количество выпавших

полезных осадков. На формирование урожайности разного уровня озимая пшеница расходовала накопленную по предшественнику черный пар продуктивную влагу из почвы. По непаровым предшественникам при отсутствии запасов продуктивной влаги в почве формирование урожайности протекало в основном за счет выпавших осадков. Суммарный расход влаги по предшественникам горох и подсолнечник в среднем за три года был на уровне 322,70 и 315,50 мм соответственно.

При формировании по годам разного уровня урожайности озимая пшеница расходовала и разное количество влаги на единицу урожайности изучаемых сортов по предшественникам. Так, сорт мягкой озимой пшеницы Зодиак, посеянный после черного пара, расходовал наибольшее количество влаги (567,60 м³/т) в 2020/2021 с.-х. году при урожайности 7,84 т/га (табл. 3).

Таблица 3. Потребление влаги озимой пшеницей (2019–2022 гг.)
Table 3. Winter wheat moisture consumption (2019–2022)

Сельскохозяйственный год	Зодиак		Янтарина	
	урожайность, т/га	суммарный расход влаги, м ³ /т	урожайность, т/га	суммарный расход влаги, м ³ /т
Предшественник – черный пар				
2019–2020	6,06	460,30	3,70	753,90
2020–2021	7,84	567,60	6,09	730,70
2021–2022	9,70	433,40	9,05	464,50
Среднее, 2019–2022	7,90	487,10	6,28	649,70
Предшественник – горох				
2019–2020	4,15	647,50	1,98	1357,20
2020–2021	6,79	533,20	5,45	664,30
2021–2022	8,13	405,10	7,33	449,40
Среднее, 2019–2022	6,36	528,60	4,92	823,60
Предшественник – подсолнечник				
2019–2020	3,43	783,50	2,29	1173,50
2020–2021	6,68	534,50	4,12	866,60
2021–2022	6,69	479,60	5,64	568,90
Среднее, 2019–2022	5,60	599,20	4,02	869,70

Наименьшая урожайность при наибольшем суммарном расходе влаги на тонну зерна у данного сорта наблюдалась в 2019/2020 с.-х. году по предшественникам: горох – 4,15 т/га и 647,50 м³, подсолнечник – 3,43 т/га и 783,50 м³. Наибольший уровень урожайности у сорта Зодиак отмечен в 2021/2022 с.-х. году по всем предшественникам: черный пар – 9,70 т/га, горох – 8,13 т/га и подсолнечник – 6,69 т/га. При этом сорт наиболее экономно использовал влагу, и ее суммарный расход на тонну зерна составил по предшественникам 433,30, 405,00 и 479,60 м³ соответственно. В среднем за годы исследований сорт мягкой озимой пшеницы Зодиак формировал по предшественнику черный пар наибольшую урожайность (7,90 т/га) и расходовал наименьшее количество влаги на тонну зерна (487,10 м³). По предшественнику подсолнечник урожайность зерна сорта была наименьшей – 5,60 т/га, а суммарный расход влаги на тонну зерна был наибольший – 599,20 м³. Предшественник горох занимал промежуточное положение между предшественниками черный пар и подсолнечник как по уровню урожайности – 6,36 т/га, так и по суммарному расходованию влаги – 528,60 м³ на тонну зерна.

Сорт твердой озимой пшеницы Янтарина по всем предшественникам расходовал больше влаги на формирование единицы урожая, чем сорт мягкой озимой пшеницы Зодиак, од-

нако урожайность его была меньше. По предшественнику черный пар в 2019/2020 с.-х. году урожайность у сорта Янтарина была низкой – 3,70 т/га, а суммарный расход влаги на тонну зерна составил 753,90 м³, что на 293,60 м³ больше, чем у сорта Зодиак. Наименьшая урожайность у сорта Янтарина была получена в 2019/2020 с.-х. году по непаровым предшественникам горох и подсолнечник – 1,98 и 2,29 т/га соответственно. Это связано как с влагообеспеченностью посевов, так и с возвратом заморозков в марте и апреле. На этих вариантах опыта на тонну зерна суммарный расход влаги был очень велик – 1357,10 и 1173,50 м³. Но в целом, исключая эти варианты, для сорта твердой озимой пшеницы Янтарина тенденция формирования урожайности зерна и расходования влаги на нее была аналогичной сорту мягкой озимой пшеницы Зодиак. Наибольшую урожайность сорт Янтарина формировал в 2021/2022 с.-х. году по всем изучаемым предшественникам: черный пар – 9,05 т/га, горох – 7,33 т/га и подсолнечник – 5,64 т/га, а расход влаги на тонну зерна был при этом наименьший – 464,40, 449,40 и 568,90 м³ соответственно.

Сорт Янтарина, как и сорт Зодиак, в среднем за три года формировал наибольшую урожайность – 6,28 т/га по предшественнику черный пар, расходуя при этом 649,70 м³ влаги на тонну зерна. По предшественнику подсолнечник

урожайность зерна у сорта Янтарина была наименьшей – 4,02 т/га, а суммарный расход влаги на тонну зерна был наибольший 869,70 м³. После гороха у данного сорта эти показатели занимали промежуточное положение между предшественниками черный пар и подсолнечник как по урожайности – 4,92 т/га, так и по расходу влаги на единицу урожая – 823,60 м³/т.

Выводы. В зоне проведения исследований в течение вегетации озимой пшеницы осадки выпадали неравномерно. Полезные осадки в среднем за годы исследований составляли 319,80 мм.

По предшественнику черный пар озимая пшеница в процессе роста и развития расходовала влагу как из почвы, так и осадков.

Формирование урожайности зерна озимой пшеницей по предшественникам горох и подсолнечник при отсутствии запасов продук-

тивной влаги в почве протекало в основном за счет выпавших осадков.

Таким образом, лучшие условия влагообеспеченности посевов озимой пшеницы складывались по предшественнику черный пар. Мягкой озимой пшенице требовалось меньшее количество влаги на формирование единицы урожая зерна, чем твердой озимой пшенице.

У сорта твердой озимой пшеницы Янтарина суммарный расход влаги на тонну зерна составил от 649,70 до 869,70 м³ при уровне урожайности от 4,02 т/га (подсолнечник) до 6,28 т/га (черный пар).

Сорт мягкой озимой пшеницы Зодиак в отличие от сорта Янтарина расходовал меньше влаги на единицу урожая – 487,10–599,20 м³/т, а урожайность формировал выше – от 5,60 т/га (подсолнечник) до 7,90 т/га (черный пар).

Библиографические ссылки

1. Бельтюков Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов н/Д.: ООО «Терра Принт», 2007. 160 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Малкандуев Х. А., Шамурзаев Р. И., Малкандуева А. Х. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 3 (107). С. 40–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50.
4. Сабитов М. М. Влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Земледелие. 2021. № 5. С. 3–7. DOI:10.24412/0044-3913- 2021-5-3-7.
5. Турусов В. И., Богатых О. А., Дронова Н. В., Балюнова Е. А., Сальников Р. В. Изменение водно-физических свойств почвы и урожайности озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Земледелие. 2021. № 2. С. 10–13. DOI: 10.24411/0044-3913- 2021-10202.
6. González-García S., Almeida F., Moreira M. T., Brandão M. Evaluating the environmental profiles of winter wheat rotation systems under different management strategies // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 770, Article number: 145270. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145270>.
7. Lehmann J., Kretschmer M., Schauburger B., Wechsung F. Potential for early forecast of Moroccan wheat yields based on climatic drivers // Geophysical Research Letters. 2020. Vol. 47, Iss. 12. Article number: e2020GL087516. DOI:10.1029/2020GL087516
8. Tillmann M., Tiedemann von A., Winter M. Crop rotation effects on incidence and diversity of Fusarium species colonizing stem bases and grains of winter wheat // Plant Dis Prot. 2017. Vol. 124, P. 121–130. DOI:10.1007/s41348-016-0064-6.
9. Woźniak A. Effect of Crop Rotation and Cereal Monoculture on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and on Crop Infestation with Weeds and Soil Properties // International Journal of Plant Production. 2019. Vol. 13. P. 177–182. DOI:10.1007/s42106-019-00044-w.
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. 12, Article number: 2127. DOI:10.3390/w12082127.

References

1. Bel'tyukov L. P. Sort, tekhnologiya, urozhai [Variety, technology, harvest]. Rostov n/D.: ООО «Терра Принт», 2007. 160 s.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop., stereotip. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Malkanduev Kh. A., Shamurzaev R. I., Malkandueva A. Kh. Formirovanie urozhaya i kachestva zerna sortov ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov i uslovii vozdel'yvaniya [Formation of yield and grain quality of winter wheat varieties depending on forecrops and cultivation conditions] // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2022. № 3(107). S. 40–50. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50.
4. Sabitov M. M. Vliyanie predshestvennikov na produktivnost' ozimoi pshenitsy v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Influence of forecrops on winter wheat productivity in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region] // Zemledelie. 2021. № 5. S. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913- 2021-5-3-7.
5. Turusov V. I., Bogatykh O. A., Dronova N. V., Balyunova E. A., Sal'nikov R. V. Izmenenie vodnofizicheskikh svoystv pochvy i urozhainosti ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov [Changes in the water-physical properties of the soil and winter wheat productivity, depending on the forecrops] // Zemledelie. 2021. № 2. S. 10–13. DOI: 10.24411/0044-3913- 2021-10202.

6. González-García S., Almeida F., Moreira M. T., Brandão M. Evaluating the environmental profiles of winter wheat rotation systems under different management strategies // *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 770, Article number: 145270. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.145270.
7. Lehmann J., Kretschmer M., Schauburger B., Wechsung F. Potential for early forecast of Moroccan wheat yields based on climatic drivers // *Geophysical Research Letters*. 2020. Vol. 47, Iss. 12. Article number: e2020GL087516. DOI:10.1029/2020GL087516.
8. Tillmann M., Tiedemann von A., Winter M. Crop rotation effects on incidence and diversity of *Fusarium* species colonizing stem bases and grains of winter wheat // *Plant Dis Prot.* 2017. Vol. 124, P. 121–130. DOI:10.1007/s41348-016-0064-6.
9. Woźniak, A. Effect of Crop Rotation and Cereal Monoculture on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and on Crop Infestation with Weeds and Soil Properties // *International Journal of Plant Production*. 2019. Vol. 13, P. 177–182. DOI:10.1007/s42106-019-00044-w.
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. 12, Article number: 2127. DOI:10.3390/w12082127.

Поступила: 01.06.23; доработана после рецензирования: 16.06.23; принята к публикации: 16.06.23.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Овсянникова Г. В. – анализ данных и их интерпретация, анализ литературных источников, финальная доработка текста; Сухарев А. А. – выполнение полевых опытов, анализ литературных источников, финальное оформление статьи; Попов А. С. – концептуализация исследований, критический анализ текста; Копман И. К. – выполнение полевых опытов, сбор данных; Манукян Ю. В. – выполнение лабораторных анализов, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 595.7-153:632.752.2:633.11

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-99-107

ДИАГНОСТИКА ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОГО АДАПТАЦИОГЕНЕЗА ЧЕРЕМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) В УСЛОВИЯХ ПИТАНИЯ НА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

А. Б. Верещагина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной энтомологии, aphidabver@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1342-5350;
Е. С. Гандрабур, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной энтомологии, helenagandratur@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9851-9799
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608 г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3; e-mail: info@vizr.spb.ru

Широкое возделывание высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур часто ведет к возникновению и распространению новых внутривидовых форм насекомых, способных к вспышкам массового размножения. Контроль этих процессов имеет природоохранное значение и возможен на основе мониторинга изменчивости фенооблика популяций вредителей. Проведена вегетационная и полевая оценка фенотипической изменчивости вредителя зерновых культур – черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) при питании на 15 сортах яровой мягкой пшеницы. Экологическое фенотипирование пластичности внутривидового состава тлей в вегетационных условиях проведено по показателям численности и способности к расселению у потомства летних морф (эмигрантов и бескрылых вивипар) в трех различных клонах. Выявлено дифференцированное взаимодействие клонов и морф тлей с сортами кормовых растений по обоим показателям. Показано, что темпы воспроизводства эмигрантов и бескрылых вивипар тли внутри клонов (14, S и 85) различались ($t_{14} = 3,9$, $p = 0,000$; $F_s = 8,8$, $p = 0,000$; $F_{85} = 7,9$, $p = 0,000$). Клон S был успешнее других по воспроизводству эмигрантов и бескрылых вивипар ($F_{14} = 17,8$, $p = 0,000$; $F_{85} = 3,4$, $p = 0,03$; $F'_{14} = 2,98$, $p = 0,05$; $F'_{85} = 5,3$, $p = 0,003$ соответственно). Благоприятность отдельных сортов для клонов не совпадала. При дестабилизации популяции тли компенсаторные механизмы будут включать несоответствие в реактивности отдельных морф на неблагоприятные условия. Показана корреляция ($r = 0,53$; $p = 0,04$) между степенью благоприятности сортов для питания тлей в вегетационных (антибиоз) и полевых условиях (антибиоз и антиксеноз), что подтверждает сходство генетической природы этих типов устойчивости.

Ключевые слова: сорта, тли, клоны, морфы, численность, расселение.

Для цитирования: Верещагина А. Б., Гандрабур Е. С. Диагностика внутривидового адаптациогенеза черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) в условиях питания на яровой мягкой пшенице различных сортов // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 99–107. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-99-107.



DIAGNOSIS OF INTRAPOPULATION ADAPTATION GENESIS OF BIRD CHERRY APHID *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) UNDER NUTRITION CONDITIONS ON VARIOUS SPRING COMMON WHEAT VARIETIES

A. B. Vereshchagina, Candidate of Biological Sciences, senior researcher the laboratory for agricultural entomology, aphidabver@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1342-5350;
E. S. Gandrabur, Candidate of Biological Sciences, senior researcher the laboratory for agricultural entomology, helenagandratur@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9851-9799
FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3; e-mail: info@vizr.spb.ru

The widespread cultivation of highly productive varieties of agricultural crops often leads to the emergence and spread of new intraspecific forms of insects capable of mass reproduction. The control of these processes is of environmental importance and is possible based on monitoring the variability of the phenol appearance of pest populations. There has been carried out a vegetative and field estimation of phenogenetic variability of such pest of grain crops as the bird cherry-grass aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) under nutrition on 15 spring common wheat varieties. There has been conducted an ecological phenotyping of the adaptability of the intrapopulation composition of aphids under vegetative conditions according to abundance and dispersal ability in the offspring of summer morphs (emigrants and wingless viviparas) in three different clones. There has been identified a differentiated interaction of clones and morphs of aphids with varieties of fodder plants for both indicators. There has been shown that the reproduction rates of emigrants and wingless viviparous aphids within clones (14, S and 85) differed ($t_{14} = 3.9$, $p = 0.000$; $F_s = 8.8$, $p = 0.000$; $F_{85} = 7.9$, $p = 0.000$). Clone S was more successful than others in reproducing emigrants and wingless vivipares ($F_{14} = 17.8$, $p = 0.000$; $F_{85} = 3.4$, $p = 0.03$; $F'_{14} = 2.98$, $p = 0.05$; $F'_{85} = 5.3$, $p = 0.003$, respectively). Favorability of individual varieties for clones did not match. When the aphid population was destabilized, compensatory mecha-

nisms included a discrepancy in the reactivity of individual morphs to unfavorable conditions. There has been shown a correlation ($r = 0.53$; $p = 0.04$) between the degree of favorableness of varieties for feeding aphids in vegetation (antibiosis) and field conditions (antibiosis and antixenosis), which has confirmed the similarity of the genetic nature of these types of resistance.

Keywords: varieties, aphids, clones, morphs, abundance, distribution.

Введение. В качестве опасных вредителей зерновых культур тли известны уже около 100 лет. Тли повреждают растения, поглощая большие количества ассимилятов из флоэмы и вызывая различные виды патологий в результате внекишечного пищеварения, а также вследствие переноса вирусной и микоплазменной инфекций, развития грибных заболеваний на пади и снижения фотосинтеза (Loxdale et al., 2020). Потери урожая, вызванные тлями, на зерновых культурах высоки и могут достигать 40–60% (Чекмарева и др., 2019; Crespo-Herrera et al., 2014), что приводит к необходимости использования мер защиты растений. В основе любых технологий защиты растений предполагается использование устойчивых сортов, иммуногенетические свойства которых часто приводят к внутривидовой изменчивости, формообразовательным процессам и вспышкам массового размножения фитофагов (Верещагина и Верещагин, 2013).

Феногенетическую пластичность тлей можно рассматривать в качестве одного из ключевых моментов в становлении их взаимоотношений с растениями-хозяевами как в процессе эволюции, так и в современных экологических условиях (Simon and Pessoud, 2018). Формирование устойчивости к инсектицидам и трофических «рас», ведущих к повышению вредоносности тлей и возрастанию затрат на защиту посевов, широко известно и касается как сортов, так и видов растений (Радченко, 2011; Радченко, 2019; Simon and Pessoud, 2018; Loxdale et al., 2020). В настоящее время не менее чем у 17 видов тлей известно более 100 «биотипов», проявляющих резистентность к генам устойчивости растений. К ним относятся практически все вредящие виды злаковых тлей (Радченко, 2011; Верещагина и Верещагин, 2013). Все более актуальным становится контроль и управление не только динамикой численности насекомых, но и их адаптационезом. Необходимость контроля внутрипопуляционной изменчивости, ведущей к изменениям в эпигенезе, диверсификации и появлению резистентных форм у тлей, требует определения эпигенетических «норм», поддерживающих стабильность клонального разнообразия в популяциях. В последние десятилетия в изучении механизмов устойчивости растений к тлям широко используется молекулярно-генетическая и биохимическая информация (Конарев, 2017; Радченко, 2017). Развитие и внедрение этих достижений в практику пока остается дорогим и чрезвычайно сложным для селекционеров.

Экологическое изучение феногенетической пластичности является первым шагом в поиске маркеров этих процессов и основой для проведения дальнейших молекулярно-генетических исследований.

Среди вредящих видов тлей черемухово-злаковая *Rhopalosiphum padi* (L.) обладает наиболее широким пищевым спектром: развивается на культурных и дикорастущих злаках, на всех органах и на протяжении всего онтогенеза растений. Такие особенности питания и обитания затрудняют прогнозирование развития этого вредителя и вызывают необходимость более полного изучения его жизненного цикла.

Полный жизненный цикл *R. padi* включает 8 онтогенетических морф (Верещагина и Гандрабур, 2016). Морфы – элементы сезонной структуры в клонах популяций тлей. Являясь одним и тем же генотипом, они различаются фенотипически и выполняют различные функции в жизненном цикле. Клоны тлей зимуют в фазе яйца на первичном хозяине (черемухе обыкновенной *Padus avium* Mill.). Весной из яиц выходят основательницы, каждая из которых становится родоначальницей клона. В мае в колониях тлей появляются эмигранты, перелетающие на злаки. Партеногенетические потомки эмигрантов – летние бескрылые и крылатые вивипары (расселительницы) – в массе размножаются, расселяются и повреждают травянистые растения, как правило, семейства Мятликовых (Poaceae). Каждый ежегодно образующийся клон в течение онтогенеза сталкивается с множеством проблем, ограничивающих его развитие. В частности, с внутриклональной и межклональной конкуренцией, протекающей на базе кормовых растений различной пищевой пригодности (Loxdale et al., 2020). Изучение взаимодействия групп клонов тлей и составляющих их морф с генотипами кормовых растений создает базу для контроля и управления внутривидовой изменчивостью вредителей, последствия которой до сих пор часто непредсказуемы.

Цель исследований – выявить особенности адаптивной изменчивости клонов и морф (эмигрантов и бескрылых летних вивипар) *Rhopalosiphum padi* (L.) при питании на яровой мягкой пшенице различных сортов.

Материалы и методы исследований. В качестве кормовых растений *R. padi* исследовали 15 современных сортов яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L., внесенных в Госреестр селекционных достижений России (табл. 1).

Таблица 1. Образцы яровой пшеницы
Table 1. Spring wheat samples

№ п/п	Каталожный № ВИР	Название	Разновидность	Происхождение
1	65128	Алтайская 110	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Алтайский край
2	65464	Алтайский простор	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Алтайский край
3	64648	Лютесценс 101	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Сибирь
4	63469	Тасос	lutescens (Alef.) Mansf.	Германия
5	65449	Мерцана	lutescens (Alef.) Mansf.	Тамбовская обл.
6	64998	Фаворит	lutescens (Alef.) Mansf.	Саратовская обл.
7	65453	Экада 113	albidum Al.	Россия, Самарская обл.
8	64984	Лавруша	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Омская обл.
9	65000	Ольга	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Новосибирская обл.
10	64432	Дарья	lutescens (Alef.) Mansf.	Беларусь
11	64981	Тризо (Triso)	lutescens (Alef.) Mansf.	Германия
12	65452	Тулайковская 108	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Самарская обл.
13	64997	Воевода	lutescens (Alef.) Mansf.	Саратовская обл.
14	54046	Дельфи 400	delfii (Koern.) Mansf.	Казахстан
15	64900	Ленинградская 6	lutescens (Alef.) Mansf.	Россия, Ленинградская обл.

Семенной материал был предоставлен сотрудниками ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова. Оценку сортов по пригодности для развития тлей проводили в вегетационных и полевых условиях. В первом случае популяцию тлей представляли 3 клона и две морфы: эмигранты и летние бескрылые вивипары. Эмигрантов собирали в различных районах Ленинградской области в потомстве трех единичных основательниц. Клоны содержали в крытых помещениях при температурных условиях, близких к природным.

Сразу после сбора по 3 эмигранта каждого клона по одному помещали в сосуды с 10 растениями пшеницы того или иного сорта в фазе начала кущения и накрывали изоляторами. Все образцы растений заселяли тлями одновременно. Бескрылыми вивипарами растения заселяли аналогично трижды за сезон. Использовали имаго, питавшихся на одноименном сорте и не начавших репродукцию. Учеты численности потомства тлей проводили сразу после начала репродукции через 1 (P_1) и 14 (P_{14}) дней у эмигрантов и бескрылых вивипар и через 5 (P_5) дней – только у бескрылых. Учитывая, что период до начала репродукции у *R. padi* составляет 6–9 дней (Верещагина и Гандрабур, 2016), через 14 дней репродукцию начинает дочернее и внучатое потомство, что обеспечивает надежность оценки при небольшом количестве повторностей. Для характеристики способности тлей к расселению в колониях учитывали количество крылатых имаго и личинок с зачатками крыльев. Показатели использовали для ранжирования сортов по благоприятности для развития тлей по Индексу благоприятности (ИБ) (Верещагина и Гандрабур, 2016). Более благоприятными для размножения тлей считались сорта с более высокой численностью потомства и низким количеством расселяющихся особей. Образцы пшеницы ранжировали по порядку согласно этим параметрам, а по усредненному рангу определяли ИБ. Степень благоприятности образца оценивали на основании размаха варьирования

и среднего значения ИБ. При ИБ более $X + 2/3Sx$ сорт относили к благоприятному (Б), менее, чем $X - 2/3Sx$, – к менее благоприятному (МБ), при промежуточных значениях – к средне благоприятному (СБ). При этом $Sx = R \times K_{таб.}$, где R – размах варьирования ИБ, а $K_{таб.}$ – табличный коэффициент (0,288).

Полевые работы с злаковыми тлями проводили на опытном поле ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (г. Пушкин). Обработку почвы и уход за посевом выполняли в соответствии с агротехническими правилами, принятыми для данной зоны. Работали на искусственном фоне заселения вредителем. С этой целью для всех сортов был сооружен единый садок из спанбонда высотой 130 см, на внутренние перекладины садка развешивали побеги черемухи с тлями. В качестве показателя благоприятности образца использовали количество тлей на учетный стебель. Для каждого сорта проведено не менее трех повторностей (повторность – делянка 1 м²). Других видов тлей и болезней на посевах не обнаружено.

Статистическую обработку экспериментальных результатов проводили с помощью регрессионного и однофакторного дисперсионного анализов (тест Фишера, критерий Стьюдента) в программе Statistica.

Результаты и их обсуждение. К основным типам экологической устойчивости растений относятся антибиоз (подавление развития при питании), антиксеноз (отвержение при выборе) и выносливость (Радченко, 2017). Селекция сортов с длительной устойчивостью – одна из основных проблем современности. Селекция к *R. padi* осложняется не только в связи с полифагией на вторичных хозяевах, но и трудностью диагностики устойчивости образцов из-за отсутствия видимых повреждений на растениях. В таком случае одним из важных показателей успешности развития тлей служит анализ их феногенетической пластичности.

В полевых условиях не удается провести экологические исследования специфики развития отдельных клонов у тлей. Такую работу

разцов пшеницы на развитие каждой из морф, а также трех клонов (по суммарным показателям морф) *R. padi* (табл. 2–4).

Table 2. Vegetation estimation of the favorableness of spring common wheat for nutrition of morph S of clone *Rhopalosiphum padi* (L.)

Примечание. P_1 – количество потомков за первый день репродукции; P_5 – количество потомков за первые 5 дней репродукции; P_{14} – количество потомков за первые 14 дней репродукции; ЛЗК – личинки с зачатками крыльев; ИБ – индекс благоприятности; R – размах варьирования ИБ; Б – благоприятный; СБ – среднеблагоприятный; МБ – малоблагоприятный для развития тлей; СтБ – степень благоприятности сорта.

Table 3. Vegetation estimation of the favorableness of spring common wheat for nutrition of morph 14 clone *Rhopalosiphum padi* (L.)

[illegible]

Продолжение табл. 3

Сорт пшеницы	Эмигранты			Бескрылые летние вивипары				ИБ	СтБ
	П ₁	П ₁₄ , сумма особей		П ₁	П ₅	П ₁₄ , сумма особей			
		все	крылатые + ЛЗК, %			все	крылатые + ЛЗК, %		
2/3 Sx	—	—	—	—	—	—	—	1,56	—
$\bar{X}$ – 2/3 Sx	—	—	—	—	—	—	—	6,56	—
$\bar{X}$ + –2/3 Sx	—	—	—	—	—	—	—	9,68	—

Примечание. Π_1 – количество потомков за первый день репродукции; Π_5 – количество потомков за первые 5 дней репродукции; Π_{14} – количество потомков за первые 14 дней репродукции; ЛЗК – личинки с зачатками крыльев; ИБ – индекс благоприятности; R – размах варьирования ИБ; Б – благоприятный; СБ – среднеблагоприятный; МБ – малоблагоприятный для развития тлей; СтБ – степень благоприятности сорта.

Таблица 4. Вегетационная оценка благоприятности образцов яровой мягкой пшеницы для питания морф 85 клон *Rhopalosiphum padi* (L.)

Table 4. Vegetation estimation of the favorableness of spring common wheat for nutrition of morph 85 clone *Rhopalosiphum padi* (L.)

Сорт пшеницы	Эмигранты			Бескрылые летние вивипары				ИБ	СтБ
	П ₁	П ₁₄ , сумма особей		П ₁	П ₅	П ₁₄ , сумма особей			
		все	крылатые + ЛЗК, %			все	крылатые+ЛЗК, %		
Алтайская 110	15	51	19,6	5	8	139	4,7	6,25	МБ
Алтайский простор	13	510	5,5	3	9	185	0,3	11,63	Б
Лютесценс 101	12	218	28,0	2	10	189	2,4	8,75	СБ
Тасос	15	183	46,4	3	23	238	5,3	5,75	МБ
Мерцана	13	203	5,4	2	12	269	4,3	10,5	Б
Фаворит	16	186	19,8	6	16	251	0,4	10,0	Б
Экада 113	13	130	30,0	3	7	185	0,3	8,0	СБ
Лавруша	16	152	22,4	2	12	152	1,0	7,25	СБ
Ольга	11	99	28,3	4	5	159	11,0	4,88	МБ
Дарья	16	291	27,1	4	11	222	2,4	8,5	СБ
Тризо	13	107	18,7	4	10	174	11,2	5,75	МБ
Тулайковская 108	11	216	34,3	6	6	144	5,2	5,25	МБ
Воевода	16	478	4,6	4	20	298	2,2	12,0	Б
Дельфи 400	14	462	12,6	5	13	258	9,7	8,0	СБ
Ленинградская 6	14	152	12,5	4	7	152	4,3	7,5	СБ
$\bar{X}$	13,9	229,2	17,6	3,8	10,6	201,0	4,2	8,0	–
R	–	–	–	–	–	–	–	7,12	–
Sx = R x Ктаб.	–	–	–	–	–	–	–	2,05	–
2/3 Sx	–	–	–	–	–	–	–	1,37	–
$\bar{X}$ – 2/3 Sx	–	–	–	–	–	–	–	6,63	–
$\bar{X}$ + –2/3 Sx	–	–	–	–	–	–	–	9,37	–

Примечание. Π_1 – количество потомков за первый день репродукции; Π_5 – количество потомков за первые 5 дней репродукции; Π_{14} – количество потомков за первые 14 дней репродукции; ЛЗК – личинки с зачатками крыльев; ИБ – индекс благоприятности; R – размах варьирования ИБ; Б – благоприятный; СБ – среднеблагоприятный; МБ – малоблагоприятный для развития тлей; СтБ – степень благоприятности сорта.

Усредненные по всем сортам темпы воспроизводства (Π_{14}) были значительно выше у эмигрантов клон 14 ($t_{14} = 3,9$, $p = 0,000$) и клонов S ($F_s = 8,8$, $p = 0,000$) и 85 ($F_{85} = 7,9$, $p = 0,000$), чем у бескрылых вивипар (табл. 2–4). В целом по воспроизводству эмигрантов (Π_{14}) клон S проявил преимущество по сравнению с эмигрантами клонов 14 ($F_{14} = 17,8$, $p = 0,000$) и 85 ($F_{85} = 3,4$, $p = 0,03$), а клон 14 – по сравнению с клоном 85 ($F = 5,3$, $p = 0,003$). По воспроизводству бескрылых вивипар (Π_{14}) клон S также проявил преимущество перед клоном 14 ($F'_{14} = 2,98$, $p = 0,05$) и клоном 85 ($F'_{85} = 3,03$, $p = 0,05$), а клоны 14 и 85 существенно не различались. На некоторых образцах бескрылые вивипары клон 85 развивались более успешно,

чем эмигранты, возможно, вследствие адаптации к сортам.

Не обнаружено достоверных корреляций по показателям численности между эмигрантами и между бескрылыми вивипарами различных клонов. Слабая и мало достоверная связь найдена лишь между клонами S и 14 по показателю Π_{14} у бескрылых вивипар (табл. 5).

В результате анализа динамики репродукции морф не обнаружено корреляции между усредненными показателями Π_1 у эмигрантов и Π_1 у бескрылых вивипар в каждом клоне (табл. 2–4). В этом случае можно предположить различное влияние сорта на воспроизводство созревших на черемухе эмбрионов эмигрантов при смене хозяина и эмбрионов бес-

крылых самок, питавшихся только на сортах пшеницы. Параметры показателя P_{14} у эмигрантов и бескрылых летних вивипар в каждом клоне положительно коррелировали (табл. 5), то есть морфы клона однонаправленно, хотя и дифференцированно, реагировали на комплекс изучавшихся сортов. У обеих морф наиболее низкая численность (P_{14}) колоний выявлена только у клона 85 на сорте Алтайская 110 (табл. 4). Существует вероятность, что клон может быть элиминирован из популяции тлей при питании на этом сорте (табл. 4). Параметры

за 5 и 14 дней репродукции у бескрылых летних вивипар также положительно коррелировали у каждого из клонов (табл. 5). Выявленные корреляции можно объяснить относительным однообразием в комплексе изучавшихся сортов и более или менее сходным темпом репродукции тлей в ряде поколений. В случае воспитания клонов *R. padi* на различных видах семейства Осоковых (Cyperaceae) и семейства Ситниковых (Juncaceae) такой корреляции не отмечалось (Vereschagina et al., 2017).

Таблица 5. Результаты корреляционного анализа численности и состава потомства эмигрантов и бескрылых вивипар при различной длительности репродукции в клонах *Rhopalosiphum padi* (L.) по итоговой оценке на всех сортах
Table 5. Results of the correlation analysis of the abundance and composition of the offspring of emigrants and wingless vivipares at different durations of reproduction in clones of *Rhopalosiphum padi* (L.) according to the final estimation of all varieties

Факторы		Уравнение регрессии	n	r	r ²	p
Клон S						
эмигранты, P_{14}	бескрылые вивипары, P_{14}	$300,3047+2,035 \cdot x$	15	0,6848	0,4689	0,0049
бескрылые вивипары, P_5	бескрылые вивипары, P_{14}	$-29,3211+16,2148 \cdot x$	15	0,7926	0,6282	0,0004
Клон 14						
эмигранты, P_{14}	бескрылые вивипары, P_{14}	$40,1457+0,5131 \cdot x$	15	0,6230	0,3882	0,0131
бескрылые вивипары, P_5	бескрылые вивипары, P_{14}	$64,9597+6,9182 \cdot x$	15	0,6387	0,4080	0,0104
бескрылые вивипары, P_{14}	бескрылые вивипары (крылатые+личинки с зачатками крыльев)	$-10,2625+0,1383 \cdot x$	15	0,5560	0,3091	0,0314
Клон 85						
эмигранты, P_{14}	бескрылые вивипары, P_{14}	$154,6983+0,202 \cdot x$	15	0,5675	0,3221	0,0273
бескрылые вивипары, P_5	бескрылые вивипары, P_{14}	$115,5066+7,5882 \cdot x$	15	0,7553	0,5704	0,0011
Бескрылые вивипары, P_{14}						
клон S	клон 14	$119,2595+0,2696 \cdot x$	15	0,4605	0,2121	0,0841
Индекс благоприятности сортов пшеницы (ИБ)						
вегетационные условия	полевые условия	$-2,3129+1,2889 \cdot x$	15	0,5308	0,2817	0,0418

Как правило, тли начинают быстрее расселяться на менее благоприятных сортах, так как они провоцируют крылообразование в потомстве. На неустойчивых сортах активизация расселения начинается позже, когда повышается плотность колоний тлей. На примере всех клонов выявлены различия в скорости расселения морф в зависимости от сорта пшеницы (табл. 2–4). В потомстве бескрылых вивипар не оказалось расселяющихся особей у клона 14 на сорте Алтайский простор и у клона S на сорте Воевода. Несмотря на значимость влияния «эффекта группы» на повышение количества крылатых особей в колониях (Hu et al., 2019), достоверная положительная корреляция между численностью потомства и количеством расселяющихся особей была выявлена лишь у бескрылых вивипар клона 14 ($r = 0,556$; $r^2 = 0,309$; $p = 0,0314$). Полученные результаты позволяют предполагать, что на формирование крылатого потомства в большей степени влияли особенности сортов, не связанные с нарастанием численности тлей. Таким образом, при существенном изменении условий питания первой происходит дестабилизация в фенотипической

изменчивости морф при сохранении генетического разнообразия клонов.

В вегетационных условиях были выявлены фенотипические различия в развитии клонов (по сумме морф) *R. padi* на различных сортах пшеницы. Например, выявлено, что для клона 14 оказались менее благоприятными 5, для клона S – 4, для клона 85 – 5 сортов (табл. 2–4). ИБ сортов между клонами достоверно не коррелировал, что свидетельствует о дифференцированном взаимодействии клонов с сортами. Практически у всех сортов оказались особенности, в различной степени подавляющие развитие тех или иных клонов и способных модифицировать состояние популяции (табл. 2–5). Лишь сорт Алтайский простор проявил себя благоприятным для развития всех клонов.

В период полевых работ благоприятность сортов растений оценивали на основании учетов численности потомства всех клонов в популяции (табл. 6).

Согласно окончательной оценке среди исследуемых сортов пшеницы выделены 6 менее благоприятных для развития тлей (табл. 6). Выделенные менее благоприятные сорта от-

личались различными сроками созревания и морфологическими характеристиками, а также по устойчивости к болезням (Лепехов и др.,

2019; Тырышкин и др., 2019). Можно предполагать, что дифференциация сортов связана с антибиозом.

Таблица 6. Вегетационная и полевая оценка благоприятности образцов яровой мягкой пшеницы для питания *Rhopalosiphum padi* (L.)
Table 6. Vegetation and field estimation of the favorableness of spring common wheat for nutrition of *Rhopalosiphum padi* (L.)

Сорт пшеницы	Вегетационные условия: средний ИБ для всех клонов		Полевые условия			Вегетационные + полевые условия	
	ИБ	СтБ	тлей/стебель	ИБ	СтБ	ИБ	СтБ
Алтайская 110	9,75	Б	12,2	9	СБ	9,38	СБ
Алтайский простор	11,09	Б	15,1	12	Б	11,55	Б
Лютесценс 101	11,17	Б	12,2	9	СБ	10,09	Б
Тасос	8,33	СБ	19,3	13	Б	10,67	Б
Мерцана	8,67	СБ	7,3	3,5	МБ	6,09	МБ
Фаворит	7,79	СБ	12,5	11	Б	9,40	СБ
Экада 113	5,42	МБ	6,1	2	МБ	3,71	МБ
Лавруша	7,58	СБ	11,4	7	СБ	7,29	СБ
Ольга	6,46	МБ	5,7	1	МБ	3,73	МБ
Дарья	7,04	СБ	7,3	3,5	МБ	5,27	МБ
Тризо	6,21	МБ	11,2	6	СБ	6,10	МБ
Тулайковская 108	6,17	МБ	12,2	9	СБ	7,59	СБ
Воевода	10,26	Б	22,3	14	Б	12,13	Б
Дельфи 400	6,75	МБ	8,6	5	МБ	5,88	МБ
Ленинградская 6	7,33	СБ	23,0	15	Б	11,17	Б
$\bar{X}$	8,0	–	12,4	8,0	–	8,0	–
R	5,75	–	–	14	–	8,32	–
$Sx = R \times K_{таб.}$	1,66	–	–	4,0	–	2,4	–
2/3 Sx	1,1	–	–	2,7	–	1,6	–
$\bar{X} - 2/3 Sx$	6,9	–	–	5,3	–	6,4	–
$\bar{X} + -2/3 Sx$	9,1	–	–	10,7	–	9,6	–

Примечание. P_1 – количество потомков за первый день репродукции; P_5 – количество потомков за первые 5 дней репродукции; P_{14} – количество потомков за первые 14 дней репродукции; ЛЗК – личинки с зачатками крыльев; ИБ – индекс благоприятности; R – размах варьирования ИБ; Б – благоприятный; СБ – среднеблагоприятный; МБ – малоблагоприятный для развития тлей; СтБ – степень благоприятности сорта.

Известно, что генофонд *T. aestivum* относительно беден устойчивыми к тлям формами (Радченко, 2019). Сведения об устойчивости яровой мягкой пшеницы к *R. padi* особенно малочисленны. Однако ранее показано, что сорт Дельфи 400 обладает высоким антибиозом и антиксенозом, которые контролируются двумя генами. Но некоторые клоны тлей из дагестанской и ленинградской популяций развивались на нем успешно (Радченко, 2011; Радченко, 2019). Сорт представляет интерес для селекционеров, так как рекомендуется в качестве источника хозяйственно ценных признаков для пшеницы в Алтайском крае (Лепехов и др., 2019). Полученные материалы предполагают возможность адаптации развития популяций тлей на данном сорте.

Анализ сортов, согласно ИБ по итоговым показателям для трех клонов в вегетационных (только антибиоз) и ИБ в полевых (антиксеноз и антибиоз) условиях, позволил выявить достоверную положительную корреляцию между двумя способами оценки (табл. 5). Такая корреляция свидетельствует о сходности генетической природы этих типов устойчивости, как это

ранее указывалось в других работах, и подтверждает надежность оценки благоприятности сортов только по антибиозу. Отмечается отличие генетической природы выносливости (Радченко и др., 2007). Более позднее использование молекулярных маркеров позволило установить, что гены, связанные с антибиозом и выносливостью пшеницы к *R. padi*, контролируются различными локусами количественных признаков (quantitative trait loci – QTL) и наследуются независимо (Crespo-Herrera et al., 2014).

Выводы. Возделывание наиболее экологически безопасных сортов растений предусматривает длительную устойчивость к комплексу вредных организмов, в том числе и тлей. Успешность их селекции предполагает сочетание экологических и молекулярно-генетических методов. Мы продемонстрировали проявление фенотипической пластичности тлей на примере клонов и морф *R. padi* в условиях питания на различных сортах пшеницы. Показано дифференцированное взаимодействие клонов и морф тлей с сортами кормовых растений, которое выражалось в численности и способности насекомых к расселению.

Фенотипирование развития нескольких онтогенетических морф позволяет выявить первые признаки нарушений в диапазоне пластичности клонов тлей и может быть использовано при тестировании селекционных образцов и контроле благоприятности возделываемых сортов культур для развития этих вредителей.

Финансирование. Результаты получены в рамках выполнения государственно-

го задания Минобрнауки России, проект № 1021052806524-0-4.1.6 Фундаментальные проблемы эффективного управления динамикой численности опасных и особо опасных вредителей полевых культур в условиях выхода страны из экономического кризиса (FGEU-2022-0004).

Библиографические ссылки

1. Верещагина А. Б., Гандрабур Е. С. Изменчивость параметров развития клонов черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) в течение жизненного цикла как генотипическая адаптация данного вида // Энтомологическое обозрение. 2016. Т. 95, № 4. С. 729–747.
2. Верещагина А. Б., Верещагин Б. В. Классификация кормовых растений тлей (Homoptera, Aphididae) в связи с их выбором и освоением тлями в современных условиях трансформации биогеоценозов // Энтомологическое обозрение. 2013. Т. 92, № 2. С. 265–281.
3. Конарев, А. В. Молекулярные аспекты иммунитета растений и их коэволюции с насекомыми // Биосфера, 2017. № 9(1). С. 79–99. DOI: 10.24855/biosfera.v9i1.325.
4. Лепехов С. Б., Воротынцева М. В., Ерещенко Д. В. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 7(177). С. 10–15.
5. Радченко Е. Е. Устойчивость пшеницы к злаковым тлям // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ВИР, 2011. Т. 168. С. 3–39.
6. Радченко Е. Е. Устойчивость картофеля к тлям // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 1. С. 74–82. DOI: 10.18699/VJ17.225.
7. Радченко Е. Е. Устойчивость культивируемых злаков к тлям // Аграрная наука. 2019. № 2. С. 135–138. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-135-138.
8. Радченко Е. Е., Берим М. Н., Зубов А. А. Генетический контроль различных типов устойчивости зерновых культур к тлям (Homoptera, Aphididae) // Энтомологическое обозрение. 2007. Т. 86, № 2. С. 247–258.
9. Тырышкин Л. Г., Волкова Г. В., Коломиец Т. М., Брыкова А. Н., Зуев Е. В. Эффективная устойчивость к листовой ржавчине образцов яровой мягкой пшеницы поступлений из коллекции ВИР // Vavilovia. 2019. Т. 2, № 2. С. 35–43. DOI: 10.30901/2658-3860-2019-2-35-43.
10. Чекмарева Л. И., Денисов Е. П., Лихацкая С. Г., Лихацкий Д. М., Полетаев И. С., Лобачев Ю. В. Влияние энтомофагов на динамику численности и вредоносность злаковой тли при различной обработке почвы // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 48–53.
11. Crespo-Herrera L.A., Akhunov E., Garkava-Gustavsson L., Jordan K. W., Smith C. M., Singh R.P., Ahman I. Mapping resistance to the bird cherry-oat aphid and the greenbug in wheat using sequence-based genotyping // Theoretical Applied Genetics. 2014. Article number 127. P. 1963–1973. DOI: 10.1007/s00122-014-2352-5.
12. Loxdale H., Balog A., Biron D. Aphids in focus: unravelling their complex ecology and evolution using genetic and molecular approaches // Biological Journal of the Linnean Society, Linnean Society of London. 2020. № 129 (3). P. 507–531. DOI: 10.1093/biolinnean/blz194.
13. Hu L., Gui W., Chen B., Chen L. Transcriptome profiling of maternal stress-induced wing dimorphism in pea aphids. Ecological and Evolution. 2019. № 9(20). P. 11848–11862. DOI: 10.1002/ece3.5692.
14. Simon J.-Ch., Peccoud J. Rapid evolution of aphid pests in agricultural environments // Current Opinion in Insect Science. 2018. № 26. P. 17–24. DOI: 10.1016/j.cois.2017.12.009.
15. Vereshchagina A.B., Gandrabur E.S., Efimov P.G. Development of the Bird Cherry-Oat Aphid *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae) Feeding on Unfamiliar Host Plants of the Families Cyperaceae and Juncaceae // Pest Management Science. 2017. № 19(4). P. 1094–1103.

References

1. Vereshchagina A. B., Gandrabur E. S. Izmenchivost' parametrov razvitiya klonov cheremukhovo-zlakovoi tli *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) v techenie zhiznennogo tsikla kak genotipicheskaya adaptatsiya dannogo vida [Variability of developmental parameters of clones of the bird cherry aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) during the life cycle as a genotypic adaptation of this species] // Entomologicheskoe obozrenie. 2016. T. 95, № 4. S. 729–747.
2. Vereshchagina A. B., Vereshchagin B. V. Klassifikatsiya kormovykh rastenii tlei (Homoptera, Aphididae) v svyazi s ikh vyborom i osvoeniem tlyami v sovremennykh usloviyakh transformatsii biogeotsenozov [Classification of feed plants for aphids (Homoptera, Aphididae) in connection with their selection and development by aphids under modern conditions of biogeocenoses' transformation] // Entomologicheskoe obozrenie. 2013. T. 92, № 2. S. 265–281.
3. Konarev, A. V. Molekulyarnye aspekty immuniteta rastenii i ikh koevolutsii s nasekomymi [Molecular aspects of plant immunity and their coevolution with insects] // Biosfera, 2017. № 9(1). S. 79–99. DOI: 10.24855/biosfera.v9i1.325.
4. Lepekhov S. B., Vorotyntseva M. V., Ereshchenko D. V. Iskhodnyi material dlya seleksii yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Altaiskogo kraia [Initial material for spring common wheat breeding in the conditions of the Altay Territory] // Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo universiteta, 2019. № 7(177). S. 10–15.

5. Radchenko E. E. Ustoichivost' pshenitsy k zlakovym tlyam [Wheat resistance to cereal aphids] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. SPb.: VIR, 2011. T. 168. S. 3–39.
6. Radchenko E. E. Ustoichivost' kartofelya k tlyam [Potato resistance to aphids] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2017. T. 21, № 1. S. 74–82. DOI: 10.18699/VJ17.225.
7. Radchenko E. E. Ustoichivost' kul'tiviruemykh zlakov k tlyam [Cultivated cereals' resistance to aphids] // Agrarnaya nauka. 2019. № 2. S. 135–138. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-135-138.
8. Radchenko E. E., Berim M. N., Zubov A. A. Geneticheskii kontrol' razlichnykh tipov ustoichivosti zernovykh kul'tur k tlyam (Homoptera, Aphididae) [Genetic control of various types of resistance of grain crops to aphids (Homoptera, Aphididae)] // Entomologicheskoe obozrenie. 2007. T. 86, № 2. S. 247–258.
9. Tyryshkin L. G., Volkova G. V., Kolomiets T. M., Brykova A. N., Zuev E. V. Effektivnaya ustoichivost' k listovoi rzhavchine obraztsov yarovoi myagkoi pshenitsy noveishikh postuplenii iz kollektsii VIR [Effective resistance to leaf rust of spring common wheat samples of the latest species from the VIR collection] // Vavilovia. 2019. T. 2, № 2. S. 35–43. DOI: 10.30901/2658-3860-2019-2-35-43.
10. Chekmareva L. I., Denisov E. P., Likhatskaya S. G., Likhatskii D. M., Poletaev I. S., Lobachev Yu. V. Vliyaniye entomofagov na dinamiku chislennosti i vredonosnost' zlakovoi tli pri razlichnoi obrabotke pochvy [Influence of entomophages on the population dynamics and harmfulness of cereal aphids under different tillage] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019. № 4. S. 48–53.
11. Crespo-Herrera L.A., Akhunov E., Garkava-Gustavsson L., Jordan K. W., Smith C. M., Singh R.P., Ahman I. Mapping resistance to the bird cherry-oat aphid and the greenbug in wheat using sequence-based genotyping // Theoretical Applied Genetics. 2014. Article number 127. P. 1963–1973. DOI: 10.1007/s00122-014-2352-5.
12. Loxdale H., Balog A., Biron D. Aphids in focus: unravelling their complex ecology and evolution using genetic and molecular approaches // Biological Journal of the Linnean Society, Linnean Society of London. 2020. № 129 (3). P. 507–531. DOI: 10.1093/biolinnean/blz194.
13. Hu L., Gui W., Chen B., Chen L. Transcriptome profiling of maternal stress-induced wing dimorphism in pea aphids. Ecological and Evolution. 2019. № 9(20). P. 11848–11862. DOI: 10.1002/ece3.5692.
14. Simon J.-Ch., Peccoud J. Rapid evolution of aphid pests in agricultural environments // Current Opinion in Insect Science. 2018. № 26. P. 17–24. DOI: 10.1016/j.cois.2017.12.009.
15. Vereschagina A.B., Gandrabur E.S., Efimov P.G. Development of the Bird Cherry-Oat Aphid *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae) Feeding on Unfamiliar Host Plants of the Families Cyperaceae and Juncaceae // Pest Management Science. 2017. № 19(4). P. 1094–1103.

Поступила: 09.03.23; доработана после рецензирования: 03.04.23; принята к публикации: 04.04.23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Верещагина А. Б., Гандрабур Е. 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.