

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т. 14, № 3. 2022 год

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

Филиппов Е. Г. – главный редактор, канд. с.-х. н., доцент (Зерноград, Россия);
Голубова В. А. – зам. главного редактора, канд. биол. н. (Зерноград, Россия);
Донцова А. А. – ответственный секретарь, канд. с.-х. н. (Зерноград, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

Журнал включен в Перечень ВАК Минобрнауки России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 06.01.00 – агрономия). Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ). Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О.Н.

Адрес редакции и издательства: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3.

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

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 24.06.2022

Дата выхода 28.06.2022. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000

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

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

V. 14, № 3. 2022

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

Filippov E. G., chief editor, Cand. Sci., docent (Agriculture) (Zernograd, Russia);
Golubova V. A., deputy chief editor, Cand. Sci. (Biology) (Zernograd, Russia);
Dontsova A. A., executive secretary, Cand. Sci. (Agriculture) (Zernograd, Russia).

EDITORIAL BOARD:

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

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

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

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

The journal has been included in the List of the leading peer-reviewed scientific publications where there are published the main
scientific results of dissertations for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences (scientific specialty 06.01.00 –
Agronomy). The journal is introduced into the system of Russian Science Citation Index on the platform of Web of Science
(core of RSCI). The journal has been included in the International Data Base DOAJ.

English version is of Olga N. Skuybedina.

The official address of the editorial board is 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3.
Tel.: 8(86359) 43-6-89; e-mail: zhros.don@yandex.ru

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 24.06.2022

The date of the issue is 28.06.2022. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Костылев П. И., Краснова Е. В. История создания сортов риса в Аграрном научном центре «Донской»	5
Брагин Р. Н., Филиппов Е. Г. Оценка показателей адаптивности сортов ярового ячменя по урожайности в условиях изменчивости природной среды	18
Некрасова О. А., Калинина Н. В. Факторы, влияющие на процессы андрогенеза при культивировании пыльников пшеницы	25
Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Влияние биоактивации на биохимический состав и амилалитическую активность зерна овса голозерного	31
Филенко Г. А., Филиппов Е. Г., Скворцова Ю. Г., Фирсова Т. И. Первичное семеноводство сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской»	37
Ручков Е. Р., Шухин Д. И., Кузнецова А. А., Копина М. Б. Особенности диагностики семян зерновых культур, предназначенных на экспорт	44
Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А., Жиганова Е. С., Куликова В. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов	51
Газе В. Л., Яновская Н. В., Лобунская И. А., Костылев П. И., Марченко Д. М. Проводящая система флагового листа озимой пшеницы в условиях модельной засухи	57
Боктаев М. В., Гольдварг Б. А., Филобок В. А. Влияние условий выращивания на урожайность, качества зерна и муки новых сортов озимой мягкой пшеницы для Республики Калмыкия	64
Романюкин А. Е., Ковтунова Н. А., Шуршалин В. А., Ермолина Г. М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго	69

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Изменчивость признака «масса 1000 семян» перспективных линий гороха посевного	77
Камбулов С. И., Семенихина Ю. А., Дёмина Е. Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха	82

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Багавиева Э. З., Баранова О. А. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Казанском НЦ	89
Капусткина А. В., Хилевский В. А. Реакция ростовской популяции вредной черепашки на высеваемые сорта озимой пшеницы и применяемые инсектициды	95
Бехтольд Н. П., Орлова Е. А. Устойчивость овса посевного к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья	102

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Kostylev P. I., Krasnova E. V. The history of development of the rice varieties in the Agricultural Research Center "Donskoy"	5
Bragin R. N., Filippov E. G. Estimation of adaptability indicators of the spring barley varieties according to their productivity under environmental variability	18
Nekrasova O. A., Kalinina N. V. Factors affecting the processes of androgenesis during wheat anthers cultivation (review)	25
Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. The effect of bioactivation on the biochemical composition and amylolytic activity of hulles oats	31
Filenko G. A., Filippov E. G., Skvortsova Yu. G., Firsova T. I. Primary seed production of the spring barley varieties developed by the FSBSI "ARC "Donskoy"	37
Ruchkov E. R., Shukhin D. I., Kuznetsova A. A., Kopina M. B. The features of diagnostics of grain crop seeds intended for export	44
Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V., Burmistrov N. A., Zhiganova E. S., Kulikova V. A. A new spring durum wheat variety 'Tamara' as a source of carotenoid pigments	51
Gaze V. L., Yanovskaya N. V., Lobunskaya I. A., Kostylev P. I., Marchenko D. M. Conducting system of the winter wheat flag leaf under conditions of simulated drought	57
Boktaev M. V., Goldvarg B. A., Filobok V. A. The effect of growing conditions on productivity, grain and flour quality of the new winter bread wheat varieties for the Republic of Kalmykia	64
Romanyukin A. E., Kovtunova N. A., Shurshalin V. A., Ermolina G. M. Variability of the main elements of sweet sorghum productivity	69

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V. Variability of the trait '1000-seed weight' of the promising pea lines	77
Kambulov S. I., Semenikhina Yu. A., Demina E. B. The effect of main tillage methods on pea productivity	82

PLANT PROTECTION

Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N. Z., Tazutdinova M. R., Khusainova I. I., Bagavieva E. Z., Baranova O. A. Estimation results of the spring bread wheat varieties on disease resistance in the Kazan Research Center	89
Kapustkina A. V., Khilevsky V. A. The effect of the Rostov corn bug population on the sown winter wheat varieties and the used insecticides	95
Bekhtold N. P., Orlova E. A. Resistance of oats to smut diseases in the forest-steppes of the Pre-Ob region	102

К 100-летию рисоводства на Дону

Белым золотом рис называют.
Рисовод ему мать и отец...
Рису люди всю жизнь посвящают,
Как дитю, не жалея сердец.
Вл. Дорошенко

УДК 633.18:631.559(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-5-17

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ СОРТОВ РИСА В АГРАРНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ «ДОНСКОЙ»

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

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье дается краткий исторический обзор научно-исследовательской работы по рису в Аграрном научном центре «Донской» начиная с 1957 г. и до настоящего времени. Ростовская область находится на северной границе ареала распространения данной культуры. Поэтому возделываемый здесь рис должен быть урожайным, холодостойким и гарантированно вызревать в этих широтах. Поэтому были начаты исследования по этой культуре с целью ее адаптации к новым для нее почвенно-климатическим условиям. Работа проводилась по различным направлениям: селекция, семеноводство, технология возделывания (нормы и сроки посева, дозы удобрений и стимуляторов, защита растений от болезней, вредителей и сорняков). Селекционную работу возглавляли: Н. И. Косарев (1957–1967), А. Л. Синдецкий (1967–1977), В. П. Россихин (1978–1994), А. А. Парфенюк (1994–2000), П. И. Костылев (2000–2018), Е. В. Краснова (с 2019 г.). Исследованиями по агротехнике риса руководили А. А. Парфенюк (1977–2003) и В. И. Степовой (2003–2010). Техническую работу вел многочисленный (из-за многократной сменяемости) коллектив научных сотрудников, лаборантов и рабочих. В общей сложности было выведено и включено в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации для Северо-Кавказского (6) и Нижневолжского (8) регионов 27 сортов риса: Донской 1, Донской 2, Донской 3, Донской 4, Донской 402, Донской 63, Дон 22, Дон 26, Зерноградский, Приманычский, Сальский, Буденновский, Привольный, Раздольный, Контакт, Златый, Боярин, Вираз, Командор, Светлый, Южанин, Кубояр, Акустик, Вирасан, Пируэт, Капитан, Аргамак и др. По данным исследований было защищено 13 кандидатских и 3 докторских диссертации, опубликовано 15 монографий и большое число научных статей.

Ключевые слова: рис, сорт, селекция, семеноводство, агротехника, исследователи.

Для цитирования: Костылев П. И., Краснова Е. В. История создания сортов риса в Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 5–17. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-5-17.



THE HISTORY OF DEVELOPMENT OF RICE VARIETIES IN THE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER “DONSKOY”

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

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

Agrarian Research Center “Donskoy”,

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

The article provides a brief historical overview of research work on rice at the Agrarian Scientific Center “Donskoy”, from 1957 to the present. Rostov Region is located on the northern border of the rice distribution area. Therefore, the rice cultivated here must be fruitful, cold-resistant and guaranteed to ripen at these latitudes. Therefore, studies were started on this culture with the aim of adapting it to new soil and climatic conditions. The work was carried out in such areas as selection, seed production, cultivation technology (norms and terms of sowing, doses of fertilizers and stimulants, protection of plants from diseases, pests and weeds). The breeding work was headed by Kosarev N. I. (1957–1967), Sindetsky A. L. (1967–1977), Rossikhin V. P. (1978–1994), Parfenyuk A. A. (1994–2000), Kostylev P. I. (2000–2018), Krasnova E. V. (since 2019). Research on agricultural technology of rice was supervised by Parfenyuk A. A. (1977–2003) and Stepovoy V. I. (2003–2010). The technical work was carried out by a large team of researchers, laboratory assistants and workers due to the multiple turnover. In total, 26 varieties of rice were created and entered into the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation for the North Caucasian (6) and Lower Volga (8) regions: Donskoy 1, Donskoy 2, Donskoy 3, Donskoy 4, Donskoy 402, Donskoy 63, Don 22,

Don 26, Zernogradsky, Primanychsky, Salsky, Budennovsky, Privolny, Razdolny, Kontakt, Zlaty, Virazh, Boyarin, Svetly, Komandor, Yuzhanin, Kuboyar, Acoustic, Virasan, Pirouette, Kapitán, Argamak etc. 13 master's and 3 doctoral dissertations, 15 monographs and a large number of articles have been published.

Keywords: *rice, variety, selection, seed production, agricultural technology, researchers.*

Введение. Рис в нашей стране выращивают на севере его мирового ареала. Это территории, прилегающие к нижней части рек Дон, Маныч, Волга, Кубань: Краснодарский и Приморский края, Ростовская и Астраханская области, Адыгея, Калмыкия, Дагестан, Чеченская Республика. Наличие в Ростовской области крупных оросительных систем и благоприятные для возделывания риса почвенно-климатические условия позволили ей стать одним из регионов возделывания риса в России. Развитию рисосеяния здесь особенно благоприятствуют большие площади самотечного орошения, которые обеспечиваются дешевой поливной водой Волго-Донской оросительной системы. В данное время в Ростовской области находятся два ареала посевов риса. Манычский массив расположен по обоим берегам реки Маныч, разлившейся в виде Весёловского водохранилища (между г. Пролетарск и п. Весёлый). Второй, донской, массив риса находится в пойме левого берега Дона (между ст. Багаевская и г. Волгодонск) (Костылев и др., 2004).

Урожайность риса можно повысить, используя сорта, которые отзывчивы на высокие дозы удобрений, устойчивы к полеганию, болезням и вредителям. Поэтому для климатических условий северной границы рисосеяния потребовалось создание новых ранних, холодостойких сортов риса, адаптированных к местным особенностям почвы и климата региона. Но на это ушло очень много времени.

Результаты и их обсуждение. Рисоводство на Дону насчитывает уже 100 лет. Еще в 1921 г. Совнаркомом (при Наркомате земледелия) было принято постановление об организации Управления водного хозяйства и мелиорации, которое впоследствии переросло в Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР (Минводхоз СССР).

В 1921 г. произошла сильная засуха, реакцией на которую стало соответствующее постановление правительства «О борьбе с засухой». Наркомат земледелия начал организовывать и внедрять в хозяйства различные агротехнические, мелиоративные и лесохозяйственные мероприятия, направленные на меньшую зависимость сельского хозяйства в засушливых районах от жестких погодных условий. В 1920–1922 гг., помимо имеющихся, в разных районах страны были организованы новые опытно-мелиоративные станции: Северо-Кавказская (1920), Уткинская (1920), Северо-Западная (1921), Приладожская (1922) и Персиановская (1922), где занимались изучением вопросов орошения. А в 1921 г. был создан Государственный научно-мелиорационный институт, который стал первым в Российской Федерации учреждением, работающим в данном направлении (Колганов и др., 2016).

Рисоводство в Ростовской области появилось еще в 20-е годы XX века. Персиановская опытно-мелиоративная станция была первым местом, где выращивали рис. Уже в 1926 г. профессор П. А. Витте вывел методом отбора такие суходольные сорта, как Белый Скомс, Бурый Скомс, которые можно выращивать на периодическом поливе.

Учитывая потребности Ростовской области в высокоурожайных холодостойких сортах риса, приспособленных к местным условиям северного рисосеяния, на Зерноградской государственной селекционной станции (сейчас это ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской») в 1957 г. открыли новый отдел, где начали работу по выведению сортов риса под руководством селекционера Н. И. Косарева, работавшего ранее в Узбекистане и Воронежской области (НИИСХ ЦЧП) (рис. 1).



Рис. 1. Косарев Николай Иванович
Fig. 1. Kosarev Nikolay Ivanovich

Николай Иванович Косарев (15.10.1902–17.10.1967) (рис. 1) в 1931 г. окончил Кубанский институт зерновых культур по специальности «Селекция и семеноводство». После окончания аспирантуры ВИР с 1936 г. работал заведующим отделом селекции и семеноводства риса на Узбекской рисоопытной станции, где вывел сорта УзРос 7, УзРос 141–35, УзРос 7–13. В 1947 г. в Ташкентском сельскохозяйственном институте защитил кандидатскую диссертацию. В 1950–1957 гг. работал заведующим сектором риса НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева (Воронежская область). С апреля 1957 г. трудился заведующим отделом селекции Донского НИИСХ, с 1958 г. – зам. директора по науке Зерноградской государственной селекционной станции, с 1964 г. – зав. лабораторией селекции и семеноводства

риса. За 35 лет научной деятельности он внес значительный вклад в развитие научных основ рисосеяния в нашей стране.

Работы вначале вели на Азовском опытном поле орошаемого земледелия ДЗНИИСХ. Их основой были скрещивания сортов, отдаленных в эколого-географическом отношении, беккроссы, искусственный отбор лучших форм. В условиях пониженных температур лишь отдельные формы маньчжурского экотипа и афганского риса Монтано сохраняли зеленую окраску, а при повышении температуры продолжали нормальный рост и ежегодно плодоносили. Полученный селекционный материал позволил выделить 700 образцов, хорошо созревших в холодных условиях. На их основе развивалась дальнейшая селекция риса.

В период 1957–1962 гг. были созданы и изучены в производстве такие раннеспелые сорта риса, как Донской 1, Донской 2, Донской 3 и Донской 4 (Косарев, 1963).

Сорт Донской 1 создан индивидуальным отбором из сложной популяции гибридов, полученных от опыления сорта УзРОС 2842 узбекской рисовой опытной станции смесью пыльцы скороспелых сортов и форм из Маньчжурии, Средней Азии, Афганистана. Средняя урожайность составляла 4,27 т/га. Растения имели высоту 95 см, метелку длиной 17–19 см, в которой формировались 80–85 колосков. Масса 1000 семян составляла 30–32 г, пленчатость зерна – 17,4–19%, выход крупы – 68–70%.

Сорт Донской 2 выведен методом отдаленной в эколого-географическом отношении гибридизации сорта УзРОС 7-13 с сортами и формами из Маньчжурии, Средней Азии, Афганистана с последующим отбором лучших форм. Сорт созревал на 2–4 дня раньше Дубовский 129 и формировал среднюю урожайность 6,31 т/га, что выше стандарта на 0,84 т/га. С 1965 г. этот сорт был районирован в Ростовской и Херсонской областях. В 1966 г. он занимал 42% всех посевов риса на Дону (3000 из 7145 га). С 1967 г. сорт районирован в Венгрии. Высота растений – 100–105 см. Длина метелки – 16–18 см, число колосков на ней от 70 до 110 штук.

Сорт Донской 3 создан с помощью индивидуального отбора из расщепляющихся гибридов, полученных от сложной ступенчатой гибридизации (В.50 х Б. Мока) х (Донской 4 х Скороспелый 8). Урожайность этого сорта составила в среднем 5,79 т/га, превысив на 0,3 т/га стандарт Дубовский 129. Высота растения 91–105 см, метелки слегка поникающие, плотные, длиной 16–19 см. Число колосков на метелке от 80 до 120. Зерновки стекловидные, очень прочные, выход крупы 71%.

Сорт Донской 4 – раннеспелый сорт, созревающий на 10–12 дней раньше Дубовского 129, по урожайности близкий или равный ему.

С 1967 по 1977 г. селекционную работу продолжил селекционер А.Л. Синдецкий, семеноводство с 1967 по 1971 г. вел старший научный сотрудник П.И. Самофалов.

Синдецкий Алексей Леонтьевич (10.03.1927–11.07.1977) (рис. 2) в 1960 г. окончил с отличием Азово-Черноморский сельскохозяйственный институт (ныне Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановка) по специальности «Агрономия», получил квалификацию ученого агронома. Потом работал в Старочеркасском овощном совхозе Аксайского района, а с 20 декабря 1960 г. по 1 апреля 1962 г. – начальником отдела семеноводства Азово-Черноморского сельскохозяйственного института. После окончания аспирантуры Донского ГАУ защитил диссертацию: «Урожай и качество зерна пшениц и ячменя в зависимости от сроков уборки». Ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук присуждена 11 февраля 1966 года. С 5 апреля 1965 г. был принят на должность старшего научного сотрудника в лабораторию селекции и семеноводства риса Зерноградской селекционной опытной станции.



Рис. 2. Синдецкий Алексей Леонтьевич
Fig. 2. Sindetsky Aleksey Leontievich

Алексей Леонтьевич показал себя как знающий, вдумчивый и настойчивый работник науки, он был хорошо эрудирован в вопросах теории и практики возделывания риса, активно участвовал в общественной жизни станции. С 23 октября 1967 г. Синдецкий был назначен на должность заведующего лабораторией селекции и семеноводства риса. Он является соавтором сортов риса Донской 402, Донской 63, Дон 26, Дон 22, Зерноградский, Приманычский, Сальский.

Сорт риса Донской 402 был получен в 1967 г. от скрещивания сортов Дубовский 129 и Донской 4. Он был очень ранним, имел вегетационный период 96–103 дня. Сорт формировал урожайность в среднем 6,63 т/га, превышая стандарт Дубовский 129 на 0,82 т/га. Высота растений от 85 до 95 см. Метелка средняя, слабо поникающая, длиной 17–18 см, число колосков на ней 78–102. Колоски крупные, овально-про-

долговатые, с массой 1000 зерен 35–37 г. Крупа белая, стекловидная, с маленьким мучнистым пятном, выход шлифованной крупы – 68–70%, качество ее отличное. С 1975 г. Донской 402 был районирован в Чечено-Ингушетии, Ростовской области и в Венгрии (Синдецкий, 1972).

Сорт Донской 63 выведен от скрещивания сортов Донской 2 и Дубовский 129. Сорт среднеспелый, вегетационный период 120–125 дней. Урожайность была в среднем 6,29 т/га и превышала стандарт Дубовский 129 на 0,93 т/га. Растения высотой 115–120 см с компактной метелкой длиной 17–23 см, несущей 97–117 овальных колосков. Масса 1000 семян – 32–35 г, пленчатость – 17,5–18,5%. Выход крупы – 67–72%, каша белая, вкусовые качества ее хорошие. Сорт районирован в 1969 г. на Украине, в 1970 г. – в России (6 регион), в 1973 г. – в Румынии, в 1974 г. – в Венгрии.

Вышеназванные сорта в то время имели большое значение для расширения посевной площади и повышения урожайности риса в северных для него условиях. Они возделывались в хозяйствах до 1982 г., однако имели средние технологические качества крупы. Если урожайность составляла 4,5–5,0 т/га, растения были склонны к полеганию, что приводило к прорастанию зерен в метелках, попавших в воду.

С 1977 г. отдел риса и лабораторию агротехники возглавил опытный ученый А.А. Парфенюк.

Парфенюк Анатолий Алексеевич (17.07.1940–27.05.2011) (рис. 3) свою трудовую деятельность начал рядовым колхозником в колхозе «Россия» Каменецкого района Брестской области в 1957 году. В 1967 г. окончил Великолукский сельскохозяйственный институт, после чего работал начальником Лихославльского отряда по защите растений в Калининской области. С 1969 г. стал на Зерноградской селекционной станции младшим научным сотрудником в отделе риса. В 1973 г. А.А. Парфенюк получил ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук, тема диссертации: «Сорные растения риса *Echinochloa* на рисовых полях Ростовской области и разработка химического способа борьбы с ними». С 1975 он г. работал заместителем, а с 1976-го – руководителем Донского селекцентра ДЗНИИСХ.

В мае 1987 г. он был назначен директором Южного зонального центра научного обеспечения агропрома, а в 1988 г. стал доктором сельскохозяйственных наук, тема диссертации: «Проблема увеличения производства риса на Дону и в Поволжье». Парфенюк опубликовал 55 научных работ. Он является соавтором сортов риса Приманычский, Сальский, Буденновский, Привольный, Раздольный, Вираз, Боярин. Анатолий Алексеевич вел научно-исследовательскую работу по сортовой агротехнике риса, внедрял новые сорта и элементы сортовой агротехники в рисосеющих хозяйствах (Парфенюк, 1988).



Рис. 3. Парфенюк Анатолий Алексеевич
Fig. 3. Parfenyuk Anatoly Alekseevich

Селекционную работу вели научные сотрудники В.П. Россихин и П.И. Костылев, агротехнические исследования с новыми сортами проводили В.И. Степовой, Е.А. Калиниченко, С.А. Игнатьев и И.И. Мотузник. Первичное семеноводство вели сотрудники В.Ф. Галиченко, С.Д. Шишов, лаборанты В.Е. Макаренко, Т.А. Песьянкина. В отделе долгие годы в разное время работали научные сотрудники Е.В. Краснова, С.С. Бахмацкий, Н.В. Бакулева, Л.А. Полякова, В.А. Жуков; лаборанты-исследователи Л.П. Костенко, Л.П. Матвиенко, Л.М. Костылева, Т.А. Солонская, Л.М. Колодина, Л.И. Маслова, А.А. Ткачев, С.Н. Ледовской, Т.Ф. Юрьева, О.Г. Лисовенко, Н.Г. Лисовенко, В.Н. Додонова, Л.П. Бодня, Н.И. Мотузник, Л.П. Деткина, Т.В. Бездорожная, Н.Н. Репкина; рабочие В.М. Левина, Е.Д. Крупеня, Н.Н. Засадченко, Н.А. Пасько, Л.А. Леус, Л.Ф. Гладкова, Л.М. Колодина, Н.М. Лозовая, Л.И. Жиделева, А.С. Чалова, В.В. Дмитренко, Т.Ф. Прасолова, Л.П. Задворных, Н. Шалимова, М.Д. Коваленко, Г.Т. Вишневецкая, В.В. Чухраева, Л.Ф. Назарова, Т.И. Беличенко, И.И. Сальникова и др.

Работу проводили на рисовых чеках сначала Рисоопорного пункта (управляющий А.Н. Маслов), а затем в созданном на его основе в 1980 г. ОПХ «Пролетарское», директором которого долгое время был А.Г. Половянов, а главным агрономом – В.А. Баранов. Это базовое хозяйство расположено на северной окраине г. Пролетарска Ростовской области, а головной институт и отдел с лабораториями риса – в Зернограде, на расстоянии 150 км. На протяжении многих лет сотрудники с апреля по октябрь каждый год приезжали сюда (рис. 4).

С 1977 по 1978 г. заведующим лабораторией селекции и семеноводства риса был выпускник аспирантуры ВИР кореец У Сан Хо. В 1978 г. селекционную работу по рису возглавил В.П. Россихин.



Рис 4. На рисовых чеках слева направо: Россихин В. П., Степовой В. И., Галиченко В. Ф., Парфенюк А. А., Половянов А. Г. (1980 г.)

Fig. 4. On the rice checks from left to right: Rossikhin V. P., Stepovoy V. I., Galichenko V. F., Parfenyuk A. A., Polovyanov A. G. (1980)

Россихин Владимир Павлович (20.04.1949) (рис. 5) окончил Донской сельскохозяйственный институт (Донской ГАУ) в 1971 г. по специальности «Агрономия», после чего с 28 июля 1972 г. работал старшим научным сотрудником в отделе риса Донского селекцентра ДЗНИИСХ. В 1978 г. стал заведующим лабораторией селекции и семеноводства риса. В 1985 г. в ВИРе защитил кандидатскую диссертацию по теме «Исходный материал для селекции скороспелых сортов риса в условиях северных районов рисосеяния». Является соавтором районированных в разное время сортов риса. Изобретатель СССР, Лауреат премии Ленинского комсомола в области науки и техники 1981 года (за создание новых скороспелых сортов риса для условий Ростовской области и других районов северного рисосеяния).



Рис. 5. Россихин Владимир Павлович
Fig. 5. Rossikhin Vladimir Pavlovich

Необходимо было создавать более урожайные, низкорослые, качественные и приспособленные к условиям региона сорта. В эти годы В.П. Россихиным и П.И. Костылевым с коллегами было создано немало новых высокоурожайных, устойчивых к стресс-факторам сортов риса: Зерноградский, Приманычский, Сальский, Буденновский, Привольный, Раздольный, Контакт и Златый (Россихин и др., 1987).

Сорт Зерноградский получен с помощью индивидуального отбора из сложной гибридной популяции (Дон 212 x Дубовский 129) x Донской 62. Сорт среднеспелый, вегетационный период 125 дней. Средняя урожайность 6,33 т/га, выше стандарта Кубань 3 на 0,43 т/га. Высота растений 101–108 см. Поникающая метелка длиной 17–20 см несет в среднем 100–120 колосков с остями белого цвета длиной 4–5 см. Масса 1000 зерен – 33,4 г. Зерновка белая, стекловидная (73–89%). Выход крупы – 66–68%. Районирован с 1981 г. в Чечено-Ингушетии.

Длиннозерный сорт Приманычский получен в процессе индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания сортов Дубовский 129 и Большевик. Сорт скороспелый, с продолжительностью вегетационного периода 107–110 дней. Урожайность зерна в 1975–1980 гг. у него составила 5,99 т/га, т.е. на уровне стандарта Кубань 3 и на 1,63 т/га выше, чем у скороспелого сорта Дубовский 129. Высокослые растения (105–115 см) часто полегали при сильном ветре. Поникающая развесистая метелка длиной 16–19 см формировала в среднем 85–96 колосков с короткими красными остями. Зерновка крупная, длинная, масса 1000 зерен 34–36 г. Был районирован в Ростовской области с 1982 года.

Сорт Сальский получен методом индивидуального отбора из потомства гибрида Донской 63 х Норин 15 (Япония). Сорт имел высокую холодостойкость и скороспелость (вегетационный период 105–110 дней). Средняя урожайность составляла 5,87 т/га. Растение высотой 90–100 см. Компактная изогнутая метелка длиной 16–18 см несла в среднем 80–90 колосков. Зерновка белая, удлинённая. Масса 1000 зерен составляла 31–32 г. Стекловидность – 86–90%, пленчатость – 18,5–19,2%, выход крупы – до 69%. Районирован с 1985 г. в Астраханской области, с 1987 г. – в Калмыкии, а с 1988 г. – в Ростовской области.

Сорт Буденновский создан методом индивидуального отбора из популяции гибрида третьего поколения комбинации Ансеатико 230/67 (Италия) х Спальчик. Сорт среднеспелый, созрел за 126 дней. Он формировал среднюю урожайность 6,78 т/га, превышая стандарт Кубань 3 на 0,6 т/га. Растения низкорослые, устойчивые к полеганию, высотой 81–85 см. Компактные прямостоячие плотные метелки длиной 12–13 см несли в среднем от 110 до 120 колосков. Зерновки овальные, масса 1000 зерен – 29,4 г. Выход крупы – 70%, пленчатость – 17,5% содержание целого ядра – 80%, стекловидность крупы в пределах 87–92%. Районирован с 1986 г. в Дагестане.

Сорт Привольный получен методом индивидуального отбора из расщепляющейся популяции комбинации ВНИИР-5001 х Цезарио (Франция). Среднеспелый, средняя урожайность его составила 6,56 т/га, что выше стандарта Кубань 3 на 0,38 т/га. Растения имели небольшую высоту – 78–88 см, что определяло их устойчивость к полеганию. Компактная метелка длиной 13–14 см несла в среднем 105–116 колосков. Масса 1000 зерен – 28,5–31,1 г. Зерно удлинённое, среднее, соотношение длины с шириной – 2,4. Привольный был

включен в список ценных по качеству сортов. Районирован в 1990 г. (Астраханская область и Калмыкия).

Сорт Раздольный создан путем индивидуального отбора из полиморфного сорта Буденновский (Ансеатико 230/67 х Спальчик) темно-зеленых растений, несущих безостые колоски. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом 120 дней. Его урожайность 7,25 т/га, что больше сорта-стандарта Кубань 3 на 0,96 т/га. Растения низкорослые – 86–90 см. Метелки компактные, прямостоячие, плотные, длиной 13–14 см. На них формируется 121–125 зерен. Зерновки овальные, масса 1000 семян – 28–29 г. Выход крупы из зерна – 70,5%, содержание пленок – 17,5%, целого ядра – 91%. Сорт районирован с 1993 г. в Ростовской, а с 1994 г. – в Астраханской областях.

Сорт Контакт выведен в результате индивидуального отбора из популяции гибрида К-5885 (М-210) х Белозерный. Образец М-210 является мутантом, найденным в посевах сорта Донской 63 во ВНИИ риса. Раннеспелый, вегетационный период 104 дня. Его урожайность составляла 6,16 т/га, что выше сорта-стандарта Сальский на 0,96 т/га. Растения низкорослые, высотой 81–89 см. Метелки компактные, прямостоячие, плотные, длиной 12–13 см. Зерновки овальные, немного удлинённые. Масса 1000 семян – 29–30 г. Районирован с 1994 г. в Ростовской области.

Сорт Златый создан с помощью индивидуального отбора из сорта Привольный. Среднеспелый, вегетационный период 120 дней. Урожайность составила 7,08 т/га, что выше стандарта Кубань 3 на 1,16 т/га. Районирован с 1995 г. в Ростовской области (Костылев, 2010).

Селекционная работа продолжалась и в тяжёлые годы перестройки. Ее вели энтузиасты своего дела (рис. 6).



Рис. 6. На рисовых чеках слева направо: Бахмацкий С. С., Костылев П. И., Парфенюк А. А., Галиченко В. Ф., Степовой В. И. Пролетарск, КСИ (2000 г.)

Fig. 6. On the rice checks from left to right: Bakhmatsky S.S., Kostylev P.I., Parfenyuk A.A., Galichenko V.F., Stepovoy V.I., in Proletarsk, CVT of 2000

В 2000 г. доктор сельскохозяйственных наук П.И. Костылев возглавил лабораторию, а в 2003 г. – отдел селекции, семеноводства и технологии возделывания риса, состоящий из двух лабораторий: 1) селекции и семеноводства риса; 2) технологии возделывания риса.

Костылев Павел Иванович (17.11.1955) (рис. 7) после окончания в 1977 г. биолого-почвенного факультета Ростовского государственного университета по специализации «Генетика» поступил на работу в Донской селекционный центр НПО «Дон» (сейчас это Аграрный научный центр «Донской») на должность младшего научного сотрудника. В дальнейшем работал старшим, ведущим, главным научным сотрудником, с 2000 г. – заведующим лабораторией селекции и семеноводства риса и с 2003 г. – заведующим отделом риса. В 1986 г., после окончания аспирантуры Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, защитил кандидатскую диссертацию на тему «Перспектива селекционного использования диких видов риса». Работая научным сотрудником, проводил научные исследования по генетике и селекции риса.



Рис. 7. Костылев Павел Иванович
Fig. 7. Kostylev Pavel Ivanovich

Он изучил разнообразный исходный материал риса и с использованием культуры зародышей получил отдаленные гибриды риса с участием 15 диких видов. С 1999 г. – доктор сельскохозяйственных наук, в Кубанском ГАУ защитил диссертацию на тему «Селекция риса и сорго с использованием отдаленной гибридизации в условиях Северного Кавказа» по специальности 06.01.05. – селекция и семеноводство (Костылев, автореф. дисс... д-ра с.-х. наук, 1999).

Павел Иванович опубликовал более 400 научных работ, в том числе 13 монографий, 8 учебно-методических работ, получил 19 авторских свидетельств. Его монографии: «Генетика культурных растений: кукуруза, рис, просо, овес» (1988); «Сорго (селекция, семеноводство, тех-

нология, экономика)» (2003); «Рекомендации по выращиванию сортов риса в Ростовской области» (2004); «Северный рис» (2004); «Каталог доноров и источников риса ВНИИЗК» (2008); «Руководство по технологии выращивания риса» (2008); «Агротехнологические паспорта донских сортов риса» (2010); «Сорные растения, болезни и вредители рисовых агроценозов Юга России» (2011); «Дикие виды риса» (2011); «Методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники риса» (2011); «Технология выращивания сорта риса Кубояр» (2014); «Крупнозерный рис» (2018); «Методические указания по мониторингу вредителей и болезней риса» (2019).

П.И. Костылев проводит селекционную работу по созданию высокопродуктивных сортов риса, устойчивых к таким стресс-факторам, как пирикулярриоз, засуха, засоление почвы, глубокое затопление водой, используя современные методы ПЦР-анализа и ДНК-маркирования. Он является одним из основных авторов 17 сортов риса: Буденновский, Привольный, Раздольный, Контакт, Вираз, Боярин, Светлый, Волгоградский, Командор, Австрал, Южанин, Кубояр, Акустик, Вирасан, Пируэт, Капитан, Аргамак, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ.

Заведующим лабораторией технологии возделывания риса был доктор сельскохозяйственных наук В.И. Степовой, научными сотрудниками по селекции – Е.В. Краснова, В.В. Бредихин, Н.В. Бакулева, Н.Н. Вожжова, А.А. Редькин; по семеноводству – Н.В. Баранов; по агротехнике – И.Г. Ковалева, Р.Ю. Сластухин, Н.В. Репкина; лаборантами-исследователями – Т.В. Бездорожная, Л.И. Лучкина, С.Ф. Федорова, С.И. Прокопчук, Л.М. Колодина, В.А. Кулакова, И.Ф. Грабовская, Е.А. Поддубная, В.И. Ламбакшина, О.И. Федосеева, И.А. Колесниченко, Я.А. Леонова.

Степовой Владимир Иванович (3.08.1943–15.02.2010) (рис. 8) в 1971 г. окончил учебу в Ростовском государственном университете на биолого-почвенном факультете по специальности «Почвоведение». После этого работал почвоведом в Зерноградской зональной агрохимической лаборатории, а в 1974 г. стал заведующим агрохимической лабораторией Курского ОМП СтавНИИГиМа. С 1975 г. он работал в АНЦ «Донской» старшим, а затем ведущим научным сотрудником, а с 2005 г. – заведующим лабораторией технологии возделывания риса. В 1985 г. Степовой защитил кандидатскую диссертацию на тему «Влияние минеральных удобрений на урожайность риса на темно-каштановых почвах Ростовской области» по специальности 06.01.04. – агрохимия.

В 1997 г. в Кубанском ГАУ им была защищена докторская диссертация на тему «Перспективы возделывания риса на Дону по экологически безопасной и ресурсосберегающей технологии» (Степовой, автореф. дисс... д-ра с.-х. наук, 1997).



Рис. 8. Степовой Владимир Иванович
Fig. 8. Stepovoy Vladimir Ivanovich

Владимир Иванович проводил научные исследования по сортовой агротехнике и технологии возделывания риса, разрабатывал планы и программы проведения исследований, систематизировал научно-техническую информацию по изучаемым вопросам, анализировал и обобщал результаты проведенных исследований, составлял отчеты о проделанной работе. Он получил авторские свидетельства на сорта риса Виразж, Боярин, Светлый, Командор и Южанин, опубликовал в печати 72 научных работы, в соавторстве – книги «Северный рис», «Рекомендации по технологии выращивания риса в Ростовской области», «Агротехнологические паспорта донских сортов риса» (Костылев и Степовой, 2010).

Основным направлением работы отдела риса с 2000 г. являлось создание сортов риса с высокой продуктивностью, способных гарантированно обеспечивать стабильные урожаи зерна с высоким качеством крупы в северных для этой культуры районах выращивания. Кроме этого, проводилась работа по первичному семеноводству и разработке технологических приемов более эффективного возделывания риса. Для селекционной работы с рисом использовали генетический потенциал коллекционного материала, гибридных и селекционных образцов. Они имеют огромное разнообразие ценных признаков и свойств, поэтому проводится регулярная их гибридизация с другими сортами для выведения линий, обладающих высокой урожайностью, качеством крупы, устойчивостью к полеганию, болезням, вредителям, низким положительным температурам, большому слою воды и соленым почвам.

Сорта, созданные во ВНИИ риса, не всегда могут вызревать из-за раннего наступления холодов и ненастья в северных точках рисосеяния южного региона. Поэтому для условий Ростовской, Астраханской областей и Республики Калмыкия зерноградскими селекционерами выведены сорта, устойчивые к стресс-факторам, скороспелые, способные формировать высокий урожай. К таким сортам

относятся: Виразж, Боярин, Светлый, Командор. Они дают прибавку по отношению к стандартному сорту Кубань 3 0,5–1,4 т/га, т.е. дополнительно 1,5–4,2 тыс. руб./га, что только в Ростовской области составляет 18–50 млн руб.

Сорт Виразж выведен из гибридной популяции Буденновский х Приманычский. Он скороспелый, вегетационный период до созревания составляет 105–108 дней. В конкурсном сортоиспытании в 1995–1997 гг. он сформировал среднюю урожайность 6,55 т/га, превысив скороспелый стандарт Контакт на 0,32 т/га и среднеспелый полегающий сорт Кубань 3 на 0,61 т/га. Сорт низкорослый, высота растений 70–75 см, что меньше, чем у Контакта, на 10 см. Метелка плотная, компактная, расположена вертикально, ее длина 12–13 см. На метелке формируется 120–140 овальных зерен. Масса 1000 семян составляет 27–28 г, выход крупы – 70%. В крупе содержится от 74 до 86% целого ядра со стекловидностью от 90 до 95%. Сорт в 2000 г. внесен в Реестр селекционных достижений РФ по Северо-Кавказскому (6) региону.

Сорт Боярин получен с помощью индивидуального отбора из гибридной популяции комбинации Сальский х Привольный. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом 117–118 дней. Его урожайность в 1996–1999 гг. составляла в среднем 7,53 т/га, что на 1,72 т/га выше сорта-стандарта Кубань 3. Растения среднерослые, высотой 87–102 см. Метелки длиной 14–15 см, плотные, компактные, вертикально расположенные на стебле. На метелке сидят 131–166 овальных зерен. Колоски без остей, цветковые чешуи желтые, апикулюс черный. 1000 зерен имеют массу 31–32 г. Крупа отличного качества, со стекловидностью 94%. Выход крупы составляет 69,5%, целого ядра – 79,1%. Сорт внесен в Реестр селекционных достижений РФ по Северо-Кавказскому (6) региону в 2002 году.

Сорт Светлый выделен из гибридной популяции от скрещивания Ортикон х Приманычский. Сорт среднеранний, с вегетационным периодом 107–108 дней. Его урожайность составила в КСИ в среднем за три года 6,34 т/га, превышая сорт-стандарт Виразж на 0,71 т/га. Растения средней высоты – 91–95 см, устойчивы к полеганию. Метелка длинная (17–18 см), компактная, вертикально стоячая. Имеет редкое сочетание высокой озерненности (до 200 колосков) с длинными зерновками (10 мм). Масса 1000 зерен средняя – 29,1–31,0 г, соотношение длины с шириной – 3,0. Зерно имеет отличное качество крупы. Сорт внесен в реестр СД по Северо-Кавказскому (6) региону в 2007 году.

Сорт Командор создан методом индивидуального отбора из комбинации от скрещивания Пролетарский 2 х Привольный. Сорт среднеспелый, его вегетационный период от посева до полного созревания составляет 118–119 дней. В КСИ в среднем за 3 года он формировал урожайность 7,14 т/га, превышая на 0,49 т/га сорт-стандарт Боярин. Сорт

среднерослый (95–96 см), имеет компактные прямостоячие метелки (15–16 см длиной) с овальными зерновками (масса 1000 зерен – 31,1 г), устойчив к полеганию стеблей и осыпанию зерна. Он показывает отличное качество крупы. Сорт внесен в Реестр селекционных достижений РФ по Северо-Кавказскому (6) региону в 2008 году.

Сорт Южанин – солеустойчивый. Его исходная форма была отобрана из смеси селекционных образцов, посеянных на чеке ЗАО «Южное», поливаемом водой из Маныча, и поэтому почва на нем была сильно засолена. Сорт среднеспелый, вегетационный период до полной зрелости составляет 118–120 дней. В конкурсном испытании в ОПХ «Пролетарское» его средняя урожайность составляла 6,47 т/га, она превышала сорт-стандарт Боярин на 0,63 т/га. Высота растений в среднем 98–100 см. Метелка наклонная, поникающая, длиной 19 см. Среднее количество колосков – 140–150. Колоски удлиненной формы, средней величины, длиной 8,5 мм, шириной 3,3 мм. Отношение длины зерновки к ширине – 2,65. Масса 1000 зерен – 29–30 г. Сорт имеет отличное качество крупы, зерновка белая, стекловидная, выход крупы – 68,2%, целого ядра – 84,8%. Южанин устойчив к полеганию, осыпанию и засолению, холодоустойчив, хорошо прорастает из-под слоя воды. Устойчивость к пирикулярриозу в полевых условиях выше, чем у стандарта Боярин. Сорт внесен в Реестр селекционных достижений РФ для 6-го региона в 2010 г. (Костылев, Степовой, 2010).

Сорт риса Кубояр создан в результате индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания Кубань 3 × Боярин. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом от посева до полного созревания 124 дня. В конкурсном испытании в ОП «Пролетарское» Ростовской области средняя урожайность со-

рта составила 9,06 т/га, превышая ее у стандарта Боярин на 2,3 т/га. Растение высотой 86–95 см, формирует компактный куст с вертикально расположенными листьями и прямостоячими компактными метелками длиной 15–16 см, на которых сидят 150–170 колосков. Зерновки овальные, среднего размера, их длина 8,5 мм, ширина 3,5 мм, соотношение длины к ширине составляет 2,4. Масса 1000 семян – 31–33 г. Зерновка белая, стекловидность – 97%, пленчатость зерна – 18,8%, выход крупы – 69,3%, целого ядра – 84,9%. Сорт внесен в Реестр селекционных достижений РФ для 6-го региона в 2014 году.

Сорт риса Акустик выведен в результате индивидуального отбора из популяции расщепляющегося гибрида Lampo × Командор. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом от посева до спелости 125 дней. В конкурсном испытании средняя урожайность достигала 8,36 т/га, превысив сорт Боярин на 2,25 т/га, а сорт Южанин – на 0,71 т/га. Максимальная урожайность (10,5 т/га) сформировалась в 2015 г., что больше, чем у Южанина, на 1,11 т/га. Растения этого сорта высотой 90–100 см, формируют компактный куст с вертикально расположенными листьями и метелками. Особенность сорта – высокая кустистость, при которой каждое растение формирует до 10–16 продуктивных побегов, поэтому норму высева можно уменьшить. Метелки прямостоячие, компактные, длиной 14–16 см, несут 120–170 колосков. Колоски овальные, среднего размера, их длина 7,8 мм, ширина 3,3 мм. Масса 1000 зерен – 30–31 г. Соотношение длины и ширины – 2,4. Пленчатость зерна – 17,5%, выход крупы – 72,4%, целого ядра – 80,7%. Зерновка белая, стекловидность – 94,3%. Сорт устойчив к полеганию, осыпанию и пирикулярриозу. Был внесен в Реестр СД в 2018 году.



Рис. 9. Урожайный сорт риса Акустик
Fig. 9. The productive rice variety 'Akustik'

В 2020 г. в Реестр селекционных достижений РФ добавили сорта Вирасан и Пируэт.

Скороспелый сорт риса Вирасан получен в процессе индивидуального отбора из гибрида от скрещивания Вираз х Кубань 3. Вегетационный период от посева до полного созревания – 105–110 дней. В конкурсном испытании в г. Пролетарске в среднем урожайность Вирасана за 3 года составляла 6,66 т/га, превышая сорт Контакт на 0,5 т/га. Растения низкорослые, высотой 70–80 см. Прямостоячие компактные метелки длиной 14,2 см несут в среднем 112 колосков. Зерна овальные, средние по размеру, их длина 7,5 мм, ширина 3,9 мм, масса 31,4 мг. Соотношение длины и ширины зерна – 1,9. Зерновка белая, стекловидность – 90,5%. Пленчатость зерна – 20,7%, выход крупы после шлифования – 71,5%, целого ядра – 79,5%. Сорт показал полевую устойчивость к пирикулярриозу и холодостойкость. Внесен в Реестр СД для 6-го региона в 2020 году.

Среднеспелый сорт риса Пируэт создан в Аграрном научном центре «Донской» совместно с Федеральным научным центром риса с помощью метода ступенчатой гибридизации с пирамидированием генов путем отбора из гибридной популяции (С101-А-51 (Рi 2) х Боярин) х (С101-Лас (Рi 1+33) х Вираз). Для отбора использовали ДНК-маркеры, выявляемые с помощью ПЦР-анализа. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом от посева до созревания 124 дня. В среднем в КСИ урожайность этого сорта составляла 9,57 т/га, что превышало таковую у сорта-стандарта Южанин на 1,13 т/га. Растения средней высоты – 88 см, на 10 см короче стандарта. Метелки прямостоячие, компактные, длиной 17–18 см. На них формируются 150–175 колосков овальной формы длиной 8,9 мм, шириной 3,7 мм. Масса 1000 зерен составляет 31–32 г. Соотношение длины и ширины зерновки – 2,4. Пленчатость зерна – 21,3%, выход крупы – 72,2%, целого ядра – 78,7%, стекловидность – 94,3%. Сорт холодостойкий, устойчив к полеганию, осыпанию и пирикулярриозу. Внесен в Реестр СД для 6-го региона в 2020 году.

Сорт риса Капитан, выведенный в АНЦ «Донской» совместно с ФНЦ риса методом трехкратных беккроссов и маркерной селекции из гибридной популяции от скрещивания сортов Флагман х IR-36. Сорт среднеспелый, с вегетационным периодом от посева до спелости 120 дней. В конкурсном испытании средняя урожайность составила 8,13 т/га, что на 0,64 т/га больше, чем у стандарта Южанин. Большой вклад в урожайность сорта вносят высокая озерненность метелки и повышенная масса зерновки. Растения среднерослые, высотой 90–95 см, метелка длинная – 17–18 см, поникающая, несет в среднем 148 колосков. Зерновки овальные, их длина 9,5 мм, ширина 3,6 мм. Зерна крупные, массой 35 мг, на 5,8 мг больше, чем у Южанина. Соотношение длины и ширины зерновки – 2,6. Пленчатость зерна – 20,6%, выход крупы – 71,5%, целого ядра –

86,4%, стекловидность – 93,3%. Сорт устойчив к полеганию, осыпанию и пирикулярриозу. Был внесен в Реестр селекционных достижений РФ в 2021 году.

Сорт риса Аргамак выведен с помощью многократного индивидуального отбора самых крупных метелок у растений из нескольких поколений гибридной популяции Ил.14 х Кубояр. Сорт среднеспелый, вегетационный период от посева до полного созревания – 119 дней. В конкурсном сортоиспытании (2017–2019 гг.) его средняя урожайность составила 8,79 т/га, тогда как у сорта-стандарта Южанин – 7,20 т/га. Наибольшая урожайность оказалась в 2019 г., достигнув 10,1 т/га, что на 2,55 т/га выше, чем у стандарта. Высокую урожайность этот сорт формирует благодаря высокой озерненности метелки и густоте продуктивных стеблей. Растения среднерослые, высотой 90–95 см, метелка компактная, прямостоячая, длиной 16 см, число колосков – 140–1458 шт. Зерна овальные, их средняя длина 8,4 мм, ширина 3,3 мм. Масса 1000 зерен составляет 31,1 г. Соотношение длины и ширины – 2,5. Пленчатость зерна – 18,0%, выход крупы – 72,7%, целого ядра – 93,0%, стекловидность – 95%. Сорт устойчив к пирикулярриозу, полеганию и осыпанию. В 2022 г. был внесен в Реестр селекционных достижений РФ.

Селекционная работа с рисом в АНЦ «Донской» продолжается по различным направлениям. Нужны сорта с коротким и средним вегетационным периодом, с длинным и округлым зерном, белозерные и окрашенные. При этом они должны быть приспособлены к условиям северного рисосеяния.

Цель селекционера – создание сортов с оптимальным уборочным индексом, у которых сочетаются признаки раннеспелости, низкорослости, высокой урожайности, отличные технологические качества крупы, устойчивости к полеганию, осыпанию, болезням, засолению почвы, длительному затоплению растений водой и т.п. Целенаправленный подбор исходных родительских форм, их гибридизация, отбор из гибридных популяций лучших рекомбинантов и, после самоопыления, испытание их продуктивности в оптимальных условиях позволяют создавать высокопродуктивные сорта риса.

В XX в. селекцию сортов риса на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам проводят при помощи ПЦР-анализа с использованием ДНК-маркеров. Планируется создание на генетической основе российских сортов риса, путём скрещивания их с донорами, создание новых форм, устойчивых пирикулярриозу, повышенному содержанию солей в почве, длительному затоплению. Донорами локуса устойчивости к засолению SalTol послужили образцы из Азии: IR 52713-2B-8-2B-1-2, IR 74099-3R-3-3 и NSIC Rc 106. Локус устойчивости к затоплению Sub1A взяли у доноров Br-11, CR-1009, Inbara-3, TDK-1, Khan Dan (Azarin et al., 2020) Для переноса генов устойчивости к пирикулярриозу скрещивали образ-

цы C101-A-51 (Pi-2), C101-Lac (Pi-1, Pi-33), IR-58 (Pi-ta), Moroberekan (Pi-b).

В качестве реципиентов использовали не устойчивые к этим стресс-факторам отечественные сорта Новатор, Флагман, Вираз, Боярин, которые скрестили с сортами-донорами нужных генов. В результате проведенных исследований с помощью молекулярного маркирования на основе ПЦР в сочетании с традиционной селекцией выделены скороспелые линии риса с генами устойчивости к засолению SalTol и затоплению Sub 1A, пригодные для выращивания на юге России. Проведены интрогрессия и пирамидирование генов устойчивости к пирикулярриозу Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-ta, Pi-b в генотипы отечественных сортов риса. Анализ с использованием ДНК-маркеров позволил выявить устойчивые к болезни образцы риса, несущие 5 целевых генов в гомозиготном состоянии (Dubina et al., 2020 a).

Созданы сорта риса, несущие гены устойчивости к пирикулярриозу: Пентаген, Магнат, Пируэт, Аргамак, Капитан, которые передали на Государственное сортоиспытание. Внедрение таких сортов в производство позволит избежать эпифитотийного развития болезни, сохранить урожай риса и получать экологически чистую сельхозпродукцию (Dubina et al., 2020 b).

Проводится также оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги. Для этого рис выращивают при обычном затоплении и на богаре с периодическим орошением. В результате проведенной работы из изученного набора сортов и образцов выделили формы, устойчивые к недостаточному увлажнению, которые можно выращивать в обычных хозяйствах при периодическом орошении (Костылев и др., 2020; Kostylev et al., 2021).

В лаборатории ведется первичное семеноводство, включающее питомники испытания потомств и оригинальные семена первого и второго года. Разработана технология возделывания сортов риса, включающая оптимальные нормы высева семян, дозы минеральных удобрений и стимуляторов по предшественникам: пласт многолетних трав, оборот пласта, мелиоративное поле, рис по рису 2-й год после мелиоративного поля.

С 2019 г. должность заведующего лабораторией селекции и семеноводства риса заняла ведущий научный сотрудник Е.В. Краснова. В лаборатории трудятся П.И. Костылев (главный научный сотрудник), Ю.П. Тесля (научный сотрудник), А.В. Аксенов (агроном), Т.В. Бездорожная (лаборант-исследователь), Э.С. Балюкова (лаборант-исследователь), Е.А. Быстрова (лаборант-исследователь), рабочие О.В. Формалева, Н.М. Колковская, Л.Н. Кузьменко, Е.А. Хлопкова, О.А. Озерова, М.Ю. Боброва, водитель автобуса В.Н. Невежин, механизатор А.А. Долгополов и др.

Краснова Елена Викторовна (8.12.1967) (рис. 10) начала работать в должности лабо-

ранта-исследователя в 1987 г. в Донском селекционном центре, в 1995 г. – в НПС Манычрис, в 1996 г. – в РГСОС. В 2002 г. заочно окончила Донской государственный аграрный университета по специальности «Агрономия». С 2002 г. она – младший научный сотрудник ВНИИЗК им. И.Г. Калининко. В 2006 г. в Донском зональном НИИ сельского хозяйства Елена Викторовна защитила кандидатскую диссертацию по теме «Селекционная ценность исходного материала риса в условиях Ростовской области». Продолжила работу в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» старшим, а затем ведущим научным сотрудником. Соавтор сортов риса Командор, Светлый, Кубояр, Южанин, Акустик, Вирасан, Пируэт, Аргамак.



Рис. 10. Краснова Елена Викторовна
Fig. 10. Krasnova Elena Viktorovna

В процессе научно-исследовательских работ по рису молодые сотрудники и аспиранты защитили кандидатские диссертации. Кроме вышеперечисленных, это В.В. Бредихин («Создание селекционного риса с использованием генетического анализа количественных признаков», 2006), Н.Н. Вожжова («Изучение исследования энергии начального роста растений риса с целью экологически адаптированных сортов», 2009), А.В. Купров («Взаимодействие различных генотипов риса с микробиологическим препаратом экстра-сол в условиях Ростовской области», 2011), А.А. Редькин («Анализ наследования размеров листьев и кустистости риса в связи с признаками продуктивности», 2012), Н.Н. Жученко («Наследование количественных признаков риса, связанных с размерами зерновки, и их влияние на продуктивность и качество», 2016), С.С. Попов («Влияние различных типов отбора на изменение средних значений количественных признаков продуктивности в гибридных популяциях риса», 2018), Е.Б. Кудашкина («Оценка солеустойчивости коллекционных и селекционных образцов риса в услови-

ях Ростовской области», 2019). А.В. Аксенов с 2018 г. работает над аспирантской темой «Изучение исходного материала для селекции суходольного риса».

В результате многолетней селекционной работы с использованием отдаленных в эколого-географическом отношении форм ученые создали продуктивные сорта риса, устойчивые к болезням, полеганию и осыпанию, формирующие в северных условиях высокую урожайность зерна. Использование их в сельскохозяйственном производстве Ростовской области позволило ежегодно дополнительно получать около 7 тыс. т зерна на сумму 100 млн руб.

Выводы. С 1957 г. в лаборатории риса ФГБНУ «АНЦ «Донской» было создано около 40 сортов, 27 из которых внесены в Государственный реестр селекционных до-

стижений Российской Федерации для Северо-Кавказского (6) и Нижневолжского (8) регионов.

Селекционную работу возглавляли Косарев Н.И. (1957–1967), Синдецкий А.Л. (1967–1977), Россихин В.П. (1978–1994), Парфенюк А.А. (1994–2000), Костылев П.И. (2000–2018), Краснова Е.В. (с 2019 г.).

Исследованиями по агротехнике риса руководили Парфенюк А.А. (1977–2003) и Степовой В.И. (2003–2010).

Селекционная работа по рису в АНЦ «Донской» продолжается, ученые создают сорта, сочетающие признаки раннеспелости, низкорослости, высокой урожайности, технологических качеств крупы, устойчивости к полеганию, болезням, вредителям, засолению почвы, длительному затоплению и т.п., адаптивные к условиям северного рисоводства.

Библиографические ссылки

1. Косарев Н.И. Перспективный сорт риса Донской 2 // Селекция и семеноводство. 1963. № 5. С. 63–65.
2. Костылев П.И., Степовой В.И., Парфенюк А.А. Северный рис. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2004. 576 с.
3. Костылев П.И. Создание сортов риса во ВНИИЗК. История института – история времени, М.: 2010. С. 87–98.
4. Костылев П.И., Степовой В.И. Агротехнологические паспорта донских сортов риса. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2010. 64 с.
5. Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // Аграрная наука. 2020. Т. 343. №11–12. С. 56–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59>.
6. Колганов А.В., Сухой Н.В., Шкура В.Н., Щедрин В.Н. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. С.17.
7. Россихин В.П., Парфенюк А.А., Костылев П.И., Галиченко В.Ф. Новые сорта риса интенсивного типа // Селекция зерновых и крупяных культур на Дону: Сб. науч. тр. ДЗНИИСХ. Зерноград, 1987. С. 54–57.
8. Синдецкий А.Л. Селекция риса для северных районов рисосеяния Российской Федерации // Материалы ВКМСССКРПЭРОС: Краснодар, 1972. С. 23–24.
9. Azarin K.V., Usatov A.V., Kostylev P.I. Molecular Breeding of Submergence-Tolerant Rice // Annual Research & Review in Biology, 18(1): 1–10, 2017; Article no.ARRB.35616 ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869.
10. Dubina E.V., Kostylev P.I., Garkusha S.V., Ruban M.G. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies // Euphytica. 2020a. 216. 162. P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02698-4>.
11. Dubina E., Kostylev P., Ruban M., Lesnyak S., Krasnova E., Azarin R. Rice Breeding in Russia Using Genetic Markers // Plants. 2020b. 9. 1580. doi:10.3390/plants9111580.
12. Kostylev P., Akseonov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and optimal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. 937 022116. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022116>.

References

1. Kosarev N.I. Perspektivnyi sort risa Donskoi 2 [The promising rice variety 'Donskoy 2'] // Seleksiya i semenovodstvo. 1963. № 5. S. 63–65.
2. Kostylev P.I., Stepovoi V.I., Parfenyuk A.A. Severnyi ris [Northern rice]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2004. 576 s.
3. Kostylev P.I. Sozdanie sortov risa vo VNIIZK [Development of rice varieties in the ARRIGC]. Istoriya instituta – isto-riya vremeni, M.: 2010. S. 87–98.
4. Kostylev P.I., Stepovoi V.I. Agrotekhnologicheskie pasporta donskikh sortov risa [Agrotechnological passports of the Don rice varieties]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2010. 64 s.
5. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Akseonov A.V. Otsenka zasukhoustoichivosti ob-raztsov risa po izmeneniyu urozhnosti pri nekhvatke vlagi [Estimation of drought resistance of rice samples according to productivity change under moisture shortage] // Agrarnaya nauka. 2020. T. 343. № 11–12. S. 56–59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59>
6. Kolganov A.V., Sukhoi N.V., Shkura V.N., Shchedrin V.N. Razvitie melioratsii zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya v Rossii [Development of land reclamation for agricultural purposes in Russia]. Novocherkassk: RosNIIPM, 2016. C.17.
7. Rossikhin V.P., Parfenyuk A.A., Kostylev P.I., Galichenko V.F. Novye sorta risa intensivnogo tipa [The new rice varieties of intensive type] // Seleksiya zernovykh i krupyanykh kul'tur na Donu: Sb. nauch. tr. DZNIISKH. Zernograd, 1987. S. 54–57.

8. Sindetskii A.L. Seleksiya risa dlya severnykh raionov risoseyaniya Rossiiskoi Federatsii [Rice breeding for the northern rice-growing regions of the Russian Federation] // Materialy VKMSSSKRPEROS: Krasnodar, 1972. S. 23–24.
9. Azarin K.V., Usatov A.V., Kostylev P.I. Molecular Breeding of Submergence-Tolerant Rice [Prospects for rice cultivation on the Don territory using an environmentally friendly and resource-saving technologies] // Annual Research & Review in Biology, 18(1): 1–10, 2017; Article no.ARRB.35616 ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869.
10. Dubina E.V., Kostylev P.I., Garkusha S.V., Ruban M.G. Development of blast-resistant rice varieties based on application of DNA technologies // Euphytica. 2020a. 216. 162. P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02698-4>.
11. Dubina E., Kostylev P., Ruban M., Lesnyak S., Krasnova E., Azarin R. Rice Breed-ing in Russia Using Genetic Markers // Plants. 2020b. 9. 1580. doi:10.3390/plants9111580.
12. Kostylev P., Aksenov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and optimal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. 937 022116. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/2/022116>.

Поступила: 13.07.21; доработана после рецензирования: 29.03.22; принята к публикации: 14.04.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования и концепции статьи, написание текста статьи; Краснова Е. В. – сбор информации о научной работе лаборатории и вкладе сотрудников.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО УРОЖАЙНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Р. Н. Брагин, аспирант, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ярового ячменя, braginroman@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;
Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

В современной селекции ярового ячменя лидирующим направлением является создание скороспелых, засухоустойчивых, высокоурожайных сортов с хорошими технологическими качествами зерна. На урожайность данных сортов оказывают влияние как хозяйственно-биологические параметры сорта, так и (в большей степени) условия внешней среды в зоне выращивания. Цель исследований – в условиях изменчивости природной среды провести сравнительную оценку сортов ярового ячменя по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности урожайности. В 2020–2021 гг. проводили исследования по оценке адаптивности, экологической пластичности и стабильности 17 сортов ярового ячменя российской селекции (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в экологическом сортоиспытании в Ростовской и Самарской областях. Опыт проводили в четырехкратной повторности с площадью делянки 10 м². При оценке адаптивности использовали методики S.A. Eberhart, W. Rassel в редакции В. А. Зыкина (2005), В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко (1981), А. А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко (2005), Э. Д. Неттевича (2001). На формирование урожайности за годы исследований основное влияние оказал фактор «зона возделывания» – 96,5%. Индекс условий среды показал, что более благоприятные условия выращивания сложились на экологическом сортоиспытательном участке «АНЦ «Донской» ($I_j = +0,61$). По урожайности выделился ряд сортов, достоверно превысив стандарт лишь по одному экологическому сортоиспытательному участку. Коэффициент линейной регрессии варьировал в пределах от 0,43 до 1,43, выявив как отзывчивые, так и слабо отзывчивые на изменение условий выращивания сорта. По ряду показателей были выделены сорта Зерноградский 1755, Зерноградский 1724, Зерноградский 1754, представляющие ценность для селекции ярового ячменя.

Ключевые слова: экологическая пластичность, стабильность, *Hordeum sativum* L., яровой ячмень, урожайность, сорт.

Для цитирования: Брагин Р. Н., Филиппов Е. Г. Оценка показателей адаптивности сортов ярового ячменя по урожайности в условиях изменчивости природной среды // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 18–24. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-18-24.



ESTIMATION OF ADAPTABILITY INDICATORS OF THE SPRING BARLEY VARIETIES ACCORDING TO THEIR PRODUCTIVITY UNDER ENVIRONMENTAL VARIABILITY

R. N. Bragin, post graduate, junior researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;
E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

In the current spring barley breeding, the leading direction is the development of early-maturing, drought-resistant, highly productive varieties with good technological grain quality. The productivity of these varieties is influenced both by the economic and biological parameters of the variety and, to a greater extent, by the environmental conditions in the growing area. The purpose of the current study was to carry out a comparative estimation of the spring barley varieties according to ecological adaptability and productive stability under environmental variability. In 2020–2021 there was conducted the study to estimate ecological adaptability and stability of 17 spring barley varieties of Russian breeding (FSBSI "ARC "Donskoy") in the Ecological Variety Testing in the Rostov and Samara regions. The trial was carried out in four repetitions with a plot area of 10 m². When assessing adaptability, there were used the methods of S.A. Eberhart, W.A. Rassel as edited by V.A. Zykin (2005), V.V. Khangildin and N.A. Litvinenko (1981), A.A. Rosielle, J. Hamblin as presented by A.A. Goncharenko (2005), E.D. Nettevich (2001). The productivity formation through the years of study was mainly influenced (96.5%) by the factor 'cultivation zone'. The index of environmental conditions showed that more favorable growing conditions were developed on the ecological variety-testing plot of the "ARC "Donskoy" ($I_j = +0,61$). According to productivity, there has been identified a number of varieties, significantly exceeding the standard variety in only one ecological variety-testing plot. The linear regression coefficient ranged from 0.43 to 1.43, revealing varieties both responsive and weakly responsive to changing growing conditions. According to a number of indicators, there have been identified the varieties 'Zernogradsky 1755', 'Zernogradsky 1724', 'Zernogradsky 1754' valuable for spring barley breeding.

Keywords: ecological adaptability, stability, *Hordeum sativum* L., spring barley, productivity, variety.

Введение. Ячмень является значимой сельскохозяйственной культурой в кормовом и зернофуражном производстве за счет большей по сравнению с пшеницей сбалансированности белка по составу важных аминокислот. На долю производства комбикормов и кормовые цели уходит более 65% получаемого зерна ячменя. Стоит также отметить, что около 15% идет на пищевые нужды и около 8% поступает в пивоваренное производство (Гудзенко, 2019; Железнов и др., 2013).

Зерно ячменя отличается высокими биохимическими показателями (10–12% сырого протеина, 4,5–6,0% клетчатки, 2,0–2,2% жира, 60–66% безазотистых экстрактивных веществ, 2,8–3,5% золы и др.) и питательной ценностью – около 311 ккал в 100 г. Благодаря такому содержанию клетчатки перловая и ячневая крупы востребованы в диетах при ожирении (Николаев и др., 2019; Сандухадзе и др., 2018).

На формирование урожая зерна ярового ячменя оказывают влияние различные условия природной среды: температура воздуха, влагообеспеченность, плодородие почвы и др. Высокая температура и отсутствие влаги крайне негативно сказываются как на урожайности, так и на качестве самого зерна. Однако для каждой зоны возделывания присущи свои особенности природной среды, влияющие на формирование урожайности. Поэтому большое значение имеет создание и последующее внедрение в производство сортов, приспособленных к изменчивым погодным условиям и отвечающих в максимальной степени требованиям современного производства того или иного района возделывания. Для выполнения данных условий и получения стабильной

высокой потенциальной урожайности сорт должен обладать достаточной пластичностью, иметь лучшую защиту от экологических стрессоров и формировать высокую адаптивность в отношении других сортов в широком ареале при разнообразии погодных и агротехнических условий (Зыкин и др., 2005).

Цель исследований – провести сравнительную оценку сортов ярового ячменя по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности урожайности в условиях изменчивой природной среды.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на трех экологических сортоиспытательных участках:

- полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Зерноград Зерноградского района Ростовской области;
- полях сортоиспытательного участка ООО СС «Нива» Орловского района Ростовской области;
- полях сортоиспытательного участка Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН, пгт. Безенчук Самарского района Самарской области.

Объектами исследований являлись 17 сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Площадь учетной делянки 10 м², количество повторений – 4. Нормы высева – 500 всхожих зерен на 1 м². В качестве стандарта высевали районированный сорт ярового ячменя Ратник («АНЦ «Донской», РФ). Исследования проводили в 2020 и 2021 гг. по предшественнику подсолнечник. Почва опытных участков представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика почв экологических сортоиспытательных участков
Table 1. Characteristics of soil of the ecological variety-testing plots

Местоположение участка	Тип почв	Кислотность почвы, pH	Содержание гумуса, %	Содержание основных элементов питания, мг/кг		
				N	P	K
Зерноградский р-он	чернозем обыкновенный	7,0–7,1	3,0–3,5	70–110	15–20	300–500
Орловский р-он	темно-каштановый	6,9–7,3	2,5–3,0	60–110	18	439
Самарский р-он	чернозем обыкновенный	6,4–6,7	3,8–4,0	127–141	157–163	198–209

Математическую оценку результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова (2014).

Оценка экологической пластичности и стабильности осуществлялась согласно методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В.А. Зыкина (2005). Для определения показателей гомеостатичности (Hом) и селекционной ценности (Sc) применяли методику В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981). Показатели стрессоустойчивости (Ymin–Ymax) и генетической гибкости ((Ymax+Ymin)/2) рассчитаны по уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (2005). Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращи-

вания (Kp) определяли по методу В.А. Зыкина (2005). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э.Д. Неттевича (2001).

За годы исследований наблюдали значительное варьирование погодных условий на экологических сортоиспытательных участках, что в определенной степени оказало влияние на формирование урожайности и позволило оценить показатели адаптивности и выделить лучшие сорта ярового ячменя.

В условиях 2020 г. наблюдалось низкое количество осадков в период март–апрель на экологическом сортоиспытательном участке «АНЦ «Донской» и более повышенное на участке Самарского НИИСХ (64,0 и 31,0 мм.). В мае

количество выпавших осадков в «АНЦ «Донской» и ООО СС «Нива» было 80,0 и 74 мм, что примерно в 4 раза выше, чем на участке Самарского НИИСХ. В июне и июле наибольшее количество осадков отмечено на сортоиспытательном участке ООО СС «Нива» – 75,0 и 122,0 мм.

В 2021 г. наибольшее количество осадков в марте, апреле и июне выпало на экологическом сортоиспытательном участке «АНЦ «Донской» (83,0, 96,0 и 104,0 мм соответственно), что значительно превысило данный показатель на участках ООО СС «Нива» и Самарского НИИСХ (рис. 1).

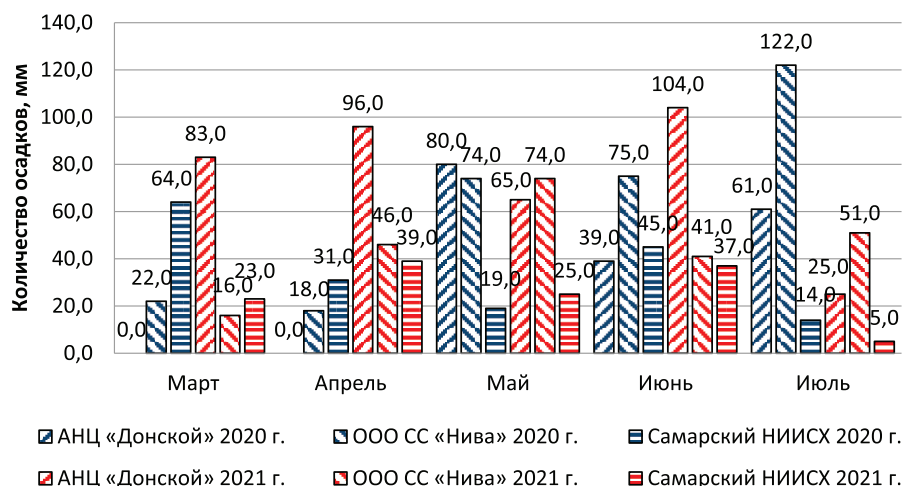


Рис. 1. Среднемесечное количество осадков за период вегетации, 2020 и 2021 с.-х. годы (мм)
Fig. 1. Mean monthly precipitation during the vegetation period, 2020 and 2021 agricultural years (mm)

Более высокая среднесуточная температура воздуха в марте как в 2020, так и в 2021 г. отмечена на экологическом сортоиспытательном участке «АНЦ «Донской» (8,0 и 2,2 °C), в то время как наиболее низкая – на участке Самарского НИИСХ (2,7 и –4,2 °C). В апреле, мае и июле сохранялась тенденция, при которой

среднесуточная температура воздуха на экологических сортоиспытательных участках «АНЦ «Донской» и Самарского НИИСХ была выше, чем на участке ООО СС «Нива». В июне 2020 г. отмечалась более низкая среднесуточная температура воздуха в Самарском НИИСХ (18,4 °C) (рис. 2).

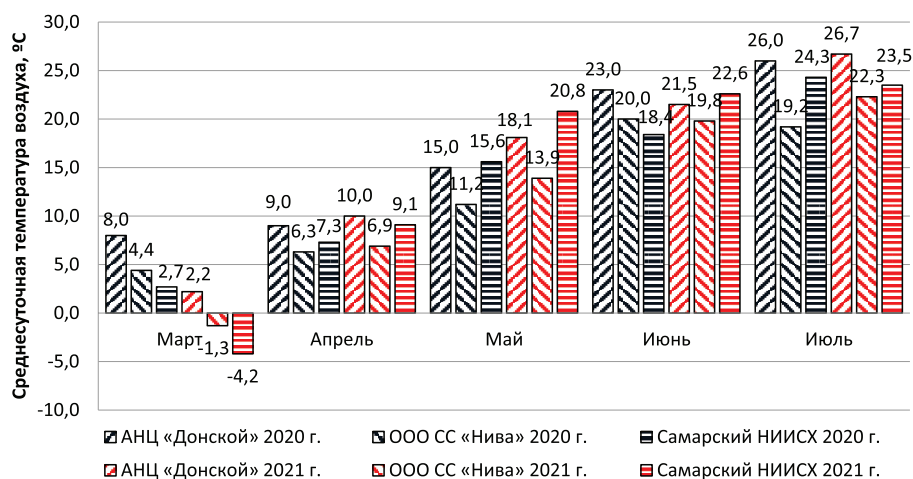


Рис. 2. Среднемесечная температура воздуха за период вегетации, 2020 и 2021 с.-х. годы (°C)
Fig. 2. Mean monthly air temperature during the vegetation period, 2020 and 2021 agricultural years (°C)

Результаты и их обсуждение. За годы исследований на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской» урожайность изучаемых сортов ярового ячменя варьировала в пределах от 3,5 т/га в 2021 г. у сорта Зерноградский 1719 до 5,2 т/га в 2020 г. у сорта Зерноградский 1763. В среднем за эти

годы достоверно превысили стандарт Ратник большинство изучаемых сортов, лучшие из них: Зерноградский 1752 – 4,70 т/га, Азимут – 4,74 т/га, Зерноградский 1763 – 4,75 т/га, Зерноградский 1755 – 4,85 (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов ярового ячменя на экологических сортоиспытательных участках (2020–2021 гг.)
Table 2. Productivity of the spring barley varieties on the ecological variety-testing plots (2020–2021)

Сорт	Урожайность, т/га			
	АНЦ «Донской»	ООО СС «Нива»	Самарский НИИСХ	Средняя по участкам
Ратник, ст.	4,00	3,54	2,91	3,49
Зерноградский 1628	4,40	4,04	2,98	3,81
Зерноградский 1685	4,60	4,52	2,89	4,01
Азимут	4,75	4,00	3,44	4,07
Зерноградский 1701	4,40	3,75	3,28	3,81
Зерноградский 1726	4,65	3,53	3,15	3,78
Зерноградский 1716	4,35	3,16	3,63	3,72
Зерноградский 1717	4,45	3,92	3,92	4,10
Зерноградский 1719	4,00	3,63	3,42	3,69
Зерноградский 1721	4,35	3,35	4,08	3,93
Зерноградский 1724	4,25	3,61	3,93	3,93
Зерноградский 1752	4,70	3,99	3,50	4,07
Зерноградский 1754	4,55	3,68	3,61	3,95
Зерноградский 1755	4,85	3,71	3,35	3,97
Зерноградский 1756	4,60	3,45	3,23	3,76
Зерноградский 1763	4,75	3,51	3,57	3,95
Зерноградский 1768	4,45	3,3	3,40	3,72
НСР ₀₅	0,41	0,44	0,42	–
lj	+0,61	–0,18	–0,44	–

Необходимо отметить, что согласно индексу условий среды, который характеризует изменчивость природной среды, более благоприятные условия выращивания сложились на экологическом сортоиспытательном участке «АНЦ «Донской» ($lj = +0,61$), а неблагоприятные – на участках ООО СС «Нива» ($lj = -0,18$) и Самарского НИИСХ ($lj = -0,44$).

На полях ФГУП «Орловское» отмечали варьирование урожайности – от 3,12 т/га в 2020 г. у сорта Зерноградский 1716 до 5,04 т/га в 2021 г. у сорта Зерноградский 1685. По данному признаку выделились сорта Зерноградский 1628, Зерноградский 1685 и Азимут.

Урожайность на опытном участке Самарского НИИСХ отмечалась в пределах от 2,69 т/га в 2020 г. у сорта Зерноградский 1628 до 4,80 т/га в 2021 г. у сорта Зерноградский 1721. В среднем за два года достоверное превышение урожайности по отношению к стандарту отмечено у большинства изучаемых сортов. Лучшие из них: Зерноградский 1763 – 3,57 т/га, Зерноградский 1754 – 3,61 т/га, Зерноградский 1716 – 3,63 т/га, Зерноградский 1717 – 3,92 т/га, Зерноградский 1724 – 3,93 т/га, Зерноградский 1721 – 4,08 т/га.

Проведенный дисперсионный анализ показал, что доминирующее влияние на формирование урожайности оказал фактор «зона возделывания» – 96,5%, что обуславливается разнообразием местности возделывания и климата. Несущественно повлияли на формирование урожайности фактор «сорт» – 1,5%

и взаимодействие факторов «сорт» и «зона возделывания» – 2,0%.

В среднем за годы исследований на различных экологических сортоиспытательных участках по урожайности практически все сорта превысили стандарт. Лучшими были Зерноградский 1717 – 4,10 т/га, Зерноградский 1752 – 4,07 т/га и Азимут – 4,07 т/га, у которых превышение к стандарту составило 0,61, 0,58 и 0,58 т/га соответственно.

Основным показателем для расчета экологической пластичности являлся коэффициент линейной регрессии (bi), который варьировал в пределах от $bi = 0,43$ до $bi = 1,43$. Сорта ярового ячменя по данному признаку разделили на категории: слабо отзывчивые ($bi < 1$), стабильно реагирующие на изменение условий выращивания ($bi \approx 1$), отзывчивые ($bi > 1$). Высокая отзывчивость на изменение условий выращивания была отмечена у сортов Зерноградский 1726 ($bi = 1,43$), Зерноградский 1755 ($bi = 1,43$), Зерноградский 1756 ($bi = 1,34$), Зерноградский 1685 ($bi = 1,27$) и Зерноградский 1763 ($bi = 1,23$). Слабая реакция на изменение условий выращивания отмечалась у сортов Зерноградский 1724 ($bi = 0,43$), Зерноградский 1721 ($bi = 0,50$), Зерноградский 1719 ($bi = 0,53$) и Зерноградский 1717 ($bi = 0,54$). Полное соответствие изменения урожайности к изменению условий выращивания у исследуемых сортов наблюдалось при значении коэффициента линейной регрессии равном или близком к единице: Зерноградский 1701 ($bi = 1,01$), Зерноградский 1754 ($bi = 0,95$), Ратник ($bi = 1,02$) (табл. 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов ярового ячменя
Table 3. Adaptability parameters of the spring barley varieties

Сорт	Средняя урожайность, т/га	bi	σ^2d	CV, %	Hom	Sc	Min	Max	(Ymin-Ymax)	(Ymax+Ymin)/2
Ратник, ст.	3,49	0,93	0,52	22,22	14,4	2,53	2,91	4,00	-1,1	3,5
Зерноградский 1628	3,81	1,15	0,79	27,52	9,7	2,57	2,98	4,40	-1,4	3,7
Зерноградский 1685	4,01	1,27	0,97	34,06	6,9	2,51	2,89	4,60	-1,7	3,7
Азимут	4,07	1,18	0,83	22,97	13,4	2,94	3,44	4,75	-1,3	4,1
Зерноградский 1701	3,81	1,01	0,61	20,89	16,3	2,84	3,28	4,40	-1,1	3,8
Зерноградский 1726	3,78	1,43	1,22	29,33	8,5	2,55	3,15	4,65	-1,5	3,9
Зерноградский 1716	3,72	0,88	0,46	22,92	13,5	2,69	3,16	4,35	-1,2	3,8
Зерноградский 1717	4,10	0,54	0,18	10,62	72,1	3,60	3,92	4,45	-0,5	4,2
Зерноградский 1719	3,69	0,53	0,17	11,27	56,3	3,15	3,42	4,00	-0,6	3,7
Зерноградский 1721	3,93	0,50	0,15	18,74	20,8	3,02	3,35	4,35	-1,0	3,8
Зерноградский 1724	3,93	0,43	0,11	11,52	53,3	3,34	3,61	4,25	-0,6	3,9
Зерноградский 1752	4,07	1,09	0,71	21,11	16,0	3,02	3,50	4,70	-1,2	4,1
Зерноградский 1754	3,95	0,95	0,54	18,88	22,1	3,12	3,61	4,55	-0,9	4,1
Зерноградский 1755	3,97	1,43	1,23	27,94	9,5	2,74	3,35	4,85	-1,5	4,1
Зерноградский 1756	3,76	1,34	1,07	27,67	9,9	2,64	3,23	4,60	-1,4	3,9
Зерноградский 1763	3,95	1,23	0,91	25,20	12,6	2,91	3,51	4,75	-1,2	4,1
Зерноградский 1768	3,72	1,11	0,74	24,30	13,3	2,75	3,30	4,45	-1,2	3,9

Примечание. b_i – коэффициент линейной регрессии; σ^2d – среднеквадратическое отклонение; CV, % – коэффициент вариации; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – показатель селекционной ценности; Min/Max – минимальная и максимальная средняя урожайность сорта за годы исследований на экологических сортоучастках; (Ymin-Ymax) – показатель стрессоустойчивости сорта; (Ymax+Ymin)/2 – компенсаторная способность.

Согласно данным среднеквадратического отклонения (σ^2d), полученным по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell, все сорта относились к стабильным.

По коэффициенту вариации (CV) сорта вариировали в пределах от 10,62 до 34,06%, что указывало на сильную изменчивость, поскольку большая часть сортов имела коэффициент выше 20%. Наименьшую изменчивость отмечали у сортов Зерноградский 1717 (CV = 10,62%), Зерноградский 1719 (CV = 11,27%), Зерноградский 1724 (CV = 11,52%), Зерноградский 1721 (CV = 18,74%) и Зерноградский 1754 (CV = 18,88%).

Относительно высокий показатель гомеостатичности (способность сорта сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды) отмечен у сорта Зерноградский 1717 (Hom = 72,1).

Одним из значимых параметров, выражающих адаптивность сорта, является селекционная ценность генотипа (Sc). Сорта Зерноградский 1717 и Зерноградский 1724 отличались высокой селекционной ценностью (Sc = 3,60 и 3,34 соответственно), что указывает на устойчиво стабильный урожай.

При определении экологической пластичности и адаптивности существенное значение отводится и показателям стрессоустойчивости, и компенсаторной способности сортов. Стрессоустойчивость, как числовая разность между минимальной и максимальной урожайностью, определяет степень устойчивости сорта к неблагоприят-

ным факторам, что в свою очередь определяет диапазон возможного использования сорта. Компенсаторная способность в свою же очередь показывает генетическую гибкость, или реакцию сорта на условия выращивания, согласно которой чем выше параметр, тем выше степень соответствия между урожайностью и факторами среды. Наиболее стрессоустойчивыми оказались сорта Зерноградский 1717 (Ymin – Ymax = –0,5), Зерноградский 1719 (Ymin – Ymax = –0,6) и Зерноградский 1724 (Ymin – Ymax = –0,7). Высокие показатели компенсаторной способности отмечены у сортов Зерноградский 1717 ((Yman + Ymix)/2 = 4,2), Азимут ((Yman + Ymix)/2 = 4,1), Зерноградский 1752 ((Yman + Ymix)/2 = 4,1), Зерноградский 1754 ((Yman + Ymix)/2 = 4,1), Зерноградский 1755 ((Yman + Ymix)/2 = 4,1) и Зерноградский 1763 ((Yman + Ymix)/2 = 4,1).

Коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (Kp), выраженный в разнице урожайности сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, от урожайности этого же сорта, полученной в неблагоприятных условиях, показал, что наибольшее значение отмечено у сортов Зерноградский 1685 (Kp = 1,6) и Зерноградский 1726 (Kp = 1,5) (рис. 3).

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по методике Э.Д. Неттевича как наглядно показывает стабильность урожайности, так и характеризует способность выявления отзывчивых на улучшение условий выращивания сортов (рис. 4).

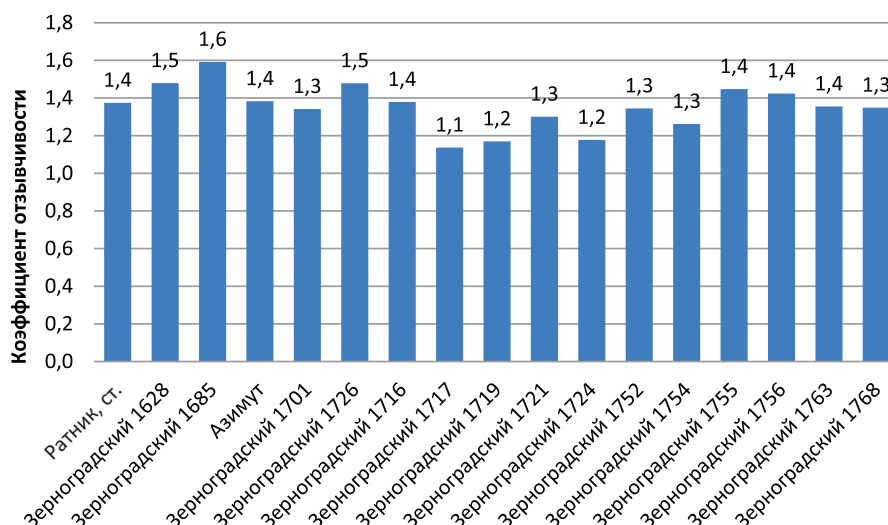


Рис. 3. Коэффициент отзывчивости сортов ярового ячменя (Kp)
Fig. 3. Coefficient of responsiveness of the spring barley varieties (Kp)

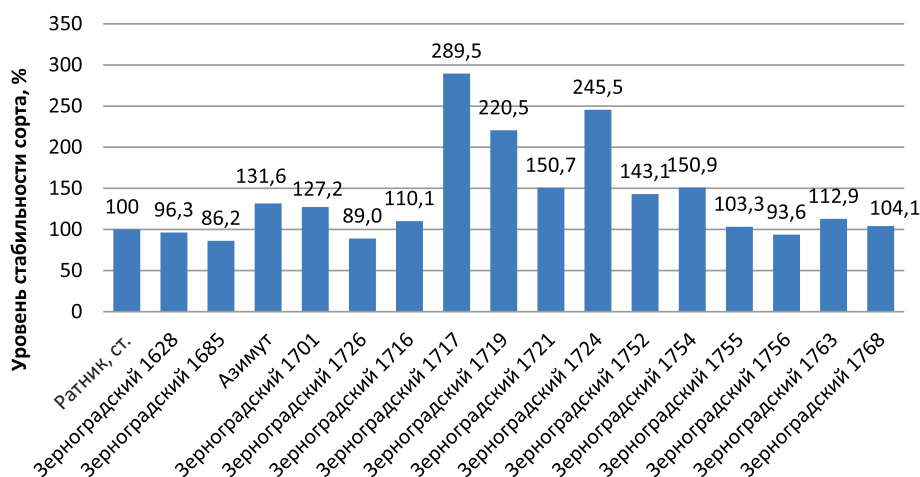


Рис. 4. Показатель уровня стабильности сортов ярового ячменя (ПУСС)
Fig. 4. Indicator of the stability level of the spring barley varieties (IVSL)

При анализе показатель уровня стабильности урожайности сортов варьировал от 86,2 (Зерноградский 1685) до 289,5% (Зерноградский 1717). По данному показателю выделились сорта Зерноградский 1719 (ПУСС = 220,5), Зерноградский 1724 (ПУСС = 245,5) и Зерноградский 1717 (ПУСС = 289,5).

Выводы. Согласно проведенному анализу данных (2020–2021 гг.) по трем участкам экологического сортоиспытания были выявлены сорта, отличающиеся высокими параметрами экологической пластичности и стабильности. Сорт Зерноградский 1755 выделился высокой достоверной урожайностью на участке АНЦ «Донской» и относился к отзывчивым на изменение условий выращивания ($b_i = 1,43$)

с высоким показателем генетической гибкости ($(Y_{\text{man}} + Y_{\text{mix}})/2 = 4,1$). Сорта Зерноградский 1724 и Зерноградский 1754 показали достоверно высокую урожайность в условиях Самарского НИИСХ, стабильную по отношению к изменяющимся условиям среды ($b_i = 0,43$ и $b_i = 0,54$). Но сорт Зерноградский 1724 имеет высокую селекционную ценность ($S_c = 3,34$) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС = 245,5), в то время как Зерноградский 1754 – высокий показатель генетической гибкости ($(Y_{\text{man}} + Y_{\text{mix}})/2 = 4,1$). Сорт Зерноградский 1717 показал не только высокую, но и стабильную урожайность в условиях изменчивости природной среды ($b_i = 0,54$; $C_v = 10,62\%$; $\text{Hom} = 72,1$; ПУСС = 289,5).

Библиографические ссылки

1. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI 10.18699/VJ19.469.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): М. Альянс, 2014. 352 с.
4. Железнов А. В., Кукоева Т. В., Железнова Н. Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 2. С. 286–297.
5. Злотина М. М., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г., Потокина Е. К. Использование аллель-специфичных маркеров генов PPD и VRN для прогнозирования продолжительности вегетационного периода сортов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 1. С. 50–62.
6. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
7. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001. № 3. С. 3–6.
8. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И. и др. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(1). С. 37–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-38-43>.
9. Сандухадзе Б. И., Марченкова Л. А., Мамедов Р. З., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Бугрова В. В. Изучение адаптивности сортов озимой пшеницы на фоне искусственно создаваемых стрессов // Инновационные разработки по селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научной конференции, приуроченной к 90-летию со дня рождения академика Э. Д. Неттевича. М.: ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», 2018. С. 109–114.
10. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981. № 1. С. 8–14.

References

1. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik Rossel'khozakademii. 2005. № 6. S. 49–53.
2. Gudzenko V. N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh linii yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) assessment of adaptability and stability of winter barley breeding lines] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. T. 23, № 1. S. 110–118. DOI 10.18699/VJ19.469.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M. Al'yans, 2014. 352 s.
4. Zheleznov A. V., Kukoeva T. V., Zheleznova N. B. Yachmen' golozernyi: proiskhozhdenie, rasprostraneniye i perspektivy ispol'zovaniya [Hulles barley: origin, distribution and prospects for use] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2013. T. 17, № 2. S. 286–297.
5. Zlotina M. M., Kovaleva O. N., Loskutov I. G., Potokina E. K. Ispol'zovanie al-lel'-spetsifichnykh markerov genov PPD i VRN dlya prognozirovaniya prodolzhitel'nosti vegetatsionnogo perioda sortov [Use of allele-specific markers of PPD and VRN genes to predict the duration of the varieties' vegetation period] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2013. T. 17, № 1. S. 50–62.
6. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii [Methodology for calculating and estimating the parameters of ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
7. Nettevich E. D. Potentsial urozhainosti rekomendovannykh dlya vozdel'yvaniya v tsentral'nom regione RF sortov yarovoi pshenitsy i yachmenya i ego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva [Productivity potential of the spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the central region of the Russian Federation and its implementation under production conditions] // Doklady RASKhN. 2001. № 3. S. 3–6.
8. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Anis'kov N. I. i dr. Agrobiologicheskaya kharakteristika mnogoryadnykh golozernykh sortov yachmenya selektsii Omskogo ANTs [Agrobiological characteristics of multi-row hulles barley varieties developed in the Omsk ARC] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2019. № 180(1). S. 37–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-38-43>.
9. Sandukhadze B. I., Marchenkova L. A., Mamedov R. Z., Chavdar' R. F., Orlova T. G., Bugrova V. V. Izucheniye adaptivnosti sortov ozimoi pshenitsy na fone iskusstvenno so-zdavaemykh stressov [The study of the adaptability of winter wheat varieties against the background of artificially created stresses] // Innovatsionnye razrabotki po selektsii i tekhnologii vozdel'ya-niya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, priurochennoi k 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika E. D. Nettevicha. M.: FGBNU «FITs «Nemchinovka», 2018. S. 109–114.
10. Khangil'din V. V., Litvinenko N. A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoi pshenitsy [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VSGL. 1981. № 1. S. 8–14.

Поступила: 31.05.22; доработана после рецензирования: 6.06.22; принята к публикации: 6.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Брагин Р. Н. – выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Филиппов Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ АНДРОГЕНЕЗА ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ПЫЛЬНИКОВ ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР)

О. А. Некрасова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Это исследование было проведено с целью анализа литературных данных, посвященных изучению ряда факторов, влияющих на процессы андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников пшеницы. *Triticum aestivum* L. является одной из наиболее стабильных продовольственных культур в мире. Важным этапом для селекционеров, работающих с пшеницей, остается увеличение потенциала урожайности с соответствующим качеством зерна и устойчивостью к влиянию неблагоприятных факторов среды. Для того чтобы улучшить и ускорить селекционный процесс, требуется целенаправленный отбор исходного материала с вовлечением доноров по основным лимитирующим признакам и свойствам. Применение современных методов селекции и биотехнологических приемов, которые дают возможность ускоренно получить новый исходный материал с желательными хозяйственно-ценными признаками, в этой связи становится актуальным вопросом. Большую перспективу для таких работ имеет использование методов гаплоидии, а именно получение растений с одинарным набором хромосом из культуры незрелых пыльников пшеницы (андрогенез). По данным исследователей, эффективность метода *in vitro* зависит от многих факторов, таких как влияние генотипа, условий выращивания, период проведения отборов, предварительная обработка, формула питательной среды и условия культивирования. Согласно некоторым критическим обзорам зависимость от генотипа, низкая эффективность и альбинизм создают серьезные ограничения применения метода культуры пыльников. Однако другие исследовательские группы приложили значительные усилия, для того чтобы уменьшить влияние этих негативных факторов. Из-за постоянных улучшений хорошо зарекомендовавший себя метод культивирования пыльников *in vitro* может быть эффективным инструментом для создания сортов и линий пшеницы с заданными признаками и свойствами.

Ключевые слова: андрогенез, культура пыльников, ди гаплоид, *Triticum aestivum* L.

Для цитирования: Некрасова О. А. Калинина Н. В. Факторы, влияющие на процессы андрогенеза при культивировании пыльников пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 25–30. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-25-30.



FACTORS AFFECTING THE PROCESSES OF ANDROGENESIS DURING WHEAT ANTHERS CULTIVATION (REVIEW)

O. A. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for cell breeding, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

N. V. Kalinina, junior researcher of the laboratory for cell breeding,

ORCID ID: 0000-0002-2305-4189

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current study was carried out in order to analyze the literature devoted to the researches of a number of factors affecting the processes of androgenesis *in vitro* in wheat anther culture. *Triticum aestivum* L. is one of the most stable food crops in the world. An important step for wheat breeders is to improve the productivity potential with appropriate grain quality and resistance to unfavorable environmental factors. In order to improve and speed up the breeding process, a targeted selection of the initial material is required with the involvement of donors according to the main limiting traits and properties. In this regard, the use of modern breeding methods and biotechnological techniques, which make it possible to quickly obtain a new initial material with desirable economically valuable traits becomes an urgent issue. The use of haploidy methods, namely, the development of plants with a single set of chromosomes from an immature wheat anther culture (androgenesis), has great prospects for such work. According to the researchers, the efficiency of the method *in vitro* depends on many factors, such as influence of a genotype, growing conditions, a selection period, pre-treatment, a nutrient medium formula and cultivation conditions. According to some critical reviews, a genotype dependence, low efficiency, and albinism can pose serious limitations to the application of the anther culture method. However, other research groups have made significant efforts to reduce the impact of these negative factors. Due to continuous improvements, the well-established method of anther culture cultivation *in vitro* can be an effective way to develop wheat varieties and lines with the desired traits and properties.

Keywords: androgenesis, anther culture, dihaploid, *Triticum aestivum* L.

Введение. Пшеница является наиболее важной стабильной продовольственной культурой более чем для одной трети мирового населения. Ее зерно питательно, удобно в хранении и транспортировке, по содержанию ка-

лорий и белков превосходит другие злаковые культуры. Эта культура считается хорошим источником минералов, витаминов группы В и пищевых волокон. Пшеничную муку используют для приготовления хлебобулочных изде-

лий, производства печенья, кондитерских изделий, лапши и др. Пшеницу также применяют как корм для животных, для производства этанола, варки пшеничного пива, в качестве сырья для косметики, пшеничный белок добавляют в заменители мяса (Kumar et al., 2011). Важным этапом для селекционеров, работающих с пшеницей, остается увеличение потенциала урожайности с соответствующим качеством зерна и устойчивостью к влиянию неблагоприятных факторов среды (Некрасов и др., 2018).

Для того чтобы улучшить и ускорить селекционный процесс, требуется целенаправленный отбор исходного материала с вовлечением доноров по основным лимитирующим признакам и свойствам (Некрасова и др., 2017). Применение современных методов селекции и биотехнологических приемов, которые дают возможность ускоренно получить новый исходный материал с желательными хозяйственно-ценными признаками, в этой связи становится актуальным вопросом.

Для проведения таких работ использование методов гаплоидии, а именно получение растений с одинарным набором хромосом из культуры незрелых пыльников пшеницы (андрогенез), открывает большие перспективы (Уразалиев, 2011; Dwivedi et al., 2015).

Культура пыльников имеет много преимуществ в селекционных программах и исследованиях культурных растений. Одним из ее достоинств является получение гомозиготных линий в пределах одного поколения. Быстрое воспроизведение линий дигаплоидов можно комбинировать с отбором, чтобы получить инбредные линии и ускорить выведение новых сортов. Создание дигаплоидов дает возможность быстрого проявления рецессивных аллелей. Кроме того, культура пыльников *in vitro* может сочетаться с другими методами, такими как отбор с помощью маркеров (MAS), анализ QTL, генетическая трансформация или индуцированный мутагенез для достижения желаемых целей селекции и исследований (Wajdzik et al., 2019; Bilchak et al., 2020).

При проведении культивирования пыльников существует ряд трудностей, которые идентичны для большинства злаков – низкий выход эмбрионов и альбинизм. Это заставляет исследователей действовать эмпирически, подбирая оптимальные условия и корректируя их для разных видов и сортов растений. Целью данной работы являлся анализ литературных данных, посвященных изучению ряда факторов, влияющих на процессы андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников пшеницы.

Условия выращивания донорных растений. Качество растений-доноров является одним из самых важных критических факторов, влияющих на эффективность андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников. Здоровые растения-доноры, их побеги и колосья являются первыми важными факторами реализации ускоренного производства дигаплоидов. Два часто применяемых способа (контролируемые усло-

вия в теплице или фитотронной камере; благоприятные полевые условия в питомнике) помогают селекционерам работать в этом направлении. Контролируемые световой и температурный режимы (теплица, фитотронная камера) позволяют выращивать донорские растения в течение всего года (Wang et al., 2019).

Озимым генотипам требуется период яровизации (6–8 недель при 3–4 °C) после прорастания. Как правило, донорные растения выращивают примерно при температуре 18–21/12–15 °C (день/ночь) с 12–18-часовым фотопериодом и 70–80%-й влажности (Broughton et al., 2020). Кроме того, растения-доноры регулярно подкармливают раствором удобрений. Донорские материалы, выращенные в контролируемых условиях, могут быть использованы для методологического усовершенствования и в программах прикладных исследований круглый год.

Некоторые исследователи предпочитают для работы материалы, выращенные в полевых условиях (Lazaridou et al., 2017). Как правило, такие растения-доноры формируют больше побегов с выполненным колосом, крупными пыльниками и микроспорами внутри пыльников. Отобранный материал для производства линий дигаплоидов может быть использован и в практической селекции.

Возраст и физиология. Физиологическое состояние растения-донора оказывает значительное влияние на реакцию микроспор в культуре.

Возраст пыльника и пыльцы является существенным фактором, определяющим высокую частоту получения эмбриогенеза. Кругловой Н.Н. и Никоновым В.И. (2018) был проведен тщательный сравнительный анализ морфогенеза пыльника. Обнаружено, что развитие пыльников отличается у разных линий и сортов. Ускоренными темпами пыльник формируется при быстром прохождении всех фаз у скороспелых образцов, что особенно важно в засушливых климатических условиях.

Результаты работы этих ученых способствовали выделению в процессе развития пыльника пшеницы ряда критических периодов и стадий, которым соответствует определенный этап физиологических изменений растения. Для биотехнологических исследований в культуре пыльников и микроспор у растений пшеницы должны быть следующие фенотипические признаки: кончик колоса, который находится в трубке, должен располагаться на конкретном для каждого генотипа расстоянии от основания флагового листа до основания предпоследнего листа (фенофаза стеблевания на VII этапе органогенеза).

Совместными исследованиями лабораторий биотехнологии Saaten Union Biotec в Германии и КазНИИЗР в Казахстане на основе морфологических наблюдений и цитологического контроля было установлено, что оптимальной стадией развития микроспор является фаза, в которую влажище

второго листа от флагового расположено посередине колоса, а окраска пыльника темно-зеленого цвета (Уразалиев и др., 2015).

Данные о высокой эффективности культуры пыльников, слабо отзывчивых на андрогенез *in vitro* генотипов при совместном культивировании с завязями, отражены в работе A. Castillo с соавторами (2015). Генотип завязи и стадия развития значительно влияли на эмбриогенез и выход зеленых растений. Зрелые завязи из цветков, содержащих микроспоры на поздней двухъядерной стадии, увеличивали количество эмбриоидов и зеленых растений на 25–46% по сравнению с незрелыми (извлеченными из цветков с микроспорами на средней поздней одноядерной стадии).

Стадия развития пыльцы. Стадия развития пыльцевого зерна в пыльниках играет решающую роль в определении андрогенеза. По данным Kanbar et al. (2020), незрелые пыльники, содержащие одноядерную пыльцу в момент первого митоза, являются идеальной стадией для индукции андрогенеза. Существует мнение (Круглова и Никонов, 2018; Дьячук и др., 2019), что при формировании тканей *in vitro* по спорофитному пути критическим этапом развития пыльника является стадия вакуолизированной или сильно вакуолизированной микроспоры. Именно сильно вакуолизированная микроспора способна переключить программу развития с гаметофитного на спорофитный путь развития благодаря ее хорошо выраженной полярности. Такая отличительная черта проявляется как во внутреннем, так и во внешнем строении, т.е. со стороны наружного полюса, обращенного к тапетуму, располагается вакуоль, а со стороны внутреннего полюса, напротив поры прорастания, находится ядро.

Влияние генотипа. Одним из лимитирующих факторов успешного практического применения биотехнологии андроклиной гаплоидии являются генотипические особенности донорного растения. В этой связи для решения задач, поставленных перед селекционерами, важным моментом становится выявление генотипов, сочетающих в себе высокую отзывчивость в культуре *in vitro* изолированных пыльников с заданными хозяйственно ценными признаками для условий конкретного региона возделывания (Сельдиминова и Никонов, 2021).

Наследование отзывчивости определяется преимущественно аддитивными эффектами участка хромосомы. В то же время и неаддитивные эффекты, и цитоплазматические влияния также наблюдались и подтверждались в культуре пыльников (Abd El-Fatah et al., 2020).

C. Lantos с соавторами (2019) сообщают о влиянии гетерозисных и аддитивных эффектов генов в культуре пыльников пшеницы, которые могут быть полезны с точки зрения практической селекции. Привлечение отзывчивых генотипов (как минимум один зеленый проросток/колос) для скрещивания может увеличить количество произведенных линий дигаметоидов.

Из-за сильной зависимости от генотипа многие исследователи предполагают, что исходный материал для андрогенеза следует скрещивать с хорошо регенерирующими сортами. Поскольку это не всегда возможно, альтернативным решением является корректировка методологии отдельно для генотипов пшеницы. На первом этапе необходимо проанализировать различия между ними в реакции на содержание гормонов в питательной среде, воздействующей на микроспоры при андрогенезе (Weigt et al., 2020).

Предобработка пыльников. Согласно литературным данным предварительная стрессовая обработка пыльников играет ключевую роль в перепрограммировании микроспор на путь спорофитов, что практически означает индукцию эмбриогенеза *in vitro*. Также исследователи сообщили о многих факторах стресса, которые применяли для индукции андрогенеза, включая холод, тепло, голодание, колхицин, осмотический шок, диметилсульфоксид (ДМСО) и др. (Echávarri and Cistué, 2016). Однако наиболее часто применяемыми стресс-факторами являются низкие, высокие температуры и голодание, отдельно или в комбинациях. Оптимальное воздействие и сочетание стрессов (холод, жара и др.) играет важную роль в индукции андрогенеза, потому что слишком легкие или чрезмерные нагрузки могут снизить эффективность. Повышенные стрессы могут снизить не только регенерацию, но и увеличить частоту появления проростков-альбиносов. Для этого применяемые методы обработки стрессом были проанализированы непосредственно на побегах или изолированных пыльниках. Предварительная холодовая обработка донорских побегов – это простейший способ перепрограммирования микроспор. По данным H.M. Wang (2019), андрогенез микроспор *in vitro* можно индуцировать длительной предварительной холодовой обработкой (2–5 °C, 10 дней – 4 недели) донорских побегов. В то же время и короткая предварительная обработка холодом (3–8 дней, 4–6 °C) также может использоваться для индукции андрогенеза (Sen, 2017). Более того, андрогенез *in vitro* успешно индуцируется голоданием (самостоятельно или в сочетании с химическими обработками) изолированных пыльников (Echávarri and Cistué, 2016). В работе B. Echávarri и L. Cistué (2016) указано, что применение маннитола и колхицина увеличивало количество зеленых ростков и дигаметоидных растений в зависимости от генотипа, а комбинация маннита и предварительной обработки ДМСО способствовала образованию большего количества эмбриоидов, зеленых проростков и растений дигаметоидов по сравнению с голоданием, применяемым отдельно.

По мнению C. Lantos и J. Pauk (2016), термическая обработка (3 дня, 32 °C) изолированных пыльников, часто применяемая как стресс-фактор, повышает эффективность индукции андрогенеза.

Состав питательной среды. Очень важным фактором, влияющим на андрогенез, является

состав питательной среды. В частности, определенную роль играют концентрация и сочетание гормонов. В разных экспериментах применяют добавление следующих составляющих: макро- и микроэлементы, витамины, аминокислоты, активированный уголь, различные экстракты. Для культивирования изолированных пыльников используют модифицированную базовую среду Мурасиге и Скуга (MS) (1962) с добавлением регуляторов роста, среды B-5 (Gamborg et al., 1968), MN6 (Chu, 1978) и др.

Также разработаны две картофельные среды: Potato-I (P-1) и Potato-II (P-2). В каждой такой среде основной частью был картофельный экстракт, также в качестве добавок использовали некоторые определенные неорганические и органические химические вещества. В P-1 не добавляли неорганические соли (кроме железа) и витамины. В P-2 только половинная концентрация шести основных неорганических солей синтетической среды W14 и один витамин (тиамин).

J.W. Ouyang с коллегами (2004) модифицировали синтетическую среду W14, используя 5%-й экстракт картофеля в качестве добавки, но в то же время они уменьшили количество каждого ингредиента среды W14 до трех четвертей от исходной концентрации. Их результаты показали, что эффективность этой среды, содержащей картофельный экстракт, была намного выше, чем эффективность исходного ее состава.

По данным Н.В. Лавровой (2006), эффективность любой синтетической индукционной среды для культуры пыльников пшеницы может быть улучшена путем добавления глюкозы, сахарозы либо мальтозы.

В то же время в исследованиях И.В. Любушкиной и др. (2020) применение мальтозы как источника углеводов оказалась неэффективной, поскольку образования каллусов и эмбриоидов в культуре пыльников не было установлено.

Тип и концентрация регуляторов роста (гормонов) в индукционной питательной среде играют важную роль в изменении пути развития микроспор с гаметофитного на спорофитный. В работе R. Orlowska с соавторами (2020) было показано, что использование физиологически активных веществ (ауксины, цитокинины) изменяет рост каллуса и скорость регенерации растений. Индукция деления клеток микроспор и пролиферации клеток в пробир-

ке достигается за счет ауксинов (2,4-Д, нафтилуксусной кислоты и индол-3-уксусной кислоты). В зависимости от концентрации в среде 2,4-Д может действовать как стрессор, способствующий изменению пути развития пыльцы, или как компонент, необходимый для развития эмбриоида.

Взаимодействие между ауксином и цитокинином особенно важно для контроля нескольких процессов развития, таких как формирование и развитие меристем, которые необходимы для формирования всего растительного организма (Su et al., 2011).

В работе Кругловой Н.Н. (2018) установлено, что индукция определенного пути морфогенеза *in vitro* определяется главным образом балансом между содержанием эндогенного (в эксплантах) и экзогенного (в составе питательной среды) ауксина ИУК. Показана принципиальная возможность регуляции путей морфогенеза *in vitro* каллусов путем подбора для каждого генотипа адекватного для индукции конкретного пути баланса эндогенного и экзогенного ауксинов.

Проявление альбинизма. Каждый из вышеперечисленных факторов может вызвать такое сложное явление, как альбинизм. В последнее время альбинизм все еще рассматривают как один из основных факторов, препятствующих андрогенезу *in vitro* культуре пыльников пшеницы. Существуют данные, что соотношение проростков-альбиносов может уменьшаться шаг за шагом путем оптимизации вышеперечисленных факторов, кроме влияния генотипа. Методы получения дигаплоидов и хорошо зарекомендовавшие себя протоколы можно эффективно применять в селекции пшеницы и исследовательских программах (Orlowska et al., 2020).

Заключение. На отзывчивость пыльников, культивируемых *in vitro*, оказывают влияние многие взаимодействующие факторы: условия выращивания донорных растений, генотип, физиологическое состояние растения-донора, стадия развития микроспоры, предобработка пыльников, состав питательной среды. Для повышения эффективности получения гаплоидов и дигаплоидов необходимо проводить комплексное изучение, позволяющее оценить структурные особенности и физиологические механизмы процесса репрограммирования клеток пыльника и отзывчивости их на условия культивирования.

Библиографические ссылки

1. Дьячук Т.И., Хомякова О.В., Акинина В.Н., Кибкало И.А., Поминов А.В. Микроспоровый эмбриогенез *in vitro* – роль стрессов // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2019. 23(1). С. 86–94. DOI: 10.18699/VJ19.466.
2. Круглова Н.Н., Никонов В.И. Морфометрический критерий оптимальной стадии развития пыльника при биотехнологических исследованиях яровой мягкой пшеницы // Вестник БГАУ. 2018. № 4. С. 34–39. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-34-39.
3. Лаврова Н.В. Практические аспекты андрогенеза *in vitro* озимой мягкой пшеницы // Известия ТСХА. 2006. Вып. 4. С. 108–114.
4. Любушкина И.В., Поморцев А.В., Полякова М.С., Арбузова Г.А., Войников В.К., Анапияев Б.Б. Влияние инициальных сред и длительности холодовой предобработки на эффективность андрогенеза в культуре изолированных пыльников озимой пшеницы сорта Иркутская // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2020. Т. 34. С. 20–32. DOI: 10.26516/2073-3372.2020.34.20.

5. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Рыбась И.А., Иванисов М.М., Гричаникова Т.А., Романюкина И.В. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6(60). С. 46–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
6. Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Изучение типов наследования массы 1000 зерен у гибридов F2 мягкой озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1 (49). С. 20–23.
7. Сельдиминова О.А., Никонов В.И. Факторы, влияющие на отзывчивость в культуре *in vitro* изолированных пыльников злаков // Экобиотех. 2021. Том 4. № 2. С. 107–120. DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-2-107-120.
8. Уразалиев К.Р. Гаплоидные технологии в селекции растений // Биотехнология. Теория и практика. 2015. № 3. С. 33–44.
9. Abd El-Fatah B. E. S., Sayed M. A., El-Sanussy S. A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Mol. Biol. Rep. 2020. V. 47. № 12. P. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.
10. Bilichak A., Sastry-Dent L., Sriram S., Simpson M., Samuel P., Webb S., Jiang F., Eudes F. Genome editing in wheat microspores and haploid embryos mediated by delivery of ZFN proteins and cell-penetrating peptide complexes // Plant Biotechnology Journal. 2020. № 18. P. 1307–1316. DOI: 10.1111/pbi.13296.
11. Broughton S., Castello M., Liu L., Killen J., Hepworth A., O'leary R. The effect of Caffeine and Triflurain on chromosome doubling in wheat anther culture // Plants. 2020. № 9. 105 p. DOI: 10.3390/plants9010105.
12. Castillo A., Sánchez-Díaz R., Vallés M. Effect of ovary induction on bread wheat anther culture: ovary genotype and developmental stage, and candidate gene association // Front Plant Sci. 2015. № 6. 402 p. DOI: 10.3389/fpls.2015.00402.
13. Dwivedi S. L., Britt A. B., Tripathi L., Sharma S., Upadhyaya H. D., Ortiz R. Haploids: constraints and opportunities in plant breeding // Biotechnol. Adv. 2015. V. 33, № 6. P. 812–829. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.07.001.
14. Echávarri B., Clstué L. Enhancement in androgenesis efficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by the addition of dimethyl sulfoxide to the mannitol pretreatment medium // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2016. № 125. P. 11–22.
15. Kanbar O. Z., Lantos C., Kiss E., Pauk J. Androgenic responses of winter wheat combinations in *in vitro* anther culture // Genetika-Belgrade. 2020. № 52. P. 337–350. DOI: 10.2298/GENSR2001335K.
16. Lantos C., Pauk J. Anther culture as an effective tool in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding // Russian Journal of Genetics. 2016. № 52. P. 794–801.
17. Lantos C., Purgel S., Ács K., Langó B., Bóna L., Boda K., Békés F., Pauk J. Utilization of *in vitro* anther culture in spelt wheat breeding // Plants. 2019. № 8. 436 p. DOI: 10.3390/plants8100436.
18. Orłowska R., Pachota K. A., Machczynska J., Nledziela A., Makowska K., Zimny J., Bednarek P. T. Improvement of anther cultures conditions using the Taguchi method in three cereal crops // Electronic Journal of Biotechnology. 2020. № 43. P. 8–15.
19. Ouyang J. W., Liang H., Zhang C., Zhao T. H., Jia S. E. The effect of potato extract used as additive in anther culture medium on culture responses in *Triticum aestivum* (L.) // Cereal Research Communications. 2004. № 32. P. 501–508.
20. Kumar P., Yadava R., Gollen B., Kumar S., Kant R., Yadav S. // Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat // A Review. Life Sciences and Medicine Research. Volume 2011: LSMR-22. P. 1–10.
21. Lazaridou A., Peysakhovich, A., Baroni M. Multi-agent cooperation and the emergence of (natural) language // in International Conference on Learning Representations (ICLR 2017) (Toulon). 2017.
22. Sen A. Retrotransposon insertion variations in doubled haploid bread wheat mutants // Plant Growth Regulation. 2017. № 81. P. 325–333.
23. Su Ying-Hua, Liu Yu-Bo, Zhang Xian-Sheng. Auxin – Cytokinin Interaction Regulates Meristem Development // Mol. Plant. 2011. 4(4). P. 616–625. DOI: 10.1093/mp/ssr007.
24. Wang H. M., Enns J. L., Brost J. M., Orr T. D., Ferrie A. Improving the efficiency of wheat microspore culture evaluation of pretreatments, gradients, and epigenetic chemicals // Plant Cell Tissue and Organ Culture. 2019. № 139. P. 589–599.
25. Wajdzik K., Golebiowska G., Dyda M., Gawronska K., Rapacz M., Wedzony M. The QTL mapping of the important breeding traits in winter triticale (X *Triticosecale* Wittm.) // Cereal Research Communications. 2019. № 47. P. 395–408. DOI: 10.1556/0806.47.2019.24.
26. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczyk J., Tomkowiak A., Kwiatak M. Comparison of androgenic response of spring and winter wheat // Plants. 2020. № 9. 49 p. DOI: 10.3390/plants9010049.

References

1. D'yachuk T. I., Khomyakova O. V., Akinina V. N., Kibkalo I. A., Pominov A. V. Mikrospоровый эмбриогенез *in vitro* – роль стрессов [Microspore embryogenesis *in vitro*, the role of stress] // Vavilovskii zhurnal selektsii i genetiki. 2019. 23(1). S. 86–94. DOI: 10.18699/VJ19.466.
2. Kruglova N. N., Nikonov V. I. Morfometricheskii kriterii optimal'noi stadii razvitiya pyl'nika pri biotekhnologicheskikh issledovaniyakh yarovoi myagkoi pshenitsy [Morphometric criterion of the optimal anther development stage in biotechnological study of spring common wheat] // Vestnik BGAU. 2018. № 4. S. 34–39. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-34-39.
3. Lavrova N. V. Prakticheskie aspekty androgeneza *in vitro* ozimoi myagkoi pshenitsy [Practical aspects of androgenesis *in vitro* of winter common wheat] // Izvestiya TSKhA. 2006. Vyp. 4. S. 108–114.
4. Lyubushkina I. V., Pomortsev A. V., Polyakova M. S., Arbuzova G. A., Voynikov V. K., Anapiyaev B. B. Vliyaniye initsial'nykh sred i dlitel'nosti kholodovoi predobrabotki na effektivnost' androgeneza v kul'ture izolirovannykh pyl'nikov ozimoi pshenitsy sorta Irkutskaya [The effect of initial media and duration of cold

pretreatment on the androgenesis efficiency in the culture of isolated anthers of the winter wheat variety 'Irkutskaya' // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya. Ekologiya. 2020. T. 34. S. 20–32. DOI: 10.26516/2073-3372.2020.34.20.

5. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Rybas' I. A., Ivanisov M.M., Grichanikova T.A., Romanyukina I.V. Izuchenie urozhnosti i elementov ee struktury u sortov ozimoi myagkoi pshenitsy po predshestvenniku podsolnechnik [The study of productivity and yield structure elements of the winter common wheat varieties sown after sunflower] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 6(60). S. 46–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.

6. Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. Izuchenie tipov nasledovaniya massy 1000 zeren u gibridov F2 myagkoi ozimoi pshenitsy [The study of inheritance types of 1000-grain weight in F2 hybrids of winter common wheat] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 1 (49). S. 20–23.

7. Sel'dimirova O. A., Nikonov V.I. Faktory, vliyayushchie na otzyvchivost' v kul'ture *in vitro* izolirovannykh pyl'nikov zlakov [Factors affecting the responsiveness *in vitro* of isolated anthers of grain crops] // Ekobiotekh. 2021. T. 4, № 2. S. 107–120. DOI: 10.31163/2618-964X-2021-4-2-107-120.

8. Urzaliyev K. R. Gaploidnye tekhnologii v selektsii rastenii [Haploid technologies in plant breeding] // Biotehnologiya. Teoriya i praktika. 2015. № 3. S. 33–44.

9. Abd El-Fatah B. E. S., Sayed M.A., El-Sanussy S.A. Genetic analysis of anther culture response and identification of QTLs associated with response traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Mol. Biol. Rep. 2020. V. 47, № 12. P. 9289–9300. DOI: 10.1007/s11033-020-06007-z.

10. Bilichak A., Sastry-Dent L., Sriram S., Simpson M., Samuel P., Webb S., Jiang F., Eudes F. Genome editing in wheat microspores and haploid embryos mediated by delivery of ZFN proteins and cell-penetrating peptide complexes // Plant Biotechnology Journal. 2020. № 18. P. 1307–1316. DOI: 10.1111/pbi.13296.

11. Broughton S., Castello M., Liu L., Killen J., Hepworth A., O'leary R. The effect of Caffeine and Triflurain on chromosome doubling in wheat anther culture // Plants. 2020. № 9. 105 r. DOI: 10.3390/plants9010105.

12. Castillo A., Sánchez-Díaz R., Vallés M. Effect of ovary induction on bread wheat anther culture: ovary genotype and developmental stage, and candidate gene association // Front Plant Sci. 2015. № 6. 402 r. DOI: 10.3389/fpls.2015.00402.

13. Dwivedi S. L., Britt A. B., Tripathi L., Sharma S., Upadhyaya H. D., Ortiz R. Haploids: constraints and opportunities in plant breeding // Biotechnol. Adv. 2015. V. 33, № 6. P. 812–829. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.07.001.

14. Echávarri B., Clstué L. Enhancement in androgenesis efficiency in barley (*Hordeum vulgare* L.) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by the addition of dimethyl sulfoxide to the mannitol pretreatment medium // Plant Cell., Tissue and Organ Culture. 2016. № 125. P. 11–22.

15. Kanbar O. Z., Lantos C., Kiss E., Pauk J. Androgenic responses of winter wheat combinations in *in vitro* anther culture // Genetika-Belgrade. 2020. № 52. P. 337–350. DOI: 10.2298/GENSR2001335K.

16. Lantos C., Pauk J. Anther culture as an effective tool in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding // Russian Journal of Genetics. 2016. № 52. P. 794–801.

17. Lantos C., Purgel S., Ács K., Langó B., Bóna L., Boda K., Békés F., Pauk J. Utilization of *in vitro* anther culture in spelt wheat breeding // Plants. 2019. № 8. 436 r. DOI: 10.3390/plants8100436.

18. Orlowska R., Pachota K. A., Machczynska J., Nledziela A., Makowska K., Zimny J., Bednarek P. T. Improvement of anther cultures conditions using the Taguchi method in three cereal crops // Electronic Journal of Biotechnology. 2020. № 43. P. 8–15.

19. Ouyang J. W., Liang H., Zhang C., Zhao T. H., Jia S. E. The effect of potato extract used as additive in anther culture medium on culture responses in *Triticum aestivum* (L.) // Cereal Research Communications. 2004. № 32. P. 501–508.

20. Kumar R., Yadava R., Gollen V., Kumar S., Kant R., Yadav S. // Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat // A Review. Life Sciences and Medicine Research. Volume 2011: LSMR-22. R. 1–10.

21. Lazaridou A., Peysakhovich A., Baroni M. Multi-agent cooperation and the emergence of (natural) language // in International Conference on Learning Representations (ICLR 2017) (Toulon). 2017.

22. Sen A. Retrotransposon insertion variations in doubled haploid bread wheat mutants // Plant Growth Regulation. 2017. № 81. P. 325–333.

23. Su Ying-Hua, Liu Yu-Bo, Zhang Xian-Sheng. Auxin – Cytokinin Interaction Regulates Meristem Development // Mol. Plant. 2011. 4(4). P. 616–625. DOI: 10.1093/mp/ssr007.

24. Wang H. M., Enns J. L., Brost J. M., Orr T. D., Ferrie A. Improving the efficiency of wheat microspore culture evaluation of pretreatments, gradients, and epigenetic chemicals // Plant Cell Tissue and Organ Culture. 2019. № 139. P. 589–599.

25. Wajdzik K., Golebiowska G., Dyda M., Gawronska K., Rapacz M., Wedzony M. The QTL mapping of the important breeding traits in winter triticale (X *Triticosecale* Wittm.) // Sereal Research Communications. 2019. № 47. P. 395–408. DOI: 10.1556/0806.47.2019.24.

26. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczak J., Tomkowiak A., Kwiatek M. Comparison of androgenic response of spring and winter wheat // Plants. 2020. № 9. 49 r. DOI: 10.3390/plants9010049.

Поступила: 29.04.22; доработана после рецензирования: 11.05.22; принята к публикации: 12.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Некрасова О. А. – концептуализация и проектирование исследования, сбор данных, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Калинина Н. В. – анализ данных и интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ БИОАКТИВАЦИИ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АМИЛОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор СамНЦ РАН, samniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797
Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Голозерный овес является перспективной культурой для проращивания (биоактивации), т.е. это и технологическая добавка, и функциональный ингредиент, влияющий на биологическую ценность и потребительские свойства нового продукта. Цель работы – установить биохимический состав зерна овса голозерного после проведения процесса биоактивации и оценить состояние углеводно-амилазного комплекса зерна. Исследования проводили в течение 2018–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта овса: пленчатый Конкур, голозерные Багет и Бекас. Установлена в многолетних исследованиях высокая питательная ценность сортов овса голозерного Багет и Бекас: содержание белка на 4,5–4,8%, крахмала – на 33,0%, жира – на 27,0–39,0% больше по сравнению с пленчатым сортом Конкур, что говорит о больших перспективах в хлебопечении, возможностях использования данной культуры при производстве крахмала и масла. Отмечено, что в период биоактивации более активное и дружное проклевывание зерна, рост и развитие ростка до 1,5 мм у 80% семян наблюдалось у сортов голозерного овса. Экспериментально установлено, что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным зерном. А вследствие более активного прорастания голозерного овса и расход белковых веществ, полисахаридов и жиров в зерне сортов Багет и Бекас проходил более активно на 2,3–3,4%. Оценено состояние углеводно-амилазного комплекса: зерно голозерного овса в отличие от пленчатого характеризуется более низкой амилолитической активностью (вязкость 880–890 е. а. на амилграфе Брабендера и «число падения» по Хагбергу–Пертену 348–354 с). Биоактивация зерна сильно повысила амилолитическую активность: максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е. а., число падения – на 75 с. Суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α -амилазы в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β -амилазы возросло в 1,7–3,9 раза. Голозерный овес, обладая низкой амилолитической активностью, в процессе биоактивации приобретает большую технологичность и функциональность как ингредиент, влияющий на биологическую ценность нового продукта.

Ключевые слова: голозерный овес, белок, крахмал, сахар, жир, углеводно-амилазный комплекс.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Влияние биоактивации на биохимический состав и амилолитическую активность зерна овса голозерного // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 31–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-31-36.



THE EFFECT OF BIOACTIVATION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION AND AMYLOLYTIC ACTIVITY OF HULLES OATS

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
S. N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, samniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;
N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797
Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS, 446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

Hulles oats is a promising grain crop for germination (bioactivation), that is, it is both a technological additive and a functional ingredient that influences the biological value and consumer properties of a new product. The purpose of the current work was to identify the biochemical composition of hulles oats after the bioactivation process and to estimate the state of the carbohydrate-amylase complex of grain. The study was carried out at the experimental plots of the Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov during 2018–2021. There were studied such oat varieties as the hulled variety 'Konkur', the hulles varieties 'Baget' and 'Bekas'. In the long-term trials there was established the high nutritional value of the hulles oat varieties 'Baget' and 'Bekas' with on 4.5–4.8% of protein, 33.0% of starch and 27.0–39.0% of oil more than these of the hulled variety 'Konkur', which indicated great prospects in baking, possibilities of using this crop in the production of starch and oil. The period of bioactivation has shown that 80% of hulles variety seeds demonstrated more active and friendly kernel sprouting, growth and development up to 1.5 mm. There has been experimentally established that the conditions created during germination (water, temperature,

air) reduced mass fraction of protein in kernels on 5.4 – 8.8%, starch content in kernels on 19.5–22.9%, oil in kernels on 5.1 – 7.0% compared with non-sprouted oats. Due to more active germination of hulls oats, the consumption of protein, polysaccharides and oil by the kernels of the varieties 'Baget' and 'Bekas' was on 2.3–3.4% more active. There has been estimated the state of carbohydrate-amylase complex. The kernels of hulls oats in contrast to hulled oats were characterized by lower amylolytic activity (880–890 u.a. of viscosity on the Brabender amylograph and 348–354 c of 'falling number' according to Hagberg-Perten). Bioactivation of grain greatly increased the amylolytic activity: the maximum viscosity of the suspension in the varieties Baget and Bekas stopped at the level of 105 AU, the falling number was 75 s. The total enzymatic activity of amylases has increased in absolute terms on 13.3 – 43.4 mg, the dextrinating activity of α -amylase increased in 2.2–9.8 times, and the saccharifying effect of β -amylase increased in 1.7–3.9 times. The hulls oats, having low amylolytic activity, in the process of bioactivation has acquired greater manufacturability and functionality as an ingredient that influences the biological value of a new product.

Keywords: hulls oats, protein, starch, sugar, oil, carbohydrate-amylase complex.

Введение. Здоровый образ жизни, правильное питание – необходимые условия для увеличения продолжительности жизни человека и предотвращения хронических и ранее неизвестных болезней. В данной ситуации следует сосредоточить внимание на профилактике здоровья, а именно профилактике питания, базой для которой являются функциональные продукты. К таким продуктам относится овес, который не только насыщает человеческий организм белками, жирами, углеводами, минерально-витаминным комплексом, но и оздоравливает его, нейтрализуя вредные факторы окружающей среды, а также несбалансированность питания в результате напряженного ритма жизни (Полонский и др., 2019; Лоскутов и Полонский, 2017; Singh et al., 2013).

Овес используют для производства муки, крупы, толокна, хлопьев, солода, а также кормов. В последнее время товаропроизводители проявляют большую заинтересованность к овсу голозерному. Данный злак уступает по урожайности пленчатым формам овса, но с позиции переработки с учетом материальных и энергетических затрат более технологичен. Голозерные сорта овса по ряду показателей превосходят пленчатый овес: содержание белка и жира в зерне более высокое: на 1,9–3,7 и 1,6–2,0% соответственно, крахмала – на 60,0% и более против 48,0% и более у пленчатого (Баталова и др., 2016; Козлова и Акимова, 2009). Белок голозерных сортов овса по аминокислотному составу сбалансирован и полноценен: представлен в основном глютелинами (47,0–50,4%) в отличие от белка пленчатых сортов, для которого характерны низкомолекулярные фракции (до 40,7%) – альбумины и глобулины (Manzali et al., 2017; Шаболкина и др., 2020). По содержанию жира в зерне (4,0–7,0% и более) голозерный овес завоевал нишу в перерабатывающей промышленности, и овсяное масло отличается высокими пищевыми достоинствами, так как соотношение жирных кислот в зерне оптимально (Красильников и др., 2018).

Повышенный спрос на натуральные продукты, обогащенные различными биологически активными веществами (функциональные продукты питания) – это тренд современной жизни. К одному из способов производства «правильных продуктов» относится проращивание зерна (биоактивация, или проклеивание) – процесс насыщения водой под действием ряда факторов (тепло, воздух), когда происходит ги-

дроллиз высокомолекулярных веществ в формы подвижные, доступные для усвоения организмом (Бутенко и Лигай, 2013). Голозерный овес с рядом достоинств по сравнению с другими зерновыми является перспективной культурой для проращивания, ценными аминокислотами, микроэлементами, полисахаридами, т.е. это и технологическая добавка, и функциональный ингредиент, влияющий на биологическую ценность и потребительские свойства нового продукта.

Исследования, связанные с влиянием биоактивации на качество зерна овса голозерного, изучены недостаточно, а так как голозерный овес является необходимым компонентом здорового питания, они очень актуальны.

Цель работы – установить биохимический состав зерна овса голозерного (сорта Багет, Бекас) после проведения процесса биоактивации и оценить состояние углеводно-амилазного комплекса зерна.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в течение 2018–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта овса: пленчатый Конкур, голозерные Багет и Бекас. Для размола зерна использовали мельницу Mill-3100. В цельносмолотом зерне до и после биоактивации определяли азот белковый по ГОСТ 10846-91, крахмал – по ГОСТ 10845-98, сахар по Бертрану – ГОСТ 26176-2019, жир – по ГОСТ 29033-91. Для оценки углеводно-амилазного комплекса зерна изучали следующие показатели: «число падения» по Хагбергу – Пертену (ГОСТ 30498-97), амилолитическую активность зерна на амилографе Брабандера (ГОСТ ISO 7973-2013), активность α - и β -амилазы – колориметрическим методом по Плешкову, активность амилаз выражали в мг расщепленного крахмала на 1 г зерна за 1 мин. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Биоактивацию (проращивание) зерна овса осуществляли на основании проведенных исследований и разработок в Самарском ГАУ (Дулов и Дулова, 2019). Предварительно очищенное от сорной и зерновой примеси зерно (фракции 1,8×20; 2,5×20) прогревали 30 мин в шкафу при температуре 45 °С. Затем промывали в воде 5–7 раз, после чего зерно замачивали в течение 6 ч в воде при температуре 22±0,5 °С. Биоактивацию зерна овса голозерного и пленчатого до появления ростков раз-

мером до 1,0–1,5 мм у не менее 80% зерен проводили в климокамере при температуре $22 \pm 0,5$ °C в течение 30 ч (вместе с замачиванием). Влажность зерна при биоактивации поддерживали на уровне 40–42%. Зерно овса после биоактивации сушили в шкафу при температуре 45 °C до влажности 12,0%.

Результаты и их обсуждение. За годы исследований показатели качества зерна исследуемых сортов пленчатого овса Конкур и голозерного Багет и Бекас в условиях зоны Среднего Поволжья зависели от погоды вегетационного периода. В 2018 г. была жаркая погода, су-

хоеи, низкая влагообеспеченность, в 2019 и 2020 гг. – колеблющийся температурный режим от значений ниже среднеемноголетних на 6–8 °C в начале вегетации до засухи в июне и в июле; низкий гидротермический коэффициент (0,39) за период роста и развития растений в 2021 г., несмотря на то, что в фазу всходы-кущение осадки превышали среднеемноголетние на 15,0 мм. Данные погодные условия не способствовали формированию высокой урожайности овса, но повлияли на накопление белка в зерне у сорта Конкур до 14,9%, сортов Бекас и Багет – до 19,4–19,7% (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав цельнозерновой муки сортов пленчатого и голозерного овса до и после биоактивации (2018–2021 гг.)
Table 1. Chemical composition of whole grain flour of hulles and hulled oat varieties before and after bioactivation (2018–2021)

Сорт	Белок, %	Крахмал, %	Сахар, %	Жир, %
Цельносмолотое зерно				
Конкур	14,9	36,9	1,4	4,3
Багет	19,7	55,5	1,9	5,9
Бекас	19,4	54,4	1,8	7,0
Биоактивированное цельносмолотое зерно				
Конкур	14,1	29,7	2,3	4,1
Багет	18,4	42,8	3,2	5,6
Бекас	17,7	42,1	2,8	6,6
НСР _{0,05}	0,9	0,8	0,3	0,6

Исследуемые сорта голозерного овса в многолетних исследованиях (2018–2021 гг.) в конкурсном сортоиспытании показывали по содержанию белка значительное преимущество по сравнению с пленчатым сортом Конкур – на 4,5–4,8%.

Содержание в зерне усваиваемых углеводов (крахмал, сахара) более 60,0% – это незаменимый источник энергии. Условия произрастания за годы исследований практически не повлияли на содержание крахмала в зерне исследуемых сортов овса, данный углевод характеризовался стабильностью, и более высокие значения отмечены у сортов голозерного овса Багет и Бекас – 54,4 – 55,5%. Учитывая низкую амилолитическую активность в зерне («число падения» 348–354 с), у овса голозерного большие перспективы в хлебопечении и возможности для использования его в производстве крахмала. Концентрация сахаров варьировала от 1,4 до 1,9% и зависела от сортовых особенностей (наименьшее количество в пленчатом зерне).

В зерне сортов голозерного овса в отличие от пленчатых форм (4,3%) высокое содержание жира – 5,9–7,0% (максимум у сорта Бекас), поэтому данная культура может быть использована при производстве масла. Сорт Багет при проведении лабораторной выпечки хлеба в смеси с пшеничной мукой показал лучший результат по объему хлеба, возможно, из-за более низкого содержания жира в зерне (на 1,1% в абсолютном значении по сравнению с сортом Бекас), так как жирные кислоты тяжелят тесто и замедляют газообразование.

Увеличение питательной ценности продуктов может быть достигнуто добавлением в процессе их производства биоактивированного зерна овса. Процесс биоактивации влияет на биохимический состав зерна: высокомолекулярные соединения гидролизуются на более простые, легкоусваиваемые, доступные для развивающегося ростка. Зерно исследуемых сортов овса (Конкур, Багет, Бекас) при проращивании использовали доброкачественное, и характеризовалось оно по основным семенным показателям (важным также и для качества продовольственного сырья) высокой энергией прорастания – 94% и всхожестью – 96–98%. Биоактивация зерна овса при температуре 22 °C в течение 30 ч с предварительным замачиванием в воде (6 ч) практически не изменила естественный цвет зерна, но повлияла на биохимические показатели.

Экспериментально установлено (табл. 1), что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным, но одновременно и синтезу витаминов (в 1,5–2,0 раза и более), увеличению макроэлементов и микроэлементов (Бутенко и Лигай, 2013) в доступной форме. Увеличение сахаров и декстринов на 55,0–68,0% в процессе клейстеризации крахмала, а также легкоусваиваемые питательные вещества, образуемые в результате гидролиза, ведут к дружному проклевыванию зерна, росту и развитию ростка до 1,0–1,5 мм у 80% семян овса. Голозерные сорта овса Багет и Бекас

за период биоактивации прорастали быстрее (до 1,5 мм), чем пленчатый сорт Конкур (до 1,0–1,2 мм), и соответственно расход белковых веществ, полисахаридов и жиров проходил активнее на 2,3–3,4%.

Процесс прорастания активизирует ферменты, увеличивается активность (протеолитическая, амилолитическая, липолиз), ведущая к разложению сложных соединений, улучшая их усвояемость и переваримость. Амилолитические ферменты выполняют важную работу в усвоении питательных веществ,

биоактивация повышает атакуемость крахмальных зерен ферментами с образованием мальтозы и декстринов (Дулов и Дулова, 2019), изменяет показатели углеводно-амилазного комплекса.

Проведенные нами исследования на амилографе Брабендера, определение «числа падения» по Хагбергу – Пертену показали низкую амилолитическую активность у цельносмолотого зерна сортов пленчатого и голозерного овса (табл. 2).

Таблица 2. Амилолитическая активность цельнозерновой муки сортов пленчатого и голозерного овса до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 2. Amylolytic activity of whole grain flour of hulles and hulled oat varieties before and after bioactivation (2019–2021)

Сорт	Амилограф			Число падения, с	Активность амилазы, мг		
	Время, мин	Максим. вязкость, е.а.	Температура, °С		α-амилаза	β-амилаза	сумма
Цельносмолотое зерно							
Конкур	32	290	73	128	2,6	14,4	17,0
Багет	28	880	67	348	0,8	14,6	15,4
Бекас	27	890	65,5	354	1,4	13,2	14,6
Биоактивированное цельносмолотое зерно							
Конкур	21	60	56,5	65	5,8	24,5	30,3
Багет	17	100	50,5	74	7,8	50,6	58,4
Бекас	15	110	47,5	76	6,8	51,2	58,0
НСР _{0,05}	3,0	39	5,5	8,5	1,4	10,0	9,1

Максимальная вязкость водно-мучной суспензии и показатель «числа падения» овсяного шрота у сортов Багет и Бекас были очень высокими на уровне 880–890 е.а. и 348–354 с, что свидетельствует о низкой ферментативной активности. У сорта Конкур показатели ферментативной активности были более высокими – соответственно 290 е.а. и 128 с. Клейстеризация крахмала при данных методах исследования проходит при постоянно повышающейся температуре, и значение температуры, при которой достигается высшая точка вязкости, является важным критерием активности амилаз – 65,5–73 °С, что необходимо знать при оценке углеводно-амилазного состояния.

Биоактивация пленчатого и голозерного овса сильно повлияла на амилолитическую активность зерна, которую отслеживали по изменению показателей максимальной вязкости водно-мучной суспензии и числа падения. Максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е.а., число падения – на 75 с (т.е. показатели снизились соответственно на 780 е.а. и 276 с), у сорта Конкур после проращивания ферментативная активность была более высокой (вязкость 60 е.а., число падения 65 с).

Еще более информативным показателем при оценке состояния углеводно-амилазного комплекса является активность α- и β-амилазы. Для активной работы ферментов, как было уже отмечено, необходимы соответствующие условия – вода, тепло, воздух. Проращивание зерна овса при температуре 22 °С в течение 30 ч с предварительным замачиванием в воде

(6 ч) до образования ростков в 1,0–1,5 мм снижает долю крахмала в зерне на 19,5–22,9%. Снижение количества крахмала в период биоактивации в зерне овса происходит при непосредственном участии термостойкой α-амилазы и термолабильной β-амилазы, которые расщепляют крахмал на промежуточные продукты. Активность амилолитических ферментов в зерне сортов овса до процесса проращивания находилась в пределах: α-амилаза – 0,8–2,6 мг и β-амилаза – 13,2–14,6 мг. За период биоактивации зерна суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α-амилазы – в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β-амилазы возросло в 1,7–3,9 раза.

В опытах выявлены изменения не только суммы амилаз, но и отдельно ферментов в амилазном комплексе, а также содержание показателей в зависимости от сорта. При изучении активности данных ферментов отмечено, что у сортов голозерного овса по сравнению с пленчатым сортом до проращивания суммарная активность и активность α- и β-амилазы были наименьшими, что соответствует амилографическим данным и «числу падения». После прорастания при определенно созданных нами условиях у сортов Багет и Бекас ферментативная активность возросла в несколько раз больше, чем у сорта Конкур. Можно предположить, что для того, чтобы гидролизовать крахмал, соответствующий таким высоким показателям вязкости (880–890 е.а.) и числу падения 348–354 с, необходимы наибольшая активность

и совместное декстринирующее и осахаривающее действие α - и β -амилазы при разжижении крахмала, которые каждая в отдельности не работают.

Выводы. Установлена в многолетних исследованиях высокая питательная ценность сортов овса голозерного Багет и Бекас: содержание белка на 4,5–4,8%, крахмала – на 33,0%, жира – на 27,0–39,0% больше по сравнению с пленчатым сортом Конкур, что говорит о больших перспективах в хлебопечении, возможностях использования данной культуры при производстве крахмала и масла.

Отмечено, что в период биоактивации более активное и дружное проклевывание зерна, рост и развитие ростка до 1,5 мм у 80% семян наблюдалось у сортов голозерного овса. Экспериментально установлено, что создаваемые условия при проращивании (вода, тепло, воздух) способствуют снижению в зерне массовой доли белка на 5,4–8,8%, крахмала – на 19,5–22,9%, жиров – на 5,1–7,0% по сравнению с непророщенным зерном, и вследствие более активного прорастания голозерного

овса расход белковых веществ, полисахаридов и жиров в зерне сортов Багет и Бекас проходил активнее на 2,3–3,4%.

Оценено состояние углеводно-амилазного комплекса: зерно голозерного овса в отличие от пленчатого характеризуется более низкой автолитической активностью (вязкость 880–890 е.а. на амилографе Брабендера и «число падения» по Хагбергу – Пертену 348–354 с). Биоактивация зерна сильно повысила амилолитическую активность: максимум вязкости суспензии у сортов Багет и Бекас остановился на планке 105 е.а., число падения – на 75 с. Суммарная ферментативная активность амилаз выросла в абсолютном значении на 13,3–43,4 мг, более сильно увеличилась декстринирующая активность α -амилазы – в 2,2–9,8 раза, а осахаривающее действие β -амилазы возросло в 1,7–3,9 раза.

Голозерный овес, обладая низкой амилолитической активностью, в процессе биоактивации приобретает большую технологичность и функциональность как ингредиент, влияющий на биологическую ценность нового продукта.

Библиографические ссылки

1. Баталова Г.А., Шевченко С.Н., Тулякова М.В., Русакова И.И., Железникова В.А., Лисицин Е.М. Селекция голозерного овса, ценного по качеству зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 6–9.
2. Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследование химического состава проросших семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.
3. Дулов М.И., Дулова Е.В. Влияние температуры и продолжительности биоактивации на изменение химического состава, пищевую и биологическую ценность зерна овса голозерного и хлопьев // Инновационные процессы в обществе, науке и образовании. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2019. С. 86–94.
4. Козлова Г.Я., Акимова О.В. Сравнительная оценка голозерных и пленчатых сортов овса по основным показателям качества зерна // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 5. С. 87–89.
5. Красильников В.Н., Баталова Г.А., Попов В.С., Сергеева С.С. Жирно-кислотный состав голозерного овса отечественной селекции // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 4. С. 13–15.
6. Лоскутов И.Г., Полонский В.И. Селекция на содержание б-глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 4. С. 646–657.
7. Полонский В.И., Сурин Н.А., Герасимов С.А., Липшин А.Г., Сумина А.В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 683–690.
8. Шаболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Баталова Г.А., Васин А.В., Анисимкина Н.В., Бишаев А.А. Изучение биологической ценности белка зерна овса голозерного // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2(34). С. 78–33.
9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Bencheikroun M., Bouksaim M., Saidi N. Profiling of Nutritional and Health-Related Compounds in Developed Hexaploid Oat Lines Derivative of Interspecific Crosses // International Journal of Celiac Disease. 2017. Vol. 5, № 2. P. 72–76.
10. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview // Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. Vol. 53, № 2. P. 126–144.

References

1. Batalova G.A., Shevchenko S.N., Tulyakova M.V., Rusakova I.I., Zheleznikova V.A., Lisitsin E.M. Seleksiya golozernogo ovs, tsennogo po kachestvu zerna [Breeding of hulless oats, valuable in terms of grain quality] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2016. № 5. S. 6–9.
2. Butenko L.I., Ligai L.V. Issledovanie khimicheskogo sostava prorosshikh semyan grechikhi, ovs, yachmenya i pshenitsy [The study of the chemical composition of germinated seeds of buckwheat, oats, barley and wheat] // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 4. S. 1128–1133.
3. Dulov M.I., Dulova E.V. Vliyanie temperatury i prodolzhitel'nosti bioaktivatsii na izmenenie khimicheskogo sostava, pishchevuyu i biologicheskuyu tsennost' zerna ovs golozernogo i khlop'ev [The effect of temperature and bioactivation length on the change in the chemical composition, nutritional and biological value of hulless oat kernels and flakes] // Innovatsionnye protsessy v obshchestve, nauke i obrazovanii. Penza: MTsNS «Nauka i prosveshchenie», 2019. S. 86–94.
4. Kozlova G.Ya., Akimova O.V. Sravnitel'naya otsenka golozernykh i plenchatykh sortov ovs po osnovnym pokazatelyam kachestva zerna [Comparative estimation of hulless and hulled oat varieties

according to the main indicators of grain quality] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2009. № 5. S. 87–89.

5. Krasil'nikov V.N., Batalova G.A., Popov V.S., Sergeeva S.S. Zhirno-kislotnyi sostav golozernogo ovsa otechestvennoi selektsii [Fatty acid composition of hulles oats of domestic breeding] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2018. №4. S. 13–15.

6. Loskutov I.G., Polonskii V.I. Seleksiya na sodержanie β -glyukanov v zerne ovsa kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya, syr'ya i furazha [Breeding for the content of β -glucans in oat grain as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials and forage] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2017. Vol. 52, № 4. S. 646–657.

7. Polonskii V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G., Sumina A.V., Zyute S. Izuchenie sortov ovsa (*Avena sativa* L.) razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya po kachestvu zerna i produktivnosti [The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of different geographical origin according to grain quality and productivity] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019. № 23(6). S. 683–690.

8. Shabol'kina E.N., Shevchenko S.N., Batalova G.A., Vasin A.V., Anisimkina N.V., Bisharev A.A. Izuchenie biologicheskoi tsennosti belka zerna ovsa golozernogo [The study of the biological value of the protein in grain of hulles oats] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. № 2(34). 2020. S. 78–33.

9. Manzali R., Antari A., Douaik A., Taghouti M., Bencheikroun M., Bouksaim M., Saidi N. Profiling of Nutritional and Health-Related Compounds in Developed Hexaploid Oat Lines Derivative of Interspecific Crosses // International Journal of Celiac Disease. 2017. Vol. 5, № 2. P. 72–76.

10. Singh R., De S., Belkheir A. *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview // Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. Vol. 53, № 2. P. 126–144.

Поступила: 18.03.22; доработана после рецензирования: 31.03.22; принята к публикации: 12.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шаболкина Е. Н. – концептуализация исследования, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко С. Н. – концептуализация исследования; Анисимкина Н. В. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПЕРВИЧНОЕ СЕМЕНОВОДСТВО СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ»

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

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

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

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье приводятся данные об организации первичного семеноводства ярового ячменя. Рассмотрено понятие «первичное семеноводство», в основе которого лежит индивидуально-семейственный метод отбора семей с двухгодичной оценкой по потомству, позволяющий сохранить и оценить сорта по важнейшим хозяйственно-биологическим признакам и свойствам. Подчеркнута важность использования кондиционных семян в сохранении сорта. Целью исследований являлось изучение сортовых и посевных качеств у сортов ячменя ярового в первичных звеньях семеноводства в условиях Ростовской области. Исследования проводили в научном севообороте лаборатории первичного семеноводства в 2019–2021 годах. В изучении использовали 7 сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Выяснено, что полевая и лабораторная браковка в питомниках испытания потомств первого года изменялась в диапазоне от 16,6 до 45,3%, а в питомниках потомств испытания второго года – от 13,6 до 33,3%. Выявлено, что наибольшая урожайность была сформирована в 2019 г. у сортов Приазовский 9 (7,3 т/га) и Грис (7,4 т/га), а в 2020 и 2021 гг. – у сортов Грис (7,5 и 6,3 т/га), Федос (8,0 и 6,1 т/га) и Формат (7,6 и 6,3 т/га). Масса 1000 семян (более 45 г) получена у сортов Приазовский 9, Грис и Формат. Выяснено, что выход кондиционных семян изменялся: в 2019 г. от 73,9 (Щедрый) до 80,6% (Ратник); в 2020 г. от 70,0 (Щедрый) до 76,0% (Грис); в 2021 г. от 68,1 (Щедрый) до 78,4% (Формат). Выявлено, что у всех сортов ярового ячменя семенной материал по основным посевным и сортовым показателям (чистота семян, влажность, энергия прорастания и посевная годность) соответствовал требованиям ГОСТ.

Ключевые слова: ячмень, сорт, браковка, урожайность, масса 1000 семян, выход кондиционных семян.

Для цитирования: Филенко Г. А., Филиппов Е. Г., Скворцова Ю. Г., Фирсова Т. И., Первичное семеноводство сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 37–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-37-43.



PRIMARY SEED PRODUCTION OF THE SPRING BARLEY VARIETIES DEVELOPED BY THE FSBSI “DONSKOY”

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

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

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

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

Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The current paper has presented the data on the organization of primary seed production of spring barley. There has been considered the concept of “primary” seed production, which is based on the individual-family method of selecting families with a two-year estimation of progeny, which allows preserving and identifying varieties according to the most important economic and biological traits and properties. There has been emphasized an importance of using qualified seeds in the preservation of the variety. The purpose of the current study was to evaluate the varietal and sowing qualities of spring barley varieties in the primary links of seed production in the conditions of the Rostov region. The study was carried out in the research crop rotation of the laboratory for primary seed production in 2019–2021. In the study there were used 7 spring barley varieties developed by the FSBSI “ARC “Donskoy”. There was found that the field and laboratory culling in the nurseries for testing a first-year progeny varied from 16.6 to 45.3%; and in the nurseries for testing a second-year progeny it ranged from 13.6 to 33.3%. There was determined that the largest productivity was formed by the varieties ‘Priazovsky 9’ (7.3 t/ha) and ‘Gris’ (7.4 t/ha) in 2019, and by the varieties ‘Gris’ (7.5 and 6.3 t/ha), ‘Fedos’ (8.0 and 6.1 t/ha) and ‘Format’ (7.6 and 6.3 t/ha) in 2020 and 2021. 1000-seed weight of more than 45 g was produced by the varieties ‘Priazovsky 9’, ‘Gris’ and ‘Format’. There was found out that the yield of qualified seeds changed from 73.9% (the variety ‘Shchedry’) to 80.6% (the variety ‘Ratnik’) in 2019, from 70.0% (the variety ‘Shchedry’) to 76.0% (the variety ‘Gris’) in 2020, from 68.1% (the variety ‘Shchedry’) to 78.4% (the variety ‘Format’) in 2021. There was established that the seed material of all spring barley varieties met the requirements of GOST

according to the main sowing and varietal indicators, such as seed purity, moisture, germination energy and sowing suitability.

Keywords: *barley, variety, culling, productivity, 1000-seed weight, yield of qualified seeds.*

Введение. Контроль над сортовыми и посевными качествами семян ярового ячменя является очень важным элементом семеноводческого процесса, так как именно через высококачественный семенной материал используются передовые достижения селекционного процесса, воплощенные в новых сортах (Wiegmann et al., 2019; Тимошенкова и др., 2019). Ведение первичного семеноводства основывается на представлении о процессах воспроизводства сорта – начиная от питомников испытания потомств первого года (ПИП-1) до питомников размножения ОС (ПР-1,2), а также об изменении сортовой чистоты семян по мере их репродуцирования. Ухудшение важнейших хозяйственно ценных признаков и свойств сорта происходит в процессе его массового использования, в результате механического и биологического засорения, вследствие чего у сорта в конечном итоге происходит постепенное снижение потенциальной урожайности, сортовых и посевных качеств семян (Самофалова и др., 2016; Костылев и др., 2019). Организация первичного семеноводства, способствующая оптимальному проявлению признаков продуктивности коммерческих и новых районированных сортов ярового ячменя в конкретных почвенно-климатических условиях, является важным условием повышения эффективности производства (Pankin and fon Korff, 2017; Филиппов и др., 2019; Тимина и др., 2020).

На 2021 г. в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Северо-Кавказскому региону было включено 26 сортов ярового ячменя. Ведущими научными учреждениями по селекции этой культуры в данном регионе являлись: ФГБНУ «АНЦ Донской» – 8 сортов, ФГБНУ «СКНАЦ» – 8 сортов и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – 6 сортов, что составляет 84,6% от общего количества сортов, рекомендованных для возделывания по Северо-Кавказскому региону (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2021).

Целью исследований являлось изучение сортовых и посевных качеств у сортов ячменя ярового в первичных звеньях семеноводства в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на полях научного севооборота лаборатории первичного семеноводства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (АНЦ «Донской») в 2019–2021 гг. в питомниках испытания потомств первого и второго года. Объектом исследований служили семь коммерческих и перспективных сортов ярового ячменя, оригинатором и патентообладателем которых является ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почва

опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы имели следующие значения: содержание гумуса в верхнем слое почвы – 3,0–3,2%; подвижного фосфора – 20,0; подвижного калия – 360 мг/кг почвы; pH – 7,0 (Бельтюков и др., 1993).

Закладку полевых опытов, проведение фенологических наблюдений, полевых и лабораторных анализов выполняли в соответствии с «Методическими рекомендациями по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур, 2004» и ГОСТу. Основной метод работы – индивидуально-семейственный отбор с двухгодичной оценкой семей по потомству (Гуляев и др., 1987). Технология возделывания для ярового ячменя – общепринятая для южной зоны Ростовской области (Василенко и др., 2013). Предшественник – горох, норма высева – 350 всхожих зерен на м², площадь делянки – 10 м². Уборку питомников проводили в фазу «полная спелость зерна» селекционным комбайном Wintersteiger Quantum.

Метеорологические условия в 2019–2021 гг. в период вегетации ячменя были контрастными, что позволило оценить реакцию изучаемых сортов ярового ячменя на различные условия по влагообеспеченности. Количество выпавших осадков за период вегетации варьировало от 104,0 до 222,9 мм в год. Гидротермический коэффициент – от 0,54 до 1,23. По влагообеспеченности и температурному режиму 2018 г. можно характеризовать как засушливый, 2020 г. – как недостаточно увлажненный, 2021 г. – как достаточно увлажненный.

Результаты и их обсуждение. В ФГБНУ «АНЦ «Донской» в лаборатории в настоящее время ведется первичное семеноводство ярового ячменя по следующим сортам: Приазовский 9, Ратник, Щедрый, Леон, Грис, Федос и Формат.

Перечень сортов ячменя ярового селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» с регионами их допуска представлен в таблице 1.

За годы исследований (2019–2021) первичное семеноводство ярового ячменя осуществляли по 7 сортам на площади 1,5–2,1 га. В питомниках испытания потомств первого года были изучены: в 2019 г. – 1515 семей, в 2020 г. – 1055 семей; в 2021 г. – 1640 семей. В питомниках испытания потомств второго года – от 616 (2019 г.) до 836 семей (2020 г.) (табл. 2).

Процесс первичного семеноводства ярового ячменя начинался с отбора 300 элитных растений, отобранных на высокопродуктивных и чистосортных посевах питомников размножения, в качестве исходного материала для дальнейшей закладки питомников испытания потомств первого года (ПИП-1).

Таблица 1. Сорты ячменя ярового селекции ФГБНУ «АНЦ Донской», включенные в Госреестр РФ
Table 1. The spring barley varieties developed by the FSBSI «ARC «Donskoy», included into the State List of the Russian Federation

Название сорта	Год включения в реестр	Регион допуска	Группа спелости	Направление использования
Приазовский 9	2000	3, 5, 6, 7	среднеспелый	пивоваренное, крупяное, фуражное
Ратник	2004	6,8	среднеспелый	крупяное, фуражное
Щедрый	2011	5,6,8	среднеспелый	фуражное
Леон	2012	6	среднеспелый	крупяное, фуражное
Новик	2012	6	среднеспелый	кормовое (зеленый корм)
Грис	2016	6	раннеспелый	крупяное, фуражное
Федос	2019	6	раннеспелый	крупяное, фуражное
Формат	2020	5,6	среднеспелый	пивоваренное, крупяное, фуражное

Таблица 2. Объемы исследуемого материала ячменя ярового в питомниках испытания потомств первого и второго года (2019–2021 гг.)
Table 2. Volumes of the studied material of spring barley in the nurseries for testing first- and second-year progeny (2019–2021)

Сорта	Питомники испытания потомств первого и второго года			
	ПИП-1		ПИП-2	
	кол-во семей, шт.	площадь, га	кол-во семей, шт.	площадь, га
2019 г.				
Грис	340	0,04	220	0,5
Щедрый	300	0,03	132	0,3
Приазовский 9	300	0,03	88	0,2
Ратник	220	0,02	88	0,2
Леон	200	0,02	88	0,2
Федос	155	0,01	–	–
Итого	1515	0,12	616	1,4
2020 г.				
Грис	300	0,03	220	0,5
Щедрый	250	0,02	132	0,3
Приазовский 9	295	0,03	132	0,3
Ратник	215	0,02	88	0,2
Леон	270	0,02	88	0,2
Федос	125	0,01	172	0,4
Формат	100	0,01	–	–
Итого	1555	0,14	832	1,9
2021 г.				
Грис	260	0,02	264	0,6
Щедрый	200	0,02	132	0,3
Приазовский 9	300	0,03	88	0,2
Ратник	230	0,02	88	0,2
Леон	280	0,02	88	0,2
Федос	170	0,01	88	0,2
Формат	200	0,02	88	0,2
Итого	1640	0,14	836	1,9

Обязательным мероприятием после проведенного отбора являлась лабораторная оценка каждого растения. Затем производили индивидуальный обмолот с последующей оценкой по крупности зерна, выравненности и выполненности, числу зерен с растения и массой 1000 семян. Нижний предел продуктивности семьи для ярового ячменя – 40 зерен, которые после браковки потомства складывали отдельно в пакеты.

Питомники испытания потомств первого года (ПИП-1) высевали ручными сеялками, индивидуально из каждого колоса, с таким расчетом, чтобы получить не менее 100–250 семей в зависимости от объема потребности в семе-

нах. В данном питомнике проводилась браковка семей по основным хозяйственно-биологическим признакам и свойствам (продуктивности, дате колошения, полеглости, высоте растений, сортовой примеси, устойчивости к болезням, массе 1000 семян, выходу семян и весу семьи). Семьи сравнивали со стандартом, который высевали через каждые 30 номеров. В качестве стандарта использовали семена элиты предыдущих лет. Затем все оставленные семьи убрали вручную, обмолачивали индивидуально и помещали в отдельный мешочек с этикеткой. Лучшие семьи в дальнейшем использовали для закладки в питомнике испытания потомств второго года (ПИП-2).

В питомнике (ПИП-2) высевали семьи (не менее 88 штук) из питомников испытания потомств первого года (ПИП-1), каждую отдельно. На данном этапе семеноводческой работы выполнялась окончательная оценка потомств, отобранных в ПИП-1. В течение всего периода вегетации ярового ячменя проводили феноло-

гические наблюдения, уход, браковки нетипичных, изреженных, полегших и пораженных болезнями потомств (семей). Затем лучшие семьи убирали по отдельности. Результаты браковки семей ярового ячменя в среднем за три года в питомнике испытания потомств первого года и второго года представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты браковки семей ярового ячменя в питомнике испытания потомств первого и второго года (2019–2021 гг.)
Table 3. The results of spring barley culling in the nurseries for testing first- and second-year progeny (2019–2021)

Сорт	Высеяно семей, шт.	Выбраковано по признаку, шт.									Осталось к посеву	
		в полевых условиях						в лабораторных условиях			Семей, шт.	% браковки
		Продуктив-ность	Высота растений	Сортовая примесь	Дата колошения	Полегание	Устойчивость к болезням	Масса 1000 семян	Вес семьи	Выход семян		
Питомники испытания потомств первого года												
Приазовский 9	895	55	64	61	40	15	12	63	50	45	490	45,3
Ратник	665	30	15	32	25	22	22	37	30	43	407	38,7
Щедрый	750	20	22	27	11	15	15	15	30	55	540	28,0
Леон	750	10	22	25	15	10	25	25	15	18	585	22,0
Грис	900	30	15	18	25	–	10	23	14	15	750	16,6
Федос	450	5	15	5	15	5	5	15	20	5	360	20,0
Формат	300	15	30	0	4	1	4	11	7	8	220	26,7
Питомники испытания потомств второго года												
Приазовский 9	308	12	3	6	–	–	–	25	29	28	205	33,3
Ратник	264	8	12	4	2	–	–	18	18	16	186	29,5
Щедрый	396	5	5	5	3	–	–	25	16	37	300	24,2
Леон	364	3	5	15	5	–	–	14	38	24	260	28,6
Грис	704	4	–	5	4	–	–	16	40	26	609	13,5
Федос	260	10	–	–	10	–	–	15	16	4	205	21,5
Формат	88	1	–	–	5	–	–	4	2	2	74	15,9

За годы исследования в питомниках испытания потомств первого года в зависимости от сорта полевая и лабораторная браковка варьировала в пределах от 16,6 до 45,3%. Максимальный процент выбраковки отмечался у сортов Приазовский 9, Ратник (45,3–38,7%), минимальный – у сортов Грис и Федос (16,6–20,0%). Процент браковки в ПИП-2 составил у сорта Приазовский 9 – 33,3%, Ратник – 29,5%,

Леон – 28,6%, Щедрый – 24,2%, Федос – 21,5%, Формат – 15,9% и Грис – 13,5%.

Исследуемые сорта ярового ячменя в питомниках испытания потомств второго года при одинаковых условиях выращивания имели различные показатели по продуктивности, так как сортовые особенности оказывали существенное влияние на урожайность и массу 1000 семян. Продуктивность сортов ярового ячменя представлена в таблице 4.

Таблица 4. Продуктивность семян ярового ячменя в питомниках испытания потомств второго года (2019–2021 гг.)
Table 4. Spring barley seed productivity in the nurseries for testing a second-year progeny (2019–2021)

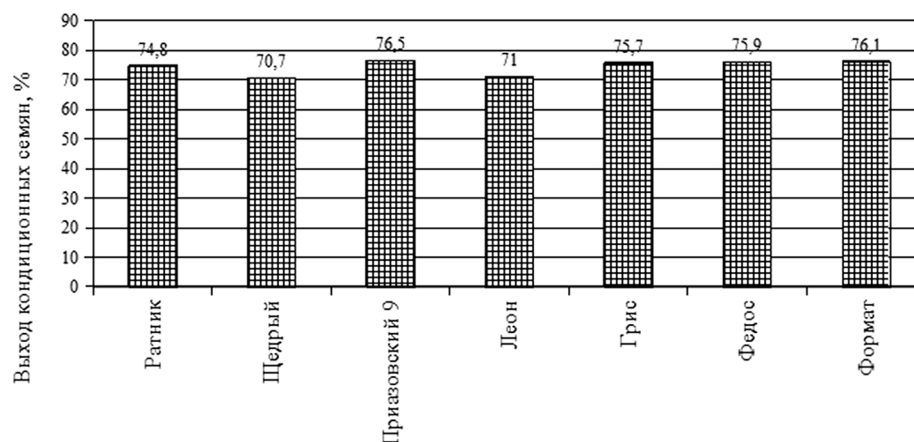
Показатель	Сорта ярового ячменя							
	Ратник	Щедрый	Приазовский 9	Леон	Грис	Федос	Формат	Итого / Среднее
2019 г								
Урожайность, т/га	6,5	6,9	7,3	6,4	7,4	–	–	6,9
Получено семян, кг	508	680	240	480	1450	–	–	3358
Масса 1000 семян, г	48,8	46,8	55,3	42,8	53,7	–	–	49,5
2020 г								
Урожайность, т/га	6,3	6,7	6,8	6,6	7,5	8,0	–	7,0
Получено семян, кг	490	610	680	470	1120	640	–	4010
Масса 1000 семян, г	46,8	43,1	52,6	42,8	50,7	44,2	–	46,7
2021 г								
Урожайность, т/га	5,2	5,7	5,9	5,1	6,3	6,1	6,3	5,8
Получено семян, кг	400	450	195	310	1000	350	400	3105
Масса 1000 семян, г	42,6	43,1	50,4	41,9	44,9	43,1	47,1	44,3

В 2019 г. первичное семеноводство в данном питомнике велось по пяти сортам ярового ячменя. Средняя урожайность составила 6,9 т/га. Всего было получено 3358 кг семян. Максимальная продуктивность отмечалась у сортов Грис (7,4 т/га) и Приазовский 9 (7,3 т/га). В 2020 г. был передан для дальнейшего размножения сорт ярового ячменя Федос, в связи с чем количество исследуемых сортов увеличилось до шести. В данном питомнике было получено 4010 кг семян. Показатели урожайности были на уровне 2019 г. и составили в среднем 7,0 т/га. В 2021 г. объектом исследования стали 7 сортов. На изучение был передан сорт Формат. Неблагоприятные погодные условия, сложившиеся в фазу «налив и созревание зерна», не способствовали проявлению у сортов ячменя высокой продуктивности, что впоследствии сильно отразилось на количестве полученных семян и урожайности, которые были значительно ниже, чем в предыдущие годы. Было получено 3105 кг семян. Наилучшие показатели по продуктивности имели сорта Грис и Формат, урожайность которых составила 6,3 т/га.

К одному из главных элементов продуктивности ячменя ярового относится показатель массы 1000 зерен. На данный признак влияли не только сортовые особенности, но и условия, которые складывались в период роста и раз-

вития, что имеет большое значение для характеристики качества семенного материала. Среднее значение показателя «масса 1000 зерен» в исследованиях варьировало по годам от 44,3 г (2021 г.) до 49,5 г (2019 г.). Наибольшая масса 1000 семян у всех сортов отмечалась в 2019 и 2020 годах. В эти годы данный показатель достигал у сорта Приазовский 9 соответственно 55,3 и 52,6 г и сорта Грис соответственно 53,7 и 50,7 г. В 2021 г. в период «налив и созревание зерна» сложившиеся неблагоприятные погодные условия вызвали полегание сортов ярового ячменя, что в дальнейшем привело к формированию щуплых и мелких семян и в конечном итоге существенно отразилось на таком важном показателе, как «масса 1000 зерен», который был значительно ниже, чем в предыдущие годы. Тем не менее, наибольшая масса 1000 семян отмечалась у следующих сортов: Приазовский 9 (50,4 г), Формат (47,0 г) и Грис (44,9 г).

Большое значение в семеноводческой работе имеет такой показатель, как выход кондиционных семян. В среднем за годы исследований максимальный выход кондиционных семян (более 75,0%) отмечался у сортов Приазовский 9, Федос, Формат и Грис; минимальный (менее 75%) – у сортов Ратник, Леон и Щедрый (см. рисунок).



Выход кондиционных семян ярового ячменя, % (2019–2021 гг.)
Yield of qualified seeds of spring barley, % (2019–2021)

Следует отметить тот факт, что выход кондиционных семян у всех сортов ярового ячменя варьировал в пределах от 73,9 (сорт Щедрый) до 80,6% (сорт Ратник) в 2019 г.; от 70,0 (сорт Щедрый) до 76,0% (сорт Грис) в 2020 г.; от 68,1 (сорт Щедрый) до 78,4% (сорт Формат) в 2021 году.

После очистки и сортировки семена ярового ячменя прошли обязательную проверку в семенной инспекции (филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области), где по результатам анализа были выданы протоколы испытания на семенной материал. Одним из главных показателей правильно организованного семеноводства являются высокая сортовая чистота посевов и чистота семян.

Было установлено, что чистота семян всех изучаемых сортов за отчетный период не превысила допустимых пределов и варьировала от 99,83 до 99,90%, а сортовая чистота по результатам актов регистрации посевов – 100% (табл. 5).

Чистота семян варьировала в пределах от 99,69 до 99,90%. Энергия прорастания семян находилась на уровне от 88,3 до 97,0%. Посевная годность у всех сортов была идентична (97,0%). Таким образом, посевной материал всех исследуемых сортов ярового ячменя соответствует нормативным требованиям ГОСТа (52325-2005) и в дальнейшем будет высеваться в питомниках размножения для получения оригинальных семян.

Таблица 5. Посевные качества у сортов ярового ячменя (2019–2021 гг.)
Table 5. Sowing qualities of the spring barley varieties (2019–2021)

Показатели	Сорта						
	Приазовский 9	Ратник	Щедрый	Леон	Грис	Федос	Формат
Чистота семян, %	99,90	99,83	99,88	99,69	99,89	99,83	99,87
Энергия прорастания, %	88,3	96,0	92,7	92,7	97,0	94,0	96,3
Посевная годность, %	97	97	97	97	97	97	97

Выводы. Ежегодно первичное семеноводство ведется по сортам ярового ячменя: Формат, Федос, Грис, Щедрый, Леон, Ратник и Приазовский 9. Учитывая изменчивость признаков, определяющих продуктивность и посевные качества у коммерческих и перспективных сортов ярового ячменя, необходимо проводить мероприятия по отбору однородных и типичных растений, браковку и оценку их в полевых и лабораторных усло-

виях. Анализ средних данных, представленных выше, свидетельствует, что за годы исследований (2019–2021) в изучаемых питомниках при применении индивидуально-семейственного метода отбора колосьев с двухлетней оценкой семей по потомству стабильно высокую продуктивность в условиях Ростовской области сформировали сорта Грис – 7,1 т/га (масса 1000 семян – 49,8 г) и Формат – 7,0 т/га (масса 1000 семян – 48,5 г).

Библиографические ссылки

1. Бельтюков Л.П., Гриценко А.А. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону. Зерноград, 1993. 226 с.
2. Гуляев Г.В., Гужов Ю.Л. Селекция и семеноводство полевых культур. Москва: Агропромиздат, 1987. 444 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
4. Василенко В.Н. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. Ростов н/Д.: Донской изд. дом, 2013. 272 с.
5. Костылев П.И., Тесля Ю.П., Балукова Э.С. Влияние репродукций семян на структуру урожайности риса // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 50–54.
6. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Авраменко М.А., Дубинина О.А., Дерова Т.Г. Коммерческие сорта озимой твердой пшеницы и особенности их семеноводства // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6(48). С. 42–47.
7. Тимина М.А., Кобылянский В.Д., Бутковская Л.К. Особенности первичного семеноводства озимой ржи // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5. С. 48–53.
8. Тимошенкова Т.А., Мухитов Л.А. Влияние биоудобрений на качественные свойства семян сортов яровой твердой пшеницы при их применении в первичном семеноводстве в условиях степи Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 48–51.
9. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Брагин Р.Н. Анализ экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в межстанционном сортоиспытании // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 3–5.
10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W.T.B., Bull H.J., Flavell A.J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science, 2019. Vol. 283. P. 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.12.030>.
11. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017; 36: 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.12.001>.

References

1. Bel'tyukov L.P., Gritsenko A.A. Primenenie udobrenii pod zernovye kul'tury na Donu [Application of fertilizers for grain crops on the Don]. Zernograd, 1993. 226 s.
2. Gulyaev G.V., Guzhov Yu.L. Seleksiya i semenovodstvo polevykh kul'tur [Breeding and seed production of field crops]. Moskva: Agropromizdat, 1987. 444 s.
3. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu [The State List of Breeding Achievements approved to use]. T. 1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie). M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021. 719 s.
4. Vasilenko V.N. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2013–2020 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2013–2020]. Ch.II. Rostov n/D.: Donskoi izd. dom, 2013. 272 s.
5. Kostylev P.I., Teslya Yu.P., Balyukova E.S. Vliyanie reproduksii semyan na strukturu urozhainosti risa [The effect of seed reproductions on rice yield structure] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 50–54.
6. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Avramenko M.A., Dubinina O.A., Derova T.G. Kommercheskie sorta ozimoi tverdoi pshenitsy i osobennosti ikh semenovodstva [Commercial winter durum wheat varieties and features of their seed production] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6(48). S. 42–47.
7. Timina M.A., Kobylanskiy V.D., Butkovskaya L.K. Osobennosti pervichnogo semenovodstva ozimoi rzi [The features of primary seed production of winter rye] // Vestnik KrasGAU. 2020. № 5. S. 48–53.
8. Timoshenkova T.A., Mukhitov L.A. Vliyanie bioudobrenii na kachestvennye svoistva semyan sortov yarovoi tverdoi pshenitsy pri ikh primeneni v pervichnom semenovodstve v usloviyakh stepi

Orenburgskogo Predural'ya [The effect of biofertilizers on the quality seed properties of the spring durum wheat varieties when using in primary seed production in the steppe conditions of the Orenburg Pre-Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3. S. 48–51.

9. Filippov E. G., Dontsova A. A., Bragin R. N. Analiz ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya v mezhshtantsionnom sortoispytanii [The analysis of ecological adaptability and stability of the spring barley varieties in inter-station variety testing] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 1(61). S. 3–5.

10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science, 2019. Volume 283. P. 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.12.030>.

11. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017; 36: 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.12.001>.

Поступила: 21.01.22; доработана после рецензирования: 29.03.22; принята к публикации: 1.04.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Филенко Г. А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Филиппов Е. Г. – анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ НА ЭКСПОРТ

Е. Р. Ручков, младший научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии, egorruchkov1966@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1002-8010;

Д. И. Шухин, младший научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии, dmitriq.shukhin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3946-3400;

А. А. Кузнецова, старший научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии, ORCID ID: 0000-0001-8443-2641;

М. Б. Копина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, начальник научно-методического отдела микологии и гельминтологии, ORCID ID: 0000-0002-1613-1764

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»,

140150, Московская обл., г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32 а

Россия занимает лидирующее положение среди крупнейших производителей и экспортеров пшеницы. Одними из ключевых требований к биологической безопасности отечественной зерновой продукции являются фитосанитарные требования стран-импортеров. В отношении фитопатогенных микромицетов соответствие зерновой продукции определяется их полным отсутствием или минимально допустимым содержанием в партии. При отгрузке экспортируемой продукции необходимо в сжатые сроки проводить фитосанитарную оценку партии растительной продукции. В статье оценено влияние предложенного метода пробоподготовки семян зерновых культур на качество экстрагируемой ДНК грибных возбудителей. Целью проводимых исследований являлась оптимизация методов пробоподготовки зерновой продукции к экстракции нуклеиновых кислот с дальнейшей идентификацией для сокращения проведения лабораторных исследований. Разработка современных, достоверных и низкотрудозатратных методов диагностики фитопатогенов в растительной продукции представляется актуальной задачей. Для исследования зерно пшеницы, ячменя и ржи искусственно инокулировали такими грибными патогенами, как *Parastagonospora nodorum* – возбудитель септориоза колоса и *Alternaria infectoria* – возбудитель альтернариоза. Заражение производили путем замачивания зерна в суспензии спор с последующей инкубацией. Для оценки заражения использовали классические методы микологии, а также запатентованный метод Е. Ю. Тороповой. Идентификацию патогенов проводили методом классической ПЦР с использованием специфичных для целевых объектов праймеров. Дана оценка чувствительности предложенного метода экстракции для каждой из исследуемых зерновых культур. Метод позволяет выявлять целевые объекты даже при минимальном количестве пораженных зерен в образце (1–5 зараженных семян на 195–199 здоровых). Сопутствующие патогены не выявлены, при проведении ПЦР-анализа ложноположительные результаты получены не были.

Ключевые слова: зерно, выделение ДНК, фитопатогены, септориоз колоса, альтернариоз зерновых.

Для цитирования: Ручков Е. Р., Шухин Д. И., Кузнецова А. А., Копина М. Б. Особенности диагностики семян зерновых культур, предназначенных на экспорт // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 44–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-44-50.



THE FEATURES OF DIAGNOSTICS OF GRAIN CROP SEEDS INTENDED FOR EXPORT

E. R. Ruchkov, junior researcher of the research and methodological department of mycology and helminthology, egorruchkov1966@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1002-8010;

D. I. Shukhin, junior researcher of the research and methodological department of mycology and helminthology, dmitriq.shukhin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3946-3400;

A. A. Kuznetsova, senior researcher of the research and methodological department of mycology and helminthology, ORCID ID: 0000-0001-8443-2641;

M. B. Kopina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, head of the research and methodological department of mycology and helminthology, ORCID ID: 0000-0002-1613-1764

Federal State Budgetary Institution "All-Russian Center for Plant Quarantine" (FGBU "VNIICR"), 140150, Moscow region, Ramenskoye district, Bykovo, Pogranichnaya Str., 32

Russia occupies a leading position among the largest wheat producers and exporters. One of the key requirements for the biological safety of domestic grain products is the phytosanitary requirements of importing countries. The conformity of grain products with regard to phytopathogenic micromycetes is determined by their complete absence or the minimum content in the batch. When shipping exported products, it is necessary to carry out a phytosanitary estimation of a batch of plant products in a short time. In the current paper there has been estimated the effect of the proposed method of sample preparation of grain crop seeds on the quality of an isolated fungal pathogens' DNA. The purpose of the study was to optimize the methods of sample preparation of grain products for the extraction of nucleic acids with further identification to reduce laboratory trials. The development of modern, reliable and low labor-consuming methods for diagnosing phytopathogens in plant products is of great urgency. In order to conduct the current research, wheat, barley and rye kernels were artificially inoculated with such fungal pathogens as Para-

stagonospora nodorum, the causative agent of Septoria leaf spot, and *Alternaria infectoria*, the causative agent of Alternaria leaf spot. The infection was carried out by soaking the kernels in a spore suspension followed by incubation. In order to assess infection, there were used the classical methods of mycology, as well as the patented E. Yu. Tоропова's method. The pathogens were identified by a classical PCR analysis using the target-specific primers. There has been given an assessment of the sensitivity of the proposed extraction method for each of the studied crops. The method allows identifying target objects even with a minimum number of infected kernels in the sample (1–5 infected seeds per 195–199 healthy ones). There were not identified any related pathogens, and there were no false-positive results during the conducted PCR analysis.

Keywords: kernels, DNA isolation, phytopathogens, *Septoria spot of a head*, *Alternaria spot of grain crops*.

Введение. Россия – один из основных экспортеров зерна на мировом рынке. Так, за последние три года ежегодно экспортируется отечественной зерновой продукции более чем на 7 млрд долларов США (Таможенная статистика внешней торговли РФ, 2021). Для сохранения ключевых позиций в мировой торговле необходимо производить высококачественное зерно, удовлетворяющее требованиям и стандартам качества стран-импортеров. В каждой стране назначения существуют требования к подкарантинной продукции, согласно которым зерновая продукция должна быть свободна от ряда вредных организмов. Удовлетворение этих требований возможно при оперативных выявлении карантинных организмов при производстве и транспортировке зерна. Используемые методы исследований подкарантинной зерновой продукции, основанные на диагностике возбудителей болезней зерновых культур по культурально-морфологическим признакам, продолжительны и трудоемки. Такой подход не обеспечивает оперативность исследований больших объемов продукции. Введение в исследование зерна молекулярно-генетических методов позволяет ускорить и повысить точность идентификации патогенов зерновых культур. В настоящее время идентификация грибов-возбудителей болезней на основе ПЦР-анализа получила широкое распространение (Samson et al., 2019). Для проведения ПЦР традиционно используют ДНК, выделенную из чистых культур, получение которых продолжительно. Выделение ДНК патогенов напрямую из зерновой продукции позволит ускорить исследования. Однако этот процесс имеет определенные особенности, влияющие на точность результата анализа. Вместе с ДНК при экстракции в раствор попадают различные полисахариды, алкалоиды, фенольные соединения, которые снижают качество ДНК (Рябушкина и др., 2012). Экстракцию ДНК из растительных материалов осуществляют с помощью различных буферных растворов и химических соединений. При выделении ДНК из зерна следует помнить, что грибная инфекция зачастую находится внутри семени, поэтому для ее экстракции в буфер необходимо механически разрушить зерно. Целью проводимых исследований являлась оптимизация методов пробоподготовки зерновой продукции к экстракции нуклеиновых кислот с дальнейшей идентификацией для сокращения проведения лабораторных исследований.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись семена ос-

новных зерновых культур: пшеницы, ячменя, ржи.

Получение инфекционного материала проводили с помощью искусственного заражения зерна двумя изолятами фитопатогенных грибов: *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous, 2013 – возбудитель септориоза колоса зерновых, и *Alternaria infectoria* E.G. Simmonds, 1986 – возбудитель альтернариоза зерновых.

Суспензии грибов готовили следующим образом: мицелий со спорами снимали с колонии гриба на чашке Петри и помещали в стерильную дистиллированную воду. Зерно пшеницы, ячменя и ржи предварительно промывали проточной водой, затем прогревали в сушильном шкафу ШС-80-02 СПУ при 55 °C в течение 40 мин для подавления возможной инфекции в семенах. Затем зерно стерилизовали в течение 10 мин в 96%-м этаноле и дважды промывали в стерильной воде. Стерильные контейнеры для биоматериала заполняли на 2/3 объема зерном и наливали суспензию гриба так, чтобы она полностью покрывала зерно. Зерно с суспензией гриба оставляли на сутки в термостате MIR-254 при 24 °C, периодически перемешивая. Затем жидкость сливали, зерно раскладывали равномерно на стерильную фильтровальную бумагу и просушивали в ламинарном боксе проходящим воздухом. После высушивания зерно помещали обратно в контейнеры и оставляли в термостате на 3 суток при температуре 24 °C. По истечении этого времени зерно снова стерилизовали 96%-м спиртом в течение 10 мин, промывали стерильной водой и высушивали в ламинарном боксе, как описано выше.

Для анализа степени зараженности после высушивания зерно раскладывали на чашки Петри с 2%-м картофельно-морковным агаром (КМА) и инкубировали до появления мицелия *A. infectoria* на поверхности семян. Для выявления заражения *P. nodorum* использовали метод Тороповой Е.Ю., включающий в себя все необходимые этапы воздействия на гриб для начала спороношения, такие как чередование пониженных температур, ультрафиолетовое облучение. Продолжительность метода 14 суток (Торопова и др., 2016). Аналогичным образом готовили контрольные образцы с использованием здорового зерна, которое заливали стерильной водой. Образцы состояли из проб количеством от 50 до 200 семян разной степени зараженности (варианты с 1–5 инфицированными семенами; полностью зараженное зерно: зерно, зараженное пикнидами *P. nodorum*).

Пробоподготовку к экстракции ДНК из зерна проводили в три этапа.

1. Подготовка зерна к помолу. Перед помолом зерно промывали от механических загрязнений на поверхности под проточной водой от 5 до 15 мин в зависимости от степени загрязнения. За это время зерно способно напитаться влагой, которая будет препятствовать его качественному помолу. Для удаления лишней влаги зерно просушивали в сухожаровом шкафу при 45 °C до 6 ч.

2. Помол зерна проводили на лабораторной мельнице IKA Tube Mill control в специальной шлифовальной камере до образования частиц размером не более 0,5 мм.

3. Получение экстракта из муки при помощи 1%-го PBS буфера. Экспозиция муки в буфере составляла 2 ч при комнатной температуре с периодическим перемешиванием суспензии встряхиванием. Затем суспензию центрифугировали при 5 тыс. об./мин в течение 3 мин. Для дальнейшего выделения ДНК отбирали 500 µl надосадочной жидкости в трехкратной повторности.

Экстракцию ДНК проводили коммерческим набором DNeasy Plant Pro (Qiagen, Германия).

Оценку качества и количества выделенной ДНК осуществляли на анализаторе NanoDrop 2000 и ПО NanoDrop.

Для определения степени ингибирования ПЦР при выделении ДНК из зерна использовали внутренний положительный контроль амплификации (ВПК): оригинальную разработанную систему праймеров Mus 714F/Mus 714R (Мазурин и др., 2012). Для идентификации вида *P. nodorum* использовали специфичные праймеры JB433/JB434, разработанные Beck and Ligon (1995). Выявление ДНК вида *A. infectoria* осуществляли с помощью специфичных праймеров Dir3Alta1/Inv4AltA1, предложенных Ravón et al. (2010).

Одна реакция объемом 25 µl содержала: 5 µl ПЦР-буфера Mas^{DD}Mix-2025 (Диалат лтд., Россия), 10 пмоль каждого праймера, 5 µl целевой ДНК, 2,5 µl ВПК и ddH₂O.

Температурно-временной режим на амплификаторе BioRad T100 составил: 94 °C – 3 мин, 40 циклов: 94 °C – 30 с, 58 °C – 30 с, 72 °C – 1 : 0 мин; 1 цикл 72 °C – 7 мин. Режим амплификации для обоих исследуемых видов идентичный. После ПЦР проводили электрофорез в агарозном геле, визуализацию результатов осуществляли с помощью геледокументирующей системы Fusion Fx (Vilber Lourmat) и ПО EvolutionCapt версии 17.0.1.0.

Результаты и их обсуждение. Оптимизацию пробоподготовки зараженного семенного материала начинали с оценки степени искусственного заражения семян *P. nodorum* и *A. infectoria*.

На седьмые сутки инкубирования семян, зараженных *A. infectoria*, проявились характерные симптомы поражения грибом: оливковый налет конидий на зерне и рост оливкового мицелия на питательной среде (Simmonds, 2007).

Степень заражения семян *P. nodorum* определяли по методу, описанному Е. Ю. Тороповой. Через 14 суток на зерне появились пикниды гриба, содержащие характерные споры (рис. 1).



Рис. 1. Семена пшеницы с пикнидами *P. Nodorum*
Fig. 1. Wheat seeds with pycnidia *P. nodorum*

Для выделения ДНК целевых видов были апробированы несколько подходов к пробоподготовке образца (партии семян зерновых культур разного количества). В большинстве случаев исследуемая партия семян зерновой продукции представляет собой смесь здоровых и инфицированных зерен. Для выявления инфицированных семян из общей массы необходимо отбирать семена с симптомами, а в случае латентной инфекции прибегать к индуцированию спороношения возбудителей, используя соответствующие методы. Создание гомогенного образца с равной степенью инфицированности, например, помол зерна в муку, обеспечивает более равномерное распределение инфекции внутри него. В муке частота встречаемости пропагул фитопатогена увеличивается, что расширяет возможности метода идентификации.

При выделении геномной ДНК возбудителей напрямую из сухой муки существуют сложности экстракции НК. Разные образцы с частицами пылящей массы муки легко могут контаминировать друг друга, а также оседать на рабочую поверхность. Исключить эти отрицательные моменты позволяет использование экстрагирующих буферов, например, PBS, который обеспечивает большую гомогенность исследуемого образца.

Выделение ДНК напрямую из муки увеличивает вероятность выделения низкокачественной ДНК. Чаще всего для качественной оценки ДНК используют показатель A260/280, который отражает загрязнение раствора ДНК белками. Так, отношение $A_{260}/A_{280} \geq 1,8$ указывает на чистый образец ДНК (Glase, 1995, Russel, 2001). Выделенная ДНК из экстракта муки в PBS буфере обладала высоким качеством (A_{260}/A_{280} 1,79–1,94), а ее количество достаточно для проведения ПЦР (3,9–89,3 нг/µl) (табл. 1).

Таблица 1. Концентрация и качество выделенной из экстракта муки геномной ДНК
Table 1. Concentration and quality of the genomic DNA isolated from flour extract

Вариант	Концентрация ДНК, нг/мкл	A260/280
Зараженная пшеница	12,8–13,4	1,79–1,87
Зараженный ячмень	3,7–3,9	1,8–1,94
Зараженная рожь	86,1–89,3	1,82

От количества ДНК (концентрации) напрямую зависит эффективность ПЦР. Слишком низкие значения концентрации не позволяют провести ПЦР, так же, как и слишком высокие концентрации ДНК могут ингибировать реакцию.

Первым этапом апробации метода являлся анализ малого объема образца количеством от 30 до 50 семян. В опыте использовали зерно пшеницы, зараженное *P. nodorum*, а также здоровое зерно пшеницы, ячменя и ржи. Эффективность выделения ДНК оценивали в нескольких вариантах: здоровое зерно пшеницы + зараженное зерно пшеницы (1–3 зараженных семени на 47–49 здоровых); 25 здоро-

вых зерен ячменя + 5 инфицированных зерен пшеницы; 25 здоровых зерен ржи + 5 инфицированных зерен пшеницы; 50 инфицированных зерен пшеницы; 50 неинфицированных зерен пшеницы.

В результате проведения метода ПЦР со специфичными праймерами из экстрактов муки пшеницы, ячменя и ржи (рис. 2) были получены специфичные продукты размером 450 п.о. только в вариантах с пшеницей и рожью. В варианте с ячменем целевой продукт получен не был, это можно объяснить низкой концентрацией целевой ДНК. Наличие продукта ВПК во всех вариантах указывает на отсутствие ингибирования реакции.

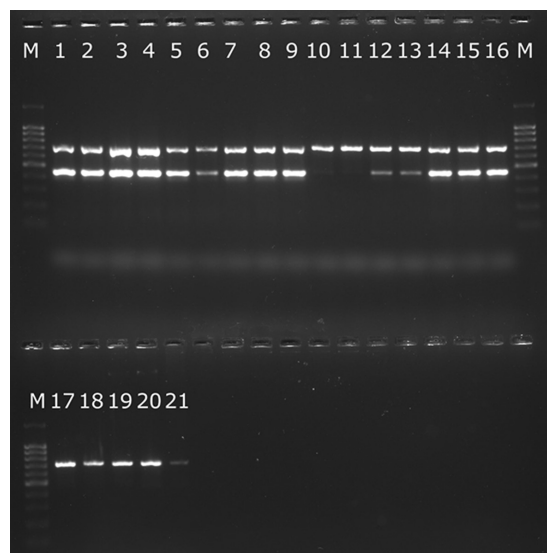


Рис. 2. Результаты электрофореза в агарозном геле ПЦР продуктов с праймерами JB 433/434 (Бэнды: 1–3 – 49 зд. зерен пшеницы + 1 инф.; 4–6 – 48 зд. + 2 инф.; 7–9 – 47 зд. + 3 инф.; 10–11 – 25 зд. зерен ячменя + 5 инф. пшеницы; 1–13 – 25 зд. зерен ржи + 5 инф. пшеницы; 14–16 К+з (только инф. зерно); 17–19 К-з (не инф. зерно); 20 – отрицательный контроль выделения ДНК; 21 – отрицательный контроль (вода))

Fig. 2. Results of electrophoresis in an agarose gel of PCR products with the primers JB 433/434 (Bands: 1–3 – 49 healthy wheat kernels + 1 infected one; 4–6 – 48 healthy + 2 infected; 7–9 – 47 healthy + 3 infected; 10–11 – 25 healthy barley kernels + 5 infected wheat kernels; 12–13 – 25 healthy rye kernels + 5 infected wheat kernels; 14–16 K + z (only infected kernels); 17–19 K - z (non-infected kernels); 20 – negative control for DNA isolation; 21 – negative control (water))

Размер образца для исследования был увеличен до 200 семян согласно ГОСТ № 12044-93, который устанавливает размер образца для исследований зерна на наличие патогенов 200–400 семян. На этом этапе важно учесть тот факт, что увеличение количества семян влечет увеличение количества растительной ДНК, а также веществ, способных ингибировать реакцию.

Из-за неудовлетворительных результатов с ячменем в предыдущем эксперименте было

решено увеличить инфекционный фон в образце, в связи с чем к 200 семенам ячменя добавили 5 пикнид гриба *P. nodorum*, а затем произвели помол. Для пшеницы отобраны образцы размером 200 семян с разным количеством инфекции: 1–3 зараженных *P. nodorum* зерна пшеницы + 197–199 здоровых семян. Получение экстрактов, выделение ДНК и проведение ПЦР производили, как описано выше. Результаты электрофореза продуктов ПЦР (рис. 3) свидетельствуют о том, что размер образца 200 се-

мян также обеспечивает выявление ДНК *P. nodorum* во всех образцах. Образование продукта ВПК указывает на отсутствие ингибирования реакции.

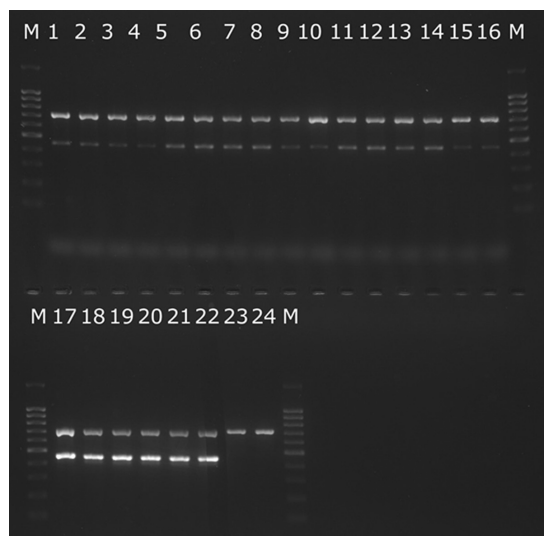


Рис. 3. Результаты электрофореза в агарозном геле ПЦР продуктов с праймерами JB 433/434 (Бэнды: 1–6 – 199 зд. зерен пшеницы + 1 инф.; 7–12 – 198 зд. + 2 инф.; 13–18 – 197 зд. + 3 инф.; 19–22 – 200 зд. зерен ячменя + 5 пикнид; 23 – отрицательный контроль выделения ДНК; 24 – отрицательный контроль (вода))

Fig. 3. Results of electrophoresis in an agarose gel of PCR products with the primers JB 433/434 (Bands: 1–6 – 199 healthy wheat kernels + 1 infected one; 7–12 – 198 health + 2 infected; 13–18 – 197 healthy + 3 infected; 19–22 – 200 healthy barley kernels + 5 pycnidia; 23 – negative control for DNA isolation; 24 – negative control (water))

Поскольку 5 пикнид является достаточно высоким инфекционным фоном, необходимо было оценить чувствительность метода. Для этого подготовили образцы, состоящие из 200 семян ячменя и с инфекционным фоном в 1–3 пикниды. Также для увеличения количества выделенной целевой ДНК к протоколу пробоподготовки семян ячменя был добавлен этап высокоскоростного центрифугирования экстракта при 13 тыс. об./мин. в течение 2 мин

для осаждения мелких частиц, в том числе кусочков мицелия гриба. Выделение ДНК проводили из полученного осадка, удалив надосадочную жидкость.

Результаты эксперимента представлены на электрофореграмме (рис. 4), специфичный продукт 450 п.о. образуется во всех повторностях с тремя пикнидами. В варианте с одной пикнидой продукт образуется в 3-х из 6 повторностей.

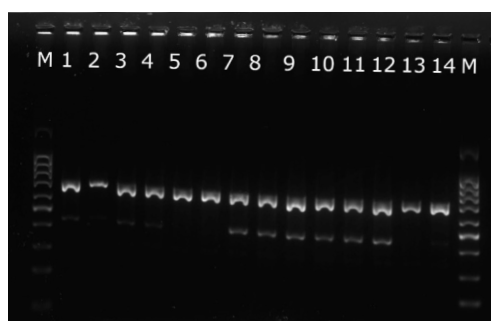


Рис. 4. Результаты электрофореза в агарозном геле ПЦР продуктов с праймерами JB 433/434 (Бэнды: 1–6 – 200 здоровых семян ячменя + 1 пикнида; 7–8 – 200 здоровых семян ячменя + 3 пикниды; 13 – отрицательный контроль выделения ДНК; 14 – отрицательный контроль (вода))

Fig. 4. Results of electrophoresis in an agarose gel of PCR products with the primers JB 433/434 (Bands: 1–6 – 200 healthy barley kernels + 1 pycnidia; 7–8 – 200 healthy barley kernels + 3 pycnidia; 13 – negative control of DNA isolation; 14 – negative control (water))

При выявлении *A. infectoria* в образцах зерновых культур также были получены положительные результаты ПЦР (рис. 5). Инфекционного фона в 5 зараженных семенах на 195 незараженных было достаточно

для детекции целевого вида во всех вариантах. Во всех случаях был получен целевой продукт размером 350 п.о., о качестве проведенной ПЦР говорит образование во всех вариантах продукта ВПК размером 700 п.о.

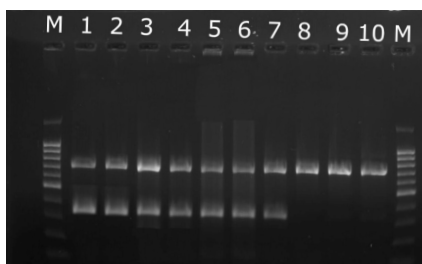


Рис. 5. Результаты электрофореза с праймерами Dir3Alta1/Inv4Alta1

(Бэнды: 1, 2 – 195 зд. семян пшеницы + 5 инф., 3, 4 – 195 зд. семян ячменя + 5 инф., 5, 6 – 195 зд. семян ржи + 5 инф., 7 – полностью зараженное зерно, 8 – не зараженное зерно, 9 – отрицательный контроль выделения ДНК, 10 – отрицательный контроль (вода))

Fig. 5. Results of electrophoresis with the primers Dir3Alta1/Inv4Alta1

(Bands: 1–2 – 195 healthy wheat kernels + 5 infected ones; 3–4 – 195 healthy barley kernels + 5 infected ones; 5–6 – 195 healthy rye kernels + 5 infected ones; 7 – completely infected kernels; 8 – not infected kernels; 9 – negative control of DNA isolation; 10 – negative control (water))

Выводы. Традиционные микологические методы фитосанитарных лабораторных исследований зерновой продукции продолжительны и занимают от 10 до 14 дней, поскольку основаны на идентификации по морфологическим структурам, конидиям, на образование которых требуется время и создание определенных условий инкубирования. Метод ПЦР-анализа не требует наличия диагностических морфологических структур патогена, идентификация производится по ДНК гриба, т.е. ее наличие в зерне указывает на инфицированность образца. Предложенный протокол пробоподготовки зерна к экстракции ДНК позволяет отказаться от инкубирования образцов, что сокращает продолжительность исследований до 5 дней в зависимости от исследуемого объекта. Было установлено, что данный метод

можно применять для пробоподготовки семян пшеницы, ячменя и ржи. Метод выделения ДНК фитопатогенных грибов из экстракта муки показал высокую чувствительность со всеми исследуемыми зерновыми культурами, которая составила одно зараженное семя на 199 здоровых для выявления *P. nodorum* и 5 зараженных семян на 195 здоровых для выявления *A. infectoria*. Пробоподготовка зерна к выделению ДНК по данному протоколу не требует дорогостоящего оборудования и опасных химических реактивов, поэтому может быть рекомендована для проведения лабораторных исследований. Применение данного метода позволяет быстро и надежно проводить лабораторные исследования на выявление фитопатогенов не только отечественной, но и экспортируемой зерновой продукции.

Библиографические ссылки

1. Анализ данных. Таможенная статистика внешней торговли РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stat.customs.ru>.
2. Мазурин Е. С., Копина М. Б., Шероколава Н. А. Контроль достоверности результатов фитосанитарной экспертизы при использовании молекулярных методов диагностики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2012. № 3. С 31–38.
3. Рябушкина Н. А., Омашева М. Е., Галиакпаров Н. Н. Специфика выделения ДНК из растительных объектов // Биотехнология. Теория и практика. 2012. № 2. С. 9–26.
4. Beck J. J., Ligon J. M. Polymerase chain reaction assays for the detection of *Stagonospora nodorum* and *Septoria tritici* in wheat // Phytopathology. 1995. Vol. 85, № 3. P. 319–324.
5. Glasel J. A. Validity of nucleic acid purities monitored by 260nm/280nm absorbance ratios // Biotechniques. 1995. Vol. 18, № 1. P. 62–63.
6. Pavón M. Á. et al. PCR detection and identification of *Alternaria* species-groups in processed foods based on the genetic marker Alt a 1 // Food Control. 2010. Vol. 21, № 12. P. 1745–1756.
7. Russell D. W., Sambrook J. Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory, 2001. Vol. 1. P. 112.
8. Samson R. A. et al. Food and Indoor Fungi. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, 2019.
9. Simmons E. G. *Alternaria*: an identification manual. Utrecht: Centralblatt für Schimmelpilzkulturen, 2007.

References

1. Analiz dannykh. Tamozhennaya statistika vneshnei trgovli RF [Data analysis // Customs statistics of foreign trade of the Russian Federation] [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://stat.customs.ru>.
2. Mazurin E. S., Kopina M. B., Sherokolava N. A. Kontrol' dostovernosti rezul'tatov fitosanitarnoi ekspertizy pri ispol'zovanii molekulyarnykh metodov diagnostiki [Control of the reliability of the results of phytosanitary examination when using molecular diagnostic methods] // Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2012. № 3. S. 31–38.
3. Ryabushkina N. A., Omashева M. E., Galiakparov N. N. Spetsifika vydeleniya DNK iz rastitel'nykh ob"ektov [Specifics of DNA extraction from plant objects] // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. 2012. № 2. S. 9–26.

4. Beck J.J., Ligon J.M. Polymerase chain reaction assays for the detection of *Stagonospora nodorum* and *Septoria tritici* in wheat // *Phytopathology*. 1995. Vol. 85, № 3. P. 319–324.
5. Glasel J.A. Validity of nucleic acid purities monitored by 260nm/280nm absorbance ratios // *Biotechniques*. 1995. Vol. 18, № 1. S. 62–63.
6. Pavón M. Á. et al. PCR detection and identification of *Alternaria* species-groups in processed foods based on the genetic marker *Alt a 1* // *Food Control*. 2010. Vol. 21, № 12. P. 1745–1756.
7. Russell D. W., Sambrook J. *Molecular cloning: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory, 2001. Vol. 1. P. 112.
8. Samson R.A. et al. *Food and Indoor Fungi*. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, 2019.
9. Simmons E.G. *Alternaria: an identification manual*. Utrecht: Centralblatt fur Schimmelculturs, 2007.

Поступила: 09.02.22; доработана после рецензирования: 21.04.22; принята к публикации: 12.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ручков Е. Р., Шухин Д. И. – выполнение лабораторных опытов и сбор данных, их анализ и интерпретация; Кузнецова А. А., Копина М. Б. – концептуализация исследования, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ТАМАРА – ИСТОЧНИК КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

С. Н. Гапонов, кандидат сельскохозяйственных наук, директор института, ORCID ID: 0000-0002-8138-5955;
Г. И. Шутарева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1159-2892;
Н. М. Цетва, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0001-9042-0831;
И. С. Цетва, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0539-9482;
И. В. Милованов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-4569-0300;
Н. А. Бурмистров, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0001-6094-1783;
Е. С. Жиганова, агроном лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-1551-0084;
В. А. Куликова, научный сотрудник химико-аналитической лаборатории, ORCID ID: 0000-0001-7192-0208
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
410010, г. Саратов, ул. им. Н.М. Тулайкова, 7, Россия; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Цель работы заключалась в создании и внедрении в производство сорта яровой твердой пшеницы, адаптированного к климатическим условиям Нижнего Поволжья, отвечающего по продуктивности и качеству зерна современным требованиям рынка сырья для производителей макаронной продукции. Качество зерна – важнейший критерий, по которому производится оценка твердой пшеницы. Для современного производства паста продуктов необходимо зерно с натурой не менее 770 г/л, стекловидное (не менее 80,0%), с высоким качеством клейковины (индекс глютена не менее 80 ед.пр.). Содержание каротиноидных пигментов от 7,0–8,0 мг/кг, где индекс желтизны (цвет семолины) не менее 22,0 у.е. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара соответствует всем предъявляемым параметрам. Сорт получили методом сложноступенчатой гибридизации между лучшими сортами и линиями лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы «ФАНЦ Юго-Востока» и отобранными образцами из коллекций селекционных центров РФ, ВИРа, и ICARDA. Сорт среднеспелый, от всходов до колошения 50 дней, высота растений 96 см. В среднем за три года (2019–2021) по продуктивности превысил сорт стандарт Краснокутка 13 на 0,3 т/га, а сорт Саратовская золотистая – на 0,5 т/га. Максимальный урожай в производственном посеве ОПХ «Красавское» в 2020 г. составил 3,14 т/га. Сорт характеризуется высоким содержанием каротиноидных пигментов, эластичностью и прочностью клейковины, янтарно-желтым оттенком спагетти, их низкой разваримостью, приятным вкусом и пищевой ценностью. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2022 года. Рекомендован для возделывания по 8-му региону Российской Федерации.

Ключевые слова: пшеница яровая твердая, сорт, продуктивность, макаронные изделия, каротиноиды, индекс желтизны.

Для цитирования: Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А., Жиганова Е. С., Куликова В. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56.



A NEW SPRING DURUM WHEAT VARIETY 'TAMARA' AS A SOURCE OF CAROTENOID PIGMENTS

S. N. Gaponov, Candidate of Agricultural Sciences, head of institute, ORCID ID: 0000-0002-8138-5955;
G. I. Shutareva, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1159-2892;
N. M. Tsetva, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9042-0831;
I. S. Tsetva, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0539-9482;
I. V. Milovanov, junior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4569-0300;
N. A. Burmistrov, junior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-6094-1783;
E. S. Zhiganova, agronomist of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-1551-0084;
V. A. Kulikova, researcher of the chemical and analytical laboratory, ORCID ID: 0000-0001-7192-0208
Federal Agricultural Research Center of South-East,
410010, Russia, Saratov, Tulaykov Str., 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

The purpose of the current work was to develop and introduce into production a spring durum wheat variety adapted to the climatic conditions of the Lower Volga region, which meets the modern requirements of the raw material market for pasta producers to productivity and grain quality. Grain quality is the most important criterion by which durum wheat is evaluated. For modern pasta production, there is a great need in grain with a grain unit of at least 770 g/l; with kernel hardness of at least 80.0%; with high quality of gluten (gluten index of at least 80 u.); with carotenoid pigments of 7.0–8.0 mg/kg, where the yellowness index (semolina color) is not less than 22.0 c.u. The new spring durum wheat variety 'Tamara' meets all the requirements. The variety was developed by the method of complex hybridization between the best varieties and lines of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production of the "FARC of South-East" and selected samples from the collections of the breeding centers of the Russian Federation, VIR, and ICARDA. The variety is middle-maturing, with 50 days from a germination to heading stage, with plant height of 96 cm. On average, through three years (2019–2021), the productivity of the variety exceeded that of the standard variety 'Krasnokutka 13' on 0.3 t/ha, and the variety 'Saratovskaya zolotistaya' on 0.5 t/ha. In 2020 in the production sowing of the Krasavskoye OPH the maximum productivity was 3.14 t/ha. The variety is characterized by a high percentage of carotenoid pigments, gluten elasticity and strength, an amber-yellow shade of spaghetti, their low digestibility, delicious taste and nutritional value. The new spring durum wheat variety 'Tamara' has been included in the State List of Breeding Achievements since 2022. The variety has been recommended for cultivation in the 8th region of the Russian Federation.

Keywords: *spring durum wheat, variety, productivity, pasta, carotenoids, yellowness index.*

Введение. Для зоны рискованного земледелия юго-востока России твердая пшеница всегда была важной продовольственной культурой, и создание засухоустойчивых сортов, сочетающих высокий урожай и качество зерна, остается главной задачей селекционеров. Нижнее Поволжье – один из семи регионов страны, обеспечивающих сырьем пищевую промышленность. По данным Минсельхоза РФ, третье место, после Оренбургской (182,2 тыс. т) и Челябинской (109,2 тыс. т) областей, по валовому сбору зерна в 2021 г. заняла Саратовская область (84,9 тыс. т) (ОНЛЕБЕ.ru). Это на 36,2 тыс. т зерна яровой твердой пшеницы больше, чем в 2020 г., что стало возможным за счет увеличения посевных площадей.

Требования современных производителей макаронной продукции к крупке (семолине) из твердой пшеницы постоянно возрастают. С ростом ассортимента изделий, например, тонких спагетти (Мальчиков и др., 2021), необходима прочная и упругая клейковина, а для товарного вида макаронных изделий – золотисто-янтарный цвет продукции (Thomas et al., 2021). Национальный союз селекционеров и семеноводов (НССиС) поддержал предложение переработчиков твердой пшеницы о необходимости доработки стандартов по классу зерна, в частности, о включении в ГОСТ показателей цветности (индекс желтизны) и индекса глютена (качества зерна) (ОНЛЕБЕ.ru). Поскольку паста (макаронные изделия) является самым распространенным продуктом, производимым из твердой пшеницы, растет и спрос на сорта яровой твердой пшеницы, обладающие такими требованиями.

По разным оценкам специалистов (Di Paola et al., 2020), в мире ежегодно около половины пшеницы дурум перерабатывается на макаронные изделия. На Ближнем Востоке и в Северной Африке эта пшеница в основном используется для приготовления таких продуктов, как булгур (bulgur), лапша (noodles), кускус (couscous), а также различных видов плоского (однослойного, двуслойного и т.п.) хлеба. Другие области применения семолины (муки твердой пшеницы), которые составляют около 1%, это манная крупа, обвалка мясных полуфабрикатов, тесто

для пельменей и пиццы, вафельные стаканчики и рожки для мороженого.

Важно, что при изготовлении любых продуктов из твердой пшеницы выигрывает цвет изделий приятного желтого оттенка, который зависит от количественного содержания каротиноидных пигментов. Каротиноиды в живых организмах имеют огромное значение как первоначальные вещества, из которых образуются витамины группы А. Провитамин А, или ретинол, улучшает зрение, способствует росту костей, волос, повышает сопротивляемость организма к инфекциям. Поэтому твердая пшеница считается незаменимым сырьем для детского питания. Каротиноиды являются переносчиками активного кислорода и принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, функционируют как антиоксиданты в растениях и организме человека. Янтарная окраска зерна и ярко-золотистый цвет семолины твердой пшеницы обусловлены высокой концентрацией каротиноидов, в частности лютеина (Мясникова и др., 2019).

В селекционных программах создание нового сорта с высоким содержанием каротиноидных пигментов предусматривает оценку активности фермента липоксигеназы. Известно, что в условиях Поволжья ярко выраженный золотисто-желтый цвет готовых макаронных изделий проявляется при содержании каротиноидных пигментов в зерне не менее 4,0 мг/кг – 4,5 мг/кг. Однако в процессе производства макаронных изделий при помоле зерна и замесе теста происходит их быстрое окисление, связанное с повышением активности фермента липоксигеназы (липоксидазы). По этой причине селекционеры большинства стран мира нацелены на создание сортов твердой пшеницы с более высоким содержанием каротиноидных пигментов (7 мг/кг – 8 мг/кг) и низкой активностью ферментов, их окисляющих (Mares, 2007).

Материалы и методы исследований. Посев осуществляли на полях селекционного севооборота «ФАНЦ Юго-Востока» по чистому пару. Изучаемые линии высевали в 4-кратной повторности, норма высева – 400 зерен на м², учетная площадь делянок – 8,4 м². Объектом исследования был сорт Тамара (селекцион-

ный номер линии D-2138). Стандартные сорта: Краснокутка 13 и Саратовская золотистая. Сорт Гордеиформе 432, районированный в 1929 г., привлекли к исследованию в качестве сравнительного примера достижений в селекции современных сортов, в частности содержания каротиноидных пигментов.

Фенологические наблюдения за время вегетации, оценку на устойчивость к засухе и болезням, продуктивность, анализ зерна и статистическую обработку данных по яровой твердой пшенице сорта Тамара проводили по общепризнанным методикам и усовершенствованным в лаборатории селекции яровой твердой пшеницы «ФАНЦ Юго-Востока» (Васильчук, 2001; Доспехов, 2012).

Особое внимание было уделено количественному измерению каротиноидных пигментов. Наличие желтых пигментов обычно исследуют традиционным методом – путем их экстрагирования сатурированным н-бутанолом и последующим фотоколориметрированием при длине волн 440–450 нм (Плешков, 1968).

Вторым по значимости методом стала возможность качественного и количественного определения индекса желтизны семолины у разных генотипов яровой твердой пшеницы с помощью спектрофотометра Spекol 10 (Васильчук, 2001). В соответствии с программой планирования и развития селекции яровой твердой пшеницы индекс желтизны определяется во всех образцах экспериментальных питомников, начиная с питомника первого года (СП-1). Метод позволяет отбирать ценные генотипы по степени цвета семолины (муки) на ран-

них этапах селекционного процесса – в F_2 и F_3 в сочетании с другими хозяйственно полезными признаками (Гапонов и др., 2018).

Результаты и их обсуждение. Качество зерна – главный показатель, по которому оценивается твердая пшеница. Современные технологии производства длиннотрубчатых макаронных изделий и тонких спагетти, так называемых паста продуктов, требуют все более качественное сырье – высококачественное стекловидное зерно с упругой и эластичной клейковиной, повышенным содержанием каротиноидных пигментов и белка. Результативность селекции твердой пшеницы на высокое содержание каротиноидных пигментов в зерне подтверждает многолетний опыт работы лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».

Динамика роста числа сортов и линий в конкурсном сортоиспытании, превышающих в условиях Саратова первый селекционный сорт яровой твердой пшеницы Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидных пигментов в зерне, наглядно показана на рисунке 1. За последние одиннадцать лет все сорта, начиная с сорта Саратовская золотистая, выше старого сорта Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидных пигментов в среднем на 2,3–3,0 мг/кг, что составляет 50–65%. Два новых сорта яровой твердой пшеницы – Памяти Васильчука и Тамара – превышают сорт Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидов в среднем уже на 3,2 и 3,5 мг/кг соответственно, или на 70–76% соответственно.

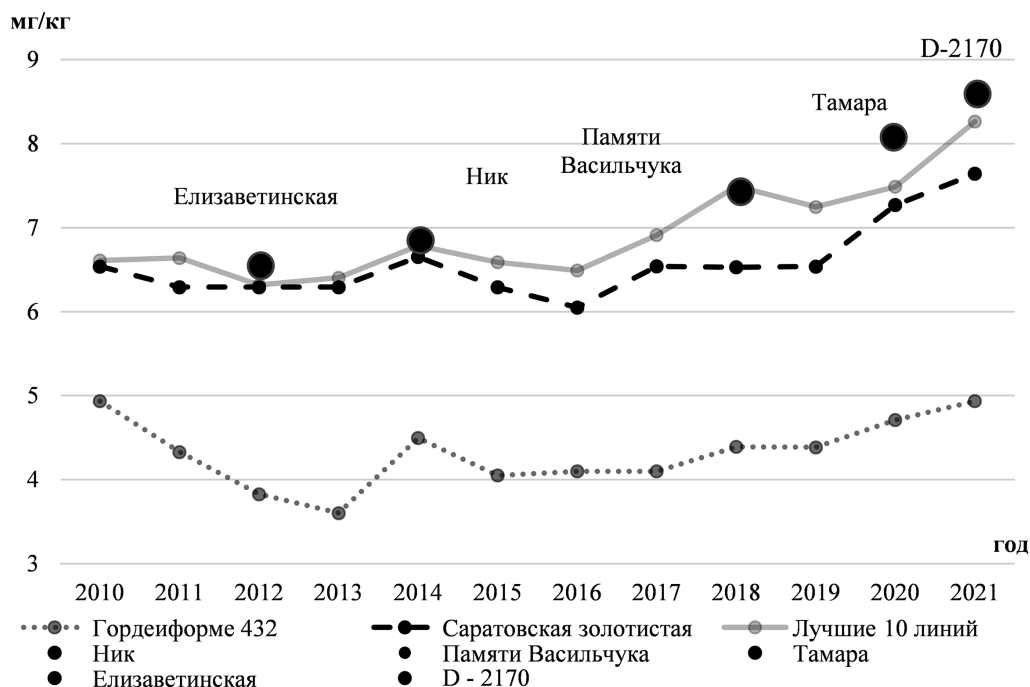


Рис. 1. Вклад селекции в содержание каротиноидных пигментов в яровой твердой пшенице (2010–2021 гг.)
Fig. 1. Contribution of breeding to the percentage of carotenoid pigments in spring durum wheat (2010–2021)

В настоящее время в конкурсном сортоиспытании есть перспективная линия D-2170, где количество пигментов выше, чем у сорта Тамара, на 0,2 мг/кг, и составляет в среднем 8,3 мг/кг против 8,1 мг/кг у нового сорта. Повышение содержания пигментов в современных сортах – заслуга селекционеров, создавших сорт яровой твердой пшеницы Саратовская золотистая (Васильчук, 2001; Гапонов и др., 2018), который и в настоящее время является стандартом по цвету и количеству каротиноидных пигментов, а также доно-

ром по этим показателям во многих программах скрещиваний.

Количество селекционных номеров с высоким содержанием каротиноидных пигментов подтверждает и второй метод, который используют в лаборатории, – метод определения индекса желтизны (b%). Число линий с высоким показателем индекса желтизны в основном конкурсном сортоиспытании (ОКИ) лаборатории, как и количество каротиноидных пигментов, относительно сорта Гордеиформе 432 убедительно подтверждает диаграмма (рис. 2).

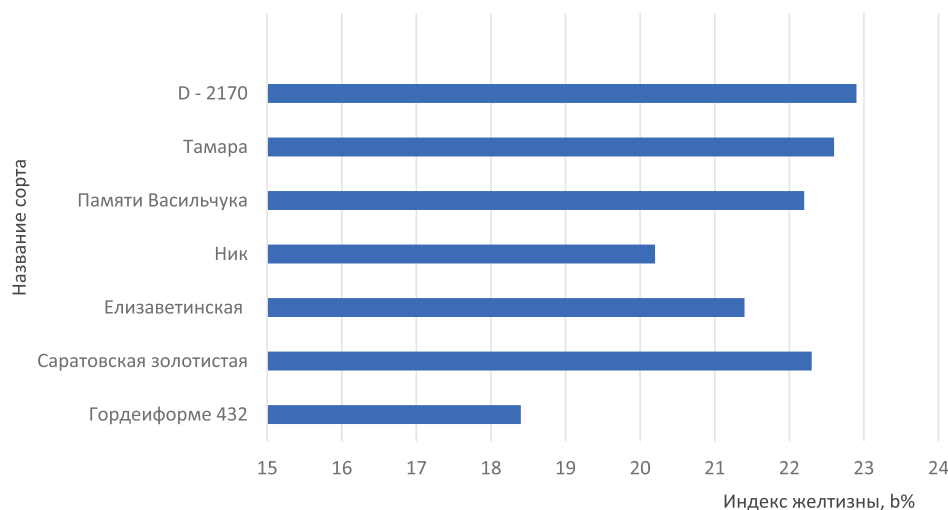


Рис. 2. Индекс желтизны (b %) современных сортов яровой твердой пшеницы относительно сорта Гордеиформе 432 (2010–2021 гг.)

Fig. 2. Yellowness index (b %) of the modern spring durum wheat varieties in accordance with the variety 'Gordeiforme 432' (2010–2021)

В родословной сорта Тамара по материнской и отцовской линиям присутствует сорт Саратовская золотистая (рис. 3). В схеме многоступенчатой гибридизации есть два иностранных сорта. Сорт Vic, USA с высоким качеством клейковины в зерне и устойчивостью

к грибковым болезням (пыльной головне, «черному зародышу») и сорт Karasu, ICARDA (Гапонов и др., 2021) с высокой потенциальной продуктивностью, высоким седиментационным числом, устойчивостью к хлебному пилльщику.

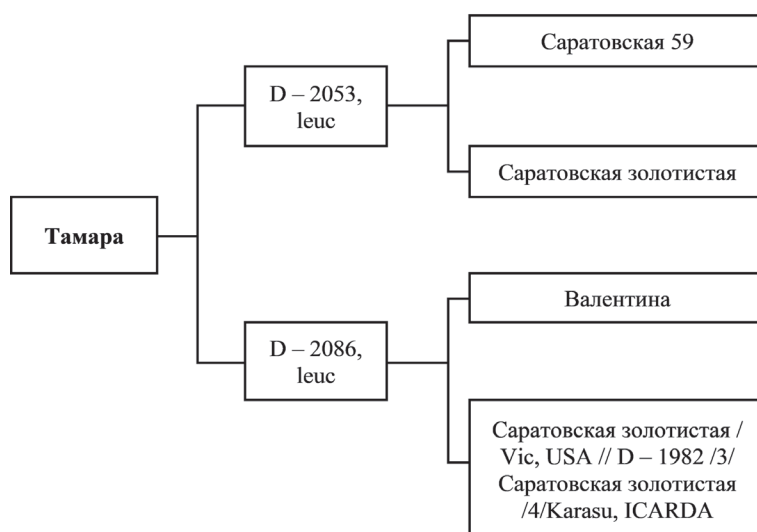


Рис. 3. Родословная сорта яровой твердой пшеницы Тамара
Fig. 3. Parentage of the spring durum wheat variety 'Tamara'

Морфологическое описание сорта. Пшеница твердая (*Triticum durum* (Desf.) v. *leuicurum*), колос белый, неопушенный, цилиндрической формы, крупный (6,14 см), плотный (22–24 колоска на 10 см колоскового стержня). Колосковая чешуя ланцетная, нервация слабо выражена. Килевой зубец короткий, острый и прямой. Плечо среднее, округлое. Ости белые. Зерно белое (янтарное), крупное, удлинённой формы, с хохолком средней длины. Масса 1000 зерен в среднем 43,1 г. Бороздка неглубокая.

Биологические и хозяйственные свойства сорта. Новый сорт имеет прочный стебель, что обеспечивает устойчивость к полеганию. Выполненность соломины средняя. Высота растения в среднем составила 96 см. Сорт Тамара практически не подвержен септориозу, слабо поражается вирусными инфекциями, мучнистой росой, не поражается пыльной головней, «черным зародышем». Период от всходов до колошения составляет 50 дней против 49 у сорта Саратовская золотистая. По урожайности новый сорт превосходит стандарт ГСИ

по Саратовской области сорт Краснокутка 13 на 0,3 т/га, а сорт Саратовская золотистая – на 0,5 т/га. Особенность нового сорта Тамара заключается в технологических качествах зерна. По содержанию каротиноидных пигментов новый сорт в среднем превышает стандарты – на 0,5 мг/кг сорт Саратовская золотистая и на 3,3 мг/кг сорт Краснокутка 13. Величина SDS-седиментации, как показатель прочности и эластичности клейковины, на уровне 46 мм. Цвет паста продуктов из семолины нового сорта и миксограмма реологических свойств теста оценивается в 9 баллов (см. табл.). Из представленных данных следует, что новый сорт по многим характеристикам превышает или на уровне ранее созданных сортов «ФАНЦ Юго-Востока», но есть одно преимущество. Высокая продуктивность в сочетании с высоким качеством клейковины (индекс глютена 87 ед. пр.) и содержанием каротиноидных пигментов (8,1 мг/кг) делают новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара востребованным на рынке сырья для пищевой промышленности.

Показатели продуктивности и качества яровой твердой пшеницы Тамара (2019–2021 гг.)
Indicators of productivity and quality of the spring durum wheat variety 'Tamara' (2019–2021)

Сорт	Урожайность, т/га	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г	Содержание		Индекс глютена, ед.	Индекс желтизны, b%	SDS-микро, мм	Каротиноид пигмент, мг/кг	Миксограмма, балл
				протеин, %	глютен, %					
Гордеиформе 432	1,5	803	41,1	13,8	30,4	58	18,4	37	4,6	6
Краснокутка 13, ст.	1,9	803	44,3	14,3	31,3	61	18,0	39	4,8	7
Саратовская золотистая, st	1,7	787	42,5	14,3	30,7	85	22,3	42	7,6	8
Елизаветинская	1,8	798	46,3	14,5	31,4	92	21,4	48	7,3	8
Ник	2,1	761	45,1	13,7	28,2	79	20,2	48	6,9	7
Аннушка	2,0	783	42,6	13,7	29,2	80	20,2	52	6,7	7
Луч 25	2,1	798	45,6	12,9	27,1	85	19,8	48	6,4	8
Памяти Васильчука	2,1	802	41,1	13,6	28,5	91	22,2	50	7,8	10
Тамара	2,2	807	43,1	13,3	28,2	87	22,6	46	8,1	9
F_φ	2,606	3,460	4,266	2,620	3,814	16,399	13,957	11,000	11,250	79,980
НСР₀₅	0,407	24,782	2,750	0,999	2,405	9,099	1,283	0,906	0,999	0,413

Почти за столетнюю селекционную деятельность, ученым генетикам и селекционерам удалось создать сорта, объединяющие в себе все лучшее, что отличает твердую пшеницу от других культур, что делает ее ценным, востребованным и безопасным сырьем для здорового питания человека. Подтверждением этому служит сорт яровой твердой пшеницы Тамара, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений в 2022 году.

Работа по данному направлению не останавливается, новая перспективная линия D-2170 будет заявлена на допуск к испытанию в ГСИ в 2023 году.

Выводы. Сорт яровой твердой пшеницы Тамара может быть использован:

- как источник каротиноидных пигментов в селекционных программах скрещиваний;
- в качестве сырья в пищевой промышленности для изготовления паста продуктов, крупы и муки (семолины) для пиццы, формовой кондитерской выпечки.

Сорт рекомендуется возделывать в условиях 8 региона Российской Федерации по принятым технологиям, применяемым для твердой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Васильчук Н. С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов: Новая газета, 2001. 124 с.
2. Гапонов С. Н., Попова В. М., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Паршикова Т. М., Шукин С. А. 25 лет сорту Саратовская золотистая // Зерновое хозяйство России. 2018. №5(59). С. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60.
3. Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В. Сорта и линии ICARDA в селекции яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf) Нижнего Поволжья // Труды по

прикладной ботанике, генетике и селекции 2021. №3(182). С. 137–142. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-137-142.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

5. Мальчиков П. М., Мясникова М. Г., Чакеева Т. В. Качество клейковины сортов твердой пшеницы самарской селекции и сортов из Италии и Австралии // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 9(35). С. 25–30. DOI: 10.53859/0235-2451-2021-35-9-25.

6. Мясникова М. Г., Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Розова М. А., Чакеева Т. В. Результаты селекции твердой пшеницы в России на содержание каротиноидных пигментов в зерне // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 37–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40.

7. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1968. 192 с.

8. Di Paola A., Ventura F., Vignudelli M., Bombelli A., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100(11). P. 4093–4100. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9864>.

9. Mares D., Mrva K. Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting // Journal of Cereal Science. 2008. Vol. 47. P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>.

10. OHLEBE.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ohlebe.ru/news/rf/585-triticum-durum-vozvrashchenie-yantarnogo-zern> (дата обращения 25.02.2022).

11. Thomas C., Maître I., Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework // British Food Journal. 2021. Vol. 123(7). P. 2430–2448. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050>.

References

1. Vasil'chuk N. S. Seleksiya yarovoi tverdoi pshenitsy [Spring durum wheat breeding]. Saratov: Novaya gazeta, 2001. 124 s.

2. Gaponov S. N., Popova V. M., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Parshikova T. M., Shchukin S. A. 25 let sortu Saratovskaya zolotistaya [25 years anniversary of the variety 'Saratovskaya zolotistaya'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60.

3. Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V. Sorta i linii ICARDA v seleksii yarovoi tverdoi pshenitsy (Triticum durum Desf) Nizhnego Povolzh'ya [The varieties and lines of ICARDA in the breeding of spring durum wheat (Triticum durum Desf) of the Lower Volga region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii 2021. №3(182). S. 137–142. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-137-142.

4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 s.

5. Mal'chikov P. M., Myasnikova M. G., Chakheeva T. V. Kachestvo kleikoviny sortov tverdoi pshenitsy samarskoi seleksii i sortov iz Italii i Avstralii [Gluten quality of the durum wheat varieties of Samara breeding and of the varieties from Italy and Australia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. № 9(35). S. 25–30. DOI: 10.53859/0235-2451-2021-35-9-25.

6. Myasnikova M. G., Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Rozova M. A., Chakheeva T. V. Rezul'taty seleksii tverdoi pshenitsy v Rossii na soderzhanie karotinoidnykh pigmentov v zerne [The results of durum wheat breeding in Russia for the content of carotenoid pigments in grain] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 37–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40.

7. Pleshkov B. P. Praktikum po biokhimii rastenii [Practical recommendation on plant biochemistry]. M.: Kolos, 1968. 192 s.

8. Di Paola A., Ventura F., Vignudelli M., Bombelli A., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100(11). P. 4093–4100. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9864>.

9. Mares D., Mrva K. Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting // Journal of Cereal Science. 2008. Vol. 47. P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>.

10. OHLEBE.ru [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://ohlebe.ru/news/rf/585-triticum-durum-vozvrashchenie-yantarnogo-zern> (data obrashcheniya 25.02.2022).

11. Thomas C., Maître I., Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework // British Food Journal. 2021. Vol. 123(7). P. 2430–2448. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050>.

Поступила: 25.03.22; доработана после рецензирования: 01.06.22; принята к публикации: 02.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гапонов С. Н. – концептуализация исследования; Шутарева Г. И. – выполнение полевых опытов, подготовка рукописи; Цетва Н. М. – выполнение полевых и лабораторных опытов; Цетва И. С. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных; Милованов И. В. – выполнение полевых опытов и интерпретация данных; Бурмистров Н. А. – выполнение полевых опытов; Жиганова Е. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Куликова В. А. – проведение химических анализов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА ФЛАГОВОГО ЛИСТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОЙ ЗАСУХИ

В. Л. Газе, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

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

И. А. Лобунская, агроном лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

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

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье приводятся данные по изучению проводящей системы флаговых листьев растений озимой пшеницы, выращенных в условиях засухи в период 2018–2020 годов. Объектами исследования стали 10 сортов озимой пшеницы, созданные селекционерами ФГБНУ «АНЦ «Донской». Целью этой работы являлось изучение влияния степени развития листовой проводящей системы растений озимой пшеницы в условиях модельной засухи на урожайность и массу 1000 семян. При изучении образцов в условиях модельной засухи получены данные по развитию проводящей системы листьев растений (количество и общая площадь пучков). В результате исследований выявлено, что развиваясь при недостаточной влагообеспеченности, сорта Этюд, Зодиак, Аскет, Жаворонок и Ермак имели максимальные значения по количеству проводящих пучков в листьях и минимальное снижение массы 1000 семян и урожайности в сравнении с оптимальными условиями выращивания. Выделенные образцы имели показатели: Этюд (47 шт., на 9,2 и 27,3%), Зодиак (53 шт., на 10,5 и 30,5%), Аскет (51 шт., на 11,7 и 31,1%), Жаворонок (49 шт., на 12,6 и 27,5%) и Ермак (50 шт., на 12,6% и 30,8%) соответственно, что говорит о засухоустойчивости сортов. Выявлена сильная и средняя положительная связь количества пучков с массой 1000 семян ($r=0,74$) и урожайностью ($r=0,68$). Мощная проводящая система листьев в засушливых условиях отмечена у сортов Юбилей Дона (13,080 мкм²), Подарок Крыму (11,339 мкм²), Этюд (11,003 мкм²), Зодиак (10,907 мкм²), Премьера (10,560 мкм²), которые в достаточном количестве способны обеспечивать пластическими веществами формирующиеся зерновки.

Ключевые слова: сорт, озимая пшеница, проводящая система, лист.

Для цитирования: Газе В. Л., Яновская Н. В., Лобунская И. А., Костылев П. И., Марченко Д. М. Проводящая система флагового листа озимой пшеницы в условиях модельной засухи // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 57–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-57-63.



CONDUCTING SYSTEM OF THE WINTER WHEAT FLAG LEAF UNDER CONDITIONS OF SIMULATED DROUGHT

V. L. Gaze, junior researcher of the laboratory for plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125;

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

I. A. Lobunskaya, agronomist of the laboratory for plant physiology, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498;

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

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

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current paper has presented data on the study of the flag leaf conducting system of winter wheat grown under drought in the period of 2018–2020. The objects of the study were 10 winter wheat varieties, developed by the researchers of the FSBSI «ARC «Donskoy». The purpose of the work was to study the influence of the development degree of the leaf conducting system of winter wheat under conditions of simulated drought on productivity and 1000-grain weight. When studying samples under conditions of simulated drought, there were obtained data on the development of the leaf conducting system (number and total area of vascular bundles). As a result of the study, there was established that when developing under conditions of insufficient moisture supply, the varieties 'Etyud', 'Zodiak', 'Asket', 'Zhavoronok' and 'Erma' had the maximum number of vascular bundles in the leaves and a minimum decrease of the trait '1000-grain weight' and productivity in relation to optimal growing conditions. The identified samples had the following indicators: the variety 'Etyud' (47 pieces, on 9.2 and 27.3%), the variety 'Zodiak' (53 pieces, on 10.5 and 30.5%), the variety 'Asket' (51 pieces, on 11.7 and 31.1%), the variety 'Zhavoronok' (49 pcs., on 12.6% and 27.5%) and the variety 'Yermak' (50 pcs., on 12.6% and 30.8%), respectively, which indicates the drought resistance of the varieties. There has been found a strong and medium positive correlation between the traits 'number of bunches' and '1000-grain weight' ($r=0.74$) with productivity ($r=0.68$). A powerful leaf conducting system in arid conditions was determined in the varieties 'Yubiley Dona' (13.080 μm^2), 'Podarok Krymu' (11.339 μm^2), 'Etyud' (11.003 μm^2), 'Zodiak'

(10.907 μm^2), 'Premiera' (10.560 μm^2), which are able to provide emerging grains with a sufficient quantity of organic substances.

Keywords: variety, winter wheat, conducting system, leaf.

Введение. Одним из важных синтезирующих органов, способствующих ассимиляции и интенсивному росту растений, является лист. Его анатомическое строение (особенно количество и размеры проводящих пучков) влияет на формирование урожая (Гудкова, 2013; Jafarian et al., 2019). В листьях с параллельным жилкованием проводящие пучки могут отличаться по размеру. Часто крупные чередуются с мелкими. Строение проводящей системы листьев растений озимой пшеницы характерно для всех зерновых культур (Анатомия листа; Selim et al., 2019).

Проводящая система листьев снабжает растения водой и распределяет ассимилянты. Ассимилянты – это стабильные органические соединения, которые являются конечными продуктами в процессе фотосинтетической фиксации и восстановления углекислот в растениях. Небольшое количество проводящих пучков и малые размеры их площади задерживают движение и накопление ассимилятов в листьях растений, снижаются функции дыхания, транспирации, фотосинтеза и замедляется рост, поэтому зачастую в условиях засухи снижается урожайность зерновых культур (Каргатова и др., 2020; Sattar A. et al., 2020).

От развития и мощности проводящей системы флагового листа зависит отток ассимилятов из листьев в генеративные органы, что влияет на созревание и формирование зерна (Некрасов и Ионова, 2018; Петрова и др., 2021).

Рост и развитие первого листа пшеницы протекают при слабом развитии корней и идут в основном за счет питательных веществ зерновки. Размер первого листа озимой пшеницы зависит от размера зерна, а количество проводящих пучков определяется его величиной (Степанов и др., 2009). Число проводящих пучков листа некоторые исследователи используют как систематический признак (Ионова и др., 2011).

Целью данной работы являлось изучение влияния степени развития листовой проводящей системы растений озимой пшеницы в условиях модельной засухи на урожайность и массу 1000 семян.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2018–2020 гг. в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской». Объектами исследования являлись 10 сортов озимой пшеницы Центра, выращенных в искусственно созданных услови-

ях засухи по методике Маймистова В.В. и др. (1988). Изучение проводящей системы листьев осуществляли на флаговых листьях, отобранных в фазу цветения растений, по методике Ионовой Е.В. и др. (2009). С помощью стереомикроскопа Soptor SZX40 определяли толщину листа, количество и диаметр пучков. Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу 12042-80.

Результаты и их обсуждение. Было изучено развитие проводящей системы листа озимой пшеницы, выращенной при различных условиях влагообеспечения. Установлены значительные различия, которые выражались в количестве и диаметре проводящих пучков.

В пластинке листа выделяются следующие проводящие пучки: 1) крупный проводящий пучок с склеренхимными тяжами с обеих сторон; 2) средний пучок с клетками флоэмы и ксилемы и одним склеренхимным тяжом; 3) пучок с мало развитой ксилемой; 4) мелкий проводящий пучок с клетками флоэмы или ксилемы (Даштоян и др., 2013) (рис. 1).

Одним из условий жизнедеятельности растений является существование специализированных проводящих тканей – флоэмы и ксилемы. Главная функция флоэмы – это проведение пластических веществ (нисходящий ток), а ксилемы – проведение воды и растворенных в ней веществ (восходящий ток) (Петрова и др., 2021).

Растения озимой пшеницы, выращенные в условиях засухи (опыт), характеризуются количеством проводящих пучков с ксилемой.

Изучение степени развития проводящей системы флагового листа озимой пшеницы, выращенной в условиях модельной засухи, позволило оценить влияние на продуктивность сортов. Площадь проводящего пучка флагового листа в условиях засухи варьировала от 0,127 (Аксинья) до 0,273 мкм^2 (Юбилей Дона), а в оптимальном увлажнении – от 0,199 (Юбилей Дона) до 0,264 мкм^2 (Этюд). Высокие значения площади одного пучка в опыте зафиксированы у сортов Юбилей Дона (0,273 мкм^2), Подарок Крыму (0,258 мкм^2), Зодиак (0,236 мкм^2) и Этюд (0,231 мкм^2), а на контроле выделились сорта Этюд (0,264 мкм^2), Аскет (0,250 мкм^2) и Ермак (0,220 мкм^2) (рис. 2).

В условиях модельной засухи у изученных сортов озимой пшеницы общая площадь проводящих пучков листьев в опыте находилась в пределах от 5,20 (Аксинья) до 13,08 мкм^2 (Юбилей Дона), а в контроле – от 8,56 (Аксинья) до 12,51 мкм^2 (Аскет) (табл. 1).

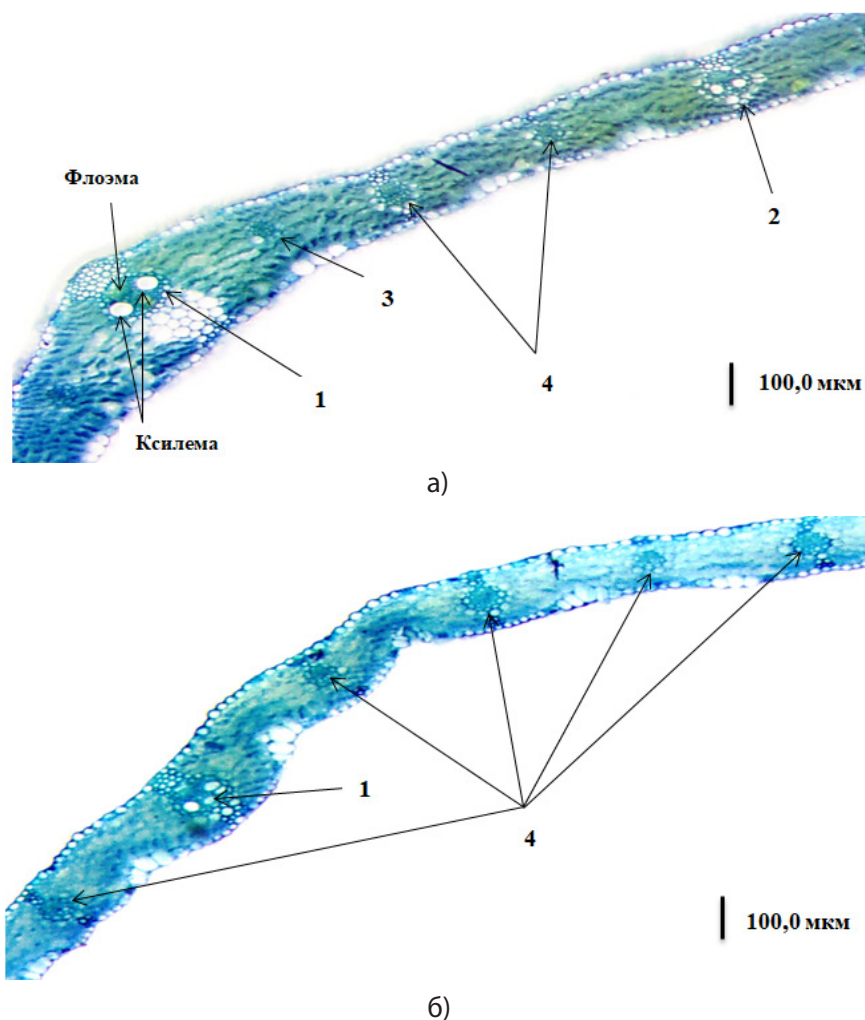


Рис. 1. Поперечный срез флагового листа озимой пшеницы (а – опыт, б – контроль)
 Fig. 1. Cross section of a winter wheat flag leaf (a – trial, b – control)

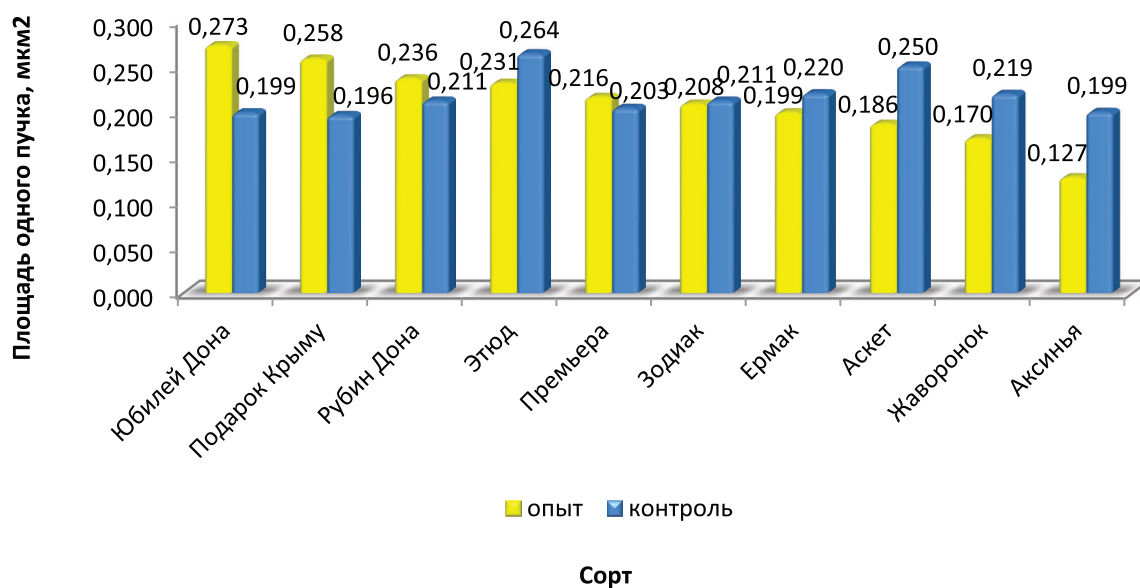


Рис. 2. Площадь одного пучка проводящей системы листа озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения (2018–2020 гг.)
 Fig. 2. The one bundle area of the leaf conducting system of winter wheat under insufficient moisture supply (2018–2020)

Таблица 1. Общая площадь проводящей системы листа озимой пшеницы в условиях различной влагообеспеченности (2018–2020 гг.)
Table 1. The total area of the leaf conducting system of winter wheat under various conditions of moisture supply (2018–2020)

Сорт	Общая площадь ПП, мкм ²		Соотношение площади проводящих пучков в засушливых условиях к оптимальным, %
	Засушливые условия (опыт)	Оптимальные условия (контроль)	
Ермак	9,93	9,88	100,5
Аксинья	5,20	8,56	60,8
Этюд	11,00	11,86	92,8
Премьера	10,56	11,39	92,7
Рубин Дона	9,68	11,20	86,4
Аскет	9,48	12,51	75,8
Подарок Крыму	11,34	9,19	123,4
Жаворонок	8,33	9,85	84,5
Юбилей Дона	13,08	9,93	131,8
Зодиак	10,91	10,57	103,2
НСР ₀₅	0,09	0,03	–

Максимальные значения общей площади проводящей системы листьев в условиях засухи были зафиксированы у следующих сортов: Юбилей Дона (13,08 мкм²), Подарок Крыму (11,34 мкм²), Этюд (11,00 мкм²), Зодиак (10,91 мкм²), Премьера (10,56 мкм²). В оптимальных условиях высокие значения общей площади имели сорта Аскет (12,51 мкм²), Этюд (11,86 мкм²), Премьера (11,39 мкм²) и Рубин Дона (11,20 мкм²).

Высокоустойчивые к засухе сорта Ермак, Зодиак, Подарок Крыму и Юбилей Дона сформировали в этих условиях более мощную проводящую систему листа. Площадь проводящих пучков у этих образцов увеличивается в засушливых условиях на 0,5–31,8% по сравнению с оптимальными условиями роста и развития растений. Минимальное снижение общей площади проводящей системы в опыте

по сравнению с контролем на 7,2–24,2% отмечено у сортов Этюд, Премьера, Рубин Дона, Жаворонок и Аскет. Значительно снизилась площадь проводящей системы листьев, выращенных в идентичных условиях, у сорта Аксинья – на 39,2%.

При выращивании озимой пшеницы в условиях недостатка влаги идет процесс ксерофиллизации растений, которая выражается в увеличении количества проводящих пучков в листе (Ионова и Алабушев, 2009). В условиях недостаточной влагообеспеченности у изученных сортов озимой пшеницы количество проводящих пучков в листьях растений варьировало от 41 (Рубин Дона) до 53 шт. (Зодиак), масса 1000 семян была в пределах от 35,2 (Рубин Дона) до 42,9 г (Зодиак), а урожайность – от 259,0 (Рубин Дона) до 310,5 г/м² (Ермак) (табл. 2).

Таблица 2. Количество проводящих пучков, масса 1000 семян и урожайность озимой пшеницы в условиях засухи (2018–2020 гг.)
Table 2. Number of conductive bundles, 1000-grain weight and productivity of winter wheat under drought (2018–2020)

Сорт	Количество пучков, шт.			Масса 1000 семян, г			Урожайность, г/м ²		
	опыт	контроль	% к контролю	опыт	контроль	% к контролю	опыт	контроль	% к контролю
Ермак	50	45	111,1	39,7	45,4	87,4	310,5	448,5	69,2
Аксинья	41	43	95,3	38,4	45,6	84,2	262,7	474,3	55,4
Этюд	47	45	104,4	41,3	45,5	90,8	283,2	389,4	72,7
Премьера	49	56	87,5	38,8	48,0	80,8	260,4	374,0	69,6
Рубин Дона	41	53	77,4	35,2	43,4	81,1	259,0	446,9	58,0
Аскет	51	50	102,0	36,9	41,8	88,3	282,1	409,2	68,9
Подарок Крыму	44	47	93,6	36,8	42,5	86,6	258,3	403,8	64,0
Жаворонок	49	45	108,9	38,7	44,3	87,4	308,8	426,1	72,5
Юбилей Дона	48	50	96,0	37,5	43,2	86,8	289,3	477,4	60,6
Зодиак	53	50	106,0	42,9	47,8	89,5	294,6	424,0	69,5
НСР ₀₅	1,93	2,01	–	0,22	0,37	–	24,7	32,2	–

В оптимальных условиях выращивания значения показателей количества проводящих пучков находились в пределах от 43 (Аксинья) до 56 шт. (Премьера), масса 1000 семян – от 41,8 (Аскет) до 48,0 г (Премьера) и урожайность – от 374,0 (Премьера) до 477,4 г/м²

(Юбилей Дона). Максимальное количество пучков и наибольшее значение массы 1000 семян в условиях недостаточного увлажнения отмечено у сортов Зодиак (53 шт. и 42,9 г), Аскет (51 шт. и 36,9 г), Ермак (50 шт. и 39,7 г) соответственно. Наименьшее сниже-

ние массы 1000 и урожайности семян в опыте по сравнению с контролем отмечено у сортов Этюд – на 9,2 и 27,3%, Зодиак – на 10,5 и 30,5%, Аскет – на 11,7 и 31,1%, Жаворонок – на 12,6 и 27,5%, Ермак – 12,6% и 30,8% соответственно, что указывает на засухоустойчивость данных сортов.

Корреляционная связь массы 1000 зерен и количества проводящих пучков озимой пшеницы составляет $0,74 \pm 0,24$. Чем больше сосудистых пучков в листе, по которым проходят питательные вещества, тем лучше развивается растение и формируется более крупное зерно (масса 1000 семян) (рис. 3).

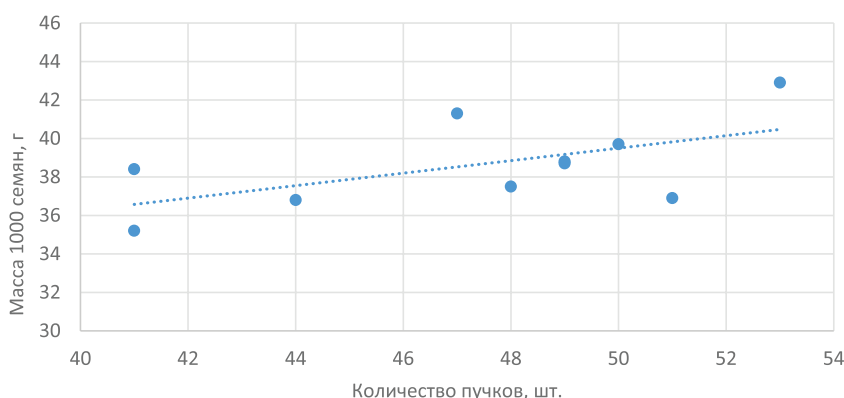


Рис. 3. Зависимость массы 1000 семян от количества проводящих пучков образцов озимой пшеницы (2018–2020 гг.)

Fig. 3. Correlation between the 1000-grain weight and the number of vascular bundles of the winter wheat samples (2018–2020)

Наибольшее количество пучков и высокие значения урожайности семян в условиях засухи были зафиксированы у образцов Зодиак

(53 шт. и $294,6 \text{ г/м}^2$), Аскет (51 шт. и $282,1 \text{ г/м}^2$), Ермак (50 шт. и $310,5 \text{ г/м}^2$) и Жаворонок (49 шт. и $308,8 \text{ г/м}^2$) соответственно (рис. 4).

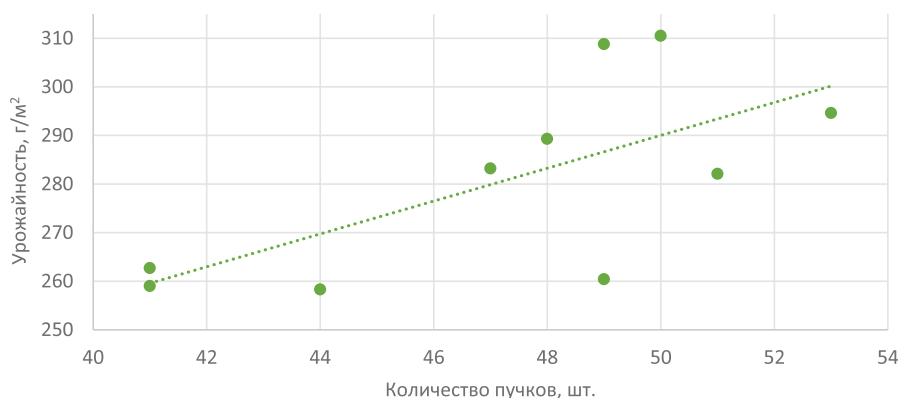


Рис. 4. Зависимость урожайности от количества проводящих пучков образцов озимой пшеницы (2018–2020 гг.)

Fig. 4. Dependence of productivity on a number of vascular bundles of the winter wheat samples (2018–2020)

Количество проводящих пучков имело среднюю положительную корреляцию с урожайностью ($0,68 \pm 0,26$).

Установлено, что листья растений, у которых небольшое количество проводящих пучков и незначительные размеры их площади, имеют низкую урожайность в условиях засухи. У засухоустойчивых сортов анатомическое строение листьев приспособлено не к уменьшению оттока питательных веществ от листа к генеративным органам, а к увеличению ин-

тенсивности этого оттока, за счет мощной развитой проводящей системы.

Выводы. В условиях засухи было отмечено наибольшее количество сформированных пучков и минимальное снижение массы 1000 семян относительно значений при оптимальных условиях выращивания у сортов Этюд (47 шт. и на 9,2%), Зодиак (53 шт. и 10,5%), Аскет (51 шт. и 11,7%), Жаворонок (49 шт. на 12,6%) и Ермак (50 шт. и 12,6%). В аналогичных условиях у образцов Этюд (47 шт. и $283,2 \text{ г/м}^2$), Зодиак

(53 шт. и 294,6 г/м²), Аскет (51 шт. и 282,1 г/м²), Ермак (50 шт. и 310,5 г/м²) и Жаворонок (49 шт. и 308,8 г/м²) выявлено наибольшее количество пучков и высокое значение урожайности семян. В результате исследования установили сильную и среднюю положительную связь количества пучков с массой 1000 семян ($r = 0,74$) и урожайностью ($r = 0,68$).

Сорта Юбилей Дона (13,080 мкм²), Подарок Крыму (11,339 мкм²), Этюд (11,003 мкм²), Зодиак (10,907 мкм²), Премьера (10,560 мкм²), сформировавшие более мощную проводящую систему листьев в условиях водного стресса, способны в достаточном количестве обеспечить пластическими веществами генеративные органы. Эти сорта являются наиболее устойчивыми к абиотическому стрессу – засухе.

Библиографические ссылки

1. Анатомия листа [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bstudy.net/906373/estestvoznaniye/anatomiya_lista. Дата обращения: 21.04.2022.
2. Гудкова Г.Н. Изучение листьев хлебных злаков применительно к проблемам селекции // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. № 2(119). 2013. С. 41–45.
3. Даштоян Ю.В., Степанов С.А., Касаткин М.Ю. Структура мезофилла пластинки листьев пшеницы // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2013. № 11. С. 209–219.
4. Ионова Е.В., Самофалова Н.Е., Гричаникова Т.А., Газе В.Л. Лист пшеницы и величина его проводящей системы в условиях засухи // Зерновое хозяйство России. 2011. № 5(17). С. 16–18.
5. Ионова Е.В., Алабушев А.В. Проводящая система транспорта воды и ассимилятов растений сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2009. № 2(2). С. 12–15.
6. Ионова Е.В. Методика оценки уровня развития проводящей системы колосонесущего междоузлия озимой пшеницы при различной водообеспеченности // Зерновое хозяйство России. 2009. № 4(4). С. 18–21.
7. Каргатова А.М., Степанов С.А., Шесслер Н.В. Сортовые особенности толщины пластинки нижних листьев озимой ржи // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: Сборник научных статей, Саратов. 2020. С. 15–19.
8. Маймистов В.В., Осипов Ю.Ф., Чумаковский Н.Н., Евтушенко Ю.В. Ускоренная оценка засухоустойчивости селекционного материала // Селекция и семеноводство. 1988. № 3. С. 23–25.
9. Некрасов Е.И., Ионова Е.В. Результаты изучения изменения массы 1000 зерен сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона «засушник» // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 57–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-57-59.
10. Петрова Г.В., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н., Филиппова А.В., Срокун С.В. Анатомическое строение флагового листа пшеницы сорта Пионерская 32 // The scientific heritage. 2021; 68:13–18.
11. Степанов С.А., Щеглова Е.К., Хакалова Д.А. Анатомия пластинки листьев мягкой яровой пшеницы // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2009. № 8. С. 286–293.
12. Jafarian T., Zarea J., Siosemardeh A. Flag leaf anatomical characteristics and the spike pretreatment changes with hydrogen peroxide and its relationship with grain yield in dry land conditions // Plant Process and Function. 2019.
13. Sattar A., Sher A., Ijaz M., Ul-Allah S., Rizwan M. S., Hussain M., Jabran K., Cheema A.M. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat // Plos one. 2020; 15(5): e0232974. DOI: 10.1371/journal.pone.0232974.
14. Selim D.A. F. H., Nassar R. M. A., Boghdady M. S., Bonfill M. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions // Plant physiology and biochemistry. 2019; 135:480–488. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.012.

References

1. Anatomiya lista [Leaf anatomy] [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://bstudy.net/906373/estestvoznaniye/anatomiya_lista. Data obrashcheniya: 21.04.2022.
2. Gudkova G. N. Izuchenie list'ev khlebnnykh zlakov primenitel'no k problemam selektsii [The study of grain crop leaves in relation to breeding problems] // Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. № 2(119). 2013. S. 41–45.
3. Dashtoyan Yu. V., Stepanov S. A., Kasatkin M. Yu. Struktura mezofilla plastinki list'ev pshenitsy [The structure of the mesophyll of the wheat leaf blade] // Byulleten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 11. S. 209–219.
4. Ionova E. V., Samofalova N. E., Grichanikova T. A., Gaze V. L. List pshenitsy i velichina ego provodyashchei sistemy v usloviyakh zasukhi [Wheat leaf and the size of its conducting system under drought] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2011. № 5(17). S. 16–18.
5. Ionova E. V., Alabushev A. V. Provodyashchaya sistema transporta vody i assimilyatov rastenii sorgo zernovogo [Conductive system of transportation of water and assimilates of grain sorghum] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2009. № 2(2). S. 12–15.
6. Ionova E. V. Metodika otsenki urovnya razvitiya provodyashchei sistemy kolosonesushchego mezhdouzliya ozimoi pshenitsy pri razlichnoi vodoobespechennosti [Method for estimating a development degree of the conducting system of the head-bearing internode of winter wheat under various conditions of moisture supply] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2009. № 4(4). S. 18–21.
7. Kargatova A. M., Stepanov S. A., Shessler N. V. Sortovye osobennosti tolshchiny plastinki nizhnikh list'ev ozimoi rzi [Varietal characteristics of the thickness of the blade of the winter rye lower leaves] // Voprosy biologii, ekologii, khimii i metodiki obucheniya: Sbornik nauchnykh statei, Saratov. 2020. S. 15–19.

8. Maimistov V.V., Osipov Yu. F., Chumakovskii N.N., Evtushenko Yu.V. Uskorennaya otsenka zasukhoustoichivosti selektsionnogo materiala [Accelerated assessment of drought resistance of breeding material] // Seleksiya i semenovodstvo. 1988. № 3. S. 23–25.
9. Nekrasov E.I., Ionova E. V. Rezul'taty izucheniya izmeneniya massy 1000 zeren sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh provokatsionnogo fona «zasushnik» [The study results of the change of '1000-grain weight' of winter bread wheat varieties under conditions of simulated drought] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 57–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-57-59.
10. Petrova G.V., Gusev N.F., Nemereshina O.N., Filippova A.V., Srokun S.V. Anatomicheskoe stroenie flagovogo lista pshenitsy sorta Pionerskaya 32 [Anatomical structure of the flag leaf of wheat variety 'Pionerskaya 32'] // The scientific heritage. 2021; 68:13–18.
11. Stepanov S.A., Shcheglova E.K., Khakalova D.A. Anatomiya plastinki list'ev myagkoi yarovoi pshenitsy [Anatomy of the leaf blade of spring bread wheat] // Byulleten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. № 8. S. 286–293.
12. Jafarian T., Zarea J., Siosemardeh A. Flag leaf anatomical characteristics and the spike pretreatment changes with hydrogen peroxide and its relationship with grain yield in dry land conditions // Plant Process and Function. 2019.
13. Sattar A., Sher A., Ijaz M., Ul-Allah S., Rizwan M. S., Hussain M., Jabran K., Cheema A.M. Terminal drought and heat stress alter physiological and biochemical attributes in flag leaf of bread wheat // Plos one. 2020; 15(5): e0232974. DOI: 10.1371/journal.pone.0232974.
14. Selim D.A. F. H., Nassar R. M. A., Boghdady M. S., Bonfill M. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions // Plant physiology and biochemistry. 2019; 135:480–488. DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.11.012.

Поступила: 26.05.22; доработана после рецензирования: 9.06.22; принята к публикации: 9.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Газе В.Л. – концептуализация исследования; Яновская Н.В. – проведение лабораторных опытов; Лобунская И.А. – сбор данных и подготовка рукописи; Костылев П.И., Марченко Д.М. – анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО ЗЕРНА И МУКИ НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

М. В. Боктаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, mergenboktaev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3377-4987;

Б. А. Гольдварг¹, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства, gb_kniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3377-4791;

В. А. Филобок², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко», kniish@kniish.ru, ORCID ID: 0000-0001-8764-3946

¹Калмыцкий НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»,
358011, г. Элиста, пл. О. И. Городовикова, 1;

²ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»,
350012, г. Краснодар-12, ц/у КНИИСХ

В статье в соответствии с целью исследования представлены результаты изучения урожайности и качества зерна совместных сортов озимой мягкой пшеницы. Калмыцким НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» совместно с НЦЗ им. П. П. Лукьяненко за годы сотрудничества выведено 5 сортов озимой мягкой пшеницы. Конкурсное сортоиспытание в 2017–2021 гг. закладывали в два яруса в 4-кратной повторности сеялкой СН-16. Учетная площадь делянки – 50 м². Посев проведен в оптимальные сроки – третья декада сентября. Норма высева – 300 шт. всхожих семян на 1 м². Предшественник – черный пар. В среднем за 5 лет в засушливых условиях Республики Калмыкия урожайность совместных сортов составила 3,06 т/га зерна. Максимальную урожайность имел сорт Хасыр. Исследованиями подтверждено формирование сортами совместной селекции качественного зерна, пригодного для хлебопечения. Самым высоким за последние 5 лет содержание белка (14,8%) и клейковины (31,1%) в среднем по сортам было в 2020 году. У всех сортов натура превышала базисную норму 750 г/л и составила от 765 до 786 г/л. Лучшим по натуре было зерно нового сорта Хамдан. Седиментация зерна по сортам в среднем изменялась от 42,0 до 49,4 мл, что является средним показателем для данной культуры. Сила муки колебалась от 171 до 299 е.а. Сильная мука получена у сорта Булгун. Объемный выход хлеба за последние годы варьировал от 515 до 650 см³, общий балл зерна и муки сортов совместной селекции равнялся 4,0–4,8, что характерно для ценных и сильных пшениц.

Ключевые слова: мягкая пшеница, сорта, урожайность, качество.

Для цитирования: Боктаев М. В., Гольдварг Б. А., Филобок В. А. Влияние условий выращивания на урожайность, качества зерна и муки новых сортов озимой мягкой пшеницы для Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 64–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-64-68.



THE EFFECT OF GROWING CONDITIONS ON PRODUCTIVITY, GRAIN AND FLOUR QUALITY OF THE NEW WINTER BREAD WHEAT VARIETIES FOR THE REPUBLIC OF KALMYKIA

M. V. Boktaev¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, mergenboktaev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3377-4987;

B. A. Goldvarg¹, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the department of arid agriculture, feed production, breeding and seed production, gb_kniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3377-4791;

V. A. Filobok², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of wheat and triticale breeding and seed production, kniish@kniish.ru, ORCID ID: 0000-0001-8764-3946

¹Kalmykia Research Agricultural Institute named after M. B. Narmaev, the branch of the "Pre-Kaspy Agricultural Federal Research Center RAS",
358011, Elista, Gorodovikov O. I. Sq., 1;

²National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko,
350012, Krasnodar-12, Central estate of KRIA

In accordance with the purpose of the current study, there have been presented the study results of the productivity and grain quality of the co-breeding winter bread wheat varieties. Kalmykia RAI, the branch of the "Pre-Kaspy AFRC RAS" in cooperation with the FSBSI "NCG named after P. P. Lukyanenko" developed five winter bread wheat varieties. The Competitive Variety Testing was laid down in 2 layers in 4-fold repetition using a CH-16 seeder in 2017–2021. The accounting area of the plot was 50 m². The sowing was carried out at the optimal time, in the third decade of

September. The seeding rate was 300 germinating seeds per 1 m². The crop was sown in weedfree fallow. The mean grain productivity of the co-breeding varieties through 5 years in the arid conditions of the Republic of Kalmykia was 3.06 t/ha. The variety 'Khasyr' had the maximum productivity. The study has confirmed that the co-breeding varieties formed high-quality grain suitable for baking. The highest percentage of protein (14.8%) and gluten (31.1%) among the varieties through the past 5 years was in 2020. Grain unit of all varieties exceeded the basic rate of 750 g/l and ranged from 765 to 786 g/l. The best grain unit was demonstrated by the new variety 'Khamdan'. Grain sedimentation among the varieties varied on average from 42.0 to 49.4 ml, which is an average ratio for this crop. The flour strength ranged from 171 to 299 u.a. Strong flour was obtained from the variety 'Bulgun'. In recent years the bread volume varied from 515 to 650 cm³, the total rate of grain and flour of the co-breeding varieties was 4.0 - 4.8, which is typical for valuable and strong wheat.

Keywords: bread wheat, varieties, productivity, quality.

Введение. Определяющим фактором в вопросах повышения урожая зерна является правильный выбор наиболее адаптивного сорта соответствующего учреждения – оригинатора, а также оптимальное размещение сортов в зависимости от предшественника (Пойда и др., 2020). Адаптивность рассматривается в качестве важнейшего свойства, которое следует учитывать в селекционных программах (Рыбась, 2016).

В Калмыцком НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» более 25 лет ведется совместная работа с НЦЗ им. П.П. Лукьяненко по созданию новых высокопродуктивных сортов, способных в засушливых условиях Республики Калмыкия давать качественное зерно, пригодное для хлебопечения.

Цель исследования – в сотрудничестве с НЦЗ им. П.П. Лукьяненко изучить урожайность и качество сортов озимой мягкой пшеницы совместной селекции.

Материалы и методы исследования. Сортоиспытание проводили на поле Калмыцкого НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (с. Троицкое). Опыты закладывали сеялкой СН-16 в два яруса, повторность – четырехкратная. Учетная площадь делянки 50 м². Посев проведен по пару в 3-й декаде сентября. Норма высева – 300 шт. всхожих семян на 1 м². Поделянчное взвешивание с последующей статистической обработкой проводили по методике Б. А. Доспехова (Доспехов, 2014).

Дорожки между делянками обрабатывали от сорняков ручным мотокультиватором.

Объектом исследований служили сорта озимой мягкой пшеницы совместной селекции Калмыцкого НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» и НЦЗ им. П.П. Лукьяненко: Яшкулянка, Булгун, Баир, Хасыр и Хамдан. Сорт Баир является стандартом в Госсортоиспытании данной культуры в Республике Калмыкия.

Количество осадков является определяющим фактором при формировании урожайности (Nakala, 2020; Khokonova, 2020).

В 2016–2017 гг. условия увлажнения (404 мм при норме 351 мм) и температурный режим (9,9 °C при норме 9,4 °C) сложились благоприятно. Теплая и снежная зима предотвратила гибель растений. По количеству осадков весна 2017 г. на 70,3 мм превышала нормативный (84,0 мм) показатель. Май 2017 г. по количеству осадков на 86,8 мм превышал норму (35,0 мм). В июне выпало 29,7 мм осадков, что способствовало хорошему наливу и качеству зерна пшеницы.

Среднегодовая температура воздуха в 2017–2018 гг. на 2,0 °C превышала норму. Осадки на 72,5 мм уступали многолетним данным. Наличие снежного покрова и отсутствие низких отрицательных температур зимой предотвратило гибель растений озимой мягкой пшеницы. Весной 2018 г. выпало 73,4 мм при норме 84,0 мм. В июне выпало 0,6 мм осадков, что отрицательно повлияло на налив и качество зерна пшеницы.

В 2018–2019 гг. температура воздуха и осадки составили 11,3 °C и 375,1 мм, что на 1,9 °C и 24,1 мм соответственно превысили норму. В зимний период превышение нормы (–4,2 °C) составило 2,9 °C, что предотвратило гибель сортов озимых культур. При довольно хороших погодных условиях весеннего периода 2019 г. за июнь выпало 4,2 мм осадков, что негативно повлияло на формирование качества зерна пшеницы.

В 2019–2020 гг. температура воздуха и осадки составили 12,1 °C и 298,5 мм, что на 2,7 °C и 52,5 мм соответственно превышало и уступало многолетним данным. Аномально теплая зима (3,8 °C при норме –4,2 °C) предотвратила гибель растений озимой мягкой пшеницы. В весенний период 2020 г. осадков выпало на 6,0 мм больше нормы (84,0 мм). В последнюю декаду мая и в июне выпало 48,6 и 19,6 мм осадков соответственно, что положительно повлияло на качество зерна пшеницы.

Среднегодовая температура воздуха в 2020–2021 гг. на 2,6 °C превышала норму. Осадки на 46,6 мм уступали многолетним данным. Количество весенних осадков 2021 г. превысило норму в 1,5 раза. Осадки в июне составили 37,0 мм, что также положительно повлияло на качество зерна пшеницы.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (Доспехов и др., 1987).

Запасы продуктивной влаги от посева до полной спелости в 2017–2021 гг. представлены в таблице 1.

Минимальными запасы влаги в момент посева в слое почвы 0–100 см. были в 2021 г., а максимальными – в 2020 году. Запасы влаги были максимальными и минимальными при возобновлении вегетации весной (ВВВ) и в полную спелость соответственно в 2019 г. и минимальными и максимальными – в 2017 году.

Почва опытного поля светло-каштановая в комплексе с солонцами. Исследованиями Дадаева и др. (2021) выявлено низкое ее плодородие (табл. 2).

Таблица 1. Динамика влажности почвы в метровом горизонте, мм (2017–2021 гг.)
Table 1. Dynamics of soil moisture in the meter horizon, mm (2017–2021)

Годы	Посев	ВВВ	Полная спелость
2017	79,1	76,5	86,8
2018	108,2	153,3	18,4
2019	74,0	160,1	2,6
2020	130,3	137,8	7,5
2021	7,5	130,0	16,9

Таблица 2. Агрохимическая характеристика почвы опытного поля
Table 2. Agrochemical characteristics of the soil of the experimental plot

Показатель	Слой почвы, см	
	0–20	20–40
рН	8,18	8,42
Гумус, %	1,6	1,37
Подвижный фосфор, мг/кг	13,9	9,62
Подвижный калий, мг/кг	15,0	22,0
ЕКО, мг-экв./100 г	440	380

Содержание гумуса в пахотном и подпахотном слоях – 1,60 и 1,37%, подвижного фосфора – 13,9 и 9,62 мг/кг, емкость катионного обмена – 440 и 380 мг экв./100 г соответственно. Содержание обменного калия (K_2O) характеризовалось как повышенное. Реакция почвенной среды слабощелочная.

Результаты и их обсуждение. В 2017–2021 гг. проводили наблюдение за болезнями озимой мягкой пшеницы, в результате которого выявлен септориоз (табл. 3).

В среднем за пять лет в большей степени поражался септориозом сорт Яшкульянка – 3,1%. Разреженные и продуваемые агроценозы, а так-

же низкая относительная влажность воздуха обусловили отсутствие других болезней.

Проведенное в Калмыкии конкурсное сортоиспытание показало высокую экологическую устойчивость совместных сортов (табл. 4).

Средняя урожайность по сортам за 5 лет составила 3,06 т/га. Максимальную урожайность имел сорт Хасыр. В острозасушливом 2018 г. лучшим был новый сорт Хамдан.

Совместные сорта по содержанию белка и клейковины имели хорошее качество зерна и относились согласно ГОСТу 9353-2016 ко II–III классу мягких продовольственных пшениц (табл. 5).

Таблица 3. Поражение сортов совместной селекции озимой мягкой пшеницы септориозом (среднее за 2017–2021 гг.)

Table 3. Infection of the co-breeding winter bread wheat varieties with Septoria leaf blotch (mean in 2017–2021)

Сорта	Баир, ст.	Яшкульянка	Булгун	Хасыр	Хамдан
Интенсивность развития, %	2,1	3,1	2,3	2,9	2,2

Таблица 4. Урожайность зерна в 2017–2021 гг., т/га
Table 4. Grain productivity in 2017–2021, t/ha

Сорт	Год включения в Госреестр	Урожайность					Среднее
		2017	2018	2019	2020	2021	
Баир, ст.	2009	4,02	2,17	3,16	2,54	2,3	2,84
Яшкульянка	2004	4,34	2,10	3,8	2,19	2,88	3,06
Булгун	2007	4,27	2,2	3,07	2,19	2,7	2,89
Хасыр	2015	4,44	2,34	3,87	2,79	3,28	3,34
Хамдан	2021	4,85	2,45	3,66	2,46	2,36	3,16
Среднее		4,38	2,25	3,51	2,43	2,70	3,06
НСР₀₅		0,21	0,34	0,32	0,31	0,29	–

Таблица 5. Химический состав зерна сортов совместной селекции озимой мягкой пшеницы (2017–2021 гг.)**Table 5. Chemical composition of grain of the co-breeding winter bread wheat varieties (2017–2021)**

Сорт	Белок по годам, %					Среднее	Клейковина по годам, %					Среднее
Баир, ст.	14,7	13,1	11,8	14,1	15,2	13,8	27,6	22,3	19,0	27,2	28,7	25,0
Яшкулянка	14,2	13,6	12,8	15,4	13,5	13,9	28,9	22,2	21,1	34,4	23,6	26,0
Булгун	14,7	14,3	12,6	14,5	14,0	14,0	28,9	26,0	22,1	29,9	28,0	27,0
Хасыр	14,2	13,5	12,1	14,8	13,7	13,7	27,0	22,1	18,7	29,2	25,3	24,5
Хамдан	14,9	12,8	12,2	15,2	15,1	14,0	27,6	20,0	19,1	34,6	29,0	26,1
Среднее	14,5	13,5	12,3	14,8	14,3	13,9	28,0	22,5	20,0	31,1	26,9	25,7

Самым высоким за последние 5 лет содержание белка (14,8%) и клейковины (31,1%) в среднем по сортам было в 2020 г., когда в последнюю декаду мая выпало больше половины всех весенних осадков.

Качество зерна и муки определяли на приборе «INFRATEK 1241» и в отделе технологии и биохимии зерна НЦЗ им. П. П. Лукьяненко.

За рубежом основным технологическим показателем оценки качества зерна принято считать содержание белка с учетом SDS-показателя и данных миксографической оценки (Крупнова и Воронина, 1999).

Натура – значимый показатель мукомольных свойств пшеницы. Превышение над нормой составило от 15 до 36 г/л. Лучшим был новый сорт Хамдан (табл. 6).

Таблица 6. Качество зерна и муки (среднее за 2017–2021 гг.)**Table 6. Grain and flour quality (mean in 2017–2021)**

Сорт	Натура, г/л	SDS, мл	Сила муки, е.а.	Объемный выход хлеба, см ³	Общий балл
Баир, ст.	765	42,0	171	559	4,2
Яшкулянка	783	47,8	231	580	4,5
Булгун	772	49,4	299	650	4,8
Хасыр	778	44,7	173	515	4,0
Хамдан	786	48,6	213	568	4,4
Среднее	777	46,5	217	574	4,4

На мировом рынке показатель седиментации имеет особое значение, как при экспорте, так и при импорте зерновых. Седиментация зерна по сортам в среднем за 2017–2021 гг. изменялась от 42,0 до 49,4 мл, что согласно классификации (Пумпянский, 1971) является средним показателем для данной культуры. Сила муки колебалась от 171 до 299 е.а. Сильная мука получена у сорта Булгун. У всех остальных сортов согласно классификации по силе мука средней силы.

Объемный выход хлеба за последние годы варьировал от 515 до 650 см³, общий балл зерна и муки сортов совместной селекции равнялся 4,0–4,8, что характерно для ценных и сильных пшениц.

Ареал распространения сортов озимой мягкой пшеницы совместной селекции Калмыцкого НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» и НЦЗ им. П. П. Лукьяненко включает 2 ре-

гиона допуска (8 и 6). Высокая урожайность совместных сортов дает им возможность ежегодно занимать более 25 тыс. га в Республике Калмыкия. В настоящее время главным производителем оригинальных семян совместных сортов в Калмыкии является СПоК «Агронова» Целинного района, где ими занято 100% площади хозяйства.

Выводы. Исследованиями установлено, что сорта озимой мягкой пшеницы совместной селекции Калмыцкого НИИСХ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» и НЦЗ им. П. П. Лукьяненко в Калмыкии на светло-каштановых почвах с низким плодородием способны давать по 3,06 т/га зерна II–III класса, пригодного для хлебопечения. В среднем за 5 лет максимальную урожайность показывал сорт Хасыр – 3,34 т/га. В острожасушливом 2018 г. наибольшую продуктивность имел новый сорт Хамдан, что указывает на его высокую засухоустойчивость.

Библиографические ссылки

1. Даваев А. В., Гольдварг Б. А., Унканжинов Г. Д. Эффективность применения жидких удобрений в аридных условиях Республики Калмыкия // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 7–10. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-002.

2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
3. Крупнова О. В., Воронина С. А. Седиментационная и миксографическая оценка линий яровой мягкой пшеницы // Актуальные проблемы селекции и семеноводства зерновых культур Юго-Восточного региона Российской Федерации: Тезисы научно-практической конференции. Саратов, 1999. С. 89–91.
4. Пойда В. Б., Збраилов М. А., Фалынсков Е. М., Петрова А. М. Результаты оценки продуктивности сортов озимой пшеницы, выращиваемых по различным предшественникам в условиях восточной зоны Ростовской области // Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». Пос. Персиановский, 2020. С. 209–215.
5. Пумпянский А. Я. Технологические свойства мягких пшениц. Л.: Колос, 1971. 320 с.
6. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, №5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
7. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research, Vol. 259, № 15 December 2020 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>.
8. Khokonova M., Adzhieva A. (2019). Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. Amazonia Investiga, 8(23), 96–100. Retrieved from <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853/793>.

References

1. Davaev A. V., Gol'dvarg B. A., Unkanzhinov G. D. Effektivnost' primeneniya zhidkikh udobrenii v aridnykh usloviyakh Respubliki Kalmykiya [The efficiency of the use of liquid fertilizers in arid conditions of the Republic of Kalmykia] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 3. S. 7–10. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-002.
2. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 2014. 336 s.
3. Krupnova O. V., Voronina S. A. Sedimentatsionnaya i miksograficheskaya otsenka linii yarovoi myagkoi pshenitsy [Sedimentation and Mixographic estimation of spring bread wheat lines] // Aktual'nye problemy selektsii i semenovodstva zernovykh kul'tur Yugo-Vostochnogo regiona Rossiiskoi Federatsii: Tezisy nauchno-prakticheskoi konferentsii. Saratov, 1999. S. 89–91.
4. Poida V. B., Zbrailov M. A., Falynskov E. M., Petrova A. M. Rezul'taty otsenki produktivnosti sortov ozimoi pshenitsy, vyrashchivaemykh po razlichnym predshestvennikam v usloviyakh vostochnoi zony rostovskoi oblasti [The estimation results of productivity of the winter wheat varieties grown according to various forecrops in the conditions of the eastern part of the Rostov region] // Sovremennye aspekty upravleniya plodorodiem agrolandshaftov i obespecheniya ekologicheskoi ustoichivosti proizvodstva sel'skokhozyaistvennoi produktsii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 180-letiyu FGBOU VO «Donskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta». Pos. Persianovskii, 2020. S. 209–215.
5. Pumpyanskii A. Ya. Tekhnologicheskie svoistva myagkikh pshenits [Technological properties of bread wheats]. L.: Kolos, 1971. 320 s.
6. Rybas' I. A. Povyschenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor) [Improvement of adaptability in grain crop breeding (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2016. Vol. 51, № 5. S. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
7. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research, Vol. 259, 15 December 2020 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>.
8. Khokonova M., & Adzhieva A. (2019). Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. Amazonia Investiga, 8(23), 96–100. Retrieved from <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853/793>.

Поступила: 13.04.22; доработана после рецензирования: 06.06.22; принята к публикации: 07.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Боктаев М. В., Гольдварг Б. А. – концептуализация и проектирование исследования, закладка опыта, фенологические наблюдения, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Филобок В. А. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРГО САХАРНОГО

А. Е. Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;
Н. А. Ковтунова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;
В. А. Шуршалин, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-1541-7231;
Г. М. Ермолина, кандидат сельскохозяйственных наук, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-0168-5966
*ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru*

Культура сорго – одна из самых пластичных и неприхотливых кормовых культур, возделываемых в аридных зонах. Она отличается высоким качеством листостебельной массы, которую можно использовать в кормопроизводстве в различном виде (как в одновидовых силосах, так и в смеси с другими культурами). Целью исследований является оценка изменчивости основных элементов продуктивности зеленой массы сорго сахарного в зависимости от метеорологических показателей. Исходным материалом стали 180 коллекционных образцов сорго сахарного, представленных образцами в основном из России, США и Украины. Методы селекции классические (гибридизация, отбор и инцухт). Метеорологические условия в годы проведения исследований (2017–2021 гг.) были контрастны. Гидротермический коэффициент за период вегетации сорго указывает, что самым засушливым оказался 2018 г. (ГТК = 0,38). Коэффициент варьирования образцов коллекции сорго сахарного по урожайности зеленой массы на силос указывает на сильную изменчивость данного показателя ($V = 27\text{--}35\%$). Урожайность зеленой массы находится в тесной прямой корреляционной связи с длиной ($0,73 \pm 0,05$) и средней – с шириной листовой поверхности ($0,61 \pm 0,06$). Коэффициент варьирования показал, что образцы коллекции сорго по признакам «длина листа» ($V = 15,3\%$) и «ширина листа» ($V = 11,8\%$) имеют среднюю изменчивость, а по признаку «количество листьев на растении» ($V = 7,4\%$) отличаются стабильностью. Корреляционно-регрессионный анализ показал, что длина листа находится в средней обратной зависимости от температуры воздуха ($r = -0,42 \pm 0,06$) и сильной прямой – от количества осадков ($r = 0,78 \pm 0,05$). Ширина листа практически не зависит от метеорологических условий. Количество листьев имеет среднюю отрицательную связь с температурой воздуха ($r = -0,55 \pm 0,06$), с количеством осадков связь слабая. Длина и ширина листа являются маркерными показателями высокой урожайности, поэтому их можно использовать при отборе растений на продуктивность.

Ключевые слова: сорго сахарное, урожайность, корреляция, метеорологические условия, длина и ширина листа, облистненность.

Для цитирования: Романюкин А. Е., Ковтунова Н. А., Шуршалин В. А., Ермолина Г. М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 69–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76.



VARIABILITY OF THE MAIN ELEMENTS OF SWEET SORGHUM PRODUCTIVITY

A. E. Romanyukin, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;
N. A. Kovtunova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;
V. A. Shurshalin, agronomist of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1541-7231;
G. M. Ermolina, Candidate of Agricultural Sciences, technician-researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-0168-5966
*Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru*

Sorghum is one of the most adaptable and undemanding forage crops cultivated in arid zones. The crop is characterized with high quality foliage, which can be used in fodder production in various forms (both in single-crop silage and in multi-crop mixtures). The purpose of the current study was to estimate the variability of the main productivity elements of sweet sorghum green mass depending on weather indicators. The initial material was presented by 180 collection samples of sweet sorghum from Russia, the USA and Ukraine. There have been used conventional breeding methods, such as hybridization, selection and inbreeding. The weather conditions during the study years of 2017–2021 were contrasting. The hydrothermal coefficient for the vegetation period of sorghum indicates that the year of 2018 was the driest one (HTHC = 0.38). The variability coefficient of collection samples of sweet sorghum according to green mass productivity has shown a strong variability of this indicator ($V = 27\text{--}35\%$). The green mass productivity

had a close direct correlation with the length of a leaf (0.73 ± 0.05) and an average correlation with its width (0.61 ± 0.06). The variability coefficient has shown that the samples of sorghum collection had an average variability according to the traits 'leaf length' ($V = 15.3\%$) and 'leaf width' ($V = 11.8\%$), and were stable according to the trait 'number of leaves per plant' ($V = 7.4\%$). Correlation and regression analysis has shown that 'leaf length' had an average inverse correlation with air temperature ($r = -0.42 \pm 0.06$) and a strong direct correlation with precipitation ($r = 0.78 \pm 0.05$). The trait 'leaf width' is practically independent of weather conditions. The number of leaves had an average negative correlation with air temperature ($r = -0.55 \pm 0.06$), and a weak correlation with amount of precipitation. A leaf length and width are marker indicators of high productivity, so they can be used in plant selection for productivity.

Keywords: sweet sorghum, productivity, correlation, weather conditions, leaf length, leaf width, foliage.

Введение. В последние годы наблюдают-ся сильные колебания урожайности кормовых культур по годам. И связано это прежде всего со значительным отклонением температурного и водного режимов от среднесезонных дан-ных. Урожайность любой культуры – это потен-циальные возможности сорта при взаимодей-ствии с факторами внешней среды, и особенно метеорологическими (Васильченко и др., 2016; Биктимиров и Низаева, 2021; Cunningham and Ragland, 2019; Ковтунов и Барановский, 2020). Потери из-за неблагоприятных условий в от-дельные годы могут составлять до 50–65% и бо-лее. Один и тот же сорт в различных условиях возделывания имеет разную высоту растений, кустистость, облиственность (Биктимиров и др., 2019; Abreha et al., 2022). Культура сорго отлича-ется от других кормовых культур своей пластич-ностью и неприхотливостью к условиям возде-лывания, считается наиболее перспективной среди зерновых культур, возделываемых в ари-дной зоне (Алабушев и др., 2013; Муслимов и др., 2018; Zhu et al., 2017; Ковтунов, 2018). Эти осо-бенности позволяют получать высокие урожаи зеленой массы сорговых культур в неблагопри-ятные для других культур годы. Сорго сахарное – это уникальное растение не только по биоло-гическим особенностям, но и по хозяйственно-ценным признакам. Оно отличается высоким ка-чеством листостебельной массы, которую мож-

но использовать в кормопроизводстве в раз-личном виде (как в одновидовых силосах, так и в смеси с другими культурами). Растения дан-ной культуры высокорослые (до 3 м), кустистые (2–3 стебля), хорошо облиственные (до 45%), сочностебельные, с высоким содержание саха-ров в соке стеблей (Kovtunova et al., 2020).

Целью исследований является оценка из-менчивости основных элементов продуктив-ности зеленой массы сорго сахарного в зависи-мости от метеорологических показателей.

Для выполнения данной цели были постав-лены задачи:

- провести корреляционный анализ ос-новных количественных признаков и выявить маркерные показатели высокой урожайности зеленой массы сорго сахарного;
- изучить влияние метеорологических условий на величину основных элементов про-дуктивности (длина, ширина и количество ли-стьев) и оценить их изменчивость.

Материалы и методы исследований. Исходным материалом являлись 180 коллек-ционных образцов ВНИИР им. Н.И. Вавилова и других научно-исследовательских институ-тов, а также селекционный материал, создан-ный в лаборатории сорго кормового ФГБНУ «АНЦ «Донской». Коллекция представлена об-разцами из России, США, Украины, Бразилии, Австралии и других стран (рис. 1).

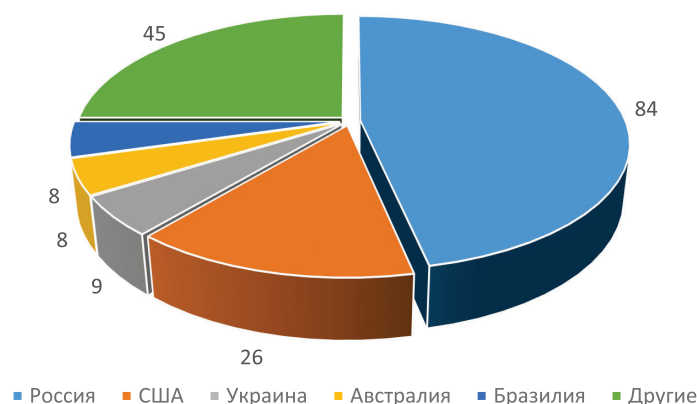


Рис. 1. Распределение коллекционных образцов сорго сахарного по происхождению
Fig. 1. Distribution of the collection samples of sweet sorghum according to their origin

Работа по созданию и изучению новых сор-тов сорго сахарного проводилась в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноградский район Ростовской области). Почвенный покров опытного участ-ка представлен обыкновенным карбонатным черноземом с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6% (Алабушев и др., 2008). Методы селек-ции классические (гибридизация, отбор и ин-

цухт). Исследования проводили в 2017–2021 гг. согласно Методическим указаниям по изуче-нию коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур ВНИИР (1968); Методики полевого опыта (2014). Посев осуществляли се-лекционной сеялкой Клен-4,2 в оптимальные сроки (I–II декада мая) – 340 тыс. шт. всхожих се-мян на 1 га. В качестве стандарта использовали

сорт Зерноградский янтарь. Подготовка почвы и уходные мероприятия проводили в соответствии с Рекомендациями по возделыванию сорго сахарного (2013). Уборку зеленой массы сорго сахарного проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна методом сплошного учета.

Метеорологические условия в годы исследований (2017–2021 гг.) были контрастны. Гидротермический коэффициент (за период вегетации сорго) указывает, что самым засушливым оказался 2018 г. – 0,38 (очень засушливо), количество осадков – 93,4 мм, в 2019 г. ГТК составил 0,60 (средне засушливо), 143,2 мм осадков, а 2017, 2020 и 2021 гг. – 0,77; 0,82 и 0,93 – недостаточно влажно, 185,1; 199,1 и 201,6 мм осадков соответственно. Температура воздуха в среднем за вегетацию варьировала от 21,2 (2021 г.) до 23,9 °C (2018 г.), во все годы наблюдались дни с температурой воздуха выше 40 °C.

Результаты и их обсуждение. Урожайность зеленой массы сорго сахарного – главный показатель приспособленности сорта к определенным почвенно-климатическим условиям. Зеленая масса включает в себя стебли, листья и метелку. Причем листья у сорго сахарного составляют от 30 до 50% от общей массы при уборке в начале молочно-восковой спелости. При запоздании с уборкой наблюдается снижение биомассы за счет усыхания листьев.

Минимальные значения урожайности зеленой массы на силос составляли 11–15 т/га, максимальные – 55–78 т/га. Средние значения колебались в пределах 30–40 т/га. Коэффициент варьирования по годам указывает на сильную изменчивость урожайности (27–35%) и значительной зависимости от внешних условий (табл. 1).

Таблица 1. Варьирование урожайности образцов коллекции сорго сахарного (2017–2021 гг.)
Table 1. Variability of productivity of the collection samples of sweet sorghum (2017–2021)

Год	Min, т/га	Max, т/га	Среднее, т/га	S*, т/га	V*, %	Стандарт Зерноградский янтарь, т/га
2017	12	72	35	11,2	35	35
2018	11	60	34	9,4	27	32
2019	12	55	30	9,8	28	30
2020	13	75	36	12,6	34	30
2021	15	78	40	11,9	35	37
Среднее	13	68	35	11,0	33,8	33

*S – стандартное отклонение, V – коэффициент варьирования.

Урожайность зеленой массы находится в сильной прямой корреляционной зависимости от длины ($r = 0,73 \pm 0,05$) и средней – от ширины листовой поверхности ($r = 0,61 \pm 0,06$). С количеством листьев по данным 2017–2021 гг. связь слабая ($r = 0,29 \pm 0,07$), однако этот признак также представляет интерес, так как является составной частью биомассы.

При увеличении длины листа на 1 см урожайность возрастает на 1,01 т/га, при увеличении ширины даже на 1 мм – на 0,67 т/га (рис. 2, 3). Этим объясняется значительное превосходство по урожайности зеленой массы более облиственных средне- и позднеспелых форм сорго сахарного над раннеспелыми образцами.

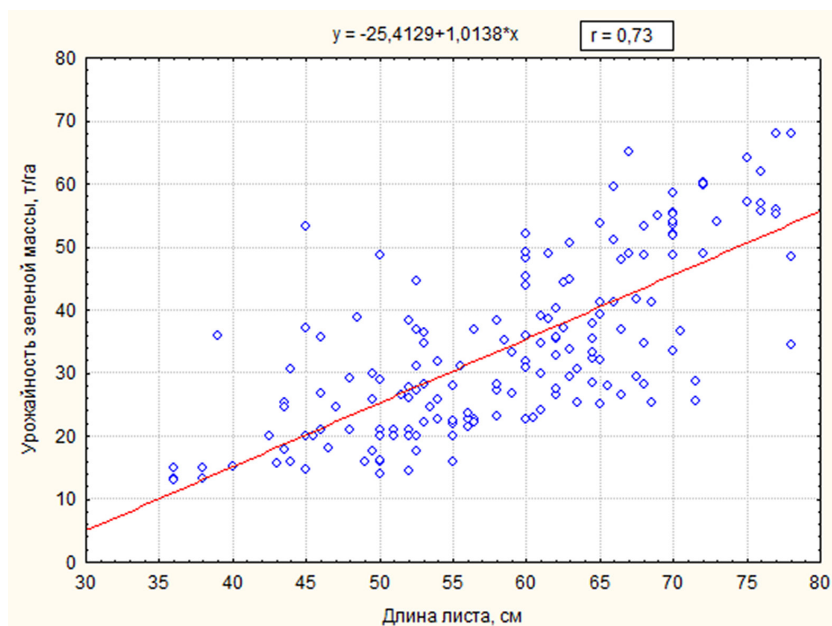


Рис. 2. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного от длины листовой поверхности (2017–2021 гг.)
Fig. 2. Correlation between sweet sorghum green mass productivity and a leaf length (2017–2021)

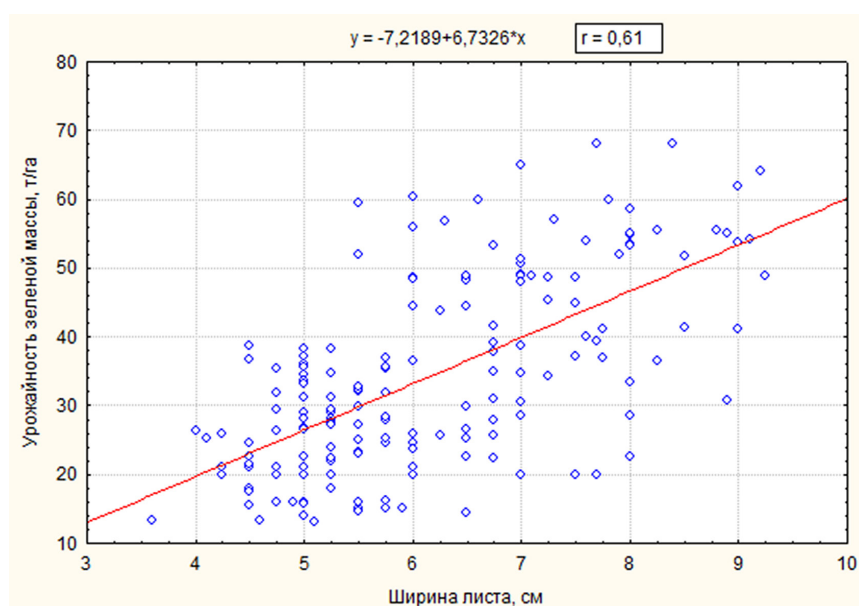


Рис. 3. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного от ширины листовой поверхности (2017–2021 гг.)

Fig. 3. Correlation between sweet sorghum green mass productivity and a leaf width (2017–2021)

В среднем по коллекции минимальная длина листа варьировала от 26 до 45 см, максимальная – 75–94 см, в среднем значения состав-

ляли 56–60 см. Коэффициент варьирования по годам показал, что изменчивость данного признака средняя – 13,1–19,6% (табл. 2).

Таблица 2. Варьирование длины листа образцов коллекции сорго сахарного (2017–2021 гг.)
Table 2. 'Leaf length' variability of the collection samples of sweet sorghum (2017–2021)

Год	Min, см	Max, см	Среднее, см	S*, см	V*, %	Стандарт Зерноградский янтарь, см
2017	32	78	58	9	15,3	73
2018	26	78	57	8	19,6	48
2019	36	75	56	7	14,6	56
2020	45	75	60	7	13,7	63
2021	40	94	60	6	13,1	68
Среднее	36	78	59	8	15,3	62

*S – стандартное отклонение, V – коэффициент варьирования.

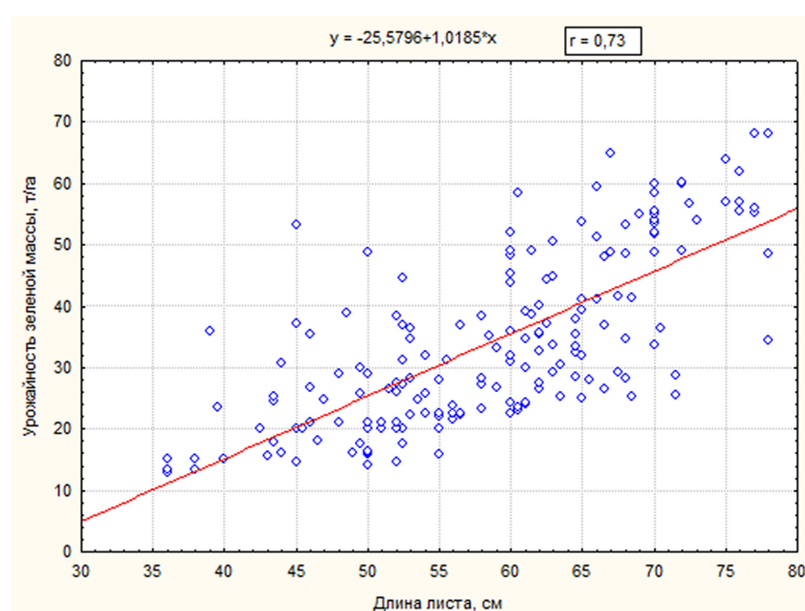


Рис. 4. Зависимость длины листа образцов сорго сахарного от средней температуры воздуха (2017–2021 гг.)

Fig. 4. Correlation between a leaf length of the sweet sorghum samples and mean air temperature (2017–2021)

Было установлено, что длина листа находится в средней обратной зависимости от средней температуры воздуха ($r = -0,42 \pm 0,06$) и сильной прямой – с количеством осадков ($r = 0,78 \pm 0,05$). При увеличении средней за вегетацию темпе-

ратуры воздуха на 1°C длина листа снижается на $0,83$ см (рис. 4). И наоборот, при увеличении осадков за вегетацию на 1 мм длина также возрастает на $0,03$ см (рис. 5).

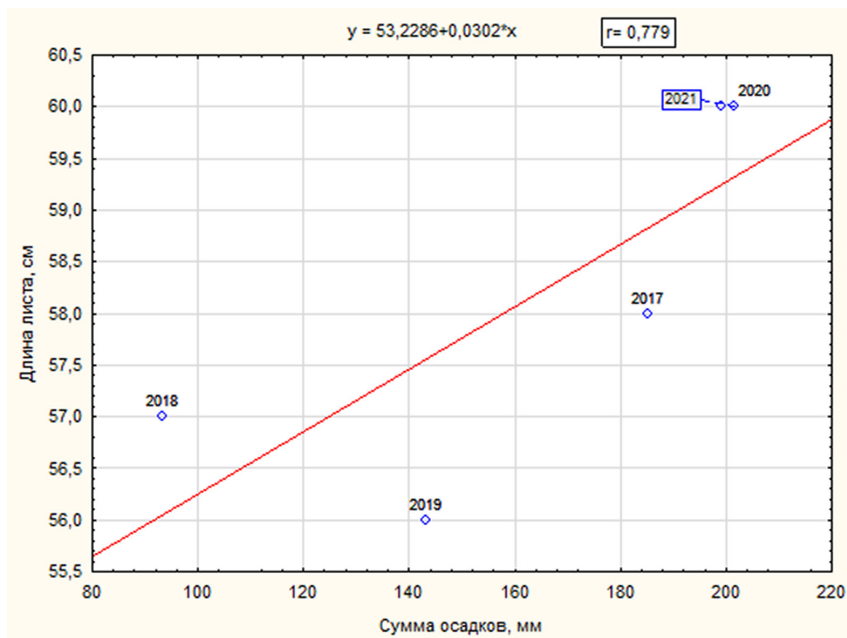


Рис. 5. Зависимость длины листа образцов сорго сахарного от количества осадков (2017–2021 гг.)

Fig. 5. Correlation between a leaf length of the sweet sorghum samples and amount of precipitation (2017–2021)

По ширине листа минимальные значения составили $2,9$ – $4,5$ см, максимальные – $9,3$ – $10,0$ см, в среднем по коллекции значения

данного показателя в 2017–2021 гг. варьировали в пределах $5,9$ – $6,5$ см (табл. 3).

Таблица 3. Варьирование ширины листа образцов коллекции сорго сахарного (2017–2021 гг.)

Table. 3. 'Leaf width' variability of the collection samples of sweet sorghum (2017–2021)

Год	Min, см	Max, см	Среднее, см	S*, см	V*, %	Стандарт Зерноградский январь, см
2017	3,5	9,3	5,9	1,2	13,3	6,8
2018	2,9	10,0	6,5	1,1	12,4	7,0
2019	3,8	9,0	6,0	0,9	9,9	4,5
2020	4,5	9,3	6,3	0,8	9,4	6,2
2021	3,5	9,3	6,4	1,1	12,1	6,3
Среднее	3,5	9,4	6,2	1,0	11,8	6,2

*S – стандартное отклонение, V – коэффициент варьирования.

Коэффициент варьирования имел значения $9,4$ – $13,3\%$, что говорит о средней изменчивости признака. Установлено, что ширина листа практически не зависит от средней температуры воздуха и количества осадков – корреляционная связь слабая.

Коэффициент варьирования по количеству листьев ($V = 7,4\%$) указывает на стабильность признака по годам. Минимальные значения наблюдались в пределах 6 – 8 шт., максимальные – 14 – 19 шт., в среднем по коллекции значения данного показателя в 2017–2021 гг. были в пределах 9 – 11 шт. на растении, т.е. большая часть коллекции хорошо облиственная (табл. 4).

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что количество листьев снижается на $0,5$ шт. при увеличении температуры воздуха во время вегетации на 1°C , коэффициент корреляции составил $r = -0,55 \pm 0,06$ (рис. 6). С количеством осадков связь слабая.

Длина и ширина листа являются маркерными показателями высокой урожайности, поэтому их можно использовать при отборе растений на продуктивность. При этом следует учитывать, что длина листьев сильно зависит от метеорологических условий: в более увлажненные годы она принимает максимальные значения, и наоборот, в сильно засушливые – минимальные значения.

Таблица 4. Варьирование количества листьев у образцов коллекции сорго сахарного (2017–2021 гг.)

Table 4. 'Number of leaves' variability of the collection samples of sweet sorghum (2017–2021)

Год	Min, шт.	Max, шт.	Среднее, шт.	S*, шт.	V*, %	Стандарт Зерноградский январь, шт.
2017	6	14	9	1,0	5,7	11
2018	6	16	10	1,7	7,9	10
2019	7	18	11	2,0	9,3	11
2020	6	16	9	1,7	8,8	11
2021	8	19	11	1,7	5,2	11
Среднее	7	17	10	1,6	7,4	11

*S – стандартное отклонение, V – коэффициент варьирования.

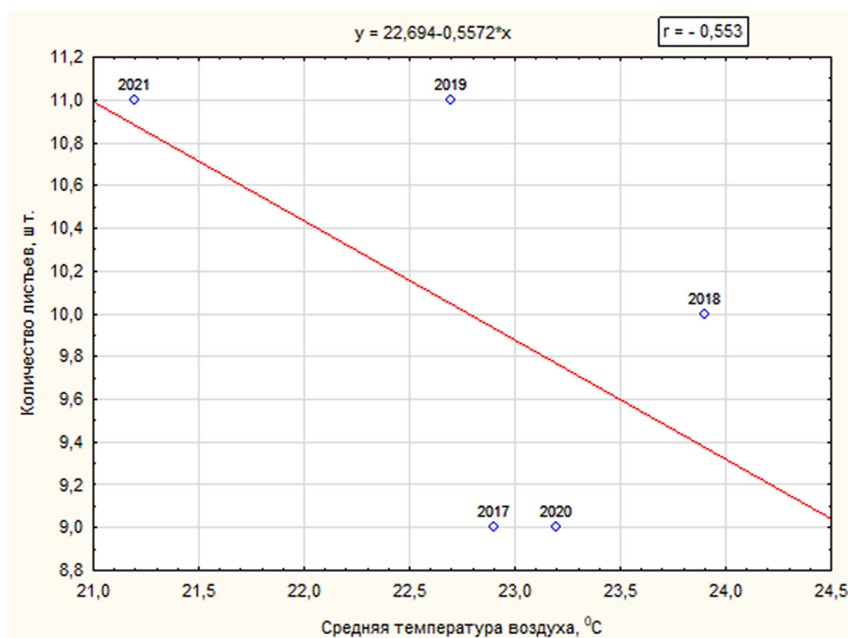


Рис. 6. Зависимость количества листьев у образцов сорго сахарного от средней температуры воздуха (2017–2021 гг.)

Fig. 6. Correlation between 'number of leaves' of the sweet sorghum samples and mean air temperature (2017–2021)

Выводы

1. Коэффициент варьирования образцов коллекции сорго сахарного по урожайности зеленой массы на силос указывает на сильную изменчивость данного показателя ($V = 27\text{--}35\%$). Урожайность зеленой массы находится в тесной прямой корреляционной связи с длиной ($0,73 \pm 0,05$) и средней – с шириной листовой поверхности ($0,61 \pm 0,06$).

2. Коэффициент варьирования показал, что образцы коллекции сорго по признакам «длина листа» ($V = 15,3\%$) и «ширина листа» ($V = 11,8\%$) имеют среднюю изменчивость, а по признаку «количество листьев на растении» ($V = 7,4\%$) отличаются стабильностью.

3. Корреляционно-регрессионный анализ показал, что длина листа находится в средней обратной зависимости от температуры воздуха ($r = -0,42 \pm 0,06$) и сильной прямой – от количества осадков ($r = 0,78 \pm 0,05$). Ширина листа практически не зависит от метеорологических условий. Количество листьев имеет среднюю отрицательную связь с температурой воздуха ($r = -0,55 \pm 0,06$), с количеством осадков связь слабая.

4. Длина и ширина листа являются маркерными показателями высокой урожайности, поэтому их можно использовать при отборе растений на продуктивность.

Библиографические ссылки

- Алабушев А.В., Горпиниченко С.И., Ковтунов В.В. Состояние и проблемы селекции сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2013. № 5(29). С. 5–9.
- Алабушев А.В., Коломийцев Н.Н., Лысенко И.Н., Пахайло А.И., Филиппов Е.Г., Щербakov В.И., Янковский Н.Г. Южно-Российские технологии ячменя. Ростов н/Д: ООО «Терра Принт», 2008. 272 с. EDN: VDJSZX.
- Биктимиров Р.А., Низаева А.А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов зернового сорго в условиях Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43.

4. Биктимиров Р.А., Шакирзянов А.Х., Низаева А.А. Экологическая стабильность кормового сорго в Республике Башкортостан // Достижения науки и техники. 2019. Т. 33, № 8. С. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810.
5. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Ковтунов В.В. Влияние метеоусловий на продуктивность сорго зернового в южной зоне Ростовской области // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120. С. 744–754.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
7. Ковтунов В.В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 47–49. DOI 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.
8. Ковтунов В.В., Барановский А.В. Влияние густоты стояния растений на урожайность сорта сорго зернового Атаман в условиях Луганской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 39–44. DOI 10.31367/2079-8725-2020-71-5-39-44.
9. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.
10. Муслимов М.Г., Куркиев К.У., Таймазова Н.С., Ковтунова Н.А., Горпиниченко С.И. Оценка продуктивности некоторых интродуцированных и местных сортов зерновых культур в условиях Республики Дагестан // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29.
11. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255, 20. DOI:10.1007/s00425-021-03799-7.
12. Cunningham M.D., Ragland W.W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System// Journal of Dairy Science, 2019. Vol. 54, I. 10. P. 1461–1464 DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(71)86047-2.
13. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1. E3SWeb of Conferences. 2020. 175. 01012 DOI: 10.1051/e3sconf/202027501012.
14. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq // Plant Sci. 2017. № 8: 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687.

References

1. Alabushev A.V., Gorpichenko S.I., Kovtunov V.V. Sostoyanie i problemy selektsii sorgo zernovogo [State and problems of grain sorghum breeding] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2013. № 5(29). S. 5–9.
2. Alabushev A.V., Kolomiitsev N.N., Lysenko I.N., Pakhailo A.I., Filippov E.G., Shcherbakov V.I., Yankovskii N.G. Yuzhno-Rossiiskie tekhnologii yachmenya [South Russian technologies of barley]. Rostov n/D: OOO «Terra Print», 2008. 272 s. EDN: VDJSZX.
3. Biktimirov R.A., Nizaeva A.A. Otsenka ekologicheskoi stabil'nosti i plastichnosti sortov zernovogo sorgo v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [Estimation of ecological stability and adaptability of grain sorghum varieties in the conditions of the Republic of Bashkortostan] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-39-43.
4. Biktimirov R.A., Shakirzyanov A. Kh., Nizaeva A.A. Ekologicheskaya stabil'nost' kormovogo sorgo v respublike Bashkortostan [Ecological stability of forage sorghum in the Republic of Bashkortostan] // Dostizheniya nauki i tekhniki. 2019. Vol. 33, №8. S. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810.
5. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Kovtunov V.V. Vliyanie meteoulovii na produktivnost' sorgo zernovogo v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of weather conditions on grain sorghum productivity in the southern part of the Rostov region] // Nauchnyi zhurnal KubGAU. 2016. №120. S. 744–754.
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
7. Kovtunov V.V. Posevnaya ploshchad' i urozhainost' sorgo zernovogo [Sown area and productivity of grain sorghum] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 47–49. DOI 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.
8. Kovtunov V.V., Baranovskii A.V. Vliyanie gustomy stoyaniya rastenii na urozhainost' sorta sorgo zernovogo Ataman v usloviyakh Luganskoi oblasti [The effect of plant density on productivity of the grain sorghum variety 'Ataman' in the conditions of the Luhansk region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 39–44. DOI 10.31367/2079-8725-2020-71-5-39-44.
9. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kolleksiionnykh obraztsov kukuruzy, sorgo i krupyanykh kul'tur [Methodical recommendations for the study of collection samples of maize, sorghum and groats]. L.: VIR, 1968. 51 s.
10. Muslimov M.G., Kurkiev K.U., Taimazova N.S., Kovtunova N.A., Gorpichenko S.I. Otsenka produktivnosti nekotorykh introdutsirovannykh i mestnykh sortov zernovykh kul'tur v usloviyakh Respubliki Dagestan [Estimation of productivity of some introduced and local varieties of grain crops in the conditions of the Republic of Dagestan] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 6. S. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29.
11. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255, 20. DOI:10.1007/s00425-021-03799-7.
12. Cunningham M.D., Ragland W.W. Plant Composition and Feeding Value of Sudangrass and Sorghum-Sudangrass in a Controlled Grazing System// Journal of Dairy Science, 2019. Vol. 54, I. 10. P. 1461–1464. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(71)86047-2.

13. Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F1. E3SWeb of Conferences. 2020. № 175. 01012 DOI: 10.1051/e3sconf/202027501012.

14. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq // Plant Sci. 2017. № 8: 687. DOI: 10.3389/fpls.2017.00687.

Поступила: 18.02.22; доработана после рецензирования: 13.04.22; принята к публикации: 13.04.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Романюкин А.Е. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, закладка и выполнение полевых опытов; Ковтунова Н.А. – концептуализация и проектирование исследований, анализ данных, подготовка данных, финальная доработка текста; Шуршалин В.А. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Ермолина Г.М. – закладка и выполнение полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.358:631.52(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-77-81

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКА «МАССА 1000 СЕМЯН» ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

А. Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

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

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

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

Цель наших исследований – изучить и выделить новые перспективные линии гороха посевного со стабильными показателями признака «масса 1000 семян». Исследования проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области, в 2018–2020 гг. в конкурсном сортоиспытании. Объекты исследований – 12 новых линий гороха посевного селекции в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Стандартный сорт – Аксайский усатый 5. В результате исследований, проведенных в 2018–2020 гг., все образцы отнесены к группе средней крупности, у которых масса 1000 семян 150–250 г. Наиболее крупносемянными были линии Б-3626/20 (213,3 г) и Б-3733/9-1 (210,7 г). Межсортовая изменчивость различалась по годам. В 2018 г. она составила 13,6%, в 2019 г. – 11,5% и в 2020 г. – 21,1%, при среднем показателе по годам 19,8%. Анализ внутрисортовой изменчивости показал, что низкой (менее 10%) она наблюдалась у стандарта Аксайский усатый 5 (5,9%) и линий Г-1014 (7,7%) и Б-3733/9-1 (9,1%). Средняя (10–20%) была у линий Г-1008 (13,7%), Б-3790/30-3 (11,2%), Б-3626/20 (19,8%). У остальных селекционных образцов внутрисортовая изменчивость была высокой (более 20%) в годы испытаний. В наших исследованиях наибольшей гомеостатичностью обладал стандартный сорт Аксайский усатый 5 со значением 157,5. Этот показатель не превысила ни одна новая линия, что свидетельствует о том, что из исследованных образцов у этого сорта менее всего изменялась крупность семян в разных условиях произрастания в годы опытов. Из исследованных новых селекционных линий высокая гомеостатичность по массе 1000 семян была у селекционных линий Г-1014 (86,3), Б-3733/9-1 (64,6).

Ключевые слова: горох, масса 1000 семян, межсортовая изменчивость, внутрисортовая изменчивость, гомеостатичность.

Для цитирования: Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В.. Изменчивость признака «масса 1000 семян» перспективных линий гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 77–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-77-81.



VARIABILITY OF THE TRAIT “1000-SEED WEIGHT” OF THE PROMISING PEA LINES

A. R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

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

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

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

The purpose of the current research was to study and identify new promising pea lines with stable indicators of the trait ‘1000-seed weight’. The study was carried out in the fields of the laboratory for legumes breeding and seed production of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”, located in the southern part of the Rostov region, in the Competitive Variety Testing in 2018–2020. The objects of the study were 12 new pea lines developed by the FSBSI “ARC “Donskoy”. The standard variety was ‘Aksaisky usaty 5’. The study conducted in 2018–2020 resulted in assignment of all samples to the medium-size group, which had 150–250 g of ‘1000-seed weight’. The lines ‘B-3626/20’ (213.3 g) and ‘B-3733/9-1’ (210.7 g) produced the largest size of seeds. Intervarietal variability differed through the years. In 2018 it was 13.6%, in 2019 it was 11.5% and in 2020 it was 21.1%, with an annual average indicator of 19.8%. The analysis of intravarietal variability showed that the lowest variability (less than 10%) was characteristic for the standard variety ‘Aksaisky Usaty 5’ (5.9%), the lines ‘G-1014’ (7.7%) and ‘B-3733/9-1’ (9.1%). The average variability (10–20%) was characteristic for the lines ‘G-1008’ (13.7%), ‘B-3790/30-3’ (11.2%), ‘B-3626/20’ (19.8%). In the rest of the breeding samples, intravarietal variability was high (more than 20%) through the years of study.

In this study, the standard variety 'Aksaisky Usaty 5' had the highest homeostasis of 157.5. Not a single new line has exceeded this figure. This indicates that this variety least of all among the studied samples, changed the size of seeds under different growing conditions through the years of study. Among the studied new breeding lines, the breeding lines 'G-1014' (86.3), 'B-3733/9-1' (64.6) had high homeostaticity due to the trait '1000-seed weight'.

Keywords: peas, 1000-seed weight, intervarietal variability, intravarietal variability, homeostaticity.

Введение. Во многих регионах России горох обеспечивает наибольший урожай зерна и сбор белка с гектара среди зернобобовых культур. В нашей стране посевные площади гороха в 2020 г. составили 1324,5 тыс. га (1,7%). За год они увеличились на 4,2% (на 66,1 тыс. га), за пять лет – на 23,0% (на 246,8 тыс. га), за десять лет – на 95,3% (на 643,1 тыс. га) (Федеральная служба государственной статистики). Значимость гороха в современных реалиях неоспорима. Главными достоинствами его являются высокая агроэкологическая пластичность и адаптивность, высокобелковость, способность улучшать плодородие почвы за счет азотфиксации (Пономарева, 2021).

В связи с постоянным изменением климата возникает потребность в новых адаптивных сортах с оценкой показателей гомеостатичности и экологической пластичности не только семенной продуктивности в целом, но и по элементам ее структуры (Некрасов и др., 2022).

Успешное создание новых сортов с положительными хозяйственными признаками, которые обладают высокими технологичностью, качеством и урожайностью, невозможно без характеристики признаков, составляющих структуру урожая (Катюк, 2020; Пискарев и др., 2018; Georgieva and Kosev, 2020). Под урожайностью мы понимаем взаимодействие количественных признаков, таких как количество семян с растения, количество бобов с растения, количество семян в бобе, масса семян с растения, масса 1000 семян, которые в конечном итоге представляют ценность сорта. Одним из важных элементов структуры урожая является масса 1000 семян (Некрасов и Ионова, 2018).

Одни сельхозтоваропроизводители отдают предпочтение крупносемянным сортам гороха. Другие полагают, что среднекрупные и мелкосемянные сорта имеют преимущество за счет уменьшения расхода семян при посеве, вследствие чего снижаются производственные затраты. Ученые установили, что у сортов с большой массой 1000 семян возрастает норма высева, а при уборке крупносемянные сорта сильнее травмируются и дробятся (Гайнуллина и др., 2019).

Но все приходят к единому мнению, что крупность семян имеет большое влияние на урожайность, являясь одной из ее составляющих.

Горох – сельскохозяйственная культура, характеризующаяся большой изменчивостью (Костерин, 2017). В связи с этим цель наших исследований – изучить сортовую изменчивость признака «масса 1000 семян» и выделить новые перспективные линии гороха со стабильными показателями крупности семян в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2018–2020 гг. в конкурсном сортоиспытании гороха посевного.

Объекты исследований – 12 новых линий гороха посевного селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Стандартный сорт – Аксайский уса-тый 5. Почвенный покров – чернозем обыкновенный мощный карбонатный тяжелосуглинистый. Предшественник – озимая пшеница. Посев проводили сеялкой ССФК-7, площадь делянки – 15 м², норма высева – 1,2 млн всхожих семян на 1 га, ширина междурядий – 15 см. Повторность шестикратная. Уборку выполняли селекционным комбайном «Wintersteiger Classic».

Исследования проводились в соответствии с Методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985) и Методикой полевого опыта (2014). Статистическую обработку результатов исследований выполняли методом дисперсионного анализа. По методике Хангильдина В.В. (1984) определяли показатели: стрессоустойчивость $(x_{lim} - x_{opt})$, генетическая гибкость $((x_{opt} + x_{lim})/2)$, селекционная ценность $(Sc = x \times (x_{lim} / x_{opt}))$, гомеостатичность $(H_{om} = x^2 / (\delta \times (x_{opt} - x_{lim})))$, где x – среднее значение; x_{opt} – максимальное значение; x_{lim} – минимальное значение; δ – стандартное отклонение.

Погодно-климатические условия периода вегетации гороха по годам проводимых исследований были различны, что позволило оценить изменчивость признака «масса 1000 семян» новых селекционных линий.

Вегетация гороха в 2018 г. проходила в неблагоприятных погодных-климатических условиях, которые характеризовались как остро-засушливые. Посев сместился на первую декаду апреля из-за низких температур и осадков в марте. Дефицит осадков в апреле, когда выпало 9 мм (среднепогодные 42,7 мм), привел к замедлению роста и развития гороха. Температура воздуха в мае и выпавшие осадки сформировали засушливый гидротермический режим (ГТК = 0,21). Июнь характеризовался как острозасушливый (ГТК = 0,06). Но кратковременные осадки в период созревания семян гороха все же позволили увеличить крупность семян.

В 2019 г. для посева были благоприятные условия. Осадки выпали с превышением среднепогодной нормы. Погодные условия апреля и мая положительно повлияли на интенсивность роста и развития растений гороха (ГТК = 0,80 и 1,08 соответственно). Однако острозасушливые условия июня (ГТК = 0,14)

с максимальной температурой воздуха до 37,9 °С, а на поверхности почвы до 65 °С, привели к ускоренному прохождению фазы цветение-созревание.

В 2020 г. теплый и сухой март позволил провести посев во второй декаде. Апрель был прохладным, с недобором осадков (ГТК = 0,67), а в мае сформировалась влажная и прохладная погода (ГТК = 1,67). Налив и созревание семян гороха в июне проходили в условиях дефици-

та осадков (54% от среднемноголетних) и средней температуре воздуха 23,1 °С (ГТК = 0,56), что привело к снижению массы 1000 семян.

Результаты и их обсуждение. По результатам исследований, проводимых в 2018–2020 гг., масса 1000 семян селекционных образцов в среднем за годы исследований находилась в пределах от 153,7 до 213,3 г и характеризовались средней крупностью (масса 1000 семян от 150 до 250 г) (табл. 1).

Таблица 1. Масса 1000 семян гороха, г (конкурсное сортоиспытание, 2018–2020 гг.)
Table 1. 1000-grain weight of peas, g (Competitive variety testing, 2018–2020)

Сорт, линия	Годы				Коэффициент вариации, %	Отклонение от стандарта
	2018	2019	2020	Среднее		
Аксайский усатый 5, стандарт	181	163	164	169,3	5,9	–
Г-1002	203	139	119	153,7	28,6	-15,6
Г-1003	195	157	129	160,3	20,8	-9,0
Г-1005	210	138	128	158,7	28,1	-10,6
Г-1006	208	163	119	163,3	27,4	-6,0
Г-1007	218	176	143	179,0	21,0	9,7
Г-1008	144	140	179	154,3	13,7	-15,0
Г-1009	220	168	132	173,3	25,5	4,0
Г-1014	177	164	191	177,3	7,7	8,0
Б-3733/9-1	218	189	225	210,7	9,1	41,4
Б-3790/30-3	213	181	173	189,0	11,2	19,7
Б-3790/15	226	154	135	171,7	28,0	2,4
Б-3626/20	261	198	181	213,3	19,8	44,0
Среднее	205,7	163,8	155,2	174,9	–	–
Стандартное отклонение, г	26,9	18,1	31,5	18,63	–	–
Коэффициент вариации, %	13,6	11,5	21,1	19,8	–	–

Большей крупностью семян отличились линии Б-3626/20 и Б-3733/9-1, имеющие массу 1000 семян в среднем за годы исследований 213,3 и 210,7 г соответственно.

Средняя крупность семян гороха в исследованиях за 2018–2020 гг. составила 174,9 г. Анализ крупности семян линий в среднем по годам показывает, что наибольшая масса 1000 семян была получена в 2018 г. (205,7 г), а наименьшая – в 2020 г. (155,2 г).

Об изменчивости признака можно судить по коэффициенту вариации, выраженного в процентах. Чем он ниже, тем ниже изменчивость, и наоборот. В селекционной практике оценка вариации признака между генотипами характеризует межсортовую изменчивость, а реакцию каждого генотипа на изменения условий произрастания, внутрисортовую изменчивость.

Межсортовая изменчивость в исследованиях была различной и составила в 2018 г. 13,6%, в 2019 г. – 11,5% и в 2020 г. – 21,1% при среднем показателе за годы исследований 19,8%. Высокая межсортовая изменчивость в 2020 г. при самом низком среднем значении крупности семян за годы исследований свидетельствует о различной норме реакции генотипов на условия произрастания, т.е. о разной внутрисортовой изменчивости. Низкая внутрисортовая изменчивость (менее 10%) за годы исследований наблюдалась у стандарта

Аксайский усатый 5 (5,9%) и линий Г-1014 (7,7%) и Б-3733/9-1 (9,1%). Средняя внутрисортовая изменчивость (10–20%) была у линий Г-1008 (13,7%), Б-3790/30-3 (11,2%), Б-3626/20 (19,8%). У остальных селекционных образцов она была высокой (более 20%).

Была проведена оценка массы 1000 семян новых линий гороха по параметрам адаптивности: стрессоустойчивость, генетическая гибкость, гомеостатичность и селекционная ценность (табл. 2).

Стрессоустойчивость показывает разницу между минимальным и максимальным значением. Чем она выше, тем выше устойчивость к стрессу. Высокая стрессоустойчивость наблюдалась стандарта Аксайский усатый 5 (-18) и линий Г-1014 (-27) и Б-3733/9-1 (-36).

Показатель генетической гибкости является средним между минимальным и максимальным значением. Наибольшая генетическая гибкость массы 1000 семян в наших исследованиях наблюдалась у линий Б-3626/20 (221,0), Б-3733/9-1 (207,0) и Б-3790/30-3 (193,0).

Селекционная ценность новых линий гороха по крупности семян была различной. У стандартного сорта Аксайский усатый 5 она имела значение 152,5. Большее значение имела линия Б-3733/9-1 (177,0). На уровне стандарта селекционная ценность была у линий Г-1014 (152,3), Б-3790/30-3 (153,5) и Б-3626/20 (147,9).

**Таблица 2. Параметры адаптивности линий гороха
(конкурсное сортоиспытание, 2018–2020 гг.)
Table 2. Adaptability parameters of pea lines
(Competitive variety testing, 2018–2020)**

Сорт, линия	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость	Селекционная ценность	Гомеостатичность
Акса́йский усатый 5, ст.	-18	172,0	152,5	157,5
Г-1002	-84	161,0	90,1	6,4
Г-1003	-66	162,0	106,1	11,8
Г-1005	-82	169,0	96,7	6,9
Г-1006	-89	163,5	93,4	6,7
Г-1007	-75	180,5	117,4	11,4
Г-1008	-39	159,5	120,7	28,5
Г-1009	-88	176,0	104,0	7,7
Г-1014	-27	177,5	152,3	86,3
Б-3733/9-1	-36	207,0	177,0	64,6
Б-3790/30-3	-40	193,0	153,5	42,2
Б-3790/15	-91	180,5	102,5	6,7
Б-3626/20	-80	221,0	147,9	13,5

В наших исследованиях наибольшей гомеостатичностью обладал стандартный сорт Акса́йский усатый 5 со значением 157,5. Данный показатель не превзошла ни одна новая линия. Это свидетельствует о том, что сорт меньше других исследованных образцов реагировал крупностью семян на изменение условий произрастания. Средние значения гомеостатичности массы 1000 семян были у селекционных линий Г-1014 (86,3) и Б-3733/9-1 (64,6).

Выводы. В результате исследований по изучению изменчивости признака «масса 1000 семян» линий гороха посевного, проведенных в 2018–2020 гг., все образцы отнесены к группе средней крупности, которые имеют массу 1000 семян 150–250 г. Наиболее крупнотемными были линии Б-3626/20 (213,3 г) и Б-3733/9-1 (210,7 г).

Наибольшая гомеостатичность была у стандартного сорта Акса́йский усатый 5, имеющий значение 157,5 и самая низкая внутрисортная изменчивость (5,9%). Это свидетельствует о том, что данный сорт меньше других исследованных образцов реагировал крупностью семян на изменение условий произрастания. Из исследованных новых селекционных линий высокая гомеостатичность и низкая внутрисортная изменчивость (менее 10%) по признаку «масса 1000 семян» была у селекционных линий Г-1014 (гомеостатичность – 86,3; внутрисортная изменчивость – 7,7%) и Б-3733/9-1 (гомеостатичность – 64,6; внутрисортная изменчивость – 9,1%). Данные образцы будут включены в селекционную работу на гомеостатичность показателя «масса 1000 семян».

Библиографические ссылки

1. Гайнуллина К. П., Давлетов Ф. А., Сафин Ф. Ф. Исходный материал для селекции гороха в условиях Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. С. 103–106.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Альянс. 2014. 351 с.
3. Катюк А. И. Формирование семенной продуктивности у коллекции гороха разных морфотипов в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
4. Костерин О. Э. О трех культурных подвидах посевного гороха (*Pisum sativum* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 694–700. DOI: 10.18699/VJ17.287.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 269 с.
6. Некрасов Е. И., Ионова Е. В. Результаты изучения изменения массы 1000 зерен сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона «засушник» // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 57–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-57-59.
7. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
8. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(7). С. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422.
9. Пономарева С. В. Вариационная изменчивость и корреляционная взаимосвязь между зерновой урожайностью и элементами ее структуры у сортов гороха полевого (*Pisum Arvense* L.) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. Т. 64, № 6(384). С. 50–52. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-50-52.
10. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.

11. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. 1984. № 1. С. 67–76.
12. Georgieva N., Kosev V. Оптимальные параметры модельных сортов кормовых бобов (*Vicia faba* L.) для центральной части Дунайской равнины, Болгария // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 3. С. 544–551.

References

1. Gainullina K.P., Davletov F.A., Safin F.F. Iskhodnyi material dlya selektsii gorokha v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [Initial material for pea breeding in the conditions of the Republic of Bashkortostan] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. S. 103–106.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Al'yans. 2014. 351 s.
3. Katyuk A.I. Formirovanie semennoi produktivnosti u kollektsii gorokha raznykh morfotipov v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Seed productivity formation in the collection of peas of different morphotypes in the conditions of the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
4. Kosterin O.E. O trekh kul'turnykh podvidakh posevnogo gorokha (*Pisum sativum* L.) [About three cultivated subspecies of peas (*Pisum sativum* L.)] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2017. № 21(6). S. 694–700. DOI: 10.18699/VJ17.287.
5. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops]. M., 1985. Vyp.1. 269 s.
6. Nekrasov E.I., Ionova E.V. Rezul'taty izucheniya izmeneniya massy 1000 zeren sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh provokatsionnogo fona «zasushnik» [The study results of the change in 1000-grain weight of the winter bread wheat varieties under the conditions of the provocative background "drought"] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 57–59. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-57-59.
7. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoi myagkoi pshenitsy [Ecological adaptability of the winter bread wheat varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Vol. 14, № 2. S. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
8. Piskarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Iskhodnyi material dlya selektsii yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoi oblasti [Initial material for breeding spring bread wheat in the conditions of the Novosibirsk region] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. № 22(7). S. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422.
9. Ponomareva S.V. Variatsionnaya izmenchivost' i korrelyatsionnaya vzaimosvyaz' mezhdu zernovoi urozhainost'yu i elementami ee struktury u sortov gorokha polevogo (*Pisum Arvense* L.) [Variability and correlation between grain productivity and its yield structure elements in the pea varieties (*Pisum Arvense* L.)] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2021. Vol. 64, № 6(384). S. 50–52. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-50-52.
10. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service] [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
11. Khangil'din V.V., Biryukov S.V. Problema gomeostaza v genetiko-selektsionnykh issledovaniyakh [The problem of homeostasis in genetic breeding research] // Genetiko-tsitologicheskie aspekty v selektsii s.-kh. rastenii. 1984. № 1. S. 67–76.
12. Georgieva N., Kosev V. Optimal'nye parametry model'nykh sortov kormovykh bobov (*Vicia faba* L.) dlya tsentral'noi chasti Dunaiskoi ravniny, Bolgariya [Optimal parameters of model varieties of forage beans (*Vicia faba* L.) for the central part of the Danubian Plain (Bulgaria)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. Vol. 55, № 3. S. 544–551.

Поступила: 22.04.22; доработана после рецензирования: 16.05.22; принята к публикации: 17.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА

С. И. Камбулов^{1,2}, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник
отдела механизации растениеводства, ORCID ID: 0000-0001-8712-1478;

Ю. А. Семенихина¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
отдела механизации растениеводства, ORCID ID: 0000-0003-1088-2425;

Е. Б. Дёмина¹, ведущий инженер отдела механизации растениеводства,
ORCID ID: 0000-0002-3810-2825

¹Структурное подразделение «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. им. Ленина, 14;

²ФГБУ ВПО «Донской государственный технический университет»,
344003 г. Ростов-на-Дону, площадь им. Гагарина, д. 1

В статье представлены результаты трехлетних исследований (2019–2021 гг.), целью которых было изучение и оценка влияния различных приемов обработки почвы на продуктивность гороха. Опыты проводили на полях структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «АНЦ «Донской». Изучали четыре приема обработки почвы: плоскорезный; послойный; отвальный; вариант без обработки почвы. Погодные условия за период исследований были контрастными и повлияли на вегетационный период растений. При оценке влияния приемов обработки почвы учитывали следующие показатели продуктивности гороха: число продуктивных растений, число продуктивных узлов, число продуктивных бобов, количество семян в бобе, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян и урожайность. В результате трехлетнего изучения и оценки влияния различных приемов обработки почвы на урожайность гороха и его продуктивность было установлено, что сокращение вегетационного периода негативно влияет на продуктивность гороха по всем приемам, при этом наиболее остро на это реагируют растения на варианте с отвальным приемом обработки почвы. Наиболее благоприятное влияние на урожайность гороха оказывают варианты без обработки почвы и плоскорезного приема за счет максимального формирования у растений числа узлов, бобов и семян, а также набора массы семян. Оценка средней урожайности гороха за 2019–2021 гг. выявила преимущество плоскорезного приема (3,15 т/га). Относительно него установлено снижение урожайности на 2,2% на варианте без обработки почвы, на 13,97% – на варианте с послойным приемом обработки почвы и на 28,25% – на варианте с отвальным приемом.

Ключевые слова: прием, обработка почвы, горох, продуктивность, урожайность.

Для цитирования: Камбулов С. И., Семенихина Ю. А., Дёмина Е. Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 82–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88.



THE EFFECT OF MAIN TILLAGE METHODS ON PEA PRODUCTIVITY

S. I. Kambulov^{1,2}, Doctor of Technical Sciences, associate professor, main researcher
of the department of plant production mechanization, ORCID: 0000-0001-8712-1478

Yu. A. Semikhina¹, Candidate of Technical Sciences, senior researcher
of the department of plant production mechanization, ORCID: 0000-0003-1088-2425;

E. B. Demina¹, leading engineer of the department of plant production mechanization,
ORCID: 0000-0002-3810-2825.

¹Structural subdivision of “NCRIMEA” of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 14

²Donskoy state technical university,
344003, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1

The current paper has presented the results of a three-year study (2019–2021), the purpose of which was to study and evaluate the impact of various tillage methods on pea productivity. The trials were carried out on the fields of the structural subdivision of “NCRIMEA” of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”. There have been studied four tillage methods such as subsurface; layer-by-layer; moldboard; ‘no-tillage’ variant. Weather conditions during the study period were contrasting and affected plant vegetation period. When estimating the effect of tillage methods, there were taken into account such indicators of pea productivity as number of productive plants, number of productive nodes, number of productive beans, number of seeds per bean, number of seeds per plant, weight of seeds per plant, 1000-seed weight, and productivity. The three-year study and estimation of the effect of various tillage methods on pea yields and its productivity, there was found that the growing season decrease negatively affected pea productivity under all tillage methods, along with this the plants reacted more sharply to this under the moldboard tillage. The most favorable effect on pea productivity was provided by variants ‘no-tillage’ and subsurface tillage due to the maximum formation of number of nodes, beans and seeds in plants, as well as seed weight increase. The estimated mean pea productivity in 2019–2021 showed the advantage of a subsurface tillage (3.15 t/ha). Relative to it, there was established productivity decrease on 2.2% in the variant ‘no-tillage’, on 13.97% in the variant with a layer-by-layer tillage, and on 28.25% in the variant with moldboard tillage.

Keywords: method, tillage, peas, productivity, yield.

Введение. Возделывание гороха в условиях засушливого климата с недостаточным увлажнением (Пономарева и Селехов, 2017; Букин и др., 2020; Torabian et al., 2019) требует грамотного подхода и базируется на рациональном сочетании агротехнических приемов, среди которых особое место отводится основной обработке почвы. Задача почвообработки заключается в формировании рыхлой структуры почвы. Почвенные агрегаты взаимосвязанные послойно формируют почвенный скелет с хаотичным распределением в меагрегатном пространстве макро- и микропор (Chandrasekhar et al., 2019; Tagar et al., 2020). В таких пространствах протекает процесс термодиффузии, взаимоувязанный с атмосферными явлениями, способствующий длительному сохранению почвенной влаги и благоприятно сказывающийся на развитии растений в течение вегетационного периода (Mokrikov et al., 2019; Шеин и Мади, 2018; Волков и др., 2017). Для формирования благоприятной структуры почвы применяют различные приемы ее обработки: отвальные, послойные, плоскорезные или вовсе без основной обработки почвы, а сразу применяя прямой посев (Zikeli et al., 2017; Кашаев, 2016). Выбор приема зависит от климатических и почвенных условий, севооборота сельскохозяйственных культур, гранулометрического состава почвы, эрозийных и прочих факторов, а также учитывается техническая оснащенность растениеводческого производства (Гаевая и Васильченко, 2016).

Если прибегнуть к моделированию всех этапов производственных процессов при возделывании сельскохозяйственных культур, то станет возможным оценить эффективность применяемой технологии в комплексе всех механико-технологических операций (Mudarisov et al., 2019). Поэтому нами изучаются традиционная и нулевая технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе многолетних стационарных исследований. В данной работе приведен частный случай детального исследования почвообрабатывающих операций, отличающихся по своему приему на основе эксплуатируемого агрегата.

Цель исследований – изучение и оценка влияния различных приемов обработки почвы на продуктивность гороха.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили при возделывании гороха сорта Готик в 2019–2021 гг. на опытном поле структурного подразделения «СКНИИМЭСХ» ФГБНУ «АНЦ «Донской». Повторность опыта четырехкратная. Размер опытной делянки: длина – 90 м, ширина – 20 м. Варианты применяемых обработок почвы представлены ниже.

1. Плоскорезный прием почвообрабатывающим агрегатом УНС-3 на глубину 22–25 см (контроль).

2. Послойный прием почвообрабатывающим комбинированным агрегатом КАО-2 на глубину 22–25 см.

3. Отвальный прием серийным плугом ПН5-35 на глубину 22–25 см.

4. Вариант без обработки почвы с прямым посевом (принцип нулевой технологии возделывания).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумуса – 3,3% (ГОСТ 26213-91), P_2O_5 – 19,0–24,5 мг/кг и K_2O – 327–337 мг/кг (ГОСТ 26204-91), pH – 7,1 (ГОСТ 58594-2019).

Погодные условия 2019, 2020 и 2021 гг. были контрастными, что отразилось на сроках посева гороха и развитии растений в целом.

Посев гороха в 2019 г. осуществлялся 8 апреля. Вегетационный период длился до 27 июня и составил 81 день. Согласно метеорологическим наблюдениям в апреле был зафиксирован недобор осадков °C (при норме 10,7 °C). В мае осадков выпало в 3 раза больше среднегодовых значений – 156,8 мм (при норме 51,3 мм), и среднесуточная температура воздуха была 15,9 °C (при норме 16,5 °C). Количество осадков в июне составило 88,6 мм (при норме 71,3 мм), среднесуточная температура была завышенной – 22,3 °C (при норме 20,5 °C).

В 2020 г. посев проводили 16 марта. Длительность вегетационного периода составила 102 дня (урожай гороха убирали 25 июня). Метеорологические условия за этот период были благоприятными для развития растений с незначительным различием от нормы. Так, посев гороха осуществляли во влажную почву, поскольку влагозарядка после февральских осадков была достаточной, несмотря на то, что в марте осадки отсутствовали и температура воздуха была 8 °C, что выше нормы (2 °C). В апреле осадки были недостаточными – 23,7 мм при норме 42,7 мм, однако температурный режим воздуха компенсировал это сниженной температурой – 8,8 °C – относительно нормы (10,7 °C). Обильные осадки мая 81,1 мм превышали месячную норму на 29,8 мм, а температурный режим был ниже нормы на 1 °C. В июне наблюдался недобор осадков – 36,4 мм при норме 71,3 мм. При этом средняя температура воздуха была повышенной и составила 23,4 °C при норме 20,5 °C.

В 2021 г. посев гороха происходил в крайне поздние сроки – 7 мая по причине затяжных весенних осадков. Вегетационный период был коротким и составил 74 дня (урожай гороха убирали 13 июля). Метеорологические условия вегетационного периода значительно отличались от среднегодовой нормы. Так, в мае и июне осадки были обильными и превышали норму на 11,1 и 30,3 мм соответственно. В июле же отмечался недобор осадков, который составил 23,1 мм при норме 57,7 мм. При этом температурный режим был постоянно завышенным. В мае температура воздуха была на уровне 18,1 °C (норма 16,5 °C). В июне – на уровне 21,5 °C (норма 20,5 °C). В июле температура воздуха составила 26,7 °C при норме 23,1 °C.

Полевые и лабораторные исследования выполняли по общепринятой методике (Методика государственного сортоиспытания, 2019). Статистическую обработку и дисперсионный анализ данных полученных результатов проводили с использованием программ Excel и Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение. Для выявления эффективного приема обработки почвы на продуктивность гороха был проведен структурный анализ снопов гороха. Учитывали следующие показатели: число продуктивных растений, число продуктивных узлов, число

продуктивных бобов, количество семян в бобе, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян и урожайность.

В результате анализа показателей структуры урожая гороха за 2019 г., представленной в таблице 1, было установлено, что наибольшую продуктивность растения гороха сформировали при приеме плоскорезной обработки почвы за счет числа продуктивных растений – 109,3 шт./м², числа узлов – 3,4 шт., числа бобов – 5,1 шт., массы семян с растения – 4,5 г и высокой массы 1000 семян, которая составила 223,8 г.

Таблица 1. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2019 год
Table 1. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2019

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>109.3±3.5*</u> 6,4	<u>109.0±2.5</u> 4,6	<u>105.3±5.5</u> 10,6	<u>105.5±4.8</u> 9,1
Высота растений, см	<u>58.4±0.5</u> 18,5	<u>55.6±0.6</u> 14,4	<u>52.2±0.7</u> 18,1	<u>62.5±0.9</u> 22,1
Число продуктивных узлов, шт.	<u>3.4±0.1</u> 18,2	<u>2.9±0.1</u> 14,1	<u>2.5±0.1</u> 11,4	<u>3.4±0.1</u> 14,1
Число продуктивных бобов, шт.	<u>5.1±0.3</u> 11,1	<u>4.2±0.1</u> 3,3	<u>3.3±0.2</u> 11,2	<u>5.2±0.2</u> 9,0
Число семян в бобе, шт.	<u>4.2±0.4</u> 18,8	<u>4.4±0.3</u> 14,3	<u>3.5±0.3</u> 15,9	<u>4.4±0.2</u> 11,1
Число семян с растения, шт.	<u>21.6±0.2</u> 14,3	<u>18.5±0.1</u> 12,8	<u>11.6±0.2</u> 14,2	<u>23.0±0.3</u> 16,5
Масса семян с растения, г	<u>4.5±0.2</u> 10,3	<u>2.8±0.2</u> 15,6	<u>1.3±0.04</u> 6,5	<u>3.5±0.07</u> 4,3
Масса 1000 семян, г	<u>223.8±1.8</u> 1,6	<u>159.6±5.4</u> 6,8	<u>151.5±2.8</u> 3,6	<u>179.7±2.3</u> 2,6

* В числителе доверительный интервал показателя (среднее арифметическое ± ошибка выборки) / в знаменателе коэффициент вариации показателя.

Средняя продуктивность гороха выявлена на варианте без обработки почвы. На данном варианте сформировавшиеся число продуктивных узлов (3,4 шт.), бобов (5,2 шт.) и семян в бобе (4,4 шт.) были идентичны показателям структуры урожая при плоскорезной обработке почвы, однако масса семян с растения (3,5 г) и масса 1000 семян (179,7 г) были сниженными, что негативно повлияло на общую продуктивность гороха. Низкая продуктивность растений гороха отмечена при приеме послойной обработки почвы, при среднем числе продуктивных бобов (4,2 шт.) и числе семян в бобе (4,4 шт.) было установлено низкое число узлов – 2,9 шт., низкая масса семян с растения – 2,8 г и низкая масса 1000 семян – 159,6 г. При отвальном приеме обработки почвы выявлена самая низкая продуктивность гороха, которая произошла за счет снижения всех показателей структуры урожая. При этом самым низким были показатели массы семян с растения (1,3 г) и массы 1000 семян (151,5 г). Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха

в 2019 г. была установлена высокая продуктивность растений на варианте плоскорезной обработки почвы.

Анализ показателей структуры урожая гороха, полученный в 2020 г. (табл. 2), показал, что низкую продуктивность горох сформировал при плоскорезном приеме обработки почвы за счет низкого количества семян с растения – 16,7 шт., несмотря на высокое число продуктивных бобов – 5,2 шт. Также была сформирована самая низкая масса 1000 семян – 215,3 г при достаточно хорошем значении массы семян с растения – 3,8 г.

Средняя продуктивность растения гороха отмечена при послойном и отвальном способах обработки почвы. Особенно это прослеживалось по количеству семян с растения – 17,4 и 17,3 шт. соответственно, а также по массе семян с растения – 3,4 и 3,6 г соответственно. Высокая продуктивность гороха выявлена на варианте без обработки почвы, где отмечена высокая масса 1000 семян – 229,7 г, количество семян с растения – 18,6 шт., число продуктивных бобов – 5,3 шт. и масса семян с одного

растения – 4,1 г. Также растения гороха выделялись и по своей высоте. Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха в 2020 г. была установлена высокая продук-

тивность растений на варианте без обработки почвы.

Показатели структуры урожая гороха по результатам 2021 г. представлены в таблице 3.

Таблица 2. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2020 год
Table 2. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2020

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>114.5±4.4</u> 21,1	<u>128.2±3.6</u> 17,5	<u>144.2±4.3</u> 13,2	<u>122.4±2.2</u> 18,7
Высота растений, см	<u>51.7±0.9</u> 17,2	<u>58.8±0.7</u> 13,6	<u>60.5±0.9</u> 15,4	<u>74.6±1.1</u> 19,5
Число продуктивных узлов, шт.	<u>3.3±0.1</u> 14,4	<u>3.9±0.1</u> 8,3	<u>3.6±0.1</u> 6,6	<u>4.1±0.3</u> 6,8
Число продуктивных бобов, шт.	<u>5.2±0.4</u> 13,6	<u>4.8±0.3</u> 6,9	<u>5.1±0.2</u> 5,2	<u>5.3±0.3</u> 7,8
Число семян в бобе, шт.	<u>3.2±0.5</u> 20,2	<u>3.6±0.2</u> 11,1	<u>3.4±0.1</u> 6,3	<u>3.5±0.1</u> 4,9
Число семян с растения, шт.	<u>16.7±0.2</u> 18,2	<u>17.4±0.2</u> 16,3	<u>17.3±0.3</u> 23,5	<u>18.6±0.7</u> 14,4
Масса семян с растения, г	<u>3.8±0.5</u> 19,6	<u>3.4±0.5</u> 15,1	<u>3.6±0.3</u> 12,2	<u>4.1±0.3</u> 16,3
Масса 1000 семян, г	<u>215.3±2.1</u> 1,9	<u>221.7±6.4</u> 5,4	<u>224.3±5.9</u> 5,3	<u>229.7±2.7</u> 5,7

Таблица 3. Влияние приемов обработки почвы на показатели элементов структуры урожая гороха за 2021 год
Table 3. The effect of tillage methods on the indicators of yield structure elements of peas in 2021

Показатели структуры урожая	Прием обработки почвы			
	Плоскорезный (контроль)	Послойный	Отвальный	Без обработки
Число продуктивных растений, шт./м ²	<u>60.5±0.4</u> 12,6	<u>64.8±0.7</u> 19,5	<u>72.5±0.6</u> 17,3	<u>74.5±0.4</u> 18,6
Высота растений, см	<u>46.3±0.7</u> 14,2	<u>42.6±0.6</u> 17,2	<u>44.7±0.8</u> 13,6	<u>48.2±0.9</u> 19,5
Число продуктивных узлов, шт.	<u>2.9±0.6</u> 18,1	<u>2.2±0.1</u> 14,2	<u>2.2±0.01</u> 2,7	<u>2.4±0.04</u> 6,8
Число продуктивных бобов, шт.	<u>4.8±0.4</u> 18,1	<u>3.7±0.3</u> 14,8	<u>3.4±0.1</u> 7,9	<u>4.3±0.2</u> 7,8
Число семян в бобе, шт.	<u>4.8±0.27</u> 11,5	<u>3.5±0.29</u> 16,5	<u>3.7±0.22</u> 11,8	<u>4.0±0.10</u> 4,9
Число семян с растения, шт.	<u>22.9±0.2</u> 12,4	<u>12.9±0.4</u> 19,3	<u>12.5±0.5</u> 19,8	<u>17.2±0.9</u> 14,4
Масса семян с растения, г	<u>4.2±0.5</u> 24,5	<u>2.2±0.06</u> 5,5	<u>2.1±0.1</u> 12,3	<u>2.8±0.2</u> 16,3
Масса 1000 семян, г	<u>176.0±10.0</u> 11,3	<u>160.0±2.1</u> 2,7	<u>163.8±8.3</u> 10,1	<u>167.0±4.8</u> 5,7

Из анализа ее результатов установлено, что высокая продуктивность гороха сформировалась при плоскорезном приеме за счет наибольшего числа продуктивных узлов и бобов на растении – 2,9 и 4,8 шт. соответственно, наибольшего числа семян в бобе и их массы с одного растения – 4,8 шт. и 4,2 г соответственно. Здесь же сформировались самые крупные семена, поскольку масса 1000 семян была самой высокой – 176,0 г. Наименьшая продуктивность гороха установлена при послойном приеме обработки почвы, что объяс-

няется совокупным снижением комплексных показателей: недостаточной густотой продуктивных растений – 64,8 шт./м², низким числом продуктивных узлов – 2,2 шт., низким числом продуктивных бобов и семян с растения – соответственно 3,7 и 3,5 шт. Самая низкая масса 1000 семян – 160,0 г – выявила, что растения при этом способе обработки почвы сформировали самое мелкое зерно. Также снижение продуктивности гороха при отвальном приеме обработки почвы произошло по совокупности самых низких показателей элементов структу-

ры урожая: числа продуктивных узлов – 2,2 шт., числа продуктивных бобов – 3,4 шт., числа семян в бобе – 3,7 шт., массы семян с одного растения – 2,1 г. Однако эти показатели были компенсированы достаточно высокой густотой продуктивных растений – 72,5 шт./м² и средней крупностью семян, поскольку масса 1000 семян была 163,8 г. Незначительное снижение продуктивности гороха было выявлено на варианте без обработки почвы (No till). При этом выделившаяся густота продуктивных растений (74,5 шт./м²) не смогла компенсировать недостаточное развитие остальных показателей структуры урожая: числа продуктивных узлов и бобов на растении – 2,4 и 4,3 шт. соответственно, числа семян в бобе и их массы с од-

ного растения – 4,0 шт. и 2,8 г соответственно. Здесь же сформировалось зерно среднего размера, поскольку масса 1000 семян была 167,0 г.

Таким образом, в результате анализа влияния различных приемов обработки почвы на структуру урожая гороха в 2021 г. было установлено снижение продуктивности растений по всем способам обработки вследствие негативного влияния позднего срока посева и сократившегося вегетационного периода растений.

Основополагающим критерием эффективности приемов обработки почвы является урожайность за три года исследований, которая представлена в таблице 4.

Таблица 4. Влияние основного приема обработки почвы на урожайность гороха
Table 4. The effect of main tillage methods on pea productivity

Прием обработки почвы	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя	т/га	%
Плоскорезный (контроль)	4,17	2,88	2,40	3,15	–	–
Послойный	2,85	3,76	1,51	2,71	-0,44	13,97
Отвальный	1,57	3,62	1,59	2,26	-0,89	28,25
Без обработки	3,02	4,05	2,16	3,08	-0,07	2,22
НСР ₀₅	0,08	0,02	0,10	0,07	–	–

В результате анализа данных таблицы 4 было установлено, что в 2019 г. наибольшую урожайность гороха обеспечил вариант с плоскорезным приемом обработки почвы (4,17 т/га). Второе место по урожайности закрепилось за вариантом без обработки почвы (3,02 т/га). Следующая позиция по урожайности (2,85 т/га) была выявлена при послойном приеме обработки почвы. Наименьшую урожайность (1,57 т/га) гороха получили при отвальном приеме обработки почвы. В сложившихся погодно-климатических условиях 2020 г. наибольшую продуктивность и урожайность гороха обеспечил вариант без обработки почвы (4,05 т/га), а наименьшую урожайность – вариант с плоскорезным приемом обработки почвы (2,88 т/га). При этом варианты с отвальным и послойным рыхлением занимали промежуточное положение с почти равными значениями (3,62 и 3,76 т/га соответственно). В 2021 г. конкуренция за урожайность, как и в 2019 г., была выявлена у вариантов с плоскорезным приемом обработки почвы (2,40 т/га) и без обработки почвы (2,16 т/га). На вариантах послойного и отвального приемов установлена низкая урожайность – 1,51 и 1,59 т/га соответственно. Оценка значимости обнаруженных различий урожайности гороха была проведена по наименьшей

существенной разнице с уровнем значимости $\alpha = 0,05$.

При детальном анализе полученных результатов был сформулирован второстепенный вывод о негативном влиянии сокращения вегетационного периода гороха на его продуктивность. Корреляционный анализ между длительностью вегетационного периода и урожайностью гороха выявил тесную взаимосвязь у вариантов без обработки почвы и отвального приема – $r = 0,96$ и $r = 0,97$ соответственно, у послойного приема – $r = 0,92$. При этом у плоскорезного приема обработки почвы данная взаимосвязь была низкой – $r = 0,31$.

Выводы. Оценка средней урожайности гороха за 2019–2021 гг. выявила преимущество плоскорезного приема (3,15 т/га). Относительно него снижение урожайности на 2,2% установлено на варианте без обработки почвы, на 13,97% – на варианте с послойным приемом обработки почвы и на 28,25% – на варианте с отвальным приемом. Наиболее благоприятное влияние на урожайность гороха выявлено для вариантов без обработки почвы (3,08 т/га) и плоскорезного приема (3,15 т/га) за счет максимального формирования у растений числа узлов, бобов и семян, а также набора массы семян.

Библиографические ссылки

1. Букин О. В., Бочкарев Д. В., Никольский А. Н., Смолин Н. В. Влияние приемов основной обработки почвы на динамику запасов влаги и урожайность гороха посевного в условиях лесостепи европейской части России. // Аграрная наука. 2020. № 339(6). С. 58–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61>.
2. Волков А. И., Кириллов Н. А., Григорьева И. В., Соколова Е. А. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // Земледелие. 2017. № 5. С. 32–35.

3. Гаевая Э. А., Васильченко А. П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 2. С. 32–34.
4. Кацаев Е. А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // *Таврический вестник аграрной науки*. 2016. № 4(8). С. 72–81.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. 384 с.
6. Пономарева С. В., Селехов В. В. Влияние погодных условий на урожай и качество сортов гороха // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 1(56). С. 20–27.
7. Шейн Е. В., Мади А. И. Гистерезис основной гидрофизической характеристики: моделирование ветви увлажнения по кривой иссушения // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2018. № 3. С. 36–41.
8. Chandrasekhar P., Kreiselmeier J., Schwen A., Weninger T., Julich S., Feger K.-H., Schwärzel K. Modeling the evolution of soil structural pore space in agricultural soils following tillage // *Geoderma*. 2019. Vol. 353. P. 401–414. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.017>
9. Mokrikov G., Minnikova, T., Kazeev, K., Kolesnikov, S. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of crops under different tillage // *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17(6). P. 2350–2358. <https://doi.org/10.15159/ar.19.202>
10. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., Mazitov N. K., Rakhimov R. S., Khamaletdinov R. R., Rakhimov I. R., Farkhutdinov I. M., Mukhametdinov A. M., Gareev R. T. Modeling the technological process of tillage // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 190. P. 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
11. Tagar A. A., Adamowski J., Memon M. S., Cuong D. M., Mashori A. S., Soomro A. S., Bhayo W. A. Soil fragmentation and aggregate stability as affected by conventional tillage implements and relations with fractal dimensions // *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 197. 104494. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104494>
12. Torabian S., Farhangi-Abri S., Denton M. D. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 185. P. 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>
13. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // *Agriculture*. 2017. 7(4). 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>

References

1. Bukin O. V., Bochkarev D. V., Nikol'skii A. N., Smolin N. V. Vliyanie priemov osnovnoi obrabotki pochvy na dinamiku zapasov vlagi i urozhainost' gorokha posevnogo v usloviyakh lesostepi evropeiskoi chasti Rossii [The effect of basic tillage methods on the dynamics of moisture reserves and peas productivity in the conditions of the forest-steppe of the European part of Russia] // *Agrarnaya nauka*. 2020. № 339(6). S. 58–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61>.
2. Volkov A. I., Kirillov N. A., Grigor'eva I. V., Sokolova E. A. Vliyanie resursosberegayushchikh tekhnologii vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur na produktivnost' polevogo sevooborota [The effect of resource-saving cultivation technologies of grain crops on productivity of a field crop rotation] // *Zemledelie*. 2017. № 5. S. 32–35.
3. Gaevaya E. A., Vasil'chenko A. P. Urozhainost' gorokha v zavisimosti ot pogodnykh uslovii Rostovskoi oblasti [Pea productivity depending on the weather conditions of the Rostov region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. № 2. S. 32–34.
4. Kashchaev E. A. Effektivnost' tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v sevooborote na chernozeme obyknovennom zony neustoichivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraia [The efficiency of crop cultivation technologies in crop rotation on ordinary blackearth (chernozem) in the region of unstable moisture in the Stavropol Territory] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2016. № 4(8). S. 72–81.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops]. Vyp. 1. M.: ООО "Группа компаний Море", 2019. 384 с.
6. Ponomareva S. V., Selekho V. V. Vliyanie pogodnykh uslovii na urozhai i kache-stvo sortov gorokha [The effect of weather conditions on productivity and quality of pea varieties] // *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka*. 2017. № 1(56). S. 20–27.
7. Shein E. V., Madi A. I. Gisterezis osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki: modelirovanie vetvi uvlazhneniya po krivoi issusheniya [Hysteresis of the main hydrophysical characteristic: modeling of a moistening branch along a drying curve] // *Vestnik Moskovskogo univer-siteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2018. № 3. S. 36–41.
8. Chandrasekhar P., Kreiselmeier J., Schwen A., Weninger T., Julich S., Feger K.-H., Schwärzel K. Modeling the evolution of soil structural pore space in agricultural soils following tillage // *Geoderma*. 2019. Vol. 353. P. 401–414. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.017>
9. Mokrikov G., Minnikova, T., Kazeev, K., Kolesnikov, S. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of crops under different tillage // *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17(6). P. 2350–2358. <https://doi.org/10.15159/ar.19.202>
10. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., Mazitov N. K., Rakhimov R. S., Khamaletdinov R. R., Rakhimov I. R., Farkhutdinov I. M., Mukhametdinov A. M., Gareev R. T. Modeling the technological process of tillage // *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 190. P. 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
11. Tagar A. A., Adamowski J., Memon M. S., Cuong D. M., Mashori A. S., Soomro A. S., Bhayo W. A. Soil fragmentation and aggregate stability as affected by conventional tillage implements and relations

with fractal dimensions // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 197. 104494. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104494>.

12. Torabian S., Farhangi-Abriz S., Denton M.D. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 185. P. 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>.

13. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // Agriculture. 2017. 7(4). 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>.

Поступила: 11.04.22; доработана после рецензирования: 19.05.22; принята к публикации: 30.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Камбулов С. И. – общее научное руководство, концептуализация исследований, критический анализ текста; Семенихина Ю. А. – анализ данных и их интерпретация, написание текста статьи, финальная доработка текста; Дёмина Е. Б. – отбор растений для анализа, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.111.1:631.526.32:632.4

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ В КАЗАНСКОМ НЦ

Данил Ф. Асхадуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Дамир Ф. Асхадуллин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

Н.З. Василова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

М.Р. Тазутдинова¹, научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

И.И. Хусаинова¹, младший научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

Э.З. Багавиева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник группы селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-2659-2393;

О.А. Баранова², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета растений к болезням, baranova_oa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9439-2102

¹Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 48;

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608, С.-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3

В Республике Татарстан в связи с благоприятными почвенно-климатическими условиями и рыночной конъюнктурой развито производство яровой пшеницы, но сборы зерна пшеницы ограничиваются рядом неблагоприятных факторов, одним из которых являются грибные болезни. В то же время прессинг патогенных грибов позволяет вести плодотворную селекционную работу в условиях Татарстана на устойчивость к болезням, чем занимается Казанский научный центр РАН. Целью исследований была оценка десяти новых сортов на устойчивость к основным грибным болезням. Изучение устойчивости к листовостебельным болезням: мучнистой росе, стеблевой ржавчине, бурой листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости проводили в условиях естественного инфекционного фона, к твердой головне – искусственного, при инокуляции семян спорами твердой головни. Исследования шли в 2017–2021 годы. Анализ на предполагаемое присутствие генов устойчивости к стеблевой ржавчине проводили методом ПЦР-анализа. В результате проведенных исследований установлено, что сорта 100 лет ТАССР, Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, Буляк имеют комплексную устойчивость ко всем изученным болезням. Сорт Ситара имеет высокую полевую устойчивость к мучнистой росе и твердой головне. Сорт Баракат – к мучнистой росе и бурой листовой ржавчине. Сорт Надира умеренно устойчив к мучнистой росе и темно-бурой листовой пятнистости. Сорта Экада 265 и Экада 282 высокоустойчивы к местной популяции стеблевой ржавчины. Молекулярно-генетическая оценка устойчивых к стеблевой ржавчине сортов яровой мягкой пшеницы: Чистопольская, 100 лет ТАССР, Балкыш, Экада 282 на предмет идентификации эффективных Sr-генов показала, что их устойчивость, по-видимому, регулируется геном Sr31.

Ключевые слова: пшеница, болезни, мучнистая роса, ржавчина, твердая головня, устойчивость.

Для цитирования: Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Багавиева Э.З., Баранова О.А. Реакция яровой мягкой пшеницы на возбудителей твердой головни (*Tilletia caries* и *T. laevis*) в условиях Татарстана // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.



ESTIMATION RESULTS OF THE SPRING BREAD WHEAT VARIETIES ON DISEASE RESISTANCE IN THE KAZAN RESEARCH CENTER

Danil F. Askhadullin¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Damir F. Askhadullin¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

N.Z. Vasilova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

M.R. Tazutdinova¹, researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

I.I. Khusainova¹, junior researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221

E.Z. Bagavieva¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the spring wheat breeding group, ORCID ID: 0000-0003-2659-2393;

O.A. Baranova², Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for plant disease immunity, baranova_oa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9439-2102

1 Tatar RIA, a separate structural subdivision of the FRC KazRC RAS,
420059, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48;
2 All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3

In the Republic of Tatarstan, due to favorable soil-climatic and market conditions, spring wheat production is developed, but wheat grain yields are limited by a number of unfavorable factors, one of which is a spread of fungal diseases. At the same time, the pressure of pathogenic fungi makes it possible to carry out fruitful breeding work in Tatarstan on resistance to diseases, which is one of the main activity of the Kazan Research Center of the RAS. The purpose of the current study was to estimate ten new varieties for resistance to major fungal diseases. The study on resistance to leafy diseases, such as powdery mildew, stem rust, brown leaf rust, dark brown leaf blotch was carried out at a natural infectious background, to kernel smut on an artificial infectious background inoculating seeds with spores of kernel smut. The study was carried out between the years of 2017 and 2021. The analysis for the possible presence of stem rust resistance genes was performed by a PCR analysis. As a result of the study, there was found out that the varieties 'Sto let TASSR', 'Balkysh', 'Khazine', 'Chistopolskaya', 'Bulyak' had a complex resistance to all studied diseases. The variety 'Sitara' had a strong field resistance to powdery mildew and kernel smut. The variety 'Barakat' had a strong field resistance to powdery mildew and leaf rust. The variety 'Nadira' was moderately resistant to powdery mildew and dark brown leaf spot. The varieties 'Ekada 265' and 'Ekada 282' were highly resistant to local stem rust populations. The molecular genetic estimation of the stem rust resistant varieties of spring bread wheat 'Chistopolskaya', 'Sto let TASSR', 'Balkysh', 'Ekada 282' for the identification of effective Sr-genes has shown that their resistance is apparently regulated by the Sr31 gene.

Keywords: wheat, diseases, powdery mildew, rust, kernel smut, resistance.

Введение. Пшеница занимает доминирующее положение среди зерновых культур в России, ее посевные площади в 2020 г. составляли 29,44 млн га (61,5% от посевной площади всех зерновых и зернобобовых культур). На озимую пшеницу приходилось 57,4% (16,91 млн га) всех посевов пшеницы, на яровую – 42,6% (12,53 млн га) (Агапкин и Махотин, 2021). Яровая пшеница – традиционная культура для Среднего Поволжья, где сосредоточено около 8% посевной площади от общероссийской. Яровая мягкая пшеница в данной местности имеет высокий биоклиматический потенциал, но ограничивается рядом биотических и абиотических факторов, одним из которых являются патогенные грибы. Потери урожая пшеницы от грибных болезней в условиях Поволжья составляют около 12% (Лебедев и др., 2009). Одним из методов борьбы с болезнями является внедрение в производство устойчивых сортов, данный прием неоспоримо имеет экономическую выгоду и экологическую безопасность.

Республика Татарстан расположена в северной части Средневолжского региона. В связи с благоприятными почвенно-климатическими условиями и рыночной конъюнктурой здесь развито производство яровой пшеницы, посевные площади под которой превышают таковые в соседних субъектах РФ и составили в 2021 г. около 448 тыс. га. Благоприятно складываются и условия для развития грибных болезней – в последнее десятилетие в Татарстане наблюдались массовые вспышки стеблевой ржавчины, мучнистой росы, бурой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости и др. (Асхадуллин и др., 2019). В то же время данные условия (прессинг патогенных грибов) позволяют вести плодотворную селекционную работу с яровой мягкой пшеницей на иммунитет. В Татарстане селекцией яровой пшеницы занимается Казанский научный центр РАН (ФИЦ КазНЦ РАН), за последние годы создана серия сортов, имеющих перспективу широкого вне-

дрения. Цель нашей работы – оценка созданных сортов на устойчивость к основным грибным болезням.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2017–2021 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН (Лаишевский район Татарстана, Предкамская зона, в 15 км к югу от г. Казань). Почва опытного участка – серая-лесная, хорошо окультуренная, типичная для зоны. Объектами исследования были 10 сортов яровой мягкой пшеницы, созданные в последние годы: Буляк, Балкыш, Ситара, Хазинэ, Баракат, Надира, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 265, Экада 282 и стандарт для зоны – сорт Йолдыз. Изучаемые сорта высевали селекционной сеялкой ССФК-7 в оптимальные для зоны сроки – первая декада мая с нормой высева 6 млн всх. сем. / га. Повторность 4-х кратная, площадь обследуемой делянки 10 на 25 м². Во время вегетации проведена химическая прополка от сорняков.

Изучение устойчивости к листостебельным болезням проводили в условиях естественного инфекционного фона. Оценку сортов по интенсивности развития и степени устойчивости/восприимчивости к мучнистой росе (возбудитель гриба *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal (син. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)) проводили по 9-балльной шкале (Saari and Prescott, 1975) (0 баллов – растения свободны от инфекции, 9 – растения высоко восприимчивые, сильное развитие болезни на всех листьях, имеется поражение колоса). Степень поражения стеблевой и бурой листовой ржавчиной – в процентах по шкале Peterson et al. (1948), тип иммунитета – на основе оригинальной шкалы Stakman and Levine, предложенной для стеблевой ржавчины в интерпретации для видов ржавчины (McIntosh et al., 1995) (9 типов). Возбудитель стеблевой ржавчины гриба *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* (Erikss. et Henning), возбудитель бурой листовой ржавчины гриба *Puccinia triticina* Erikss. (= *P. recondita* Rob. ex Desm

f. sp. tritici Erikss. et Henn.). Степень поражения темно-бурой листовой пятнистостью (возбудитель гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoem) определяли по площади повреждения флагового листа в процентах по шкале CIMMYT в изложении Койшыбаева и Муминджанова (2016).

Степень поражения твердой головней, вызываемого двумя близкородственными грибами *Tilletia caries* (D.C.) Tul. & C. Tul. and *T. laevis* J. G. Kühn, определяли в процентах путем подсчета количества больных и здоровых колосьев на инфекционном фоне при искусственной инокуляции семян спорами твердой головни циркулирующих на яровой мягкой пшенице в Среднем Поволжье. Для группировки сортов по степени восприимчивости использовалась градационная шкала из пяти групп (от высокоустойчивые до высоковосприимчивые) (Василова и др., 2017). Посев проводили в двукратной повторности, площадь делянки 0,3 м².

Анализ на предполагаемое присутствие генов устойчивости к стеблевой ржавчине проводили методом ПЦР-анализа с использованием подобранных праймеров, иницирующих амплификацию соответствующих маркеров для Sr2 – csSr2 (Mago et al., 2011), Sr26 – Sr26#43

(Mago et al., 2005), Sr28 – wPt-7004-PCR (Rouse et al., 2012), Sr31 – Scm9 (Weng et al., 2007), Sr32 – csSr32#2 (Mago et al., 2013), Sr36 – wmc477 (Tsilo et al., 2008), Sr57/Lr34 – csLV34 (Lagudah et al., 2006).

ДНК выделяли из 5-дневных проростков растений пшеницы CTAB методом (Murray and Thompson, 1980). Амплификацию проводили на амплификаторах C1000 Thermal Cycler (BioRad). Разделение продуктов амплификации проводили методом электрофореза в 2%-х агарозных и 8%-х полиакриламидных гелях, окрашенных бромистым этидием, при напряженности 100 V в течение 3 ч в 0,5xTBE буфере. В качестве маркеров молекулярных весов использовали GeneRulerTM 50 и 100 bp DNA Ladder фирмы «Fermentas». Визуализацию продуктов амплификации осуществляли с помощью геледокументирующей системы ChemiDoc XRS+ (Bio-Rad). Наличие или отсутствие искомого Sr гена определяли по наличию/отсутствию соответствующего диагностического фрагмента.

Погодные условия за годы испытаний различались по гидротермическим условиям, наиболее влагообеспеченным был период вегетации 2017 г., наименее – 2021 г. (табл. 1).

Таблица 1. Гидротермические коэффициенты за период май-июль
Table 1. Hydrothermal coefficients in the period from May to July

Показатель	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
ГТК май-июнь	1,42	0,40	0,81	1,11	0,27
ГТК июль	1,61	0,55	1,32	0,48	0,46

Результаты и их обсуждение. В настоящей работе нами рассмотрены основные заболевания яровой мягкой пшеницы, распространенные на территории Татарстана и непосредственно влияющие на производство этой культуры, а также те, которые становятся угрозами.

Ежегодно в посевах пшеницы регистрируется мучнистая роса. Наибольшая интенсивность развития болезни наблюдалась в 2017, 2019 и 2020 годах. Первые симптомы болезни отмечаются уже в фазу кущения, пик развития приходится на фазу колошения (табл. 2)

Таблица 2. Интенсивность развития мучнистой росы в фазу колошения, балл (2017–2021 гг.)
Table 2. Intensity of powdery mildew development in the head growth period, points (2017–2021)

№ п/п	Сорт	min	max	Me*	Год максимального поражения	Степень устойчивости/восприимчивости
1	Ситара	0	1	0	2020	Устойчивый (R)
2	Баракат	1	1	1	–	
3	Балкыш	1	3	3	2020	
4	100 лет ТАССР	1	4	2	2020	
5	Хазинэ	3	4	3	2020	
6	Надира	3	5	4	2017	Умеренно-устойчивый (MR)
7	Чистопольская	3	4	4	2017, 2018, 2020	
8	Буляк	3	5	4	2019	
9	Экада 265	3	8	5	2020	Умеренно-восприимчивый (MS)
10	Йолдыз, st	5	8	6	2017	
11	Экада 282	4	8	7	2019, 2020	Восприимчивый (S)
12	Казахстанская раннеспелая (вк)	4	9	8	2017	Восприимчивый (S)

* Me – медиана; (вк) – восприимчивый контроль.

По значению медианы (усредненные данные) сорта Ситара, Баракат, Балкыш, 100 лет

ТАССР, Хазинэ относятся к устойчивым, у сортов Ситара и Баракат отмечались лишь еди-

ничные локальные поражения только на самых нижних листьях. Восприимчивым к местной популяции мучнистой росы является сорт Экада 282, причем в 2019 и 2020 гг. у данного сорта отмечалось значительное поражение нижних и средних листьев, в верхней трети растения умеренная инфекция.

Вторыми по частоте возникновения на посевах пшеницы болезнями в наших условиях являются стеблевая и бурая листовая ржавчины.

За последние пять лет сильное развитие стеблевой ржавчины отмечалось в 2019 и 2020 годах. Симптомы болезни обнаруживаются поздно, в начале фазы налива зерна, массовое развитие отмечается в фазу молочной спелости. Симптомы бурой листовой ржавчины появляются раньше, чем стеблевой, в фазу колошения. Сильное развитие бурой листовой ржавчины отмечалось в 2017–2019 гг., испытание в эти годы позволило дифференцировать сорта по устойчивости (табл. 3).

Таблица 3. Реакция сортов яровой мягкой пшеницы на местную популяцию видов ржавчины *Puccinia graminis* и *tritricina*
Table 3. Response of the spring bread wheat varieties to local populations of rust species *Puccinia graminis* and *tritricina*

№ п/п	Сорт	<i>Puccinia graminis</i> , %		<i>Puccinia tritricina</i> , тип иммунитета/%		
		2019 г.	2020 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	Буляк	10	5	2/3	;/0	;/0
2	Балкыш	0	5	2/30	2/2	2/3
3	Ситара	40	70	2/70	2/20	3/70
4	Хазинэ	0	5	0	0	0
5	Баракат	20	25	3/30	2/3	0
6	Надира	30	30	2/40	3/50	3/50
7	Чистопольская	0	2	2/10	2/20	0
8	100 лет ТАССР	0	0	0	2/2	0
9	Экада 265	3	0	0	0	0
10	Экада 282	2	5	2/10	0	0
11	Йолдыз, st	30	30	2/15	;/0	2/3
12	Хаят (вк)	30	65	3/30	3/50	3/60

Высокоустойчивыми к местной популяции стеблевой ржавчины являются сорта Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 265, Экада 282. При этом полевая устойчивость сортов Хазинэ и Экада 265 связана, вероятно, с «уходом от болезни», так как данным сортам свойственно быстрое усыхание вегетативной массы в процессе налива зерна. Сорта Ситара, Баракат, Надира и стандарт Йолдыз восприимчивы к стеблевой ржавчине.

Высокую полевую устойчивость к бурой ржавчине имеют сорта Буляк, Балкыш, Баракат, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 282, Йолдыз. Симптомы болезни у сортов Хазинэ и Экада 265 не отмечались. Высокий уровень поражения отмечался только у сортов Ситара и Надира.

На основе анализа родословных сорта Буляк, Балкыш, Чистопольская, 100 лет ТАССР, Экада 282 могут нести ген устойчивости Lr26, но на основании наблюдения за тестерной линией RL6078 (Thatcher-Lr26) сам ген Lr26 неэффективен в наших условиях, т.е. защита обеспечивается либо другим геном, либо эффектом совместного действия двух генов, один из которых Lr26. Устойчивость сорта Хазинэ, вероятно, обеспечивает эффективный ген Lr19, на его наличие косвенно указывает повышенное содержание каротиноидов в зерне.

Молекулярно-генетическая оценка устойчивых сортов яровой мягкой пшеницы на предмет идентификации эффективных Sr-генов показала, что их устойчивость, по-видимому, регулируется геном Sr31 (табл. 4).

Таблица 4. Молекулярно-генетическая оценка сортов яровой пшеницы по генам устойчивости к стеблевой ржавчине
Table 4. Molecular genetic estimation of the spring wheat varieties according to stem rust resistance genes

№ п/п	Сорт	Sr31	Sr28	Sr57	Sr2	Sr26	Sr32	Sr36	Sr38
1	Чистопольская	+	+	+	—	—	—	—	—
2	Балкыш	+	—	—	—	—	—	—	—
3	100 лет ТАССР	+	+	—	—	—	—	—	—
5	Экада 282	+	—	+	—	—	—	—	—

* + наличие гена; — отсутствие гена.

Гены Sr2, Sr26, Sr32, Sr36, Sr38 в устойчивых сортах обнаружены не были. Однородность

генетики устойчивости к стеблевой ржавчине новых сортов создает проблемы при воз-

никновении более агрессивных рас *P. graminis* в будущем.

Маркер Scm9 на ген Sr31 идентифицирует ржаную транслокацию 1RS.1BL, несущую кроме данного гена и ген Lr26, что еще раз подтверждает наличие его в сортах Чистопольская, Балкыш, 100 лет ТАССР, Экада 282.

Болезнь пшеницы темно-бурая листовая пятнистость не характерна для нашей зоны, но в отдельные годы возможно ее сильное развитие, что отмечалось в 2017 году. Все сорта были восприимчивы к данному заболеванию в условиях 2017 года. Максимальное поражение отмечалось у сорта Баракат – 70%. Умеренное развитие болезни отмечалось в 2019 г., у сорта Баракат также отмечалось максимальное развитие болезни – 15%, симптомов болезни на флаговом листе не наблюдалось у сортов Буляк, Ситара, Балкыш и Надира.

Твердая головня пшеницы приводит к существенному снижению урожайности и порче товарного качества зерна. В настоящее время не имеет широкого распространения в производственных посевах, но может быстро прогрессировать в хозяйствах, не использующих химические протравители семян. Благоприятный инфекционный фон для изучения степени поражения твердой головней в полевых условиях во многом зависит от благоприятных температур для прорастания спор. Такие условия наблюдались в 2017, 2018 и 2020 годах. На инфекционном фоне, при искусственной инокуляции семян спорами твер-

дой головни слабовосприимчивыми были сорта Ситара, 100 лет ТАССР – степень поражения 5% и Хазинэ – 11%, средневосприимчивыми Надира и Балкыш – степень поражения 23 и 24% соответственно, а также Баракат и Чистопольская – 30%. Сильновосприимчивы к твердой головне сорта Буляк и Йолдыз – степень поражения 52 и 53% соответственно. Сорта Экада 282 и Экада 265 не испытывали во все годы, но их реакция на *T. caries* и *T. levis* схожа с сортом Чистопольская.

Выводы. Устойчивым к мучнистой росе является большинство сортов, умеренно-восприимчивым – сорт Экада 265, восприимчивым – Экада 282. Устойчивыми на естественном инфекционном фоне к специализированным видам ржавчинных грибов также является большинство сортов, восприимчивы к местной популяции стеблевой ржавчины сорта Ситара, Баракат и Надира, к бурой листовой ржавчине – сорта Ситара и Надира. Устойчивость к стеблевой ржавчине сортов Чистопольская, Балкыш, 100 лет ТАССР и Экада 282, по-видимому, обусловлена геном Sr31. Все сорта восприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости, менее остальных поражаются сорта Буляк, Ситара, Балкыш и Надира. Минимальная степень поражения твердой головней отмечена у сортов Ситара и 100 лет ТАССР. Комплексную устойчивость к изученным болезням имеют сорта 100 лет ТАССР, Балкыш, Хазинэ, Чистопольская, Буляк.

Статья подготовлена в рамках государственного задания FMEG-2022-0006.

Библиографические ссылки

1. Агапкин А. М., Махотина И. А. К вопросу о состоянии российского зернового рынка // Международная торговля и торговая политика. 2021. Т. 7. № 3(27). С. 133–148. <http://dx.doi.org/10.21686/2410-7395-2021-3-133-148>.
2. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Хусаинова И. И., Тазутдинова М. Р. Сорт в системе защиты яровой пшеницы от листостебельных болезней // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 3(54). С. 10–14. https://doi.org/10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554.
3. Василова Н. З., Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Зайцева Т. В., Багавиева Э. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Насихова Г. Р. Восприимчивость яровой мягкой пшеницы к татарстанской популяции твердой головни // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 8–11.
4. Лебедев В. Б., Юсупов Д. А., Михайлин Н. В., Кудимова Л. М., Назарова Л. Н., Минаева Е. М. Мониторинг грибных болезней пшеницы и их вредоносность в условиях Поволжья // Защита и карантин растений. 2009. № 12. С. 35–37.
5. Lagudah E. S., McFadden H., Singh R. P., Huerta-Espino J., Bariana H. S., Spielmeier W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 114. P. 21–30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.
6. Mago R., Bariana H. S., Dundas E. I., Spielmeier W., Lawrence G. J., Pryor A. J., Ellis J. G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111, № 3. P. 496–504. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2039-z>.
7. Mago R., Brown-Guedira G., Dreisigacker S., Breen J., Jin Y., Singh R., Appels R., Lagudah E. S., Ellis J., Spielmeier W. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene Sr2 in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. P. 735–744. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1482-7>.
8. Mago R., Verlin D., Zhang P., Bansal U., Bariana H., Jin Y., Ellis J., Hoxha S., Dundas I. Development of wheat – *Aegilops speltoides* recombinants and simple PCR-based markers for Sr32 and a new stem rust resistance gene on the 2S#1 chromosome // Theoretical and Applied Genetics. 2013. Vol. 126. P. 2943–2955. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2184-8>.
9. McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. East Melbourne, Australia: CSIRO. 1995. 208 p.
10. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Res.* 1980. P. 4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
11. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.

12. Rouse M.N., Nava I.C., Chao S., Anderson J.A., Jin Y. Identification of markers linked to the race Ug99 effective stem rust resistance gene Sr28 in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2012. Vol. 125, № 5. P. 877–885. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1879-6>.

13. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. № 59. P. 377–380.

14. Tsilo T.J., Anderson J.A., Jin Y. Diagnostic microsatellite markers for detection of stem rust resistance gene Sr36 in diverse genetic backgrounds of wheat // Crop Science. 2008. Vol. 48, № 1. P. 253–261. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0204>.

15. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R.N., Rudd J.C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat – rye translocations in wheat background // Plant Breeding. 2007. Vol. 126. Iss. 5. P. 482–486. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01331.x>.

References

1. Agapkin A.M., Makhotina I.A. K voprosu o sostoyanii rossiiskogo zernovogo rynka [To the question of the state of the Russian grain market] // Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika. 2021. T.7, № 3(27). S. 133–148. <http://dx.doi.org/10.21686/2410-7395-2021-3-133-148>.

2. Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N.Z., Khusainova I.I., Tazutdinova M.R. Sort v sisteme zashchity yarovoi pshenitsy ot listostebel'nykh boleznei [A variety in the system of protection of spring wheat from leaf diseases] // Vestnik Kazanskogo GAU. 2019. № 3(54). S. 10–14. https://doi.org/10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554.

3. Vasilova N.Z., Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Zaitseva T.V., Bagavieva E.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Nasikhova G.R. Vospriimchivost' yarovoi myagkoi pshenitsy k tatarstanskoi populyatsii tverdoi golovni [Susceptibility of spring bread wheat to the Tatarstan population of kernel smut] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 5(53). S. 8–11.

4. Lebedev V.B., Yusupov D.A., Mikhailin N.V., Kudimova L.M., Nazarova L.N., Minaeva E.M. Monitoring gribnykh boleznei pshenitsy i ikh vredonosnost' v usloviyakh Povolzh'ya [Monitoring of fungal wheat diseases and their harmfulness in the Volga region] // Zashchita i karantin rastenii. 2009. № 12. S. 35–37.

5. Lagudah E.S., McFadden H., Singh R.P., Huerta-Espino J., Bariana H.S., Spielmeyer W. Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2006. Vol. 114. P. 21–30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.

6. Mago R., Bariana H.S., Dundas E.I., Spielmeyer W., Lawrence G.J., Pryor A.J., Ellis J.G. Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm // Theoretical and Applied Genetics. 2005. Vol. 111, № 3. P. 496–504. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2039-z>.

7. Mago R., Brown-Guedira G., Dreisigacker S., Breen J., Jin Y., Singh R., Appels R., Lagudah E.S., Ellis J., Spielmeyer W. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene Sr2 in wheat // Theoretical and Applied Genetics. 2011. Vol. 122. P. 735–744. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1482-7>.

8. Mago R., Verlin D., Zhang P., Bansal U., Bariana H., Jin Y., Ellis J., Hoxha S., Dundas I. Development of wheat – Aegilops speltoides recombinants and simple PCR-based markers for Sr32 and a new stem rust resistance gene on the 2S#1 chromosome // Theoretical and Applied Genetics. 2013. Vol. 126. P. 2943–2955. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2184-8>.

9. McIntosh R.A., Wellings C.R., Park R.F. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. East Melbourne, Australia: CSIRO. 1995. 208 p.

10. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Nucleic Acids Res. 1980. P.4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.

11. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>.

12. Rouse M.N., Nava I.C., Chao S., Anderson J.A., Jin Y. Identification of markers linked to the race Ug99 effective stem rust resistance gene Sr28 in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Theoretical and Applied Genetics. 2012. Vol. 125, № 5. P. 877–885. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1879-6>.

13. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. № 59. P. 377–380.

14. Tsilo T.J., Anderson J.A., Jin Y. Diagnostic microsatellite markers for detection of stem rust resistance gene Sr36 in diverse genetic backgrounds of wheat // Crop Science. 2008. Vol. 48, № 1. P. 253–261. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0204>.

15. Weng Y., Azhaguvel P., Devkota R.N., Rudd J.C. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat – rye translocations in wheat background // Plant Breeding. 2007. Vol. 126. Iss. 5. P.482–486. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01331.x>.

Поступила: 28.12.21; доработана после рецензирования: 01.02.22; принята к публикации: 13.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф. – сбор и анализ данных, их интерпретация, подготовка рукописи; Василова Н.З. – руководство селекционными исследованиями; Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных; Баранова О.А. – молекулярно-генетическая оценка сортов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЕАКЦИЯ РОСТОВСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКИ НА ВЫСЕВАЕМЫЕ СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ ИНСЕКТИЦИДЫ

А. В. Капусткина¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной энтомологии, aleksandrakapustkina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8943-6841;

В. А. Хилевский^{2,3}, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий филиалом, руководитель представительства, 89281485089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2834-3465

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), 196608, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, 3;

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, филиал Ростовская научно-исследовательская лаборатория, 347628, Ростовская область, поселок Гигант, ул. Учебная, 3;

³ООО «Инновационный центр защиты растений», Ростовское представительство ООО «ИЦЗР», 347628, Ростовская обл., поселок Гигант, ул. Социалистическая, 39

Озимая пшеница занимает основную долю в структуре сельскохозяйственных угодий Ростовской области. Основным фактором ухудшения производства качественного зерна в данной области считается клоп вредная черепашка. Применяемые при возделывании пшеницы агротехнические мероприятия и средства защиты растений оказывают существенное влияние на формирование, развитие и структуру популяции вредителя. Цель исследований заключалась в определении влияния высеваемых сортов озимой пшеницы на численность и фенотипическую структуру ростовской популяции клопа вредная черепашка в условиях применения или отсутствия химических обработок. В соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве» и методами фенотипики проведен анализ, учеты численности и изучение фенотипической структуры популяции клопов. Установлено, что колебания численности и изменение внутривидовой структуры популяции вредной черепашки зависят от сортовых особенностей посеянной пшеницы. Наиболее значительные изменения в популяции вредителя наблюдались на необработанных посевах сорта Юка. Выявлено, что применение инсектицидов разных химических классов снижает численность личинок клопов от 3 до 0 экз./м², но при этом отмечается трансформация фенотипа популяции вредителя, заключающаяся в возрастании в структуре доли первого морфотипа на 13,5–23,5% и уменьшении второго морфотипа на 10,4–36,3%. Наибольшая фенотипическая модификация популяции клопов наблюдалась на посевах пшеницы, обработанных инсектицидом Би-58 Новый, КЭ (400 г/л), что свидетельствует о необходимости ограничения его применения или использования в баковых смесях.

Ключевые слова: клоп вредная черепашка, численность, сорт, пшеница, инсектициды, фенотипическая структура популяции.

Для цитирования: Капусткина А. В., Хилевский В. А. Реакция ростовской популяции вредной черепашки на высеваемые сорта озимой пшеницы и применяемые инсектициды // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 95–101. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-95-101.



THE EFFECT OF THE ROSTOV CORN BUG POPULATION ON THE SOWN WINTER WHEAT VARIETIES AND THE USED INSECTICIDES

A. V. Kapustkina¹, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for agricultural entomology, aleksandrakapustkina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8943-6841;

V. A. Khilevsky^{2,3}, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, head of the branch, head of representative office, 89281485089@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2834-3465.

¹All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), 196608, St. Petersburg, Pushkin, Podbelsky Av., 3;

²All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), the branch 'Rostov Research Laboratory', 347628, Rostov Region, v. of Gigant, Uchebnaya Str., 3;

³Innovative Center for Plant Protection, Rostov representative office of the LLC "ICPP", 347628, Rostov Region, v. of Gigant, Sotsialisticheskaya Str., 39

Winter wheat occupies the main share in the structure of agricultural land in the Rostov region. The main factor in the deterioration of high-quality grain production in this area is the corn bug. Agrotechnical measures and plant protection products used in wheat cultivation have a significant impact on the formation, development and structure of the pest population. The purpose of the current study was to determine the effect of the sown winter wheat varieties on the number and phenotypic structure of the Rostov corn bug population under the use or absence of chemical treatments. In accordance with the "Methodical recommendations on the registration tests of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture" and phenogenetics methods, there have been conducted the analysis and registration of the corn bug number and the study of its phenotypic structure. There has been established that fluctuations in the number and changes in the intraspecific structure of the corn bug population depended on the varietal characteristics of the sown wheat. The most significant changes in the pest population were established on

untreated sowings of the variety 'Yuka'. There has been found out that the use of insecticides of different chemical classes reduces the number of bug larvae from 3 to 0 pcs./m², but at the same time, there is a transformation of the phenotype of the pest population, when the share of morphotype 1 in the structure increases on 13.5–23.5% and the share of morphotype 2 decreases on 10.4–36.3%. The greatest phenotypic modification of the corn bug population was registered on wheat sowings treated with insecticide Bi-58 New, EC (400 g/l), which indicates the need to limit its use or use in tank mixtures.

Keywords: corn bug, number, variety, wheat, insecticides, phenotypic structure of the population.

Введение. Озимая пшеница занимает основную долю в структуре сельскохозяйственных угодий Ростовской области. Несмотря на ежегодный рост посевных площадей под пшеницей и получаемых урожаев, из-за прогрессирующего ухудшения фитосанитарной обстановки полей в области отмечается снижение качества зерна (Хилевский и др., 2017; Маркарова, 2019). Одним из ключевых факторов ухудшения производства качественного урожая зерна считается клоп вредная черепашка. Повреждения клопов приводят к существенным биохимическим изменениям в зерне и ухудшению всех его качеств. При отсутствии скоординированной защиты посевов пшеницы от данного вредителя полученный урожай зерна становится непригодным для его использования в продовольственных, посевных и фуражных целях (Вилкова и др., 2018; Davari and Parker 2018; Rapaport et al., 2019). К сожалению, влияние клопов на будущий урожай зерна нередко в хозяйствах недооценивается, и защита посевов пшеницы от них часто отодвигается на второй план, в результате этого создаются благоприятные условия для их развития, роста вреда и расширения ареала.

На территории Ростовской области численность клопа вредная черепашка ежегодно достигает и превышает ЭПВ. Ранее было установлено, что в годы с избыточным увлажнением численность личинок клопов на посевах пшеницы составляет 6,8–22,2 экз./м², в годы со слабо засушливым климатом – 11–15,3 экз./м², в годы с нормальным увлажнением численность личинок не превышает 8 экз./м² (Капусткина и Хилевский, 2020). Это свидетельствует о том, что помимо метеорологических факторов, на популяцию вредителя влияет комплекс других экологических факторов (биотических, абиотических и антропогенных). В особенности на численность клопов существенное воздействие оказывают антропогенные факторы (изменение технологии возделывания, широко-масштабное применение химических средств защиты и т.д.).

В значительной степени на формирование и развитие популяции вредной черепашки влияют сортовые особенности зерновых культур, выступающие в роли средообразующего фактора. Современные сорта пшеницы, отличающиеся высокой устойчивостью к основным лимитирующим продуктивным экологическим факторам и повышенной урожайностью, могут не обладать необходимой иммунологической реакцией на повреждения вредителя стратегии (Капусткина, 2018 а). Такие сорта могут оказывать сильное влияние на популяцию

насекомых-вредителей, в частности усиливать в них процессы адаптивного фенотипического полиморфизма и изменять их пищеварительную стратегию (Капусткина, 2018 b; Воробьева и Аргер, 2019).

Другим фактором, влияющим на численность вредной черепашки и ускоряющим адаптивную изменчивость в ее популяциях, являются используемые на посевах инсектициды. Это обусловлено тем, что производители, стремящиеся получить высококачественное зерно пшеницы, применяют инсектициды не только в годы подъема численности вредителя, но и в годы его депрессии. При этом часто сверх регламентированных обработок посевов проводят еще одну-две дополнительные. Такое бессистемное применение химических средств защиты приводит к селективному отбору устойчивых к ним особей в популяциях клопов, что вызывает снижение эффективности инсектицидов, увеличение экономических затрат и вредоносности. В некоторых районах Ростовской области отмечено формирование резистентных популяции вредной черепашки на фоне применения препаратов из группы пиретроидов и фосфорорганических соединений.

Интенсивность микроэволюционных преобразований, направленных на формирование резистентности, отражает динамика фенотипических изменений структуры популяции вредной черепашки. Известно, что инсектицидный пресс приводит к сокращению частоты встречаемости некоторых морфотипов и росту адаптивных вариаций. Ранее на фоне частого применения препарата Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) в ставропольской и краснодарской популяциях клопов отмечалось увеличение частоты встречаемости морфотипов, отвечающих за формирование устойчивости к нему.

Исходя из вышесказанного, обоснованный выбор сортов пшеницы, своевременная сортосмена, регламентированное применение средств защиты растений и мониторинг фенотипической структуры популяции позволят не только снизить потери от вредной черепашки и оценить формирование резистентности к применяемым препаратам, но и существенно стабилизировать фитосанитарную обстановку.

Цель исследований состояла в определении влияния высеваемых сортов озимой пшеницы на численность и фенотипическую структуру ростовской популяции клопа вредная черепашка в условиях применения или отсутствия химических обработок.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на 6 сортах ози-

мой пшеницы (Гром, Юка, Станичная, Иришка, Васса и Зерноградка 9). Полевые опыты с 2013 по 2021 год проводили на территории ООО «Успех Агро» (Сальский район, Ростовская область).

Агрометеорологические условия в Ростовской области за годы исследований отличались от среднесноголетних показателей, но в целом были благоприятны для развития вредной черепашки. Так, 2013 и 2020 гг. характеризовались нормальным увлажнением посевов (ГТК = 1,4), 2014–2017 гг., 2019 и 2021 гг. – избыточным увлажнением (ГТК = 1,7–3,8), 2018 г. был слабо засушливым (ГТК = 1,3).

Средняя температура воздуха в период миграции клопов превышала среднесноголетнюю на 0,1–3,7 °C, относительная влажность воздуха составляла 57–66%, в результате чего массовый перелет в области происходил во II–III декадах апреля. Исключением стали погодные условия апреля в 2020 и 2021 гг., когда средняя температура воздуха была ниже среднесноголетних показателей на 1–4 °C, что привело к задержке миграции вредителя с мест зимовки.

Массовая яйцекладка в основном наблюдалась во II–III декадах мая. При благоприятно теплой и умеренно влажной погоде происходило быстрое развитие яиц и дружное отрождение личинок. При влажной погоде в мае 2015–2016 гг. и 2019–2021 гг. (относительная влажность воздуха превышала среднесноголетние показатели на 5–14%) наблюдалось задержка развития яиц, а обильные осадки (16,3–36,3 мм) приводили к смыву их с растений и гибели. В этот период средняя температура воздуха составила 15,7–22,4 °C. Наиболее благоприятная температура воздуха в мае отмечалась в 2013–2014 гг. и 2018 году.

Метеорологические условия в период развития личинок и имаго нового поколения в целом были благоприятными. Средняя температура воздуха в июне–августе за период исследований колебалась от 16,8 до 30 °C, относительная влажность воздуха – 44–60%.

Для учета численности и фенотипической структуры популяции вредной черепашки закладывались мелкоделяночные опыты (площадь одной делянки равна 50 м²) в 4-кратной повторности. Расположение делянок рандомизированно. В период вегетации пшеницы на некоторых посевах проводили однократную обработку инсектицидами: Молния, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрин), Фастак, КЭ (100 г/л альфа-циперметрин) и Би-58 Новый, КЭ (400 г/л диметоат). Учеты численности вредителя и оценка эффективности инсектицидов осуществляли в соответствии с «Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве» (2009).

Материалом для изучения фенотипического облика ростовской популяции вредителя служили 3039 клопов нового поколения. Среди них 1660 экземпляров было собрано с посевов

пшеницы, на которых не проводились химические обработки против клопов, и 1379 особей – с полей пшеницы, на которых была проведена обработка инсектицидами. Исследуемые выборки вредителя дифференцировали по частоте встречаемости в них четырех морфотипов, четко различающихся между собой: 1 – серо-коричневая окраска дорсальной стороны тела и контрастный рисунок на щитке; 2 – дорсальная окраска тела светло-желтая, щиток с мало контрастным рисунком; 3 – окрас темно-серо-коричневый, рисунок на щитке отсутствует; 4 – окрас светло-серо-желтый, щиток без рисунка (Павлюшин и др., 2015). Для сравнения фенообликов популяции вредной черепашки с разных посевов пшеницы применяли показатель фенетического сходства (r), предложенный Л.А. Животовским, достоверность которого оценивали по критерию идентичности (I).

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования установили, что посевы анализируемых сортов пшеницы характеризовались различной заселенностью перезимовавшей вредной черепашки. Средняя численность перезимовавшего имаго на посевах пшеницы за период исследований не превышала ЭПВ (2 экз./м²) (рис. 1). Исключением стали посевы сорта Юка и Зерноградка 9. При этом исследуемые сорта характеризовались разными колебаниями численности вредителя по годам. На посевах сортов Гром, Васса и Станичная численность перезимовавших клопов за период исследований была не очень высокой и составляла 1–3 экз./м². У сорта Иришка заселение вредной черепашкой в весенний период выше ЭПВ отмечалось только в 2013, 2014 и 2016 гг. и составляло 3–5 экз./м². Наибольшая плотность перезимовавших клопов отмечалась на посевах сортов Юка и Зерноградка 9, где численность имаго в некоторые годы достигала 5–6 экз./м².

Численность личинок вредителя на необработанных посевах озимой пшеницы в среднем составляла 4,7–8,0 экз./м², что в целом не превышает ЭПВ (5–10 лич./м²) (рис. 1). Наименьшая численность личинок за годы исследований фиксировалась на посевах сортов Васса и Иришка (2–9 экз./м²). На посевах остальных сортов в некоторые годы отмечалась плотность личинок вредителя выше ЭПВ. Так, на посевах сорта Гром численность личинок в 2019 и 2020 гг. составляла 11–13 экз./м². Высокая плотность личинок на посевах сорта Станичная отмечалась в 2018 г. (12 экз./м²), на посевах сорта Зерноградка 9 в 2013 г. (11 экз./м²), у сорта Юка в 2018 г. (16 экз./м²) и 2020 г. (11 экз./м²).

Средняя численность имаго нового поколения на посевах разных сортов варьировала от 2,8 до 4,8 экз./м². Наибольшая плотность молодых клопов наблюдалась на посевах сортов Зерноградка 9, Иришка и Юка (2–8 экз./м²). Наименьшая численность имаго нового поколения отмечалась на посевах сорта Гром (2–4 экз./м²).

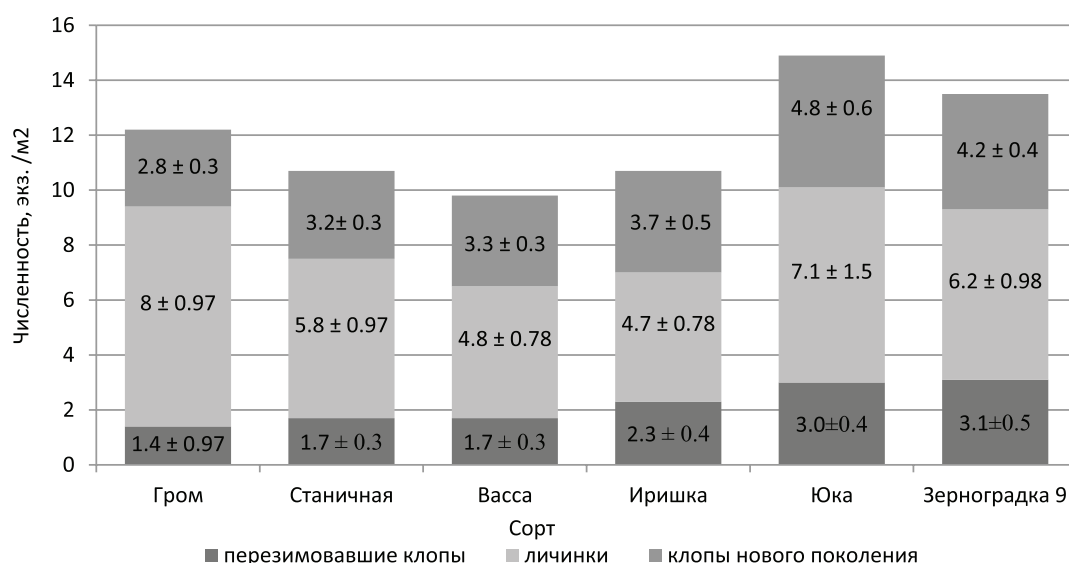


Рис. 1. Средняя численность клопа вредной черепашки на посевах разных сортов пшеницы в условиях Ростовской области (Сальский район, 2013–2021 гг.)

Fig. 1. The average number of corn bug on the sowings of different wheat varieties in the Rostov region (the Salsky district, 2013–2021)

Применение на посевах озимой пшеницы инсектицида Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) приводило к снижению численности личинок до 1–2 экз./м². Наибольшую биологическую эффективность препарат проявил на посевах сортов пшеницы Станичная и Юка (91%). На остальных посевах биологическая эффективность не превышала 85–87,5%.

На фоне обработки посевов озимой пшеницы пиретроидами Фастак, КЭ (100 г/л) и Молния, КЭ (50 г/л) также отмечалось существенное снижение численности личинок черепашки (0–3 экз./м²), при этом биологическая эффективность препаратов оставалась на уровне 90–92% и 82–84% соответственно. Различий в биологической эффективности препаратов на основе пиретроидов на разных сортах озимой пшеницы не отмечалось.

За исследуемый период поврежденность зерна озимой пшеницы вредной черепашкой в Ростовской области в среднем составляла $9,8\% \pm 1,3$ – $29,2\% \pm 2,8$. Среди исследуемых сортов пшеницы в наименьшей степени повреждался сорт Иришка, в наибольшей – сорт Юка (Капусткина и др., 2021).

Ранее с помощью проведенных исследований установили, что для ростовской популяции клопов-черепашек характерно доминирование в структуре второго морфотипа (от 42,8 до 52,5%), на долю первого морфотипа приходится 33,4–37,1%, на 3-й морфотип – 5–19,4%, на 4-й – 2,8–15,3%. И отклонение параметров фенотипической структуры популяции клопов в какую-либо сторону от типичных показателей встречаемости четырех морфотипов (в особенности 1-го и 2-го) может говорить о стрессовых условиях обитания вида (Капусткина, 2018 б).

Сравнительный анализ выборок клопов нового поколения из Ростовской области показал, что фенотипическая структура их попу-

ляции существенно изменялась в зависимости от сорта пшеницы. Выявленные модификации во внутривидовой структуре популяции вредителя проявлялись не только на необработанных посевах, но и в условиях применения в период вегетации инсектицидов. Так, на необработанных посевах пшеницы в структуре популяции вредной черепашки на долю второго морфотипа приходилось 48,4–65,6%, на долю первого – 19,2–33,7%. Частота встречаемости в данных выборках имаго, принадлежащих к 3 и 4 морфотипу, достигает 6,1–7,4% и 9,1–16,8% соответственно. При сравнении выборок вредной черепашки с посевов пшеницы сортов Гром и Зерноградка 9 были установлены достоверные различия между ними: $r = 0,948$, $l = 49,5 \geq \chi^2 = 16,9$. Наиболее близкими по фенотипической структуре популяции оказались выборки клопов, собранных с посевов сорта Гром и Юка ($r = 0,984$; $l = 8,9$).

Полученные данные наглядно показывают, что морфофизиологические и иммунохимические особенности сортов пшеницы являются основными причинами фенотипической изменчивости структуры популяции вредителя. Среди исследуемых сортов пшеницы наибольшее влияние на фенооблик ростовской популяции вредной черепашки оказали сорта Юка и Гром. В структуре популяции клопов, собранных с посевов названных сортов, доля первого морфотипа снижалась до 19,2–22,5%, а на долю второго морфотипа приходилось 54,6–65,6%. При этом доля минорных групп морфотипов (3 и 4) соответствовала средним параметрами популяции и составляла 6,1–16,8%. Установленные различия статистически значимы ($r = 0,89$ – $0,937$; $l = 28,6$ – $38,2$).

Применение на посевах озимой пшеницы инсектицида Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) приводило к существенным изменениям в соотноше-

нии частоты встречаемости доминантных морфотипов в ростовских популяциях вредной черепашки (рис. 2). Так, на фоне обработки посевов разных сортов пшеницы данным инсектицидом наблюдалось существенное снижение доли второго морфотипа на 18,5–36,3%, а также возрастание первого морфотипа на 14,5–20,7% и минорных групп на 1,1–11,8% по сравнению с выборками вредителя с необработанных посевов. Установленные отличия в фенообликах популяции вредной черепашки на фоне применения инсектицидов при сравнении с популяциями с необработанных посевов статистически значимы ($r = 0,777\text{--}0,923$, $I = 66,8\text{--}86,5 \geq \chi^2 = 16,9$).

В целом между выборками клопов, собранных с разных сортов пшеницы, на фоне обработки посевов Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) по соотношению встречаемости в структуре популяции четырех морфотипов отмеча-

ются достоверные различия: $r = 0,898\text{--}0,978$, $I = 21,6\text{--}81,8$.

Применение в период вегетации озимой пшеницы синтетических пиретроидов приводило к увеличению в фенотипической структуре популяции вредителя доли первого морфотипа и снижению второго морфотипа. Например, на фоне применения препарата Фастак, КЭ (100 г/л) в норме применения 0,15 л/га в фенооблике популяции клопов с посевов сорта Юка наблюдалось снижение доли 2-го морфотипа до 44,2%, 4-го – до 3,7%, а на долю первого морфотипа приходилось 46% по сравнению с популяцией с необработанных посевов. Похожее изменение наблюдалось и в структуре популяции клопов, развивавшихся на посевах сорта Гром: доля особей первого морфотипа в выборке увеличилась на 23,2%, количество особей второго морфотипа снижалось на 14,4% и минорных групп – на 2,0–6,7% (рис. 2).

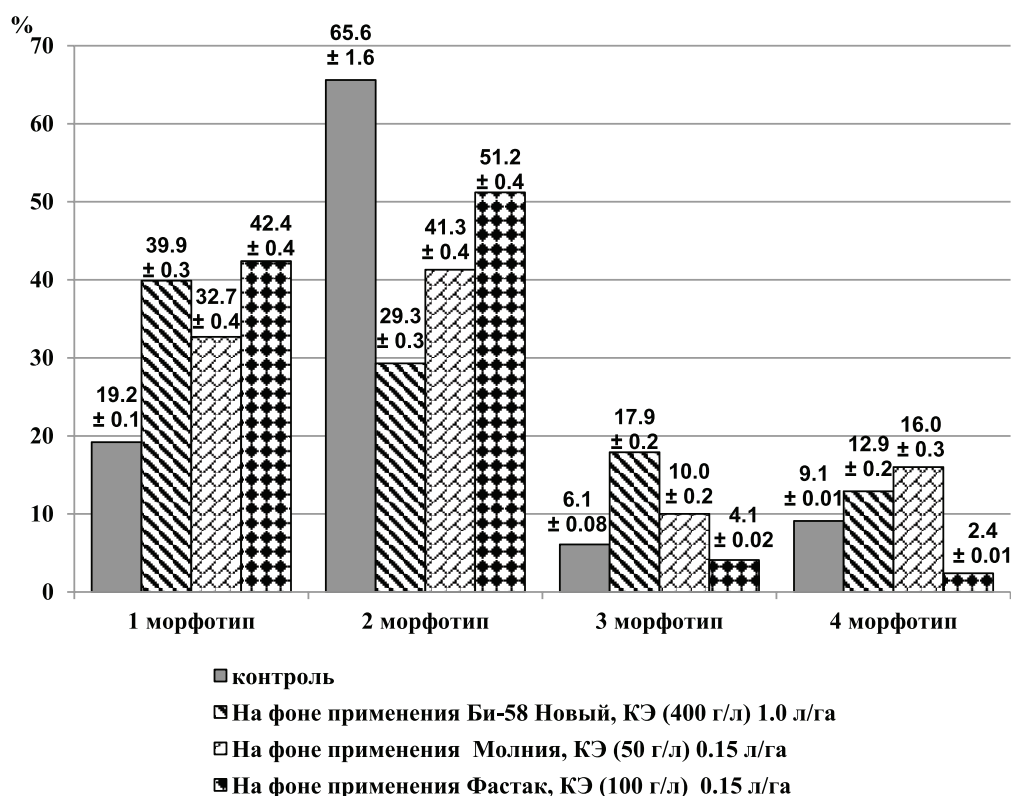


Рис. 2. Особенности изменения фенотипической структуры популяции вредной черепашки в условиях применения на посевах пшеницы инсектицидов на примере сорта Гром (2013–2021 гг.)
Fig. 2. The features of changes in the phenotypic structure of the corn bug population under insecticides' use on wheat sowings, on the example of the variety 'Grom' (2013–2021)

Фенотипическая структура популяции вредной черепашки, развивавшаяся на посевах пшеницы сортов Гром и Станичная, обработанных инсектицидом Молния, КЭ (50 г/л), характеризовалась повышенной частотой встречаемости имаго первого морфотипа (32,7–34,8%), 3-го (6, 9–10%) и 4-го морфотипа (10,8–16%). Частота встречаемости особей 2-го морфотипа составила 41,3–47,5%.

Выявленные различия между внутривидовыми структурами популяций клопов, собранных с необработанных посевов и обработанных пиретроидами, статистически значимы ($r = 0,895\text{--}0,914$, $I = 26,2\text{--}99,3 \geq \chi^2 = 16,9$).

Статистический анализ показал, что фенотипическая структура популяции вредной черепашки, собранной с посевов озимой пшеницы обработанных фосфорорганическим

препаратом и синтетическими пиретроидами, существенно отличается по частоте встречаемости морфотипов. Индекс их генетического сходства составляет 0,912–0,956 ($I = 33,4\text{--}72,5$). Выявленные различия в выборках клопов-черепашек, по-видимому, связаны с интенсивностью применения данных препаратов на посевах озимой пшеницы. Установлено, что применение препарата Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) на посевах озимой пшеницы вызывает более существенные изменения в структуре популяции вредной черепашки, чем применение инсектицидов группы пиретроидов.

Выводы. В результате многолетних наблюдений в условиях Ростовской области отмечены значительные изменения численности и фенотипической структуры популяции вредной черепашки в зависимости от сортовых особенностей высеванной пшеницы. Наибольшая численность и трансформация фенотипической структуры популяции клопов за период исследований наблюдалась на посевах сорта Юка. Показано, что сорт Гром оказывал благоприятное влияние на развитие личинок вредной че-

репашки, а также приводил к значительным изменениям структуры их популяции.

Применение на посевах озимой пшеницы химических препаратов позволило снизить численность личинок вредной черепашки до 0–3 лич./м², что свидетельствует об их хорошей биологической эффективности (82–92%). При этом отмечалось существенное изменение фенотипической структуры популяции клопов. В частности, отмечалось снижение на 10,4–36,3% доли имаго второго морфотипа и увеличение доли имаго первого морфотипа на 13,5–23,2%. Наряду с этим показано, что на фоне применения инсектицида Би-58 Новый, КЭ (400 г/л) происходили более значительные изменения фенотипической структуры популяции вредителя по сравнению с популяцией клопов, собранных с обработанных пиретроидами посевов пшеницы. Дальнейшее применение данного препарата может привести к негативной трансформации популяции вредной черепашки и формированию устойчивости к нему, поэтому необходимо ограничить его использование в защите озимой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Вилкова Н. А., Капусткина А. В., Конарев А. В., Фролов А. Н. Проблемы диагностики поврежденности зерна пшеницы хлебными клопами // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 3–8.
2. Воробьева М. М., Аргер К. В. Изучение фенотипического полиморфизма в популяциях имаго колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) Брестской и Гомельской областей Республики Беларусь // В сб. научных статей по мат. XIV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии». Гродно: ЮрСаПринт, 2019. С. 4–6.
3. Капусткина А. В. Дифференциация генотипов пшеницы по поврежденности зерна вредной черепашкой // В сб.: Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России. Мат. конференции. СПб.: Пушкин, 2018 а. С. 80–81.
4. Капусткина А. В. Фенотипический мониторинг внутривидовой структуры популяций клопов *Eurygaster* spp. в различных агробиоценозах // Вестник защиты растений. 2018 б. № 3 (97). С. 55–61. DOI: 10.31993/2308-6459-2018-3(97)-55-61.
5. Капусткина А. В., Хилевский В. А. Динамика численности и вредоносности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) в посевах зерновых культур степной зоны Предкавказья. // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99, № 1. С. 71–78. DOI: 10.31857/S0367144520010062.
6. Капусткина А. В., Хилевский В. А., Зацюрский А. С. Характеристика современных сортов озимой мягкой пшеницы по благоприятности развития клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.). База данных № 2021621838. 2021.
7. Маркарова Ж. Р. Вредитель клоп вредная черепашка на хлебных посевах и сорта, устойчивые к их повреждению // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 3. С. 124–127. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10632.
8. Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И., Капусткина А. В. Вредная черепашка и другие хлебные клопы. СПб., 2015. 280 с.
9. Хилевский В. А., Шорохов М. Н., Мартынушкин А. Н. Инсектициды для интегрированных систем защиты зерновых культур // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. 2017. № 52. С. 304–307.
10. Davari A., Parker B. L. A review of research on Sunn Pest [*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)] management published 2004–2016 // J. of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21. Is. 1. P. 352–360. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.01.016.
11. Rapaport A., Quinn E., Harush A., Kostyukovsky M., Bonfil D. J. 2019. Damage of Sunn pest *Eurygaster integriceps* Puton to wheat quality in Israel // JSM Plant Biology and Research. 2019. № 3. P. 3.

References

1. Vilkova N. A., Kapustkina A. V., Konarev A. V., Frolov A. N. Problemy diagnostiki povrezhdennosti zerna pshenitsy khlebnymi klopami [Problems of diagnosing wheat damage caused by capsid grain bug] // Zashchita i karantin rastenii. 2018. № 9. S. 3–8.
2. Vorob'eva M. M., Arger K. V. Izuchenie fenotipicheskogo polimorfizma v populyatsiyakh imago koloradskogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) Brestskoi i Gomel'skoi Oblasti Respubliki Belarus' [The study of phenotypic polymorphism in populations of adult Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in Brest and Gomel regions of the Republic of Belarus] // V sb. nauchnykh statei po mat. XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problemy ekologii». Grodno: YurSaPrint. 2019. S. 4–6.

3. Kapustkina A.V. Differentsiatsiya genotipov pshenitsy po povrezhdennosti zerna vrednoi cherepashkoi [Differentiation of wheat genotypes according to grain damage caused by a corn bug] // V sb.: Sovremennye tekhnologii i sredstva zashchity rastenii – platforma dlya innovatsionnogo osvoeniya v APK Rossii. Mat. konferentsii. SPb.; Pushkin, 2018 a. S. 80–81.
4. Kapustkina A.V. Fenotipicheskii monitoring vnutrividovoi struktury populyatsii klopov *Eurygaster* spp. v razlichnykh agrobiotsenozakh [Phenotypic monitoring of the intraspecific structure of populations of bugs *Eurygaster* spp. in various agrobiocenoses] // Vestnik zashchity rastenii. 2018. № 3 (97). S. 55–61. DOI: 10.31993/2308-6459-2018-3(97)-55-61.
5. Kapustkina A.V., Khilevskii V.A. Dinamika chislennosti i vredonosnosti vrednoi cherepashki *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) v posevakh zernovykh kul'tur stepnoi zony Predkavkaz'ya [Dynamics of a number and harmfulness of the corn bug *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) in grain crops of the steppe zone of Pre-Caucasus] // Entomologicheskoe obozrenie. 2020. Vol. 99, № 1. S. 71–78. DOI: 10.31857/S0367144520010062.
6. Kapustkina A.V., Khilevskii V.A., Zatsiorskii A.S. Kharakteristika sovremennykh sortov ozimoi myagkoi pshenitsy po blagopriyatnosti razvitiya klopa vrednaya cherepashka (*Eurygaster integriceps* Put.) [Characteristics of modern winter bread wheat varieties according to the favorable development of the corn bug (*Eurygaster integriceps* Put.)]. Baza dannykh № 2021621838. 2021.
7. Markarova Zh. R. Vreditel' klop-vrednaya cherepashka na khlebykh posevakh i sorta ustoichivye k ikh povrezhdeniyu [Corn bug on grain crops and the varieties resistant to damage caused by it] // Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. № 3. S. 124–127. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10632.
8. Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., Kapustkina A.V. Vrednaya cherepashka i drugie khlebynye klopov [Corn bug and capsid grain bugs]. SPb., 2015. 280 s.
9. Khilevskii V.A., Shorokhov M.N., Martynushkin A.N. Insektitsidy dlya integririrovannykh sistem zashchity zernovykh kul'tur [Insecticides for integrated crop protection systems] // Informatsionnyi byulleten' VPRS MOBB. 2017. № 52. S. 304–307.
10. Davari A., Parker B. L. A review of research on Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)) management published 2004–2016 // J. of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21. Is. 1. P. 352–360. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.01.016.
11. Rapaport A., Quinn E., Harush A., Kostyukovsky M., Bonfil D.J. 2019. Damage of Sunn pest *Eurygaster integriceps* Puton to wheat quality in Israel // JSM Plant Biology and Research. 2019. № 3. P. 3.

Поступила: 05.04.22; доработана после рецензирования: 26.05.22; принята к публикации: 31.05.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Капусткина А. В. – анализ фенотипической структуры выборок клопов вредной черепашки, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Хилевский В. А. – выполнение полевых опытов, учеты численности, сбор выборок имаго нового поколения, обработка полученных данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УСТОЙЧИВОСТЬ ОВСА ПОСЕВНОГО К ГОЛОВНЕВЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Н. П. Бехтольд, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, Telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;
Е. А. Орлова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда растений, orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X
СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН,
630501, НСО, г. Новосибирск, р.п. Краснообск, С-100, зд. 21, а/я 375

Вредоносными и распространенными в условиях лесостепи Приобья являются пыльная (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) и покрытая (*Ustilago kollerii* Wille) головни овса. Недобор зерна в отдельные годы может достигать 25%, а в годы эпифитотий – до 50%. Цель исследований заключалась в выявлении устойчивости сортов овса посевного к пыльной и покрытой головне в условиях лесостепи Приобья. Исследования выполнены на фитопатологическом участке лаборатории генофонда растений СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 годы. Объектами исследований служили российские сорта из мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова. Изучено 64 генотипа овса на устойчивость к местным популяциям пыльной и покрытой головни. Установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы в период третья декада мая – первая декада июня ($r = 0,76$ и $r = 0,73$). Не установлено существенной зависимости поражения растений от среднесуточной температуры воздуха ($r = 0,32$ и $r = 0,48$). Определена отрицательная зависимость ($r = -0,77$ и $r = -0,71$) между проявлением болезни и количеством осадков, выпавших в период посев – всходы. Установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям. По устойчивости к головневым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделились сорта овса посевного: Сибирский Геркулес, Факел, Рысак и Уралец. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию.

Ключевые слова: овес посевной, устойчивость, возбудитель, патоген, покрытая, пыльная головня.

Для цитирования: Бехтольд Н. П., Орлова Е. А. Устойчивость овса посевного к головневым болезням в условиях лесостепи Приобья // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 102–. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-102-101.



RESISTANCE OF OATS TO SMUT DISEASES IN THE FOREST-STEPPE OF THE PRE-OB REGION

N. P. Bekhtold, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for plant gene pool, Telichkinanina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7281-9280;
E. A. Orlova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant gene pool, orlova.lena10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5084-375X
SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS,
630501, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-100 Str., building 21/375

Loose smut (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) and covered smut (*Ustilago kollerii* Wille) are considered to be the most harmful and widespread in the forest-steppes of the Pre-Ob region. The poor grain yields in some years could reach up to 25%, and up to 50% in the years of epiphytoticities. The purpose of the current study was to identify the resistance of oat varieties to dusty and covered smut in the forest-steppes of the Pre-Ob region. The study was carried out at the phytopathological plot of the laboratory for plant gene pool of the SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS in 2018–2021. The objects of research were Russian varieties from the world collection of VIR named after V. I. Vavilov. There have been studied 64 oat genotypes for resistance to local populations of loose and covered smut. There has been established a significant correlation between plants' damage caused by loose and covered smut and soil temperature during the period 'third decade of May – the first decade of June' ($r = 0.76$ and $r = 0.73$). There was no significant correlation between plants' damage and the average daily air temperature ($r = 0.32$ and $r = 0.48$). There has been determined a negative relationship ($r = -0.77$ and $r = -0.71$) between the manifestation of the disease and the amount of precipitation during the period 'sowing-sprouts'. There has been established that most varieties are susceptible to pathogens. According to smut fungi resistance under conditions of an artificial infectious background, there have been identified such oat varieties as 'Sibirsky Gerkules', 'Fakel', 'Rysak' and 'Uralets'. These varieties are characterized by large productivity, 1000-grain weight, resistance to lodging.

Keywords: oats, resistance, pathogen, covered smut, loose smut.

Введение. Овес посевной является одной из важных и распространенных сельскохозяйственных культур мира. Данная культура универсальна как по широте распространения, так и по использованию. Он выращивается во всех зерносеющих областях России (Николаев и др., 2019; Зобнина и др., 2022). Высокий уровень

производства овса посевного определяется его разносторонним использованием (производство крупы, муки, на корм животным).

Новосибирская область занимает второе место (после Алтайского края) среди крупнейших производителей овса в Сибирском федеральном округе. Одним из факторов, снижаю-

щих получение стабильного урожая с высоким качеством зерна овса посевного, являются болезни (Свиркова и др., 2016; Zhuikova et al., 2021). Наиболее вредоносными и распространенными в условиях лесостепи Приобья являются пыльная (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) и покрытая (*Ustilago kollerii* Wille) головня овса. Недобор зерна от данных возбудителей может достигать 20–25%, а в годы эпифитотий – 50% (Menzies et al., 2019; Мешкова и др., 2020).

Пыльную и покрытую головню овса отмечают ежегодно, при этом большинство возделываемых сортов в той или иной степени поражается патогеном, зерно становится непригодным как для продовольственных, так и для фуражных целей (Жуйкова и др., 2020; Hu et al., 2018). Головневые грибы поражают са-

мую главную часть растения – метелку. В связи с этим урожай от больных растений уничтожается целиком или сильно снижается (Бехтольд и др., 2020). Возбудитель *Ustilago avenae* разрушает метелку полностью во время выметывания овса. Отдельные колоски почти целиком превращаются в пылящую споровую массу черного цвета (Brodführer et al., 2022). Симптомы возбудителя *Ustilago kollerii* заметны с начала выхода метелок из влагалища, образуются недоразвитые метелки. Различие между возбудителями заключается в том, что покрытая головня не разрушает метелку полностью, колосковые чешуйки остаются целыми или частично разрушаются и прикрывают споровую массу (рис. 1, 2).



Рис. 1. Пыльная головня овса (*Ustilago avenae*)
Fig. 1. Loose smut of oats (*Ustilago avenae*)



Рис. 2. Покрытая головня овса (*Ustilago kollerii*)
Fig. 2. Covered smut of oats (*Ustilago kollerii*)

Экологически выгодной и перспективной селекционной работой в повышении урожайности остается выведение и использование устойчивых к головневым болезням высокопродуктивных сортов. Исследования в этом направлении были и остаются актуальными (Мешкова и др., 2020).

Цель исследования – выявить источники устойчивости овса к пыльной и покрытой головне в условиях лесостепи Приобья.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на фитопатологическом участке лаборатории генофонда растений СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 годы. Объектами исследований служили российские сорта из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. За 2018–2021 гг. изучено 64 генотипа овса на устойчивость к местным популяциям пыльной и покрытой головни.

Для инокулирования семян овса возбудителями использовали методические рекомен-

дации под ред. Бахарева Ж. А и Христова Ю. А. (2003). Заражение семян проводили за месяц до посева. Сорт-индикатором служил сорт Ровесник селекции СибНИИРС, сильно восприимчивый к двум патогенам. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (первая декада мая). Опыты размещали по пару. Обработка почвы – зяблевая вспашка, ранневесенняя культивация, предпосевное внесение удобрений. Посев овса проводили кассетной сеялкой СКС-6 – 10, каждого сорта высевали не менее 100 инфицированных зерен в трехкратном повторении. Температуру почвы измеряли в посевах овса на глубине 0–5, 5–10 см. Наблюдения за температурой почвы проводили измерителями-регистраторами (логгерами) температуры EClerk-M-RHT с интервалом 3 ч.

Уборку зараженного материала выполняли вручную. Для характеристики устойчивости сортов использовали метод учета по стеблям (подсчитывали количество больных и здоровых

растений и высчитывали процент поражения от общего числа), регистрирующий действительную реакцию растений на внедрение паразита (особенно у слабовосприимчивых образцов).

Устойчивость сортов к патогенам классифицировали по максимальному проценту поражения за ряд лет. Степень поражения определяли по шкале ВИР (Бахарева и др., 2003):

0 – высокая устойчивость, поражение отсутствует;

1 – практическая устойчивость, поражение не превышает 5%;

2 – слабая восприимчивость, поражение не превышает 25%;

3 – средняя восприимчивость, поражение не превышает 50%;

4 – сильная восприимчивость, поражение более 50%.

Математическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР 5. Устойчивость образцов к полеганию определяли по общепринятым методикам.

Результаты и их обсуждение. Развитие головневых болезней и их жизнеспособность во многом зависят как от устойчивости сорта, так и от условий окружающей среды.

Температура почвы оказывает существенное влияние на инокуляцию проростков в период прорастания и начала развития растений овса. Возбудители *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii* лучше развиваются при температуре почвы 10–25 °С. В условиях резко континенталь-

ного климата лесостепи Приобья наблюдаются колебания режимов температур (заморозки в мае) и влажности. В наших исследованиях установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы в период третьей декады мая – первая декада июня ($r = 0,76$ и $r = 0,73$). Не установлено существенной зависимости поражения растений от среднесуточной температуры воздуха ($r = 0,32$ и $r = 0,48$). Определена отрицательная зависимость ($r = -0,77$ и $r = -0,71$) между проявлением болезни и количеством осадков, выпавших в период посев – всходы.

Условия периода от посева до окончательной оценки генотипов овса на устойчивость к головневым болезням изменялись в годы исследований от прохладных с избыточным увлажнением в 2018 г. (ГТК = 2,6) до слабо засушливых с оптимальным увлажнением в 2021 г. (ГТК = 1,2). В 2019 и 2020 гг. гидротермический коэффициент составил 1,5 для каждого года.

В 2018 г. в связи с низкими температурами воздуха и большим количеством осадков в период посев – всходы инфекционной нагрузки практически не было. Поражение восприимчивого сорта индикатора составило 9,7%, остальные генотипы оказались устойчивыми.

В результате исследования было установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii* (рис. 3).

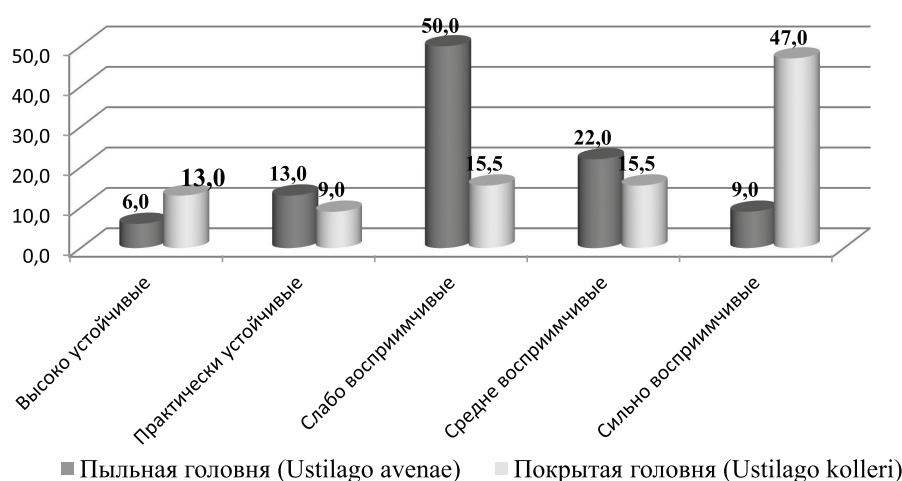


Рис. 3. Распределение сортов овса по устойчивости к пыльной и покрытой головне (искусственный инфекционный фон, 2018–2021 гг.)

Fig. 3. Distribution of the oat varieties according to covered and loose smut resistance (artificial infectious background, 2018–2021)

Доля иммунных сортов к пыльной головне составила 6,0%, устойчивых – 13,0%, к покрытой головне – 13,0 и 9,0% соответственно. К возбудителю *U. avenae* в изученном генофонде преобладали слабовосприимчивые и средневосприимчивые генотипы, на долю которых приходилось 50,0% и 22,0%. Со слабой степенью поражения к пыльной головне за годы исследований выделились сорта Тюменской

селекции – Малыш (2,1–9,1%) и Отрада (2,6–9,8%), Новосибирской – Сиг (2,9–9,1%), Новосибирский 5 (0–4,2%). Среди сортов Омской селекции устойчивость к возбудителю подтверждают Факел (0–0,6%), Сибирский Геркулес (0%) и Тарский голозерный (0–1,1%). Сорта Уральского региона и Алтайского края в основном оказались средневосприимчивыми.

У 9,0% генотипов была сильная степень поражения фитопатогеном. Сорт Ужурский (г. Новосибирск) поражался до 77,9%, Конкур (г. Самара) – до 76,9%, у сорта Алдан (г. Кемерово) степень поражения – до 71,8% в годы исследований.

При поражении возбудителем *U. kollerii* наблюдалась иная тенденция. Значительная группа (более 50%) представлена средне и сильно восприимчивыми сортами. Доля высоко устойчивых форм составила 13%. Это такие сорта, как Сибирский Геркулес, Факел и Тарский голозерный (г. Омск), Рысак (г. Самара), Уралец (г. Екатеринбург). Со слабой степенью устойчивости к патогену (от 3,1 до 18,9) выделились сорта Новосибирский 5, Сиг (г. Новосибирск), Орфей (Алтайский край), Алдан, Тайдон и Креол (г. Кемерово). Степень поражения у сортов Пегас, Корифей, Чемал (Алтайский край), Краснообский, Ровесник, Новосибирский 88 (г. Новосибирск), Тубинский (г. Красноярск) варьировала от 42,0 до 91,9%.

Наибольший интерес представляют сорта, показавшие высокую устойчивость к двум патогенам во все годы исследований (табл. 1). Это Сибирский Геркулес, Факел (г. Омск), Рысак (г. Самара) и Уралец (г. Екатеринбург).

Таблица 1. Сорта овса, выделенные по устойчивости к пыльной и покрытой головне (инфекционный фон, 2019–2021 гг.)
Table 1. The oat varieties distinguished by loose and covered smut resistance (infectious background, 2019–2021)

Сорт	Оригинатор	Максимальный процент поражения	
		<i>U. avenae</i>	<i>U. kollerii</i>
Ровесник (стандарт восприимчивости)	ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г.Новосибирск	34,9	51,4
Новосибирский 5		4,2	51,4
Сибирский Геркулес	ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск	0	5,1
Факел		0,6	0
Рысак	ФГБНУ Самарский ФИЦ, г. Самара	0,9	0
Уралец	ФГБНУ Уральский ФАНИЦ Уо РАН, г. Екатеринбург	0	0,5

Наибольший интерес для селекции представляют сорта с комплексной устойчивостью

к головневым болезням, обладающие высокими хозяйственными признаками (табл. 2).

Таблица 2. Хозяйственная характеристика сортов овса с комплексной устойчивостью к пыльной и покрытой головне (инфекционный фон, 2019–2021 гг.)
Table 2. Economic characteristics of the oat varieties with complex loose and covered smut resistance (infectious background, 2019–2021)

Сорт	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Продуктивная кустистость	Урожайность с зараженных растений (min...max), г/м ²
Ровесник, ст.	9	92	35,5	1,8	231...658
Новосибирский 5	9	97	31,5	1,7	322...677
Сибирский Геркулес	5	110	37,4	2,3	543...799
Факел	9	100	29,4	2,3	786...879
Рысак	9	93	38,5	2,1	347...625
Уралец	9	90	27,4	2,2	311...789
НСР ₀₅	–	3,82	2,17	0,27	–

Высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию и болезням выделяются сорта Факел и Уралец. Сорт Сибирский Геркулес уступает сорту стандарту по устойчивости к полеганию, но превышает по урожайности. Рысак отличается устойчивостью к болезням, полеганию, крупностью зерна превышает сорт Ровесник, урожайность на уровне стандарта.

Выводы. В результате исследований было установлено, что большинство сортов восприимчивы к возбудителям *Ustilago avenae* и *Ustilago kollerii*. По устойчивости к головне-

вым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделились генотипы овса посевного: Сибирский Геркулес, Факел, Рысак и Уралец. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, массой 1000 зерен, устойчивостью к полеганию и могут быть рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс по Западно-Сибирскому региону. Установлена существенная корреляция между поражением растений пыльной и покрытой головней и температурой почвы ($r = 0,76$ и $r = 0,73$).

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWN-2022-0018.

Библиографические ссылки

1. Бехтольд Н. П., Орлова Е. А., Костикова И. В. Изучение сортообразцов овса на устойчивость к возбудителю *Ustilago Kollerii* в условиях лесостепи Приобья // Исследования и разработки ученых и студентов для АПК Сибири, Казахстана и Узбекистана. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Достижения и задачи селекции, генетики и семеноводства сельскохозяйственных культур в Сибири на современном этапе» и IX региональной научно-практической конференции «Актуальные направления сельскохозяйственной науки в работах молодых ученых». Барнаул: ООО «АЗБУКА», 2020. С. 13–18.
2. Жуйкова О. А., Градобоева Т. П., Баталова Г. А. Эффективность инфекционных фонов при оценке овса на устойчивость к грибным болезням // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 10–13. DOI: 10.31857/S250026720030035.
3. Зобнина И. В., Корелина В. А., Батакова О. Б. Направления и краткие итоги изучения коллекции овса посевного ярового в условиях Северного региона // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 18–22. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp18-22.
4. Мешкова Л. В., Николаев П. Н., Васюкевич С. В., Сабаяева О. Б., Пяткова О. В. Иммунологические исследования ячменя и овса по устойчивости к природным популяциям головневых заболеваний // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006.
5. Николаев П. Н., Анисков Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В. Адаптивность урожайности овса в условиях Омского прииртышья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 179, № 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
6. Свиркова С. В., Старцев А. А., Заушинцева А. В. Болезни овса в Западной Сибири и генетические источники устойчивости // Краткие сообщения, известия ТСХА. 2016. Вып. 1. С. 108–114.
7. Brodführer S., Schmehe B., Gabriel D., Janowski D., & Herrmann, M. H. Effects of varying levels of cleistogamy on natural smut infection in oats // Crop Science, 2022, № 62, P. 704–712. DOI: 10.1002/csc2.20688.
8. Hu J., Yang J. Y., Li J. et al. First report of *Ustilago avenae* causing loose smut of oat (*Avena sativa*) in Shandong China. Plant Pathol 100, 123, 2018. DOI: 10.1007/s42161-018-0016-z.
9. Zhuikova O. A., Sheshhegova T. K. and Batalova G. A. Bioresources of Oats for Use in Selection for Phytoimmunity to Fungal Diseases in Kirov Oblast // Russian Agricultural Sciences. 2021. № 5. P. 461–465. DOI: 10.3103/S1068367421050189.
10. Menzies J. G., Turkington T. K., Knox R. E. Testing for resistance to smut diseases of barley, oats and wheat in western Canada // Canadian Journal of Plant Pathology. 2019. 31:3. P. 265–279. DOI: 10.1080/07060660909507601.

References

1. Bekhtol'd N. P., Orlova E. A., Kostikova I. V. Izuchenie sortoobraztsov ovsa na ustoichivost' k vozбудителю *Ustilago Kollerii* v usloviyakh lesostepi Priob'ya [The study of oat varieties for resistance to the pathogen *Ustilago Kollerii* in the conditions of the forest-steppe of the Pre-Ob region] // Issledovaniya i razrabotki uchenykh i studentov dlya APK Sibiri, Kazakhstana i Uzbekistana. Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Dostizheniya i zadachi seleksii, genetiki i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Sibiri na sovremennom etape, i IX regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye napravleniya sel'skokhozyaistvennoi nauki v rabotakh molodykh uchenykh» Barnaul: ООО «АЗБУКА», 2020. С. 13–18.
2. Zhuikova O. A., Gradoboeva T. P., Batalova G. A. Effektivnost' infektsionnykh fonov pri otsenke ovsa na ustoichivost' k gribnym boleznyam [Efficiency of infectious backgrounds in evaluating oats for resistance to fungal diseases] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2020. №3. С. 10–13. DOI: 10.31857/S250026720030035.
3. Zobnina I. V., Korelina V. A., Batakova O. B. Napravleniya i kratkie itogi izucheniya kollektsii ovsa posevnogo yarovogo v usloviyakh Severnogo regiona [Directions and brief results of the study of the collection of spring oats in the conditions of the Northern region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022. № 4. С. 18–22. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp18-22.
4. Meshkova L. V., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Sabaeva O. B., Pyatkova O. V. Immunologicheskie issledovaniya yachmenya i ovsa po ustoichivosti k prirodnym populyatsiyam glavnykh zabolevaniy [Immunological study of barley and oats on resistance to natural populations of smut diseases] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Vol. 34. № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006.
5. Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V. Adaptivnost' urozhainosti ovsa v usloviyakh Omskogo priirtysh'ya [Adaptability of oat productivity in the conditions of the Omsk Pre-Irtysh region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2019. Vol. 179, № 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
6. Svirskaya S. V., Startsev A. A., Zaushintsena A. V. Bolezni ovsa v Zapadnoi Sibiri i geneticheskie istochniki ustoichivosti [Oat diseases in Western Siberia and genetic sources of resistance] // Kратkie soobshcheniya, izvestiya TSKhA. 2016. Vypusk 1. С. 108–114.
7. Brodführer S., Schmehe B., Gabriel D., Janowski D., & Herrmann, M. H. Effects of varying levels of cleistogamy on natural smut infection in oats // Crop Science. 2022, 62, P. 704–712. DOI: 10.1002/csc2.20688.
8. Hu J., Yang J. Y., Li J. et al. First report of *Ustilago avenae* causing loose smut of oat (*Avena sativa*) in Shandong China. Plant Pathol 100, 123, 2018. DOI: 10.1007/s42161-018-0016-z.
9. Zhuikova O. A., Sheshhegova T. K., Batalova G. A. Bioresources of Oats for Use in Selection for Phytoimmunity to Fungal Diseases in Kirov Oblast // Russian Agricultural Sciences. 2021. № 5. P. 461–465. DOI: 10.3103/S1068367421050189.

10. Menzies J.G., Turkington T.K., Knox R.E. Testing for resistance to smut diseases of barley, oats and wheat in western Canada // Canadian Journal of Plant Pathology, 2019, 31:3, P. 265–279. DOI: 10.1080/07060660909507601.

Поступила: 01.03.22; доработана после рецензирования: 19.05.22; принята к публикации: 7.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Бехтольд Н.П., Орлова Е.А. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов, сбор данных, их интерпретация; Бехтольд Н.П. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Уважаемые коллеги!
ФГБНУ «Аграрный научный центр
«Донской» предлагает Вам приобрести
к осенней посевной 2022 года семена пшеницы:

АМБАР

Высокопродуктивный сорт озимой мягкой пшеницы с высокой адаптивностью и экологической пластичностью. Относится к среднепоздней группе созревания, выколашивается в среднем на 6-7 дней позже стандарта Дон 107. Разновидность – *lutescens*. Высота растений 81-92 см, обладает высокой устойчивостью к полеганию. Средняя урожайность по предшественнику кукуруза на зерно (2017-2021 гг.) составила 7,79 т/га, превышение над стандартом Дон 107 – 0,77 т/га. Максимальная урожайность 10,96 т/га получена в 2017 году по предшественнику кукуруза на зерно. Потенциал зерновой продуктивности более 12,0 т/га. Допущен к использованию по Северо-Кавказскому и Центрально-Черноземному регионам РФ для посева на высоком и среднем агрофоне. Внесен в список «ценных» по качеству зерна пшениц.



ЗОДИАК

Внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2022 года. Разновидность – *эритроспермум*. Масса 1000 зерен 47-52 г. Низкостебельный, высота растений 89-97 см, устойчив к полеганию. Среднеранний, колоситься и созревает одновременно со стандартным сортом Ермак. Морозостойкость и засухоустойчивость высокие. Средняя урожайность за последние 5 лет по предшественнику сидеральный пар составила 9,85 т/га. Мукомольные и хлебопекарные качества высокие, соответствует «ценной» по качеству зерна пшенице. Рекомендован для посева в Северо-Кавказском регионе РФ. Предназначен для высокого и среднего агрофона.



Наши реквизиты:

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»)
347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, д.3
Тел./факс: (86359) 43-3-82, 43-0-63, 42-5-96, E-mail: yniizk30@mail.ru