

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
GRAIN ECONOMY OF RUSSIA
THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

6(78)2021

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской» является членом Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ)

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, к. с.-х. н. (Зерноград, Россия).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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);
Вислобокова Л.Н. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «Тамбовский НИИСХ» (Тамбов, Россия);
Гончаренко А.А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Зезин Н.Н. – д-р с.-х. н., ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, 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);
Долженко В.И. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Волкова Г.В. – д-р биол. н., ФГБНУ «ВНИИБЗР» (Краснодар, Россия);

Подколзин А.И. – д-р биол. н., проф., ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (Ставрополь, Россия);
Назаренко О.Г. – д-р биол. н., проф., ФГБУ ГЦАС «Ростовский» (Рассвет, 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);

Ле Зунь Хай – Агрогенетический институт (Ханой, Вьетнам);
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);
Давлетов Ф.А. – д-р с.-х. н., Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ашиев А.Р. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Вожжова Н.Н. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Зеленская Г.М. – д-р с.-х. н., проф., ФГБОУ ВО Донской ГАУ (Персиановский, Россия);
Иванисов М.М. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Ковалев В.С. – д-р с.-х. н., проф., ФНЦ риса (Краснодар, Россия);
Ковтунов В.В. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Костылев П.И. – д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Кравченко Н.С. – канд. биол. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Кривошеев Г.Я. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Марченко Д.М. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Метлина Г.В. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Самфалов А.П. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия).

The founder: Federal State Budgetary Scientific Institution "Agricultural Research Center "Donskoy", a member of the Association of Science Editors and Publishers

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 COUNCIL:

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);
Vislobokova L.N. – Tambov branch of the "Russian Agricultural Center" – Cand. Sci. (Agriculture) (Tambov, Russia);
Gontcharenko A.A. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Zezin N.N. – Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture) (Ekaterinburg, Russia);
Lukomets V.M. – Federal Scientific Center "V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);

Medvedev A.M. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
Dolzhenko V.I. – academician of RAS, Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection (St.Petersburg, Russia);
Volkova G.V. – All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection – Dr. Sci. (Biology) (Krasnodar, Russia);
Podkolzin A.I. – Stavropolsky State Agricultural University – Dr. Sci. (Biology), professor (Stavropol, Russia);

Nazarenko O.G. – State Center of Agrochemical Service "Rostovsky" – Dr. Sci. (Biology), professor (Rassvet, 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);

Le Zun Hai, Agrogenetic Institute (Hanoi, Vietnam);
Khalil Surek, Trakia Agricultural Research Institute – PhD (Edirne, Turkey);
Yusupov G.Yu. – Ministry of Agriculture and Water Management of Turkmenistan – Cand. Sci. (Agriculture) (Ashkhabat, Russia);
Davletov F.A. – Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture) (Ufa, Russia).

EDITORIAL BOARD:

Ashiev A.R. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Vozhzhova N.N. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Zelenskaya G.M. – Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBEI HE Donskoy SAU (Persiyansky, Russia);
Ivanisov M.M. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Kovalev V.S. – Dr. Sci. (Agriculture), professor, FRC of rice (Krasnodar, Russia);
Kovtunov V.V. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Kostylev P.I. – Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Kravchenko N.S. – Cand. Sci. (Biology), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Krivosheev G.Ya. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Marchenko D.M. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Metlina G.V. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
Samofalov A.P. – Cand. Sci. (Agriculture), FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia).

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

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). Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,602 (2019). 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.
Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 13.12.2021.
Дата выхода 28.12.2021. Формат 60х84/8. Тираж 300. Заказ № 4817-21
Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Содержание

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- Иванисов М.М., Марченко Д.М., Некрасов Е.И.** Особенности сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» 3
- Газе В.Л., Голубова В.А., Лобунская И.А.** Развитие листового аппарата растений и содержание хлорофилла как показатель отзывчивости на увлажнение и устойчивости к засухе образцов озимой мягкой пшеницы 9
- Вожжова Н.Н., Жогалева О.С., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т., Дерова Т.Г., Подгорный С.В.** Оценка генофонда озимой мягкой пшеницы коллекции CIMMYT на присутствие гена Lr 34 15
- Калинина Н.В.** Создание гаплоидов в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы 21
- Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С.** Взаимосвязь между количественными признаками, определяющими урожайность зерна гибридов кукурузы 27
- Ашиев А.Р., Чегунова А.В., Скулова М.В., Хабибуллин К.Н., Кравченко Н.С.** Влияние вегетационного периода на урожайность, содержание белка и масла в зерне коллекционных образцов сои 33
- Костылев П.И., Краснова Е.В., Сирапионов Г.А.** Генетический анализ гибридной популяции риса Мавр × Контакт 39
- Кравченко Н.С., Марченко Д.М., Некрасова О.А., Алты-Садых Ю.Н.** Изучение реологических и физических свойств теста сортов озимой пшеницы 45
- Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Безуглая Т.С.** Основные направления и задачи селекции пшеницы твердой озимой в условиях изменения климата 53
- Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А., Бугакова Н. Э.** Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по качеству зерна в Среднем Поволжье 62
- Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В.** Влияние сортовых особенностей твердой пшеницы на технологические и хлебопекарные качества муки при смешивании с мягкой пшеницей 67
- Жогалева О.С., Вожжова Н.Н., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т., Костылев П.И.** Идентификация QTL Saltol в селекционных образцах риса 73
- Громова С.Н., Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л.** Особенности формирования параметров модельного сорта озимой мягкой пшеницы интенсивного типа для условий Ростовской области 78

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А.** Влияние условий влагообеспеченности почвы на урожайность зерна мягкой озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области 83
- Сапунков В.Л., Солонкин А.В., Гузенко А.В.** Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области 88
- Радченко Л.А., Ганоцкая Т.Л., Радченко А.Ф., Бабанина С.С.** Сроки сева и их влияние на урожайность и качества зерна сортов озимой пшеницы 95

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Кононенко О.С., Шишкин Н.В., Дерова Т.Г.** Септориоз озимой пшеницы (*Zymoseptoria tritici*) (обзор литературы) 104

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

Contents

PLANT-BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

- Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Nekrasov E.I.** Features of the winter bread wheat varieties of unified type developed by the Agricultural Research Center "Donskoy" 3
- Gaze V.L., Golubova V.A., Lobunskaya I.A.** Leaf surface index as an indicator of moisture responsiveness and drought resistance of winter bread wheat samples 9
- Vozhzhova N.N., Zhogaleva O.S., Dubina A.Yu., Kupreyshvili N.T., Derova T.G., Podgorny S.V.** Estimation of the gene pool of the CIMMYT collection winter bread wheat on presence of the Lr 34 gene 15
- Kalinina N.V.** Development of haploids in the winter bread wheat anthers 21
- Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S.** Correlation between quantitative traits that affect grain yield of maize hybrids 27
- Ashiev A.R., Chegunova A.V., Skulova M.V., Khabibullin K.N., Kravchenko N.S.** The effect of a vegetation period on productivity, protein and oil percentage in grain of the collection soybean samples 33
- Kostylev P.I., Krasnova E.V., Sirapionov G.A.** Genetic analysis of the hybrid rice population 'Mavr × Kontakt' 39
- Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasova O.A., Alty-Sadykh Yu.N.** The study of rheological and physical dough properties of the winter wheat varieties 45
- Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Bezuglaya T.S.** Main directions and issues of durum winter wheat breeding under climate changing 53
- Sukhorukov A.F., Sukhorukov A.A., Bugakova N.E.** Adaptive potential of winter bread wheat varieties according to grain quality in the Middle Volga region 62
- Shabolkina E.N., Anisimkina N.V.** The effect of varietal traits of durum wheat on the technological and baking qualities of flour when mixed with bread wheat 67
- Zhogaleva O.S., Vozhzhova N.N., Dubina A.Yu., Kupreyshvili N.T., Kostylev P.I.** Identification of Saltol QTL in the breeding rice samples 73
- Gromova S.N., Skripka O.V., Podgorny S.V., Samofalov A.P., Chernova V.L.** Formation features of the parameters of the model winter bread wheat variety of intensive type for the conditions of the Rostov region 78

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

- Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A.** The effect of moisture supply conditions on productivity of winter bread wheat, sown after various forecrops in the southern part of the Rostov region 83
- Sapunkov V.L., Solonkin A.V., Guzenko A.V.** Ecological trial of the winter wheat varieties of the arc "Donskoy" in the area of dark chestnut soils of the Volgograd region 88
- Radchenko L.A., Ganotskaya T.L., Radchenko A.F., Babanina S.S.** Sowing dates and their effect on productivity and grain quality of the winter wheat varieties 95

PLANT PROTECTION

- Kononenko O.S., Shishkin N.V., Derova T.G.** Winter wheat septoria blotch (*Zymoseptoria Tritici*) (literature review) 104

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.11:631.52

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-3-8

ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТИПА СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ»

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

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

Е.И. Некрасов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, 89585748977@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9505-7899

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В статье представлена характеристика новых сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Озимая пшеница – наиболее ценная зерновая продовольственная культура, выращиваемая на огромных площадях. В повышении объема производства и улучшении качества зерна – основы создания продовольственного фонда страны – большая роль принадлежит селекции. При расширении площадей под зерновыми культурами, среди которых преобладает пшеница, возникает проблема севооборота. Поэтому создание универсальных сортов, способных давать стабильно высокие урожаи зерна по различным предшественникам, является одним из самых актуальных направлений селекционной работы по озимой мягкой пшенице. Цель исследований – дать характеристику новым сортам озимой мягкой пшеницы универсального типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» по основным хозяйственно-ценным признакам. За последнее десятилетие в ходе интенсивной селекционной работы на основе одних из лучших районированных сортов Ермак, Станичная, Донской сюрприз был создан целый ряд новых перспективных генотипов, которые уже находят свое применение в производственных посевах озимой пшеницы Ростовской области и других регионов нашей страны. Новые сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа Лидия, Капитан, Лилит, Краса Дона, Вольница, Вольный Дон, Жаворонок и Полина являются более урожайными по сравнению с родительскими формами. В сочетании с высоким качеством зерна, устойчивостью к био- и абиотическим факторам окружающей среды они являются весьма ценными, выгодными для возделывания и увеличения производства высококачественного товарного зерна пшеницы.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, предшественник, селекция, конкурсное испытание.

Для цитирования: Иванисов М.М., Марченко Д.М., Некрасов Е.И. Особенности сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 3–8. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-3-8.



FEATURES OF THE WINTER BREAD WHEAT VARIETIES OF UNIFIED TYPE DEVELOPED BY THE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER “DONSKOY”

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

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;

E.I. Nekrasov, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, 89585748977@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9505-7899

Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The current paper has presented the characteristics of the new winter bread wheat varieties of unified type developed by the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”. Winter wheat is the most valuable grain food crop grown in vast areas. Breeding plays an important role in increasing production volume and improving grain quality as the basis of the country's food fund. Expanding grain crops area, among which wheat predominates, there is a problem of crop rotation. Therefore, the development of unified varieties capable of producing stable high grain yields after various forecrops is one of the most urgent areas of breeding work for winter bread wheat. The purpose of the current study was to characterize the new winter bread wheat varieties of unified type developed by the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy” according to the main economically valuable traits. Due to the intensive breeding work over the past decade, on the basis of some of the best zoned varieties ‘Ermak’, ‘Stanichnaya’, ‘Donskoy syurpriz’ there

was developed a number of new promising genotypes, which are already being used in production sowings of winter wheat in the Rostov region and other regions of our country. The new winter bread wheat varieties of unified type 'Lydia', 'Kapitan', 'Lilit', 'Krasa Dona', 'Volnitsa', 'Volny Don', 'Zhavoronok' and 'Polina' are more productive than their parental forms. In combination with grain of high quality, resistance to bio and abiotic environmental factors, they are very valuable, beneficial for cultivation and improvement of the production of commercial wheat grain of high quality.

Keywords: winter bread wheat, variety, forecrop, breeding, competitive variety testing.

Введение. Озимая пшеница – наиболее ценная зерновая продовольственная культура, выращиваемая на огромных площадях. В повышении объема производства и улучшении качества зерна – основы создания продовольственного фонда страны – большая роль принадлежит селекции (Кравченко и др., 2020; Подгорный и др., 2020).

В Ростовской области по непаровым предшественникам размещается основная масса посевов озимой пшеницы. Однако и по пару здесь высеваются большие площади данной культуры (Рыбась, 2016; Попов и Самофалова, 2015).

Для возделывания по различным предшественникам необходимы универсальные сорта с высокой потенциальной продуктивностью. Это в основном низкорослые генотипы, которые должны сочетать высокую продуктивность, стабильно формировать высококачественное зерно независимо от меняющихся условий возделывания, иметь высокую морозостойкость, быть устойчивыми к стресс-факторам и наиболее опасным болезням и вредителям (Гагкаева и др., 2018; Грабовец и др., 2021; Nezhadahmadi et al., 2013).

При расширении площадей под зерновыми культурами, среди которых преобладает пшеница, возникает проблема севооборота. Поэтому создание универсальных сортов, способных давать стабильно высокие урожаи зерна по различным предшественникам является одним из самых актуальных направлений селекционной работы по озимой мягкой пшенице (Алабушев и др., 2020; Сухарев, 2020).

В связи с необходимостью создания таких генотипов в 1978 году на Зерноградской селекционной станции была организована лаборатория селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, главной

задачей которой является создание универсальных и полуинтенсивных сортов.

Цель исследований – дать характеристику новым сортам озимой мягкой пшеницы универсального типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» по основным хозяйственно-ценным признакам.

Материалы и методы исследований.

Материалом для изучения послужили 11 сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа. Конкурсное испытание закладывали по предшественникам: кукуруза на зерно, сидеральный пар, горох и подсолнечник в 2016–2020 гг. в условиях Зерноградского района на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Сев проводили на делянках площадью 10 м² в четырехкратной повторности. Посев – механизированный сеялкой Wintersteiger Plotseed. Агротехника в опыте – общепринятая для озимой пшеницы в Ростовской области. Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic. Полевые оценки, учеты, наблюдения, определение морозостойкости сортов проводили согласно методике Государственного сортоиспытания (1989). Содержание белка и клейковины в зерне определяли в соответствии с общепринятыми методиками.

Метеорологические условия за годы исследования существенно различались чередованием очень жарких засушливых лет с годами с благоприятными погодными условиями в период выращивания культуры. Наиболее благоприятным для формирования максимальной урожайности был 2017 год.

Статистическую обработку осуществляли при помощи программ Microsoft Office и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. Многолетнюю работу лаборатории по селекции озимой мягкой пшеницы универсального типа можно условно разделить на четыре этапа (табл. 1)

1. Этапы селекции озимой мягкой пшеницы универсального типа ФГБНУ «АНЦ «Донской» 1. The breeding stages of winter bread wheat of unified type developed by the «FSBSI ARC "Donskoy"»

Этап	Сорта	Год районирования
I	Дон 85	1981–1990
II	Дон 95, Дар Зернограда и другие	1991–2000
III	Ермак, Станичная, Донской сюрприз и другие	2001–2010
IV	Лидия, Капитан, Краса Дона, Лилит, Полина, Вольница, Вольный Дон, Жаворонки и другие	2011–2021

На первых двух этапах был создан ряд сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа: Дон 85, Дон 95, Дар Зернограда и другие, которые были районированы с 1981 по 2000 годы и получили достаточно широкое распространение на полях сельхозтоваропроизводителей.

Далее в результате внутривидовой сложной ступенчатой гибридизации с исполь-

зованием районированных сортов и собственных лучших селекционных линий были получены новые генотипы, которые в дальнейшем стали перспективными сортами третьего этапа. Под руководством доктора сельскохозяйственных наук, академика РАСХН Ивана Григорьевича Калиненко были созданы одни из лучших сортов озимой мягкой пшеницы уни-

версального типа Ермак, Станичная и Донской сюрприз, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2001 по 2003 год.

За последнее десятилетие в ходе интенсивной селекционной работы на основе лучших районированных сортов третьего этапа был создан целый ряд новых перспективных генотипов, которые уже находят свое применение в производственных посевах озимой пшеницы

Ростовской области и других регионов нашей страны.

Необходимо отметить, что Ермак, Станичная и Донской сюрприз зарекомендовали себя, как одни из самых эффективных родительских форм. Так, на основе сорта Ермак созданы районированные с 2014 по 2021 годы сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа Лидия, Капитан, Краса Дона и Полина (табл. 2).

2. Родословная сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа 2. Parentage of the winter bread wheat varieties of unified type

Сорт	Год районирования	Гибридная комбинация
Сорта озимой пшеницы, имеющие в родословной сорт Ермак		
Лидия	2014	942/98 × Ермак
Капитан	2016	Ермак × Федоровка
Краса Дона	2018	Ермак × 1880/00
Полина	2021	Ермак × Восторг
Сорта озимой пшеницы, имеющие в родословной сорт Станичная		
Вольница	2020	Станичная × 1692/01
Жаворонок	2020	Станичная × Куяльник
Сорта озимой пшеницы, имеющие в родословной сорт Донской сюрприз		
Лилит	2016	2118/00 × Донской сюрприз
Вольный Дон	2020	Донской сюрприз × Ростовчанка 5

Станичная послужила родительской формой новых сортов озимой мягкой пшеницы Вольница и Жаворонок, а Донской сюрприз – Лилит и Вольный Дон.

Лидия – сорт озимой мягкой пшеницы универсального типа создан методом внутривидовой гибридизации, где в качестве отцовской

формы использовался Ермак. Средняя урожайность в конкурсном испытании по предшественнику кукуруза на зерно за последние 5 лет составила 7,35 т/га, что выше родительской формы и стандартного сорта Дон 107 на 0,38 и 0,33 т/га соответственно (табл. 3).

3. Результаты конкурсного испытания сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа, предшественник – кукуруза на зерно (2016–2020 гг.) 3. Competitive Variety Testing results of the winter bread wheat varieties of unified type, maize for grain as a forecrop (2016–2020)

Сорт	Год районирования	Урожайность, т/га	± к стандарту, т/га	Продуктивный стеблестой, шт/м ²	Масса 1000 зерен, г	Дата колошения	Высота растений, см	Морозостойкость, % (при t минус 19° C)	Содержание, %	
									белка	клейковины
Дон 107, ст.	2010	7,02	–	509	40,5	13 V*	88	72,1	12,64	24,8
Ермак	2001	6,97	-0,05	490	41,2	13 V	84	65,5	12,65	24,1
Лидия	2014	7,35	+0,33	532	41,2	13 V	84	64,6	12,76	25,5
Капитан	2016	7,31	+0,29	545	42,9	14 V	89	75,3	12,78	24,8
Краса Дона	2018	7,43	+0,41	578	40,9	15 V	83	66,1	12,87	26,7
Полина	2021	7,36	+0,34	540	40,6	16 V	93	55,3	12,74	25,2
Станичная	2002	6,91	-0,11	492	42,3	10 V	88	58,7	12,76	25,3
Вольница	2020	7,34	+0,32	512	43,8	12 V	85	53,4	13,17	27,3
Жаворонок	2020	7,30	+0,28	532	42,5	10 V	88	62,0	12,84	26,1
Донской сюрприз	2003	6,86	-0,16	504	39,8	12 V	77	53,0	12,73	25,5
Лилит	2016	7,33	+0,31	547	40,4	13 V	84	52,9	12,75	25,8
Вольный Дон	2020	7,44	+0,42	569	40,1	14 V	86	72,7	12,93	25,9
НСР ₀₅	–	–	0,26	36	–	–	–	11,1	–	–

* – май.

Сорт относится к среднеранней группе созревания, обладает довольно хорошей мо-

розостойкостью и качеством зерна (ценная пшеница). Лидия внесена в Государственный

реестр селекционных достижений с 2014 года по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам Российской Федерации. Сорт широко используется в производственных посевах, так под урожай 2021 года посеян на площади около 150 тыс. га.

В результате межсортовой гибридизации с использованием в скрещиваниях сортов озимой мягкой пшеницы Ермак и Федоровка был выведен и с 2016 года районирован по Нижневолжскому, а с 2021 года по Северо-Кавказскому регионам РФ сорт Капитан. Средняя его урожайность за последние 5 лет изучения (2016–2020 гг.) в конкурсных испытаниях по предшественнику кукуруза на зерно составила 7,31 т/га, что больше на 0,34 т/га, чем у сорта Ермак и на 0,29 т/га, чем у стандарта Дон 107. Относится к среднеранней группе созревания, высокоморозостойкий, засухоустойчивый, с лучшим качеством зерна относительно родительской формы.

Краса Дона – очередной сорт озимой мягкой пшеницы универсального типа, созданный на основе Ермака. Разновидность – лютесценс. Колос цилиндрический, средней длины (7,1–8,0 см) и плотности (22–24 колоска).

Средняя урожайность в конкурсном испытании по кукурузе на зерно составила 7,43 т/га, что на 0,46 и 0,41 т/га выше, чем у родительской формы Ермак и стандарта Дон 107 соответственно. Максимальную урожайность 11,5 т/га новый сорт сформировал в условиях Ставропольского края по черному пару. Краса Дона внесена в Государственный реестр по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам с 2018 года. По качеству зерна отвечает всем требованиям «сильных» пшениц в списки, которых занесена.

Одним из последних сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа при создании, которого использовался Ермак является Полина. Он был передан на Государственное испытание в 2017 году и районирован по Северо-Кавказскому региону РФ с 2021 года. Новый сорт относится к среднеспелой группе созревания, обладает высокой морозостойкостью и высокой урожайностью. Средняя урожайность зерна в конкурсных испытаниях по кукурузе на зерно (2016–2020 гг.) составила 7,36 т/га, что выше значений сорта Ермак на 0,39 т/га и стандарта Дон 107 на 0,34 т/га.

В качестве родительской формы двух новых сортов озимой мягкой пшеницы Вольница и Жаворонок, допущенных к использованию в производстве с 2020 года, был использован коммерческий раннеспелый сорт Станичная.

Вольница – это сильная пшеница высоких мукомольно-хлебопекарных достоинств. Не уступает в этом отношении лучшим по качеству зерна сортам нашей страны. Жаворонок – раннеспелая пшеница, устойчивая к засухе и жаре на протяжении вегетации растений озимой мягкой пшеницы. Средняя урожайность новых сортов в конкурсном испытании (2016–2020 гг.) составила 7,34 и 7,30 т/га, соответственно, что достоверно выше родительской формы Станичная на 0,43 и 0,39 т/га.

На основе сильного по качеству сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа Донской сюрприз также создано два новых сорта четвертого этапа селекции – Лилит и Вольный Дон. Внесены в Государственные реестр селекционных достижений по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам РФ с 2016 и 2020 года соответственно.

Данные сорта относятся к среднеранней группе созревания на уровне Донского сюрприза и стандарта Дон 107. Основной их особенностью является более высокая относительно родительской формы урожайность. В среднем за 5 лет Вольный Дон сформировал 7,44, а Лилит 7,33 т/га зерна при урожайности Донского сюрприза 6,86 т/га. При этом ценным свойством нового сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа Вольный Дон является его высокая морозостойкость, надежность в период перезимовки. В этом отношении он не уступает лучшим морозостойким образцам.

Все новые сорта озимой мягкой пшеницы, представленные в таблице 3, превышают родительские формы по густоте продуктивного стеблестоя на 20–88 шт/м². Имеют крупное, хорошо выполненное зерно с массой 1000 семян более 40 г. Новые сорта относятся к низкорослой группе с высотой растений от 83 до 93 см, отличаются высокой устойчивостью к полеганию, а также не уступают родоначальным формам по морозостойкости. Являются «ценными» и «сильными» пшеницами по качеству зерна.

Универсальность новых сортов, их высокая урожайность и экологическая пластичность подтверждаются опытами по различным предшественникам. Они показывают хорошие результаты не только по лучшим из них (сидеральный пар, горох), но и значительно превышают стандарт и родительские формы по более жестким (подсолнечник). При посеве по пару новые сорта сформировали урожайность от 8,81 т/га до 9,66 т/га, что выше исходного родителя на 0,28–1,13 т/га (табл. 4).

4. Урожайность (т/га) новых сортов озимой мягкой пшеницы универсального типа по предшественникам (2016–2020 гг.)

4. Productivity (t/ha) of the new winter bread wheat varieties of unified type according to forecrops (2016–2020)

Сорт	Сидеральный пар	Горох	Подсолнечник
Дон 107, ст.	8,41	8,16	5,49
Ермак	8,53	8,40	5,67
Лидия	8,93	8,66	5,87

Сорт	Сидеральный пар	Горох	Подсолнечник
Капитан	8,81	8,59	5,85
Краса Дона	9,02	8,70	6,13
Полина	9,66	8,76	5,91
Станичная	8,48	8,30	5,50
Вольница	9,00	8,51	5,68
Жаворонок	8,86	8,46	5,90
Донской сюрприз	8,33	8,28	4,98
Лилит	8,84	8,44	5,85
Вольный Дон	9,01	8,62	6,11
НСР _{0,5}	0,28	0,15	0,18

В посевах по гороху прибавки урожайности к Ермаку составили 0,19–0,36, к Станичной – 0,16–0,21, к Донскому сюрпризу – 0,16–0,34 т/га. По подсолнечнику превышение также было довольно существенным от 0,18 до 0,93 т/га.

Выводы. Таким образом, новые сорта озимой мягкой пшеницы универсального типа Лидия, Капитан, Лилит, Краса Дона, Вольница, Вольный Дон, Жаворонок и Полина более уро-

жайные, чем их созданные ранее родительских форм Ермак, Станичная и Донской сюрприз. В сочетании с высоким качеством зерна, устойчивостью к био и абиотическим факторам окружающей среды они являются весьма ценными, выгодными для возделывания и увеличения производства высококачественного товарного зерна пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 4-10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П., Аблова И.Б., Беспалова Л.А. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(6). С. 685-692. DOI 10.18699/VJ18.411
3. Грабовец А.И., Фоменко М.А., Олейникова Т.А., Железняк Е.А. Новые сорта озимой мягкой пшеницы – итог реализации разработок по селекции на продуктивность и адаптивность // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 19-23. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/19-23.
4. Кравченко Н.С., Некрасова О.А., Игнатьева Н.Г., Олдырева И.М., Алты-Садых Ю.Н. Качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 101-107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.
5. Подгорный С.В., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Громова С.Н., Кравченко Н.С. Показатели качества сортов озимой мягкой пшеницы в экологическом сортоиспытании // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4(24). С. 143-151. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-143-151
6. Попов А.С., Самофалова Н.Е. Сорт Курант и технология его возделывания // Проблемы рационального использования природнохозяйственных комплексов засушливых территорий: сборник международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. С. 168-170.
7. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617-626.
8. Сухарев А.А. Некоторые элементы технологии возделывания озимой мягкой пшеницы сорта Краса Дона // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4(24). С. 171-182. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-171-182.
9. Nezhadahmadi A., Hossain P. Z., Faruq G. Drought Tolerance in wheat // Scientific World Journal. 2013. 12 p. DOI:10.1155/2013/610721.

References

1. Alabushev A.V., Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Suharev A.A. Vliyanie srokov poseva po razlichnym predshestvennikam na urozhajnost' i kachestvo zerna myagkoj ozimoy pshenicy sorta Krasa Dona v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [The effect of sowing periods on productivity and grain quality of the winter bread wheat variety 'Krasa Dona' sown after various forecrops in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 4-10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Gagkaeva T.YU., Orina A.S., Gavrilova O.P., Ablova I.B., Bepalova L.A. Harakteristika sortov ozimoy pshenicy po ustojchivosti k fuzariozu zerna [Characteristics of the winter wheat varieties for grain fusarium wilt resistance] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(6). S. 685-692. DOI 10.18699/VJ18.411.
3. Grabovec A.I., Fomenko M.A., Olejnikova T.A., ZHeleznyak E.A. Novye sorta ozimoy myagkoj pshenicy – itog realizacii razrabotok po selekcii na produktivnost' i adaptivnost' [The new winter bread wheat varieties as the result of the implementation of breeding developments for productivity and adaptability] // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 2. S. 19-23. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/19-23.
4. Kravchenko N.S., Nekrasova O.A., Ignat'eva N.G., Oldyreva I.M., Alty-Sadyh YU.N. Kachestvo zerna sortov i linij ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah Rostovskoj oblasti [Grain quality of the winter bread wheat varieties and lines in the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 101-107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.

5. Podgornyj S.V., Skripka O.V., Samofalov A.P., Gromova S.N., Kravchenko N.S. Pokazateli kachestva sortov ozimoy myagkoj pshenicy v ekologicheskom sortoispytanii [Quality indicators of the winter bread wheat varieties in the ecological variety testing] // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 4(24). S. 143-151. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-143-151
6. Popov A.S., Samofalova N.E. Sort Kurant i tekhnologiya ego vozdel'yvaniya [The variety 'Kurant' and its cultivation technology] // Problemy racional'nogo ispol'zovaniya prirodnohozyajstvennykh kompleksov zasushlivykh territorij: sbornik mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2015. S. 168-170.
7. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur [The improvement of adaptability in grain crop breeding] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 617-626.
8. Suharev A.A. Nekotorye elementy tekhnologii vozdel'yvaniya ozimoy myagkoj pshenicy sorta Krasa Dona [Some cultivation technology elements of the winter bread wheat variety 'Krasa Dona'] // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 4(24). S. 171-182. DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-171-182.
9. Nezhadahmadi A., Hossain P.Z., Faruq G. Drought Tolerance in wheat // Scientific World Journal. 2013. 12 p. DOI:10.1155/2013/610721.

Поступила: 3.08.21; принята к публикации: 6.09.21.

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. Иванисов М.М. – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи, финальная доработка текста; Марченко Д.М. – общее научное руководство, концептуализация исследований, критический анализ текста; Некрасов Е.И. – анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РАЗВИТИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ И СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОТЗЫВЧИВОСТИ НА УВЛАЖНЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

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

В.А. Голубова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории
физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

И.А. Лобунская, агроном лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

На рост и продуктивность сортов подверженных засухе сильно влияет содержание пигмента хлорофилла и развитие листового аппарата растений. Текущий сценарий изменения климата, характеризующийся длительными периодами без осадков, сопровождаемыми короткими, но интенсивными дождями, вынуждает растения применять различные стратегии, чтобы справиться с засухой. Целью исследования является оценка влияния условий выращивания на показатели общей площади листьев, индекса листовой поверхности (ИЛП) посева, концентрации хлорофиллов (Хл) в листьях и величину урожайности озимой пшеницы в зависимости от величины их влагообеспеченности. Исследованиями установлено, что изменение показателя индекса листовой поверхности и сохранность пигмента хлорофилла в листьях за период вегетации тесно связано с засухоустойчивостью растений, запасом влаги в почве и генотипом. В условиях недостаточной влагообеспеченности максимальные значения индекса листовой поверхности в фазу колошения сформировали сорта Краса Дона (5,99 отн. Ед.), Аскет (5,44 отн. ед.), а в фазу цветения сорта Краса Дона (2,55 отн. ед.) и Этюд (2,49 отн. ед.). Наибольшее содержание пигмента хлорофилла, как в фазу колошения, так и в фазу цветения, отмечено у сортов Краса Дона (3,7; 3,0 мг/100г сырого вещества), Этюд (3,4; 3,2 мг/100 г сырого вещества) и Вольный Дон (3,2; 3,0 мг/100 г сырого вещества) соответственно. По величине урожайности достоверно стандартный сорт Дон 107 превысили сорта Этюд, Краса Дона, Аскет, Вольный Дон.

Ключевые слова: Озимая мягкая пшеница, индекс листовой поверхности, хлорофилл, урожайность, засухоустойчивость.

Для цитирования: Газе В.Л., Голубова В.А., Лобунская И.А. Развитие листового аппарата растений и содержание хлорофилла как показатель отзывчивости на увлажнение и устойчивости к засухе образцов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 9–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-9-14.



LEAF SURFACE INDEX AS AN INDICATOR OF MOISTURE RESPONSIVENESS AND DROUGHT RESISTANCE OF WINTER BREAD WHEAT SAMPLES

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

V.A. Golubova, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for plant physiology,
ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

I.A. Lobunskaya, agronomist of the laboratory for plant physiology, ORCID ID: 0000-0003-1537-8498
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The growth and productivity of drought-prone varieties are strongly influenced by the chlorophyll pigment content and the development of plants' foliage. The current climate changing, characterized by long no-rain periods followed by short intense rainfalls, is forcing plants to adopt different strategies to cope with drought. The purpose of the current study is to estimate the effect of growing conditions on the indicators of the total leaf area, leaf surface index (LSI) of sowing, the concentration of chlorophylls (Chl) in the leaves and the yield of winter wheat, depending on the value of their moisture supply. There have been established that the leaf surface index change and the preservation of chlorophyll pigment in foliage during the vegetation period is closely related to plants' drought resistance, soil moisture reserve and a genotype. Under conditions of insufficient moisture supply, the maximum values of the leaf surface index in the heading phase were formed by the varieties 'Krasa Dona' (5.99 r.u.) and 'Etyud' (2.49 r.u.). The highest content of chlorophyll pigment, both in the heading phase and in the flowering phase, was identified in the varieties 'Krasa Dona' (3.7; 3.0 mg/100 g of raw material), 'Etyud' (3.4; 3.2 mg/100 g of raw material) and 'Volny Don' (3.2; 3.0 mg/100 g of raw material), respectively. According to the value of productivity, the reliably standard variety 'Don 107' has exceeded the varieties 'Etyud', 'Krasa Dona', 'Asket', 'Volny Don'.

Keywords: winter bread wheat, leaf surface index, chlorophyll, productivity, drought resistance/tolerance.

Введение. Содержание хлорофилла имеет положительную связь со скоростью фотосинтеза, которая увеличивает производство биомассы и урожайность зерна (Прядкин,

2018; Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 2017). Поэтому понимание генетического механизма содержания хлорофилла очень важно для повышения урожайности. Значительные

взаимосвязи между содержанием хлорофилла и компонентами урожая и урожайностью облегчают отбор генотипов (Николенко и Котов, 2010). Скорость чистого фотосинтеза растений обычно уменьшается, когда температура листьев превышает оптимальные значения. Снижение скорости чистого фотосинтеза при высокой температуре может быть результатом влияния как внешних (устычных), так и внутренних биохимических (мезофилл) факторов (Mir et al., 2012). На рост и продуктивность растений сильно влияет ограниченная доступность воды в средах, подверженных засухе (Николаева и др., 2011; Осипова и др., 2020). Текущий сценарий изменения климата, характеризующийся длительными периодами без осадков и короткими интенсивными дождями, вынуждает растения применять различные стратегии, чтобы справиться со стрессом засухи (Подушин и др., 2009; Сапега, 2016). Понимание того, как растения используют воду в периоды ограниченной доступности влаги, имеет первостепенное значение для выявления и выбора наиболее адаптированных генотипов к определенной среде (Бондаренко и др., 2016; Budak et al., 2013).

Целью исследования является оценка влияния условий выращивания на показатели общей площади листьев, индекса листовой поверхности (ИЛП) посева, концентрации хлорофиллов (Хл) в листьях и величину урожайности озимой мягкой пшеницы в зависимости от их влагообеспеченности.

Материалы и методы исследований.

Исследования выполнены в 2017–2020 гг. в лаборатории физиологии растений. Объектом ис-

следований являлись сорта озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», выращиваемые на экспериментальной площадке (засушник) при различных условиях увлажнения. Стандартный сорт – Дон 107. Опытные образцы выращивали при 30 % ПВ, контрольные – при 70% ПВ путем полива по методике Маймистова (1984).

Площади листьев главного побега определяли по методу А.А. Ничипоровича (1955) по формуле: $S = a \cdot b \cdot k$, где a – длина листьев, b – ширина, k – коэффициент 0,65.

Индекс листовой поверхности посева во время колошения и цветения рассчитывали как произведение суммарной площади зелёных листьев растения на густоту стояния растений озимой пшеницы по формуле:

$ИЛП = (S_{cp} \cdot n \cdot k) / (M \cdot 10\,000)$, где S_{cp} – средняя площадь одного листа, $см^2$; n – общее количество листьев со всех растений пробы, шт.; k – количество растений на квадратном метре, шт.; M – количество растений в пробе, шт. (Тарасенко, 2015).

Содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы определяли по методу Шматько И.Т. (1976). Статистическую обработку полученных данных проводили по Б.А. Доспехову (2014) в Excel и по программе Statistica 8.0.

Результаты и их обсуждение. Лист – орган растения, в котором образуется большинство органических веществ, являющихся структурно-энергетическим материалом для всего организма. Продуктивность растений тесно связана с величиной площади листьев. Общая площадь листьев в фазу колошения варьировала от 50,9 (1126/13) до 71,9 $см^2$ (Краса Дона) (рис. 1).

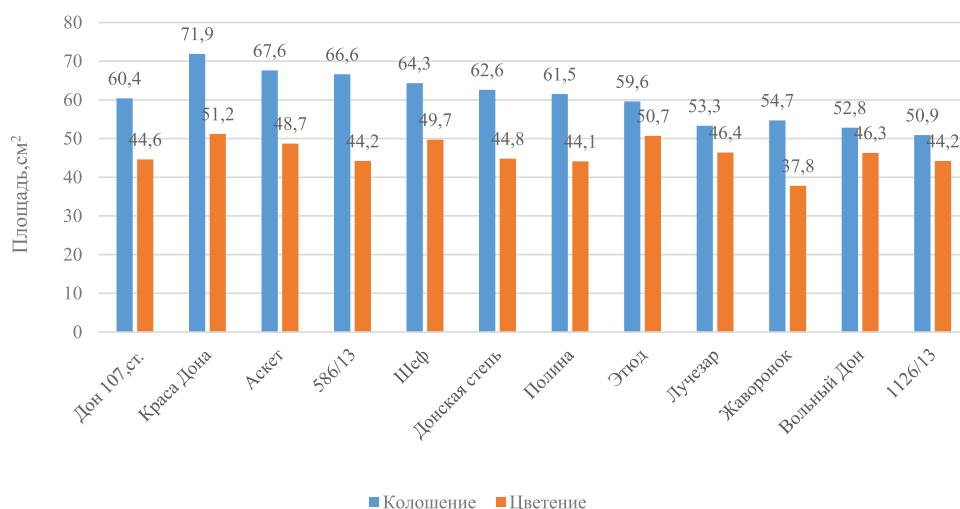


Рис. 1. Изменение площади листьев главного побега образцов озимой мягкой пшеницы в условиях засухи
Fig. 1. Changes in the main shoot leaf area of the winter bread wheat samples under drought conditions

Максимальные значения отмечены у образцов Краса Дона, Аскет и 586/13. К фазе цветения из-за увеличения дневных температур воздуха (усиление засухи) происходит медленное отмирание листьев нижних ярусов, общая площадь листьев растений озимой пшеницы в этот период уменьшалась и была в пределах

от 37,8 (Жаворонок) до 51,2 $см^2$ (Краса Дона). Наибольшие значения площади листьев отмечены у образцов Краса Дона, Этуд, Шеф, Аскет.

Относительный размер площади листьев принято выражать с помощью индекса листовой поверхности, который характеризуется величиной площади листовой поверхности

на 1 м² посева. При изучении физиологических особенностей сортов озимой пшеницы и выявления устойчивых к засухе генотипов индекс листовой поверхности можно использовать как тест-признак. Данные исследования помогут в создании высокоадаптивных сортов и получении стабильно высоких урожаев зер-

на при недостаточном увлажнении. В условиях провокационного фона (засушник) индекс сортов озимой пшеницы в фазы колошения и цветения значительно различался. В фазу колошения при оптимальных условиях (контроль) выращивания индекс был от 3,65 (Жаворонок) до 7,24 (Этюд) (рис. 2).

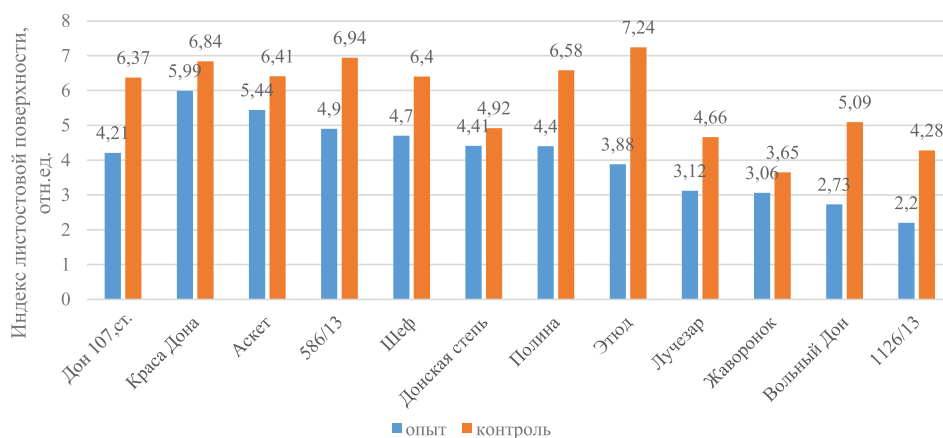


Рис. 2. Значения индекса листовой поверхности при различных условиях увлажнения (фаза колошения)
Fig. 2. Values of the leaf surface index under various moisture conditions (heading phase)

Сорта Краса Дона, Этюд, Аскет, Шеф, 586/13, Полина имели значения индекса выше по сравнению со стандартным сортом Дон 107 от 0,03 (Шеф) до 0,87 ед. (Этюд). Наименьшая существенная разница составила $\pm 0,13$ ед. При недостаточном увлажнении (опыт) индекс варьировал от 2,2 (1126/13) до 5,99 (Краса Дона). Наибольшие значения индекса общей листовой поверхности по сравнению со стандартом зафиксированы у 6 образцов: Краса Дона, Аскет, 586/13, Шеф, Донская степь, Полина. Наименьшая существенная разница $\pm 0,28$ ед.

Литературные источники гласят, что растения пшеницы, имеющие значения индекса листовой поверхности от 4 до 7 отн.ед., более полно используют солнечный свет, т.е. весь солнечный свет перехватывается зеленой массой растений, нет перегрева земли (индекс является мерой фотосинтезирующей биомассы).

В фазу цветения отмечается снижение значений индекса в контроле (при поливе) от 1,26 (Полина) до 4,27 (Краса Дона), а в условиях засухи (опыт) – от 0,53 (Полина) до 2,55 (Краса Дона) (рис. 3).

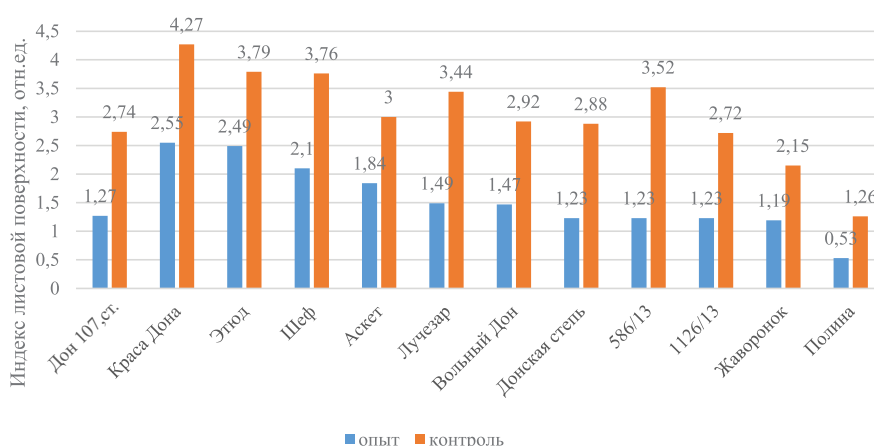


Рис. 3. Значения индекса листовой поверхности при различных условиях увлажнения (фаза цветения)
Fig. 3. Values of the leaf surface index under various moisture conditions (flowering phase)

Наименьшая существенная разница составила $\pm 0,11$ ед. в опыте и $\pm 0,14$ ед. в контроле. При низких значениях индекса от 1 до 2 солнечный свет не в полной мере используется биомассой растений.

Один из наиболее важных параметров фотосинтетического аппарата растений – хлорофилл. По содержанию этого пигмента в растении судят о его развитии и потенциальной возможности формировать урожай при раз-

личных условиях выращивания, т.е. содержание хлорофилла – важный фактор, определяющий биологическую продуктивность растений. В ходе исследований была изучена динамика относительного содержания хлорофилла в условиях засухи (опыт). В фазу колошения содержа-

ние пигмента варьировало от 2,2 (Жаворонок) до 3,7 мг/100 сырого вещества (Краса Дона). Наибольшая концентрация пигмента отмечена у сортов Краса Дона, Эюд, Вольный Дон, достоверно превысивших стандарт Дон 107 ($HCP_{0,5} = \pm 0,18$) (рис. 4).

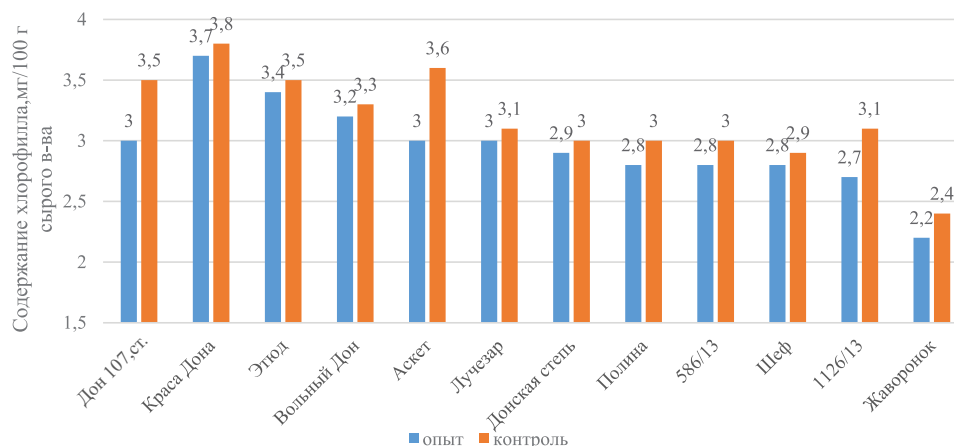


Рис. 4. Изменение содержания пигментов хлорофилла в листьях образцов озимой мягкой пшеницы при различных условиях выращивания (фаза колошения)

Fig. 4. Change in the chlorophyll pigments content in leaves of the winter bread wheat samples under various growing conditions (heading phase)

При нарастающей засухе (опыт) к фазе цветения наибольшая сохранность пигмента хлорофилла отмечена у сортов Эюд (3,2 мг/100

сырого вещества), Краса Дона (3,0 мг/100 сырого вещества), Вольный Дон (3,0 мг/100 сырого вещества) ($HCP_{0,5} = \pm 0,14$) (рис. 5).

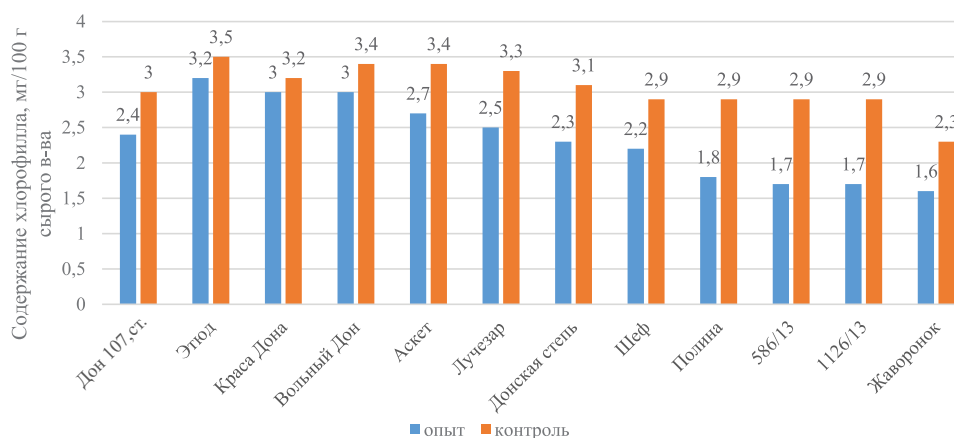


Рис. 5. Изменение содержания пигментов хлорофилла в листьях образцов озимой мягкой пшеницы при различных условиях выращивания (фаза цветения)

Fig. 5. Change in the chlorophyll pigments content in leaves of the winter bread wheat samples under various growing conditions (flowering phase)

Наименьшее снижение содержания хлорофилла у этих сортов позволяет заключить, что их пигментный аппарат относительно устойчив к обезвоживанию. Максимальные значения этого показателя при поливе (контроль) отмечены как в фазу колошения, так и цветения у сортов Краса Дона (3,8 и 3,5 мг/100 сырого вещества, $HCP_{0,5} = \pm 0,16$) и Аскет (3,6

и 3,4 мг/100 сырого вещества, $HCP_{0,5} = \pm 0,12$) соответственно.

Результатом фотосинтетической деятельности растений является их урожайность. За период 2017–2020 гг. в условиях оптимального увлажнения урожайность сортов озимой мягкой пшеницы была в пределах от 225,0 г/м² (Донская степь) до 391,0 г/м² (Краса Дона) (рис. 6).

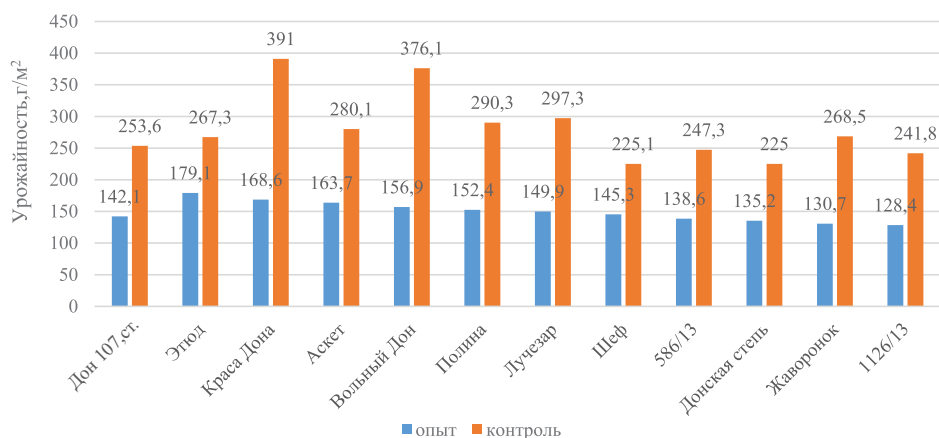


Рис. 6. Урожайность образцов озимой мягкой пшеницы при различных условиях выращивания
Fig. 6. Productivity of the winter bread wheat samples under various growing conditions

Достоверное превышение стандарта отмечено у сортов Краса Дона, Вольный Дон, Лучезар, Полина, Аскет, Жаворонок и Этюд ($НСР_{0,5} = 13,2 \text{ г/м}^2$). В условиях недостаточного увлажнения урожайность сортов варьировала от $128,4 \text{ г/м}^2$ (1126/13) до $179,1 \text{ г/м}^2$ (Этюд). Достоверно стандартный сорт Дон 107 превысили сорта Этюд, Краса Дона, Аскет, Вольный Дон, Полина, Лучезар ($НСР_{0,5} = 6,5 \text{ г/м}^2$). На основе полученных данных установлена средняя корреляционная связь между содержанием хлорофилла и урожайностью. В среднем за годы исследований эти значения составили $r = 0,62 (\pm 0,13)$ (фаза колошения) и $r = 0,65 (\pm 0,09)$ (фаза цветения).

Выводы. Исследованиями установлено, что изменение показателя индекса листовой поверхности и сохранность пигмента хлорофилла в листьях за период вегетации тесно связано с засухоустойчивостью растений, запасом влаги в почве и изучаемым генотипом. В условиях недостаточной влагообеспечен-

ности максимальные значения индекса листовой поверхности в фазу колошения сформировали сорта Краса Дона (5,99 отн. ед), Аскет (5,44 отн. ед.), а в фазу цветения сорта Краса Дона (2,55 отн. ед) и Этюд (2,49 отн. ед.). Наибольшее содержание пигмента хлорофилла как в фазу колошения, так и в фазу цветения отмечено у сортов Краса Дона (3,7; $3,0 \text{ мг/100 г}$ сырого вещества), Этюд (3,4; $3,2 \text{ мг/100 г}$ сырого вещества) и Вольный Дон (3,2; $3,0 \text{ мг/100 г}$ сырого вещества) соответственно. По величине урожайности достоверно стандартный сорт Дон 107 превысили сорта Этюд, Краса Дона, Аскет, Вольный Дон.

Следует подчеркнуть, что для получения объективной информации о физиологических особенностях сортов озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения необходимы дальнейшие всесторонние исследования физиологических показателей элементов фотосинтетической деятельности, засухоустойчивости, формирования урожая, роста и развития.

Библиографические ссылки

1. Бондаренко В.В., Кормилицына О.В., Коолен Д. Определение индекса листовой поверхности на основе анализа цифровых изображений кроны и его использование для оценки категорий состояния деревьев // Вестник московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. № 1. С. 94-98.
2. Николаева М.К., Маевская С.Н., Шугаев А.Г., Бухов Н.Г. Влияние засухи на содержание хлорофилла и активность ферментов антиоксидантной системы в листьях трех сортов пшеницы, различающихся по продуктивности // Физиология растений. 2011. Т. 57. № 1. С. 94-102.
3. Николенко В.В., Котов С.Ф. Метод определения площади листовой декоративных сортов земляники // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2010. Вып. 2. С. 99-105.
4. Подушин Ю.В., Ольховский М.Ю., Федулов Ю.П. Влияние факторов агротехники на индекс листовой поверхности и содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2009. № 51(7). С. 319-326.
5. Прядкин Г.Л. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14. № 1. С. 97-108. DOI: 001:10.21498/2518-1017.14.1.2018.126524.
6. Осипова С.В., Рудиковский А.В., Пермиков А.В., Рудиковская Е.Г., Пермикова М.Д., Верхотуров В.В., Пшеничникова Т.А. Физиологические реакции линий пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с генетически различным опущением листа на водный дефицит // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. 24(8) С. 813-820. DOI 10.18699/VJ20.678.
7. Сапега В.А. Потенциал урожайности, стрессоустойчивость и экологическая пластичность среднеранних сортов яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2(44). С. 6-10.
8. Budak H., Kantar M., Yucebilgili Kurtoglu K. Drought tolerance in modern and wild wheat. Sci. World J., V. 2013. Article number 548246.

9. Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan, R., Varshney, R.K. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theor. Appl. Genet.*, V. 125. 2012 p. 625-645.

10. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *J. Expt. Bot*, 58, 2007 p. 221-227. DOI: 10.1093/jxb/erl164.

References

1. Bondarenko V.V., Kormilicyna O.V., Koolen D. Opredelenie indeksa listovoj poverhnosti na osnove analiza cifrovyyh izobrazhenij krony i ego ispol'zovanie dlya ocenki kategorij sostoyaniya derev'ev [Identification of the leaf surface index based on the analysis of digital images of the crown and its use to estimate the tree condition categories] // *Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik*. 2016. № 1. S. 94-98.

2. Nikolaeva M.K., Maevskaya S.N., SHugaev A.G., Buhov N.G. Vliyanie zasuhi na sodержanie hlorofilla i aktivnost' fermentov antioksidantnoj sistemy v list'yah trekh sortov pshenicy, razlichayushchihsya po produktivnosti [The effect of drought on the chlorophyll content and the activity of enzymes of the antioxidant system in the leaves of three wheat varieties, differing in productivity] // *Fiziologiya rastenij*. 2011. T. 57. № 1. S. 94-102.

3. Nikolenko V.V., Kotov S.F. Metod opredeleniya ploshchadi listvoj dekorativnykh sortov zemlyaniki [Method for estimating the area of foliage of decorative strawberry varieties] // *Ekosistemy, ih optimizatsiya i ohrana*. 2010. Vyp. 2. S. 99-105.

4. Podushin YU.V., Ol'hovskij M.YU., Fedulov YU.P. Vliyanie faktorov agrotekhniki na indeks listovoj poverhnosti i sodержanie hlorofilla v list'yah ozimoy pshenicy [The effect of agricultural technology factors on the leaf surface index and chlorophyll content in winter wheat leaves] // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU*, 2009. № 51(7). S. 319-326.

5. Pryadkin G.L. Pigmenty, effektivnost' fotosinteza i produktivnost' pshenicy [Pigments, photosynthetic efficiency and wheat productivity] // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. T. 14. № 1. S. 97-108. DOI: 001:10.21498/2518-1017.14.1.2018.126524.

6. Osipova S.V., Rudikovskij A.V., Permyakov A.V., Rudikovskaya E.G., Permyakova M.D., Verhoturov V.V., Pshenichnikova T.A. Fiziologicheskie reakcii linij pshenicy (*Triticum aestivum* L.) s geneticheski razlichnym opusheniem lista na vodnyj deficit [Physiological reactions of wheat lines (*Triticum aestivum* L.) with genetically different foliage to water deficit] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2020. 24(8) S. 813-820. DOI 10.18699/VJ20.678.

7. Sapaga V.A. Potencial urozhajnosti, stressoustojchivost' i ekologicheskaya plastichnost' sredneranni sortov yarovoj pshenicy [Yield potential, stress resistance and ecological plasticity of mid-early spring wheat varieties] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 2(44). S 6-10.

8. Budak H., Kantar M., Yucebilgili Kurtoglu K. Drought tolerance in modern and wild wheat. *Sci. World J.*, V. 2013. Article number 548246.

9. Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R., Varshney, R.K. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theor. Appl. Genet.*, V. 125. 2012 r. 625-645.

10. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *J. Expt. Bot*, 58, 2007 r. 221-227. DOI: 10.1093/jxb/erl164.

Поступила: 28.10.21; принята к публикации: 15.11.21.

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. Голубова В.А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация; Газе В.Л. – проведение лабораторных опытов; Лобунская И.А. – сбор данных и подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КОЛЛЕКЦИИ СИММУТ НА ПРИСУТСТВИЕ ГЕНА *LR 34*

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

О.С. Жогалева, младший научный сотрудник лаборатории маркерной селекции, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

А.Ю. Дубина, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции, ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

Н.Т. Купрейшвили, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции, ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

Т.Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

С.В. Подгорный, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В настоящее время в России и в мире все более актуальной является проблематика улучшения продовольственной безопасности. Одной из основных выращиваемых во всем мире сельскохозяйственных культур является озимая мягкая пшеница. Устойчивые к основным листовым болезням сорта могут давать высокий урожай зерна. Таким образом, поиск и идентификация генов устойчивости является актуальной задачей. Целью данной работы являлась оценка генофонда озимой мягкой пшеницы коллекции СИММУТ (Мексика) по наличию гена возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*. В изучении коллекционных образцов применяли следующие методы: выделение ДНК при помощи СТАВ, постановки ПЦР, проведения электрофореза на агарозных гелях. В результате проведенных исследований установлено наличие функционального аллеля гена *Lr 34* у 146 образцов озимой мягкой пшеницы из 411 изученных (наборы 20th IWWYT-SA, 21th IWWYT-IRR, 25th FAWWON-IRR, 25th FAWWON-SA). Идентифицировано 3 образца с гетерозиготным аллельным состоянием гена *Lr 34*. Определено 232 образца с не функциональным аллелем гена *Lr 34*. У 30 образцов озимой мягкой пшеницы амплификация фрагментов ДНК молекулярным маркером *csLV34* отсутствовала, что может свидетельствовать о значительной вариативности микросателлитной последовательности, на которую был разработан молекулярный маркер, в их генотипе. Устойчивостью в полевых условиях и на инфекционном поле обладал 121 образец озимой мягкой пшеницы из 146 несущих функциональный ген устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*. Остальные 25 образцов с геном *Lr 34* относились к группе среднеустойчивых на инфекционном фоне. Идентифицированный 121 образец озимой мягкой пшеницы коллекции СИММУТ, имеющий ген *Lr 34*, с устойчивым типом реакции на поражение патогеном (например, 9919, 9921, 9928, 9809, 9811, 9812, 23, 24, 30, 262, 265, 266 и др.) предлагается использовать для пирамидирования в будущих селекционных программах на устойчивость к бурой ржавчине.

Ключевые слова: пшеница, бурая ржавчина, *Lr 34*, ген, идентификация, устойчивость.

Для цитирования: Вожжова Н.Н., Жогалева О.С., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т., Дерова Т.Г., Подгорный С.В. Оценка генофонда озимой мягкой пшеницы коллекции СИММУТ на присутствие гена *Lr 34* // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 15–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-15-20.



ESTIMATION OF THE GENE POOL OF THE CIMMYT COLLECTION WINTER BREAD WHEAT ON PRESENCE OF THE *LR 34* GENE

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

O.S. Zhogaleva, junior researcher of the laboratory for marker breeding, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

A.Yu. Dubina, research technician of the laboratory for marker breeding, ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

N.T. Kupreyshvili, research technician of the laboratory for marker breeding, ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

T.G. Derova, leading researcher of the laboratory of plant immunity and protection, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

S.V. Podgorny, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Nowadays in Russia and in the world, the problem of improving food security is becoming more and more urgent. One of the main crops grown worldwide is winter bread wheat. Varieties resistant to main leaf diseases can produce large grain yields. Thus, the study and identification of resistance genes are of great importance. The purpose of the current work was to estimate the gene pool of winter bread wheat from the CIMMYT collection (Mexico) according to the age brown rust *Lr 34* resistance gene. In the study of collection samples, there have been used such methods as DNA extraction using CTAB, PCR, electrophoresis on agarose gels. As a result of the study, there has been identified a presence of a functional allele of the *Lr 34* gene in 146 winter bread wheat samples out of 411 studied ones (sets 20th IWWYT-SA, 21th IWWYT-IRR, 25th FAWWON-IRR, 25th FAWWON-SA). There have been identified three samples with a heterozygous allelic state of the *Lr 34* gene. There have been identified 232 samples with the non-functional *Lr 34* gene allele. 30 winter bread wheat samples had no amplification of DNA fragments with the molecular marker csLV34, which means a significant microsatellite sequence variability for which the molecular marker was developed in their genotype. 121 out of 146 winter bread wheat samples with the functional brown rust *Lr 34* resistance gene showed resistance in field conditions and in the infectious plots. The rest 25 samples with the *Lr 34* gene belonged to the group of moderately resistant ones in the infectious plots. The identified 121 CIMMYT collection winter bread wheat varieties, with the *Lr 34* gene possessing a resistant type of pathogen damage response (for example, 9919, 9921, 9928, 9809, 9811, 9812, 23, 24, 30, 262, 265, 266, etc.) have been recommended for use in leaf rust resistance pyramiding in future breeding programs.

Keywords: wheat, brown rust, *Lr 34*, gene, identification, resistance.

Введение. В настоящее время в России и в мире все более актуальной является проблематика улучшения продовольственной безопасности. Появление пандемии болезни COVID-19 оказало влияние на снижение темпов мирового экономического роста. При этом потребность в пище с каждым годом по мере увеличения численности населения планеты, возрастает. По данным ФАО, в 2020 году от голода страдали более 700 миллионов человек, проживающих в Африке, Азии и странах Латинской Америки и Карибского бассейна (FAO, 2021).

Озимая мягкая пшеница является одной из основных выращиваемых сельскохозяйственных культур во всем мире. Урожайные и устойчивые к основным листовым болезням сорта необходимы для обеспечения Российской продовольственной безопасности.

Бурая ржавчина относится к наиболее широко распространенным болезням озимой мягкой пшеницы и может приводить к значительным потерям урожая (Figuerola et al., 2018).

Гены возрастной устойчивости к бурой ржавчине, к которым относится ген *Lr 34*, позволяют растениям медленнее накапливать инфекцию при поражении, а в сочетании с другими генами устойчивости – оказывать эффективное сопротивление патогену (Khan et al., 2017).

Известно, что локус *Lr34/Yr18/Sr57/Pm38/Ltn1* локализован на коротком плече хромосомы 7D (Dyck, 1987) и используется в сортах озимой пшеницы, созданных за рубежом, совместно с еще 3-4 генами возрастной и ювенильной устойчивости (Ellis et al., 2014). Следовательно, для обеспечения устойчивости новых сортов требуется пирамидирование гена *Lr 34* с другими генами устойчивости, что обуславливает необходимость изучения имеющихся у селекционеров генотипов озимой мягкой пшеницы.

Таким образом, оценка генофонда коллекционного материала, полученного от CIMMYT, по наличию гена *Lr 34*, является актуальной задачей и целью настоящего исследования.

Материалы и методы исследований.

В качестве объекта исследования использовали 411 образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции CIMMYT (наборы 20th IWWYT-SA, 21th IWWYT-IR, 25th FAWWON-IR, 25th FAWWON-SA) происхождением из таких стран, как США, Венгрия, Румыния, Россия, Турция, Франция, Казахстан, Украина и Канада. Все образцы выращивались в 2018–2019 гг. в полевых условиях питомника лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа (площадь делянки – 3 м², повторность 2-кратная) и на инфекционном фоне лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (2019) и Методикой полевого опыта (2014). В полевых условиях в качестве стандарта использовали сорт Ермак. В условиях инфекционного фона в качестве восприимчивого сорта использовали сорт Тарасовская 29.

Оценку пораженности растений бурой ржавчиной проводили по модифицированной шкале Кобба (Peterson et al., 1948; Roelfs et al., 1992), а образцы разделяли на группы устойчивости (R – высокоустойчивые и устойчивые (нет поражения, или нет пустул, но имеются некротические или хлоротические пятнышки различных размеров, или когда в месте пустул образуются четко выраженные хлоротические пятна, а пораженность листьев достигает 5–10%); MR – среднеустойчивые (пустулы очень мелкие, окружены хлоротичной зоной, пораженность листьев не более 10–30%); MS – слабовосприимчивые и средневосприимчивые (пустулы мелкие, пораженность листьев до 40–50%); S – восприимчивые и высоковосприимчивые (пустулы крупные, пораженность листьев до 75–100%)) согласно системе мониторинга болезней, вредителей и сорняков зерновых культур ФАО (Koyshybaev and Muminjanov, 2016).

Наблюдение метеорологических условий развития растений и патогена осуществляли по данным Зерноградской метеорологической станции (рис. 1).

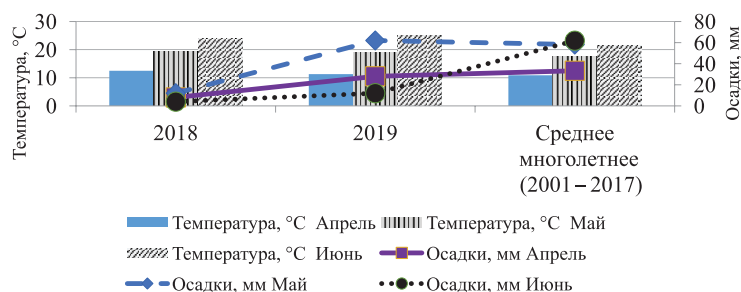


Рис. 1. Метеорологические условия апреля-июня 2018–2019 гг. по данным Зерноградской метеостанции
Fig. 1. Weather conditions in April-June of 2018–2019, according to the Zernograd meteorological station

При благоприятной температуре (до 25 °C) в апреле-июне 2018 г. выпало гораздо меньше осадков (8, 12 и 4 мм) по сравнению со средним многолетним (с 2001 по 2017 гг.) значением (33, 58 и 62 мм соответственно). Осадки мая 2019 г. вместе с комфортной для патогена температурой (19 °C) благоприятствовали росту и развитию бурой ржавчины, что позволило дифференцировать коллекцию на группы устойчивости.

Анализ наличия целевого гена выполняли в лаборатории маркерной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве контроля использовали линию сорта Thatcher с геном *Lr 34*. Выделение ДНК из образцов проводили методом Murray M. G. (Murray and Thompson, 1980) при помощи коммерческого набора «ДНК-Экстрен-3» (Синтол, Россия). Ген возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34* определяли кодоминантным STS-маркер *csLV34* согласно разработанному Lagudah E. S. et al. протоколу (Lagudah et al., 2006).

Продукты реакции визуализировали в 2% агарозном геле, окрашивали 0,1% раствором

EtBr в 0,5x TBE-буфере, и фотографировали в ультрафиолете в приборе Bio-Rad GelDoc XR+. Размер ампликонов на агарозном геле определяли маркером молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (50-1000 bp). Оценку электрофореграмм проводили в программе Bio-Rad ImageLab 6.0.1. Анализ полученных данных выполняли в программах Microsoft Excel и Rstudio (RStudio Team, 2016) на языке R (R Core Team, 2018).

Результаты и их обсуждение. Все изучаемые образцы хорошо перезимовывали и созревали в полевых условиях Ростовской области. В годы исследования наблюдались засушливые условия, препятствующие значительному развитию бурой ржавчины.

Все образцы озимой мягкой пшеницы из коллекции CIMMYT в 2018 г. показывали высокую полевую устойчивость к бурой ржавчине, а в 2019 г. метеорологические условия позволили дифференцировать коллекцию на группы устойчивости (см. таблицу).

Распределение коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы по группам устойчивости к бурой ржавчине Distribution of the collection winter bread wheat samples according to brown rust resistance groups

Код группы устойчивости	Группа устойчивости	Количество образцов	Оценка пораженности растений бурой ржавчиной	
			2018 г.	2019 г.
R	Высокоустойчивые	350	сл.	сл., 0–5
	Устойчивые		0–5	10–15
MR	Среднеустойчивые	26	0–5	15–20
MS	Слабовосприимчивые	13	0–5	20–30
	Средневосприимчивые			30–40
S	Восприимчивые	22	0–5	40–50
	Высоковосприимчивые			50–60, >60
–	Восприимчивый сорт Тарасовская 29	–	20–30	50–60

Большинство образцов относилось к группе устойчивых R (85,16%), в группе среднеустойчивых MR находилось 6,33%, в группе средневосприимчивых MS – 3,16%, а в группе восприимчивых S – 5,35%.

Вместе с тем, образцы озимой мягкой пшеницы анализировали в лаборатории маркерной селекции на наличие гена возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*.

По литературным данным, молекулярные размеры ампликонов маркера *csLV34* состав-

ляют 150 пар нуклеотидов (п.н.) для функционального аллеля и 229 п.н. для не функционального аллеля (Lagudah et al., 2006).

В результате проведенного исследования 411 коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы (CIMMYT, Мексика) нами был получен ряд электрофореграмм скрининга наличия гена возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*. Одна из этих электрофореграмм представлена на рисунке 2.

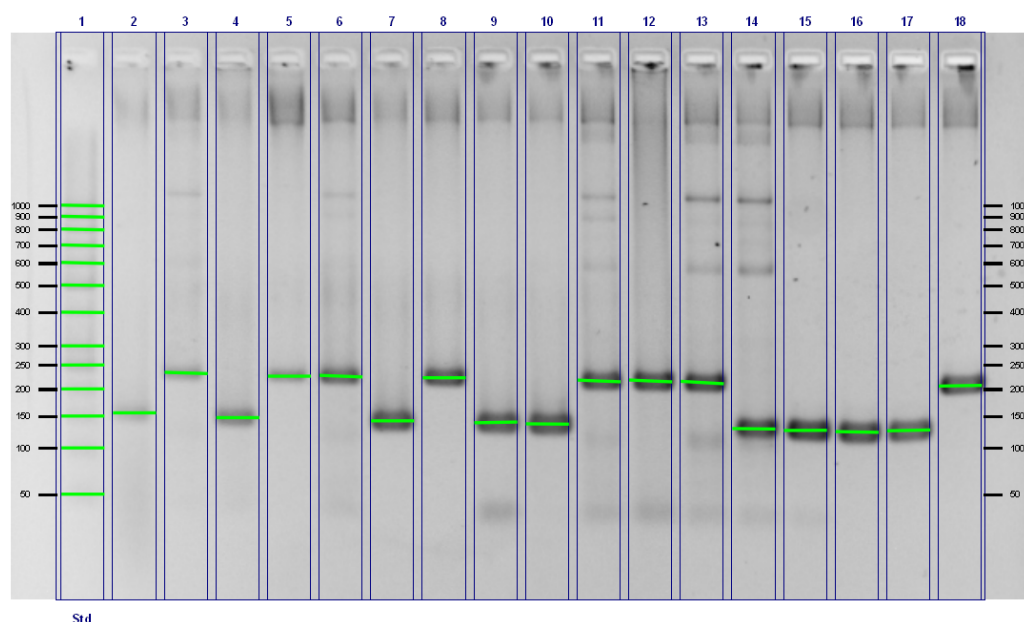


Рис. 2. Электрофореграмма скрининга наличия гена возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34* у образцов озимой мягкой пшеницы: 1 – Маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 п.н.), 2 – TchrLr34 (положительный контроль), 3 – 9901, 4 – **9902**, 5 – 9903, 6 – 9904, 7 – **9905**, 8 – 9907, 9 – **9908**, 10 – **9909**, 11 – 9910, 12 – 9911, 13 – 9912, 14 – **9913**, 15 – **9914**, 16 – **9915**, 17 – **9916**, 18 – 9917.

Fig. 2. Electropherogram of screening for the presence of the age brown rust *Lr 34* resistance gene in the winter bread wheat samples: 1 – Molecular weight marker Thermo Scientific GeneRuler 50+ bp (100–1000 bp), 2 – TchrLr34 (positive control), 3 – 9901, 4 – **9902**, 5 – 9903, 6 – 9904, 7 – **9905**, 8 – 9907, 9 – **9908**, 10 – 9909, 11 – **9910**, 12 – 9911, 13 – 9912, 14 – **9913**, 15 – **9914**, 16 – **9915**, 17 – **9916**, 18 – 9917.

Целевой фрагмент ДНК, размером 150 п.н., свидетельствующий о наличии функционального аллеля гена устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*, был идентифицирован у образцов 9902, 9905, 9908, 9909, 9913, 9914, 9915 и 9916.

У образцов 9901, 9903, 9904, 9907, 9910, 9911, 9912 и 9917 был выявлен ампликон размером 229 п.н., соответствующий не функциональному аллелю гена *Lr 34*.

При изучении коллекции из 411 образцов озимой мягкой пшеницы, поступивших из CIMMYT, было идентифицировано наличие функционального аллеля гена устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34* у 146 образцов (35,52%), таких как: 9919, 9921, 9928, 9935, 9941, 9942 и др. из набора 20th IWWYT-SA; 9809, 9811, 9812, 9815, 9816 и др. из набора 21th IWWYT-IR; 23, 24, 30, 32, 35, 65 и др. из набора 25th FAWWON-IR; 260, 261, 262, 265, 266, 268 и др. из набора 25th FAWWON-SA (рис. 3).

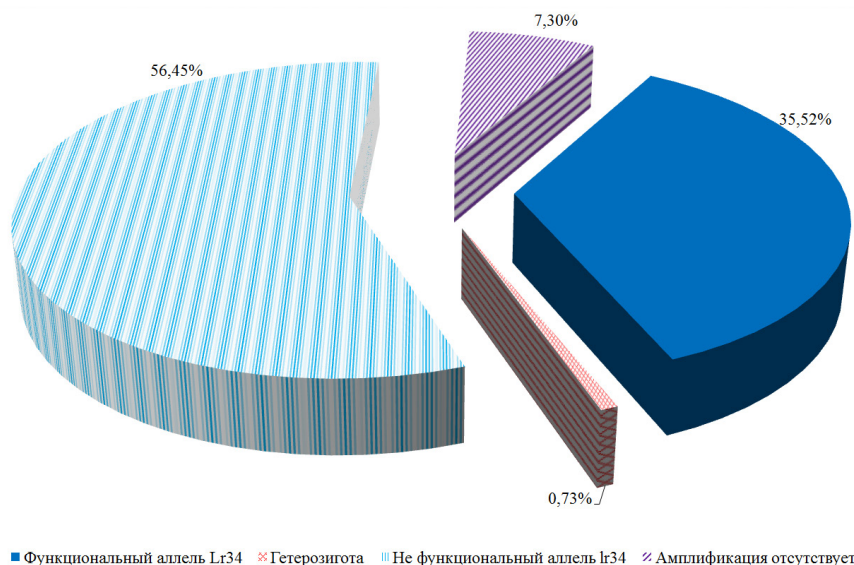


Рис. 3. Распределение аллелей гена возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34* у образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции CIMMYT (Мексика)

Fig. 3. Distribution of leaf rust resistance gene *Lr 34* alleles in winter bread wheat samples from the CIMMYT collection (Mexico).

Гетерозиготное аллельное состояние гена *Lr 34* было идентифицировано у 0,73% образцов (всего – 3 шт.).

Не функциональный аллель гена *Lr 34* выявлен у 232 образцов (56,45%).

У 30 образцов амплификация фрагментов ДНК отсутствовала (7,3%), и ген *Lr 34* не был выявлен. Отсутствие амплификации у этих образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции CIMMYT может свидетельствовать о значительной вариативности микросателлитной последовательности, на которую был разработан молекулярный маркер, в их генотипе.

Анализ группы устойчивых в полевых условиях и условиях инфекционного фона коллекционных образцов показал, что ген возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34* имеет лишь у 121 образца (что составляет 34,57% от всех образцов группы). Один образец – 9817 – был гетерозиготным. У 211 образцов (60,29%) наблюдалось наличие не функционального аллеля гена *Lr 34*, а у 17 образцов амплификация отсутствовала. Двадцать пять образцов из 146, у которых был идентифицирован функциональный аллель гена *Lr 34* относились к группе среднеустойчивых на инфекционном фоне, что может быть связано с отсутствием

в их генотипе других генов устойчивости к бурой ржавчине, которые при взаимодействии с геном *Lr 34* улучшают общую устойчивость растения к патогену.

Следовательно, образцы озимой мягкой пшеницы коллекции CIMMYT, не несущие функциональный ген возрастной устойчивости к бурой ржавчине *Lr 34*, но входящие в группу устойчивых образцов, несут в своем генотипе другие функциональные гены устойчивости, что требует дальнейших исследований.

Выводы. По результатам проведенных исследований рекомендуем использовать в селекционных программах, направленных на повышение устойчивости сортов озимой пшеницы к бурой ржавчине, идентифицированные образцы с функциональным аллелем гена *Lr 34*, одновременно входящие в группу «Устойчивые» по итогам оценки на инфекционном фоне – 121 образец из коллекции CIMMYT (9919, 9921, 9928, 9935, 9941, 9942, 9809, 9811, 9812, 9815, 9816, 23, 24, 30, 32, 35, 65, 260, 261, 262, 265, 266, 268 и др.). Они могут служить в качестве источника резистентности и основы для пирамидирования других генов в селекционных программах на устойчивость к болезням.

Библиографические ссылки

1. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. 2019, 329 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
3. Dyck P.L. The association of a gene for leaf rust resistance with the chromosome 7D suppressor of stem rust resistance in common wheat // *Genome*. 1987. V. 29(3). pp. 467-469. <https://doi.org/10.1139/g87-081>
4. Ellis J.G., Lagudah E.S., Spielmeyer W., Dodds P.N. The past, present and future of breeding rust resistant wheat // *Front. Plant Sci.* 2014. V. 5. p. 641. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00641>.
5. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases – a field perspective // *Mol Plant Pathol.* 2018. 19(6). pp. 1523-1536. <https://doi.org/10.1111/mpp.12618>.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/ru/>
7. Khan H., Bhardwaj S.C., Gangwar O.P., Prasad P., Kashyap P.L., Savadi S., Kumarand S., Rathore R. Identifying some Additional Rust Resistance Genes in Indian Wheat Varieties Using Robust Markers // *Cereal Research Communications*. 2017. V. 45(4). pp. 633-646. <https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.041>
8. Koyshybaev M., Muminjanov H. Guidelines for monitoring diseases, pests and weeds in cereal crops // Food and Agriculture Organization of the United Nations: Ankara. 2016. pp. 42.
9. 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 // *Theor. Appl. Genet.* 2006. V. 114. P. 21-30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.
10. Murray M.G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // *Nucleic Acids Res.* 1980. V. 8. pp. 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. V. 26c. № 5. pp. 496-500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
12. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing // R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria. 2018.
13. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management // Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992. 81 pages. URL: <https://rusttracker.cimmyt.org/wp-content/uploads/2011/11/rustdiseases.pdf>.
14. RStudio Team. RStudio: Integrated Development Environment for R // RStudio Inc.: Boston. MA. 2016.

References

1. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M. 2019, 329 s.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy 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.

3. Dyck P.L. The association of a gene for leaf rust resistance with the chromosome 7D suppressor of stem rust resistance in common wheat // *Genome*. 1987. V.29(3). pp. 467-469. <https://doi.org/10.1139/g87-081>.
4. Ellis J.G., Lagudah E.S., Spielmeyer W., Dodds P.N. The past, present and future of breeding rust resistant wheat // *Front. Plant Sci.* 2014. V. 5. p. 641. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00641>.
5. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases – a field perspective // *Mol Plant Pathol.* 2018. 19(6). pp. 1523-1536. <https://doi.org/10.1111/mpp.12618>.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/ru/>.
7. Khan H., Bhardwaj S.C., Gangwar O.P., Prasad P., Kashyap P.L., Savadi S., Kumarand S., Rathore R. Identifying some Additional Rust Resistance Genes in Indian Wheat Varieties Using Robust Markers // *Cereal Research Communications*. 2017. V. 45(4). pp. 633–646. <https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.041>.
8. Koyschybaev M., Muminjanov H. Guidelines for monitoring diseases, pests and weeds in cereal crops // Food and Agriculture Organization of the United Nations: Ankara. 2016. pp. 42.
9. 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 // *Theor. Appl. Genet.* 2006. V. 114. P. 21-30. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0406-z>.
10. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // *Nucleic Acids Res.* 1980. V. 8. pp. 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. V. 26c. №5. pp. 496-500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
12. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing // R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria. 2018.
13. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management // Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992. 81 pages. URL: <https://rusttracker.cimmyt.org/wp-content/uploads/2011/11/rustdiseases.pdf>.
14. RStudio Team. RStudio: Integrated Development Environment for R // RStudio Inc.: Boston. MA. 2016.

Поступила: 8.10.21; принята к публикации: 15.11.21.

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. Вожжова Н.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Жогалева О.С., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т. – проведение лабораторных опытов; Дерова Т.Г. – оценка образцов на инфекционном фоне и сбор данных; Подгорный С.В. – проведение полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СОЗДАНИЕ ГАПЛОИДОВ В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Калинина Н.В., младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-2305-4189
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В современном мире применение технологии культивирования изолированных пыльников в настоящее время является неотъемлемой частью процесса селекции пшеницы. Создание гаплоидов в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы позволит получить новые формы пшеницы в кратчайшие сроки и без привлечения больших площадей. Цель исследований – дать оценку гибридам F_3 озимой мягкой пшеницы по отзывчивости пыльников и регенерации в культуре *in vitro*, выявить факторы, влияющие на выход гаплопродукции. Изучена способность к андрогенезу *in vitro* в культуре пыльников четырех гибридных комбинаций озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» интенсивного и полунинтенсивного типа. Проведена оценка роли минерального состава трех индукционных питательных средах N6, W14, NPB-99. Установлена связь основных этапов создания гаплоидных растений с генотипом. Наибольшая частота регенерации зеленых растений получена у образца F_3 623 интенсивного типа (3,3%). Наиболее подходящей средой для андрогенеза пыльников озимой мягкой пшеницы *in vitro* является NPB-99. Поскольку генотип F_3 623 интенсивного типа продемонстрировал высокие показатели гаплопродукционной способности, то он может быть успешно использован в селекционных программах для быстрого получения гомозиготных линий пшеницы в культуре пыльников *in vitro*. Используя двухфакторный дисперсионный анализ, была установлена взаимосвязь между эффектами генотипа, питательной среды и их взаимодействием с основными параметрами гаплообразования озимой пшеницы. Формирование эмбриогенных структур в основном связано с влиянием генотипа (46,52%). Доля питательного состава среды была низкой (1,82%), а фактор взаимодействия составил 2,1%. Наибольшее влияние на показатель количества регенерантов оказал генотип. Питательная среда мало повлияла. Что касается регенерации зеленых растений, которая является основным показателем гаплопродукционного процесса, доля влияния генотипа была наибольшей (47,32%). Вклад среды и взаимодействия факторов были менее важными, но статистически значимыми.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, генотип, культура пыльников, искусственная питательная среда, каллус, растение-регенерант.

Для цитирования: Калинина Н.В. Создание гаплоидов в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 21–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-21-26.



DEVELOPMENT OF HAPLOIDS IN THE WINTER BREAD WHEAT ANTHERS

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

In the modern world, the use of isolated anther cultivation technology is currently an integral part of the wheat breeding process. The development of haploids in the winter bread wheat anthers will allow obtaining new forms of wheat in the shortest possible time and without large areas. The purpose of the current study was to estimate the F_3 winter bread wheat hybrids according to the anthers' sensitivity to androgenesis and plant regeneration *in vitro* and to identify the factors affecting the yield of haploid production. There has been studied the ability to androgenesis *in vitro* in the anthers of four winter bread wheat hybrids of intensive and semi-intensive type of the FSBSI "ARC "Donskoy". There has been assessed the role of the mineral composition of three induction nutrient media N6, W14 and NPB-99. There has been established a correlation between the main stages of development of haploids and a genotype. The highest regeneration rate of green plants was obtained in the sample F_3 623 of intensive type (3.3%). The most suitable medium for androgenesis of the winter bread wheat anthers *in vitro* is NPB-99. Since the genotype F_3 623 of intensive type demonstrated high values of haploid production capacity, it could be successfully used in breeding programs for the rapid production of homozygous wheat anther lines *in vitro*. Using two-way analysis of variance, there has been identified a correlation between the effects of a genotype, nutrient medium and their interaction with the main parameters of haploid formation in winter wheat. The formation of embryogenic structures is mainly associated with the effect of a genotype (46.52%). The proportion of the nutrient composition of the medium was low (1.82%), and the correlation factor was 2.1%. The genotype had the greatest effect on the indicator of the regenerants' number. The nutrient medium had little effect. Regarding the regeneration of green plants, which is the main indicator of the haploid production, the share of a genotype effect was the largest (47.32%). The contribution of the medium and the correlation of factors were less important, but statistically significant.

Keywords: winter bread wheat, genotype, anthers, artificial nutrient medium, callus, regenerant plant.

Введение. Современные биотехнологические исследования позволяют решать серьезные проблемы в области селекции сельскохозяйственных культур, в том числе внедрение

новых клеточных технологий с классической генетикой и методами селекции открывает множество возможностей для практического применения (Testillano, 2019).

Вышесказанное больше подходит для метода выращивания изолированных пыльников, основанного на использовании андрогенеза *in vitro*. Этот метод повышает эффективность получения новых форм пшеницы в кратчайшие сроки и без привлечения больших площадей. В настоящее время в мире технология культивирования изолированных пыльников является неотъемлемой частью процесса селекции пшеницы (Dwivedi et al., 2015). Однако, несмотря на положительные результаты, многие проблемные вопросы все еще остаются нерешенными.

Культура пыльников является одним из наиболее эффективных методов получения гаплоидов и гомозиготных дигаплоидов. Потенциал андрогенеза *in vitro* в получении дигаплоидных растений высок, поскольку один пыльник содержит более тысячи микроспор, и из каждой из них может развиться новое растение. Однако пшеница известна как непокорный вид в отношении методов андрогенеза, таких как культура изолированных пыльников микроспор. В целом многие генотипы пшеницы, особенно при случайном отборе, плохо отзываются на культивирование *in vitro*. В частности наблюдается низкая регенерация зеленых растений, связанная либо с альбинизмом, либо с полным ее отсутствием (Грауда и др., 2015, Grauda et al., 2014).

Трудно разработать эффективный метод регенерации растений в культуре пыльников, поскольку существует множество факторов, влияющих на эффективность андрогенетической индукции. Успех в регенерации дигаплоидов в основном зависит от генотипа растений-доноров. Это также определяется условиями их выращивания, типом и длительностью воздействия стресса, условиями культивирования – особенно видом индукционной среды – содержанием в ней гормонов и взаимодействием между всеми этими факторами (Weigt et al., 2020).

Было проведено много исследований, касающихся технологии культивирования пыльников пшеницы *in vitro*. Используя комбинацию этой технологии с общепринятыми методами селекции, в некоторых странах уже разработаны и внедрены в производство сорта пшеницы, созданные с использованием дигаплоидных линий (Круглова и Сельдиминова, 2015).

Цель исследований – дать оценку гибридам F_3 озимой мягкой пшеницы по отзывчивости пыльников и регенерации в культуре *in vitro*, выявить факторы, влияющие на выход гаплопродукции.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований были случайно выбраны 4 гибридные комбинации озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» интенсивного и полунинтенсивного типа: F_3 532 п/инт., F_3 623 инт., F_3 630 п/инт., F_3 540 п/инт. Материал получен на опытных полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы.

Донорные растения были отобраны в поле. Колосья были взяты на средней или поздней одондерной стадии микроспорогенеза, которая считается оптимальной для выделения. Стадию развития микроспор определяли с по-

мощью препаратов, изготовленных из измельченных пыльников, собранных с центральной части колоса, которые окрашивали ацетокармином. Стебли с колосьями на соответствующей стадии хранили в колбах Эрленмейера с водой в темноте при температуре 4 °C в течение семи дней. После низкотемпературной предварительной обработки материала проводили стерилизацию в 5% растворе гипохлорита натрия 10 мин. Затем колосья трижды промывали в стерильной дистиллированной воде в течение 5 минут. Далее пыльники выделяли из колосьев и помещали в культуральные пробирки по 30 шт. на индукционную среду.

Всего было высажено на искусственные питательные среды 1939 шт. пыльников. Ежедневно наблюдали за процессом роста культуры, удаляли инфицированные пробирки.

Культивирование проводили на трех модифицированных питательных средах, из которых три – индукционные и одна для регенерации. Индукционные среды N6 (Головки и др., 2019), W14 (Barnabas, 2003), NPB-99 (Zheng et al., 2015), регенерационная – 190-2 (Barnabas, 2003). Среда W14 по содержанию макроэлементов была близка к среде N6, а среда NPB-99 содержала по прописи почти в два раза меньше макроэлементов по сравнению с N6. Среда W14 была схожа со средой NPB-99 по количеству микроэлементов, кроме того в обеих средах содержались такие микроэлементы, как молибден, медь и кобальт, в отличие от среды N6. В питательной среде NPB-99 находилась глютаминовая кислота (500 мг/л), а в средах N6 и W14 – глицин (2 мг/л). В среде NPB-99 – максимальное содержание тиамина (5 мг/л), в отличие от других сред. Кроме того в данной среде содержалось два ауксина: 2,4-Д (0,2 мг/л) и 3-ИУК (1 мг/л). В среде N6 и W14 присутствовал один ауксин – 2,4-Д (2 мг/л). Содержание цитокининов во всех трех средах было одинаковое – кетинина – 0,5, зеатина – 0,05 мг/л.

Пробирки с пыльниками инкубировали в термостате без доступа света при температуре +28 °C в течение 5–6 недель после посадки на индукционную среду. Во время этого периода пробирки осматривали под микроскопом, записывали время, дату, место образования и количество каллусов. Новообразования пересаживали на среду регенерации и инкубировали при температуре 25 °C в помещении с естественным освещением. Затем пробирки с эксплантами отправили в освещенную ростовую комнату, где они культивировались при освещенности 3000 люкс, 16ч/8ч фотопериод. Ежедневно наблюдали за регенерацией растений (появление зеленых побегов). Растения с хорошо развитой корневой системой в пробирках помещали на яровизацию в холодильник на 40 дней при температуре 4 °C (Головки и др., 2019, Grauda et al., 2014).

В ходе исследования были проанализированы следующие признаки:

- выход эмбриогенных структур;
- частота зеленых регенерантов;

• вклад факторов генотипа, состава питательных сред и их взаимодействия в основные параметры гаплопродукции.

Результаты и их обсуждение. В процессе анализа любого генотипа озимой пшеницы невозможно предсказать эффективность гаплопродукции в культуре пыльников. Поэтому при работе с неизученным (со стороны отзывчивости на андрогенез *in vitro*) генетическим материалом обязательной является оценка его гаплопродукционной способности. Результаты данного исследования показывают, что формирование эмбриогенных структур началось на 35–38 день от момента инокуляции пыльников на индукционную питательную среду.

Установлено, что при данных условиях эксперимента все изучаемые генотипы оказались чувствительными к первому этапу андрогенеза. По числу новообразований выделился генотип озимой мягкой пшеницы интенсивного типа F₃ 623 (табл. 1). Процент формирования эмбриогенных структур варьировал по генотипам в зависимости от варианта питательной среды от 6,84 до 22,4% по N6, от 5,78 до 40,38% по W14, от 0,97 до 31,58% по NPB-99. При этом генотип полуинтенсивного типа F₃ 532 характеризовался высокими значениями признака на средах W14 (40,38%) и NPB-99 (31,58%), а генотип пшеницы интенсивного типа F₃ 623 – на среде W14 (29,45%).

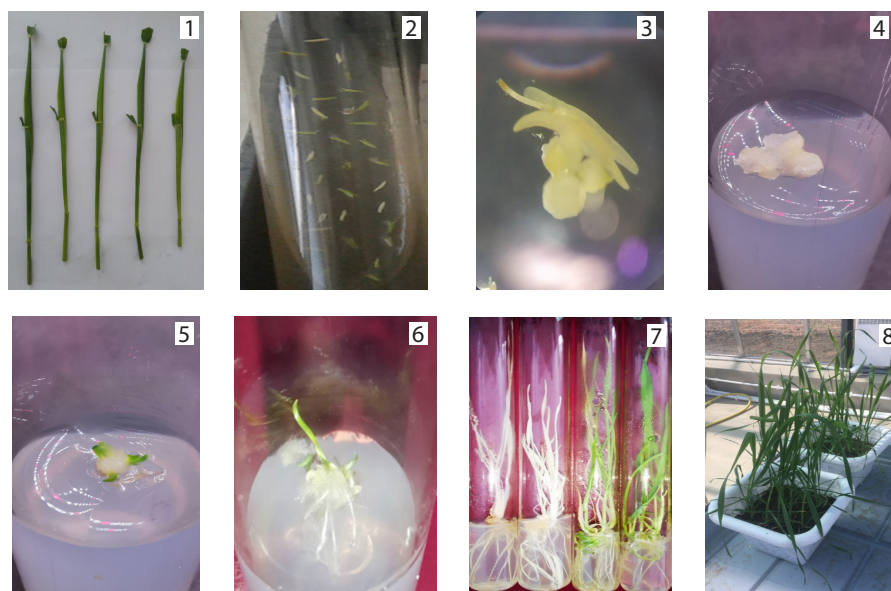
1. Эффективность андрогенеза *in vitro* в культуре пыльников различных генотипов озимой мягкой пшеницы (2021 г.)

1. Efficiency of androgenesis *in vitro* in the winter bread wheat anthers of various genotypes (2021)

Генотип	Индукционная среда	Количество высаженных пыльников, шт.	Эмбриогенных структур	
			шт.	частота индукции, %
F ₃ 532 п/инт.	N6	117	8	6,84
	W14	104	42	40,38
	NPB-99	95	30	31,58
F ₃ 623 инт.	N6	214	34	15,89
	W14	163	48	29,45
	NPB-99	183	21	11,48
F ₃ 630 п/инт.	N6	183	41	22,40
	W14	173	25	14,45
	NPB-99	140	6	4,29
F ₃ 540 п/инт.	N6	136	12	8,82
	W14	225	13	5,78
	NPB-99	206	2	0,97

Из данных генотипов, все были способны к формированию регенерантов. Развитие регенерантов *in vitro* происходило сходным обра-

зом и в сходные сроки с прорастанием пшеницы в обычных условиях (рис. 1).



1 – отбор донорных растений, 2 – инокуляция пыльников на среду индукции, 3 – новообразования на пыльнике, 4 – инокуляция новообразований на среду индукции, 5 – начало прорастания, 6 – фенофаза всходов, 7 – зеленые растения и растения-альбиносы, 8 – регенеранты в теплице

Рис. 1. Технология получения гаплоидов в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы (2021 г.)

Fig. 1. Technology for obtaining haploids in the winter bread wheat anthers (2021)

Пыльники изучаемых гибридов характеризовались различными показателями частоты образования растений-регенерантов. Высокая частота регенерации среди альбиносных растений наблюдалась у генотипа F₃ 532 – 8,4% по-

сле индукции пыльников на питательной среде NPB-99. Среди зеленых регенерантов высокую частоту регенерации показал генотип F₃ 623 (3,3%) также на питательной среде NPB-99 (рис. 2).

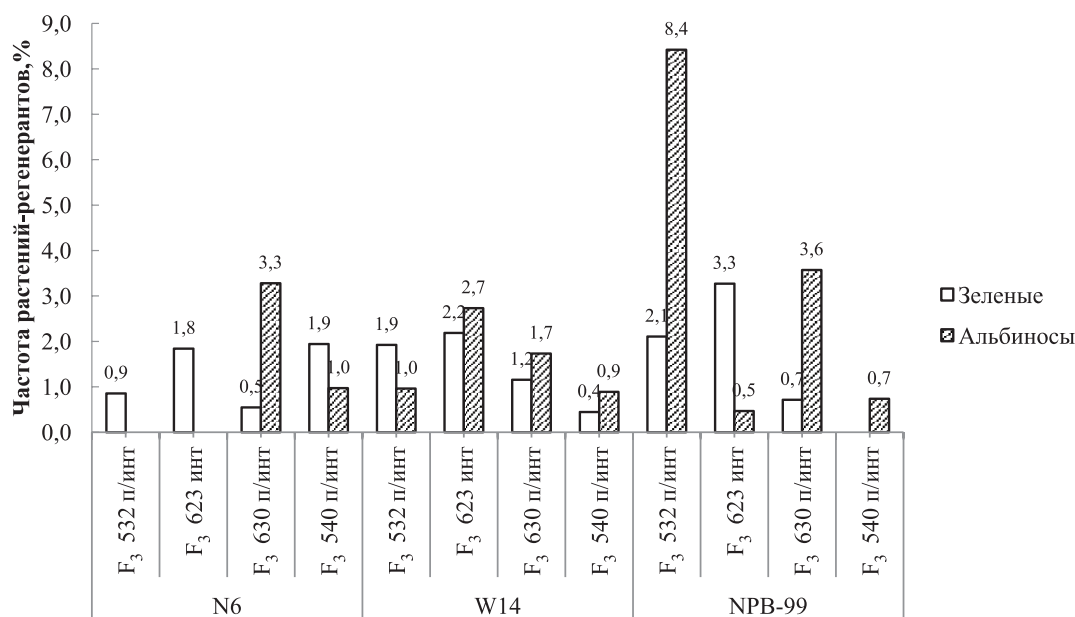


Рис. 2. Частота регенерации растений-регенерантов в зависимости от питательной среды и генотипа (2021 г.)
Fig. 2. Regeneration frequency of regenerant plants depending on the nutrient medium and genotype (2021)

Для выявления доли влияния генотипа, питательной среды и их взаимодействия был проведен двухфакторный дисперсионный анализ, который позволил выявить вклад факторов в формирование эмбрионных структур озимой мягкой пшеницы (Дьячук и др., 2017). Вклад генотипа при возникновении новообразований был значительным (46,52%). Доля влияния состава питательной среды была незначительной 1,82%, взаимодействие факторов составило 2,1%.

На показатель «число регенерантов» наибольшее влияние оказал генотип (48,11%). Доля вклада генотипа в величину регенерации зеленых растений была наибольшей (47,32%). Влияние питательной среды и взаимодействия факторов было менее значимым, но статистически достоверным (табл. 2). На эти процессы более 50% влияния оказывают прочие факторы: возраст пыльника, длительность холодной предобработки, условия культивирования, что является допустимым в подобных исследованиях.

2. Влияние состава питательных сред, генотипа и их взаимодействия на основные параметры гаплопродукции озимой мягкой пшеницы (2021 г.)

2. Effect of nutrient media composition, genotype and their correlation on the main parameters of winter haploid wheat production (2021)

Фактор	Эмбрионных структур, шт.			Число регенерантов			Число регенерантов зеленых		
	Доля влияния, %	F _{факт}	F _{теор}	Доля влияния, %	F _{факт}	F _{теор}	Доля влияния, %	F _{факт}	F _{теор}
Генотип	46,52	156,3	3,59	48,11	648,8	3,59	47,32	213,3	3,59
Питательная среда	1,82	9,2	3,98	-0,89	21,15	3,98	0,77	7,2	3,98
Взаимодействие генотип × питательная среда	2,1	3,59	3,09	1,67	13,02	3,09	1,64	10,5	3,09
Прочие факторы	49,56	–	–	51,11	–	–	50,27	–	–

Выводы. Наибольшая частота регенерации зеленых растений получена у образца F₃ 623 интенсивного типа (3,3%). В данных исследованиях установлено, что оптимальной средой для андрогенеза пыльников *in vitro* озимой мягкой пшеницы является среда NPB-99. В ходе двухфакторного дисперсионного анализа вы-

явлена доля влияния генотипа, питательной среды и их взаимодействия на гаплопродукционную способность озимой мягкой пшеницы. Формирование эмбрионных структур зависит в большей степени от генотипа (46,52%). Вклад состава питательной среды был незначительным 1,82%, взаимодействие факторов со-

ставило 2,1%. Отмечено, что на значение числа регенерантов наибольшее влияние оказывал генотип 48,11%, влияние питательной среды было незначительным. Количество зеленых

растений-регенерантов зависело от генотипа (47,32%). Вклад питательной среды и взаимодействия генотип × среда были менее значимы, но статистически достоверными.

Библиографические ссылки

1. Головкин С.Г., Калинина Н.В., Яцына А.А., Вожжова Н.Н., Ионова Е.В. Изучение способности к андрогенезу в культуре пыльников озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 41-45.
2. Грауда Д., Жагата К., Ланка Г., Страздиня В., Фетере В., Лисина Н., Красневска Н., Фокина О., Микельсоне А., Орницанс Р., Белогрудова И., Рашаль И. Генетическое разнообразие растений-регенерантов пшеницы (*Triticum aestivum* L.), созданных методом культуры пыльников // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(4). С. 537-544. DOI 10.18699/VJ16.176
3. Дьячук Т.И., Акинина В.Н., Хомякова О.В., Кибкало И.А., Поминов А.В. Эффективность метода культуры пыльников для ускоренного создания гомозиготных линий тритикале // Успехи современного естествознания. № 11. 2017. С. 24-29. DOI: 10.17513/use.36576
4. Круглова Н.Н., Сельдиминова О.А. Сравнительная оценка частоты образования андроклиных эмбрионидов у родительских сортов, гибридов F_1 и ди гаплоидных линий гибридов F_1 яровой мягкой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2015. № 2(10). С. 66-71.
5. Barnabas B. Protocol for producing doubled haploid plants from anther culture of wheat (*Triticum aestivum* L.) // M. Maluszynski et al. (eds.). Doubled Haploid Production in Crop Plants. 2002. P. 65-70.
6. Dwivedi S.L., Britt A.B., Tripathi L., Sharma S., Upadhyaya H.D., Ortiz R. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding // Biotechnology Advances. Vol. 33. Issue 6. Part 1. 2015. 33. P. 812-829. DOI 10.1016/j.biotechadv.2015.07.001
7. Grauda D., Mikel'sone A., Lisina N., Žagata K., Ornican's R., Fokina O., Lapina L., Rashal I. Anther culture effectiveness in producing doubled haploids of cereals // Proceedings of the latvian academy of sciences. Section B. Vol. 68 (2014). No.3/4 (690/691). P. 142-147. DOI:10.2478/prolas-2014-0016.
8. Testillano P.S. Microspore embryogenesis: Targeting the determinant factors of stress-induced cell reprogramming for crop improvement. Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70. 11 pp. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery464>.
9. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczak J., Tomkowiak A., Kwiatek M. Comparison of the Androgenic Response of Spring and Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. 2020. 9(1). 49 pp. <https://doi.org/10.3390/plants9010049>
10. Zheng M.Y., Bieren K., Griggs R. Developmental Dynamics of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Microspores under Culture // Advances in Bioscience and Biotechnology. 2015. 6. P. 693-701. <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.612072>.

References

1. Golovko S.G., Kalinina N.V., YAcyna A.A., Vozhzhova N.N., Ionova E.V. Izuchenie sposobnosti k androgenezu v kul'ture pyl'nikov ozimoy myagkoj pshenicy [Study of the ability to androgenesis of winter bread wheat anthers] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 41-45.
2. Grauda D., ŽHagata K., Lanka G., Strazdinya V., Fetere V., Lisina N., Krasnev'ska N., Fokina O., Mikel'sone A., Ornican's R., Belogrudova I., Rashal' I. Geneticheskoe raznoobrazie rastenij-regenerantov pshenicy (*Triticum aestivum* L.), sozdannyh metodom kul'tury pyl'nikov [Genetic diversity of wheat regenerant plants (*Triticum aestivum* L.) developed by the anther method] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2016. № 20(4). S. 537-544. DOI 10.18699/VJ16.176
3. D'yachuk T.I., Akinina V.N., Homyakova O.V., Kibkalo I.A., Pominov A.V. Effektivnost' metoda kul'tury pyl'nikov dlya uskoren'nogo sozdaniya gomozygotnyh linij tritikale [The efficiency of the anther method for the accelerated development of homozygous triticale lines] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. № 11. 2017. S. 24-29. DOI: 10.17513/use.36576.
4. Kругlova N.N., Sel'dimirova O.A. Sravnitel'naya ocenka chastoty obrazovaniya androklinnyh embrioidov u roditel'skih sortov, gibridov F_1 i digaploidnyh linij gibridov F_1 yarovoj myagkoj pshenicy [Comparative estimation of the frequency of androclinal embryoid formation in parental varieties, F_1 hybrids and dihaploid lines of F_1 hybrids of spring bread wheat] // Permskij agrarnyj vestnik. 2015. № 2(10). S. 66-71.
5. Barnabas B. Protocol for producing doubled haploid plants from anther culture of wheat (*Triticum aestivum* L.) // M. Maluszynski et al. (eds.). Doubled Haploid Production in Crop Plants. 2002. R. 65-70.
6. Dwivedi S.L., Britt A.B., Tripathi L., Sharma S., Upadhyaya H.D., Ortiz R. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding // Biotechnology Advances. Vol. 33. Issue 6. Part 1. 2015. 33. R. 812-829. DOI 10.1016/j.biotechadv.2015.07.001.
7. Grauda D., Mikel'sone A., Lisina N., Žagata K., Ornican's R., Fokina O., Lapina L., Rashal I. Anther culture effectiveness in producing doubled haploids of cereals // Rroceedings of the latvian academy of sciences. Section B. Vol. 68 (2014). No.3/4 (690/691).R. 142-147. DOI:10.2478/prolas-2014-0016.
8. Testillano P.S. Microspore embryogenesis: Targeting the determinant factors of stress-induced cell reprogramming for crop improvement. Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70. 11 pp. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery464>.
9. Weigt D., Kiel A., Siatkowski I., Zyprych-Walczak J., Tomkowiak A., Kwiatek M. Comparison of the Androgenic Response of Spring and Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Plants. 2020. 9(1). 49 rr. <https://doi.org/10.3390/plants9010049>.

10. Zheng M.Y., Bieren K., Griggs R. Developmental Dynamics of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Microspores under Culture // Advances in Bioscience and Biotechnology. 2015. 6. R. 693-701. <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.612072>.

Поступила: 5.10.21; принята к публикации: 10.11.21.

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. Калинина Н.В. – концептуализация проблемы, сбор, подготовка и обработка информации, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМИ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

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

Подбор пар для гибридизации требует знаний о взаимосвязи важнейших количественных признаков, влияющих на урожайность зерна гибридов кукурузы. Исследования проведены в «Аграрном научном центре «Донской» расположенном на юге Ростовской области, характеризующейся неустойчивым увлажнением. Годы изучения (2018–2020) – засушливые (ГТК 0,32–0,89). Цель исследований – изучение зависимостей между количественными признаками и влияния их на урожайность зерна гибридов кукурузы в условиях засухи. Объект исследований – 96 межлинейных гибридов кукурузы. На основе корреляционного анализа выявлено наличие зависимости между урожайностью зерна и количественными признаками: «масса 1 початка» ($r = 0,64 \dots 0,87$), «зерен в ряду початка» ($r = 0,37 \dots 0,75$), «зерен на початке» ($r = 0,32 \dots 0,51$), «початков на 1 растении» ($r = 0,41 \dots 0,53$), «выход зерна» ($r = 0,45 \dots 0,64$). Масса 1000 зерен и количество рядов зерен не влияли, либо слабо влияли на формирование урожая зерна гибридов кукурузы ($r = -0,12 \dots 0,28$). Определены признаки, высокие значения которых, хорошо сочетаемы в одном генотипе. Значения признака «масса 1 початка» возрастали с увеличением зерен в ряду початка ($r = 0,27 \dots 0,74$), зерен на початке ($r = 0,26 \dots 0,55$), выхода зерна ($r = 0,21 \dots 0,52$). Количество зерен на початке увеличивалось с увеличением значений у составляющих его компонентов: «зерен в ряду початка» ($r = 0,70 \dots 0,76$), «рядов зерен на початке» ($r = 0,59 \dots 0,66$), а также с увеличением количества початков на 1 растении ($r = 0,32 \dots 0,51$) и выхода зерна ($r = 0,36 \dots 0,38$). Выделены сложно сочетаемые количественные признаки: снижение массы 1000 зерен происходило с увеличением количества рядов зерен ($r = -0,18 \dots -0,56$), количества зерен в ряду ($r = -0,15 \dots -0,31$) и выхода зерна ($r = -0,01 \dots -0,36$).

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, количественные признаки, коэффициенты корреляции, изменчивость.

Для цитирования: Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С. Взаимосвязь между количественными признаками, определяющими урожайность зерна гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 27–32. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-27-32.



CORRELATION BETWEEN QUANTITATIVE TRAITS THAT AFFECT GRAIN YIELD OF MAIZE HYBRIDS

G.Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
A.S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600
Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The selection of pairs for hybridization requires knowledge about the correlation of the most important quantitative traits that affect grain yield of maize hybrids. The current study was carried out in the Agricultural Research Center “Donskoy” located in the south of the Rostov region with unstable moisture. The years of study (2018–2020) were arid (HTc 0.32–0.89). The purpose of the current study was to evaluate the correlation between quantitative traits and their influence on grain yield of maize hybrids under arid conditions. The objects of research were 96 interline maize hybrids. The analysis has identified the correlation between grain yield and such quantitative traits as ‘one maize ear weight’ ($r = 0.64 \dots 0.87$), ‘number of grains per one maize ear row’ ($r = 0.37 \dots 0.75$), ‘number of grains per maize ear’ ($r = 0.32 \dots 0.51$), ‘number of maize ears per plant’ ($r = 0.41 \dots 0.53$), ‘grain yield’ ($r = 0.45 \dots 0.64$). The traits ‘1000-grain weight’ and ‘number of grain rows’ had either no or slight effect on the formation of grain yield of maize hybrids ($r = -0.12 \dots 0.28$). There have been established the traits, the high values of which were well-combining in one genotype. The values of the trait ‘one maize ear weight’ raised due to an increase of the trait ‘number of grains per one maize ear row’ ($r = 0.27 \dots 0.74$), ‘number of grains per maize ear’ ($r = 0.26 \dots 0.55$), ‘grain yield’ ($r = 0.21 \dots 0.52$). The trait ‘number of grains per maize ear’ raised with an increase in the values of such constituent components as ‘number of grains per one maize ear row’ ($r = 0.70 \dots 0.76$), ‘number of grain rows per maize ear’ ($r = 0.59 \dots 0.66$), and also with an increase of ‘number of maize ears per plant’ ($r = 0.32 \dots 0.51$) and ‘grain yield’ ($r = 0.36 \dots 0.38$). There have been identified difficult-combining quantitative traits, when the value of the trait ‘1000-grain weight’ decreased with the increase of the ‘number of grain rows per maize ear’ ($r = -0.18 \dots -0.56$), ‘number of grains per a maize ear row’ ($r = -0.15 \dots -0.31$) and ‘grain yield’ ($r = -0.01 \dots -0.36$).

Keywords: maize, hybrid, quantitative traits, correlation coefficients, variability.

Введение. Целенаправленное создание исходного материала и подбор пар для гибридизации требуют знаний о взаимосвязи важнейших количественных признаков, влияющих

щих на урожайность зерна гибридов кукурузы. Кумулирование высоких значений признаков продуктивности в гибридах приводит к формированию высокого урожая.

Вклад того или иного признака в формирование урожайности зерна зависит от лимитирующего фактора условий выращивания, в частности от влагообеспеченности. Некоторые исследователи отмечают важность признака «масса 1 початка» в качестве критерия отбора на продуктивность в условиях засухи (Fadh et al., 2020). Количество зерен на початке является одной из важнейших составляющих урожайности растений кукурузы. При изучении продуктивности гибридов кукурузы особое внимание следует уделять количеству рядов зерен, крупности зерен (Mukhlif et al., 2020).

Практический интерес представляет возможность сочетания высоких значений количественных признаков продуктивности в одном генотипе. В первую очередь необходимо изучать признаки, наиболее полезные для гетерозисной селекции (Tolley et al., 2021). Взаимосвязи между количественными признаками используются для создания модели гибридов кукурузы для различных целей выращивания (Sandhu et al., 2020). Результаты изучения взаимосвязей элементов структуры урожая зерна используются в селекционной практике.

Цель исследований – изучение зависимостей между количественными признаками и влияния их на урожайность зерна гибридов кукурузы в условиях засухи.

Материалы и методы исследований.

Полевые опыты были заложены на юге Ростовской области на землях ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почва представлена обыкновенным черноземом. Климат умеренно-континентальный с недостаточным и неустойчивым увлажнением. Объект исследований – 96 среднеранних гибридов кукурузы. В качестве стандарта использован среднеранний гибрид Зерноградский 282 МВ.

Исследования выполнены согласно Унифицированным методам селекции кукурузы (1978). Корреляционный и регрессионный анализ выполнен по Б.А. Доспехову (2014).

Оценивали урожайность зерна и элементы ее структуры: «початков на 1 растении», «масса 1 початка», «масса 1000 зерен», «рядов зерен на початке», «зерен в ряду початка», «зерен на початке», «выход зерна».

Годы проведения эксперимента 2018–2020 характеризовались засушливыми (ГТК 0,32–0,89). Сильнозасушливые 2018 и 2019 годы, средnezасушливый – 2020 год.

Результаты и их обсуждение. Изучаемые признаки различались между собой по величине изменчивости. Высокой изменчивостью отмечалась урожайность зерна. Она варьировала от 2,10 до 4,71 т/га ($V = 25,3\%$). Признак «выход зерна» отличался незначительной изменчивостью ($V = 8,1\%$). Средняя изменчивость отмечена у остальных признаков ($V = 10,1–18,9\%$) (табл. 1).

1. Математические показатели урожайности зерна и количественных признаков гибридов кукурузы (2018–2020 гг.)

1. Mathematical indicators of grain productivity and quantitative traits of maize hybrids (2018–2020)

Признак	Единица измерения	Минимальное значение (X_{\min})	Максимальное значение (X_{\max})	Размах варьирования ($X_{\max} - X_{\min}$)	Среднее значение (\bar{X})	Стандартное отклонение (S)	Коэффициент вариации (V)
Урожайность зерна	т/га	2,11	4,71	2,61	3,32	0,84	25,3
Количество початков на 1 растении	шт.	0,79	1,20	0,41	0,98	0,11	11,2
Масса 1 початка	г	68	150	82	101,9	19,30	18,9
Масса 1000 зерен	г	223	421	198	271,0	36,70	13,5
Количество рядов зерен	шт.	11,0	18,4	7,4	14,7	1,49	10,1
Количество зерен в ряду	шт.	23	45,0	22	32,5	4,08	12,6
Количество зерен на початке	шт.	330	689	395	479,6	77,2	16,1
Выход зерна	%	68,1	82,6	14,5	78,9	64,0	8,1

Результаты исследований 2018–2020 годов свидетельствуют о неравнозначном влиянии признаков на урожайность зерна гибридов. Выделены количественные признаки, которые имеют первостепенное значение: «масса 1 початка», «зерен в ряду початка», «зерен на початке», «початков на 1 растении», «выход зерна». Учитывая, что климатические условия

2018–2020 годов имели некоторые различия (2018 – острозасушливый, 2019 и 2020 – средnezасушливые), корреляционный анализ между урожайностью и количественными признаками был проведен отдельно по годам.

Между урожайностью и массой 1 початка в 2018 году отмечена сильная корреляционная зависимость ($r = 0,87$), в 2019 и 2020

годах – средняя ($r = 0,64$ и $r = 0,65$ соответственно). Подобные результаты получены по признаку «зерен в ряду початка»: сильная корреляционная зависимость в 2018 году ($r = 0,75$)

и средняя – в 2019 и 2020 годах ($r = 0,37$, $r = 0,50$ соответственно) (табл. 2).

2. Коэффициенты корреляции между урожайностью и количественными признаками гибридов кукурузы

2. Coefficients of correlation between grain productivity and quantitative traits of maize hybrids

Признак	Единица измерения	Годы		
		2018	2019	2020
Количество початков на 1 растении	шт.	0,45*	0,53*	0,41*
Масса 1 початка	г	0,87*	0,64*	0,65*
Масса 1000 зерен	г	0,28	0,11	-0,01
Количество рядов зерен	шт.	-0,12	0,10	0,04
Количество зерен в ряду	шт.	0,75*	0,37*	0,50*
Количество зерен на початке	шт.	0,51*	0,32*	0,45*
Выход зерна	%	0,53*	0,64*	0,45*

* – достоверно при уровне значимости $p = 0,01$.

В годы исследований отмечена средняя зависимость между урожайностью и признаками: «початков на 1 растении» ($r = 0,41...0,53$), «зерен на початке» ($r = 0,32...0,51$) и «выход зерна» ($r = 0,45...0,64$).

В засушливых условиях признак продуктивности «масса 1000 зерен» слабо влиял, либо не влиял на урожайность зерна гибридов ку-

курузы ($r = -0,01...0,28$). Не влияет на урожайность зерна признак «рядов зерен на початке» ($r = -0,12...0,04$).

Графики рассеивания показывают, как влияют признаки «масса 1 початка» и «зерен в ряду початка» на величину урожайности зерна. Это влияние хорошо прослеживается в 2018 году (рис. 1).

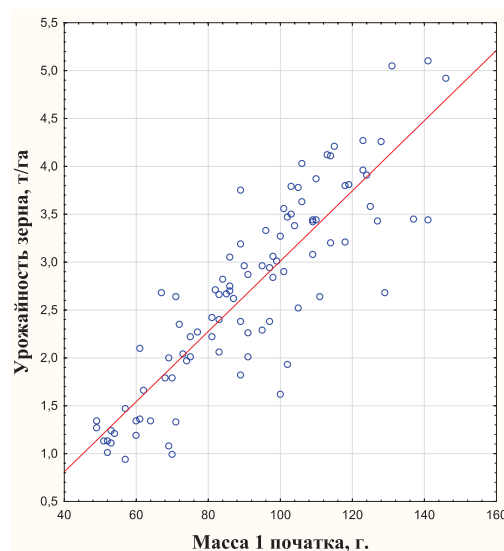
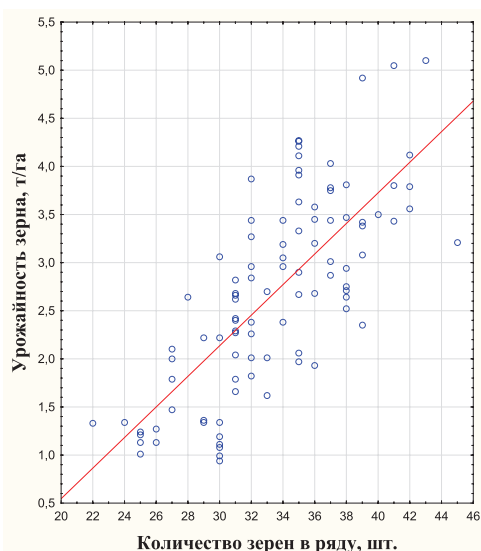


Рис. 1. Зависимость урожайности зерна от признаков «зерен в ряду початка», «масса 1 початка» (2018 г.)
Fig. 1. Dependence of grain productivity on the traits 'number of grains per a maize ear row', 'one maize ear weight' (2018)

Один из наиболее урожайных новых гибридов Экспериментальный 191 МВ (4,93 т/га) характеризовался большим количеством зерен в ряду початка (39 шт.). Гибриды, сочетающие высокую урожайность зерна: Экспериментальный 294 МВ (5,12 т/га), Экспериментальный 352 МВ (5,07 т/га) и большую массу початка 140 и 145 г соответственно.

Бесспорно, важно знать влияние количественных признаков на важнейший хозяйственно-ценный признак – «урожайность зерна». Однако, для селекционеров представляют интерес сведения о взаимосвязях количествен-

ных признаков. Как влияет изменение значений у одного признака продуктивности на другой? Возможно ли сочетание высоких значений признаков в одном генотипе?

Один из элементов продуктивности, на котором необходимо акцентировать внимание, – «масса 1 початка». Результаты корреляционного анализа позволяют утверждать, что масса 1 початка возрастает с увеличением значений у количественных признаков: «масса 1000 семян» ($r = 0,27...0,49$), «зерен в ряду початка» ($r = 0,27...0,74$), «зерен на початке» ($r = 0,26...0,55$), «выход зерна» ($r = 0,21...0,52$).

Коэффициенты корреляции варьировали по годам от низких до высоких, но во все годы исследований они были достоверны при $p = 0,01$. Исключение составила зависимость между

массой 1 початка и выходом зерна в 2020 году ($r = 0,21$). Коэффициент корреляции оказался низкими и недостоверным (табл. 3).

3. Коэффициенты корреляции между массой 1 початка и количественными признаками гибридов кукурузы
3. Coefficients of correlation between the trait 'one maize ear weight' and quantitative traits of maize hybrids

Признак	Единица измерения	Годы		
		2018	2019	2020
Количество початков на 1 растении	шт.	0,18	0,05	-0,02
Масса 1000 зерен	г	0,34*	0,49*	0,27*
Количество рядов зерен	шт.	-0,07	0,09	0,49*
Количество зерен в ряду	шт.	0,74*	0,27*	0,50*
Количество зерен на початке	шт.	0,55*	0,26*	0,41*
Выход зерна	%	0,52*	0,31*	0,21

* – достоверно при уровне значимости $p = 0,01$.

Во все годы исследований отсутствовала корреляционная зависимость между крупностью початка и количеством рядов зерен ($r = -0,07 \dots 0,09$).

Особый интерес представляет зависимость между элементами структуры «масса 1 початка» и «початков на 1 растении». Она была слабой ($r = 0,18$), либо отсутствовала ($r = 0,05$, $r = -0,02$). То есть возможно сочетание в одном генотипе крупных початков и высоких значений количества початков, приходящихся на 1 растение.

Другой важный признак продуктивности, от которого зависит урожайность – «количество зерен на початке». Составляющими компонентами этого признака являются: количество рядов зерен на початке и зерен в ряду початка. Во все годы изучения выявлена сильная корреляционная зависимость с компонентом «зерен в ряду початка» ($r = 0,70 \dots 0,76$) и средняя зависимость с компонентом «рядов зерен на початке» ($r = 0,59 \dots 0,66$) (табл. 4).

4. Коэффициенты корреляции между признаком «зерен на початке» и количественными признаками гибридов кукурузы
4. Coefficients of correlation between the trait 'number of grains per maize ear' and quantitative traits of maize hybrids

Признак	Единица измерения	Годы		
		2018	2019	2020
Количество початков на 1 растении	шт.	0,11	0,20	0,18
Масса 1 початка	г	0,55*	0,26*	0,41*
Масса 1000 семян	г	-0,20	-0,15	-0,31*
Количество рядов зерен	шт.	0,60*	0,66*	0,59*
Количество зерен в ряду	шт.	0,71*	0,69*	0,76*
Выход зерна	%	0,39*	0,36*	0,37*

* – достоверно при уровне значимости $p = 0,01$.

Признак «зерен на початке» хорошо сочетается с признаком «выход зерна» ($r = 0,36 \dots 0,38$) и, как уже было отмечено, с массой 1 початка. Слабая отрицательная зависимость имела в 2018 ($r = -0,20$) и 2019 ($r = -0,15$) годах с признаком «масса 1000 зерен», а в 2020 году – средняя отрицательная зависимость ($r = -0,31$). Слабая связь либо ее отсутствие выявлено с признаком «количество початков на 1 растении» ($r = 0,11 \dots 0,20$).

Наглядно демонстрируют взаимосвязь между количественными признаками «масса 1 початка» и «зерен в ряду початка», а также взаимосвязь между признаками «зерен на початке» и «зерен в ряду початка» графики рассеивания и линии регрессии (рис. 2).

Увеличение количества зерен в ряду приводит к увеличению массы початка и зерен на початке.

Другой важный признак продуктивности – «выход зерна». Как было отмечено, выход зерна возрастает с увеличением зерен на початке и крупности початка. Выявлена средняя положительная взаимосвязь во все годы исследований признака «выход зерна» с признаком «количество зерен в ряду» ($r = 0,46 \dots 0,49$).

По признаку «початков на 1 растении» получены результаты, подтверждающие наличие слабой связи с другими элементами структуры урожая зерна либо ее отсутствие ($r = -0,21 \dots 0,25$).

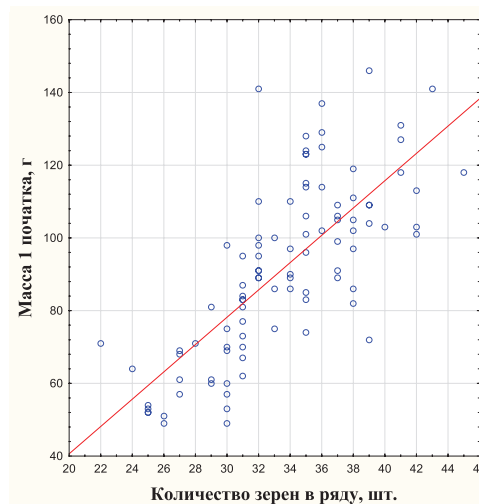
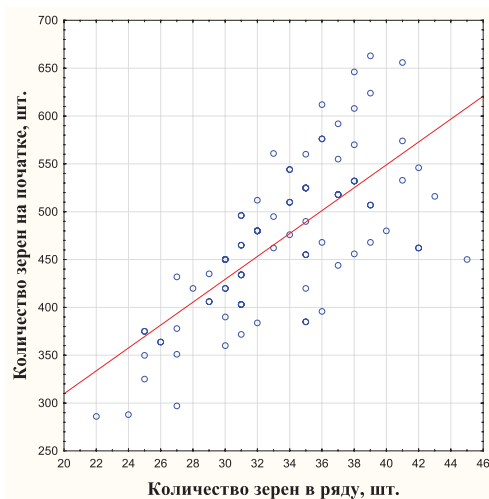


Рис. 2. Зависимость между хорошо сочетаемыми количественными признаками (2018–2020 гг.)
Fig. 2. Correlation between well-combining quantitative traits (2018–2020)

Выявлены сложно сочетаемые признаки продуктивности. Совмещение высоких значений признака «масса 1000 семян» с высокими значениями признаков «рядов зерен на початке» ($r = -0,18...-0,56$), «зерен

на початке» ($r = -0,15...-0,31$), «выход зерна» ($r = -0,01...-0,36$) в одном генотипе может быть затруднено. Увеличение крупности зерна приводит к уменьшению рядов зерен и выхода зерна (рис. 3).

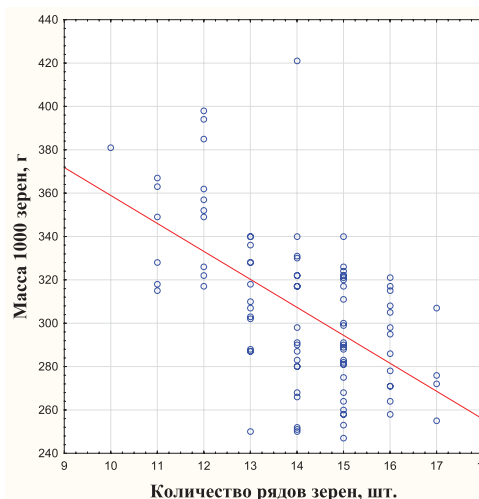
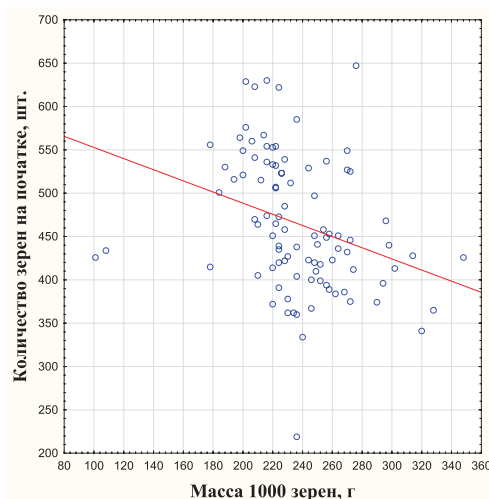


Рис. 3. Зависимость между сложно сочетаемыми признаками (2018–2020 гг.)
Fig. 3. Correlation between difficulty-combining quantitative traits (2018–2020)

Полученные результаты позволяют утверждать о нецелесообразности отбора на крупносемянность образцов кукурузы, селективируемых для засушливых условий.

Выводы. Накопление высоких значений количественных признаков «масса 1 початка», «зерен в ряду початка», «зерен на початке», «початков на 1 растении», «выход зерна» в засушливых условиях повышают урожайность зерна гибридов кукурузы.

Значения признака «масса 1 початка» возрастали с увеличением зерен в ряду початка ($r = 0,27...0,74$), зерен на початке ($r = 0,26...0,55$), выхода зерна ($r = 0,21...0,52$).

Количество зерен на початке увеличивалось с увеличением значений у составляющих его компонентов: «зерен в ряду початка» ($r = 0,70...0,76$), «рядов зерен на початке» ($r = 0,59...0,66$), а также с увеличением количества початков на 1 растении ($r = 0,32...0,51$) и выхода зерна ($r = 0,36...0,38$).

Выделены сложно сочетаемые количественные признаки: снижение массы 1000 зерен происходило с увеличением количества рядов зерен ($r = -0,18...-0,56$), количества зерен в ряду ($r = -0,15...-0,31$) и выхода зерна ($r = -0,01...-0,36$).

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
2. Унифицированный метод селекции кукурузы. М.; 1978. 60 с.

3. Fadhli N, Farid M, Rafiuddin, Efendi R, Azrai M, Anshori. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2020. Vol. 21. № 8. doi.org/10.13057/biodiv/d210826.
4. Mukhlif F.H., Hammadi H.J., Hassan I.I. Genetic analysis for single crosses in Maize by using Line × Tester hybridization//Indian Journal of Ecology. 2020.Vol. 47. P. 175-180.
5. Sandhu R, Suat I. Performance assessment of Hybrid-Maize model for rainfed, limited and full irrigation conditions // Agricultural Water Management. 2020. Vol. 242. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106402>.
6. Tolley S.A., Singh A., Tuinstra M.R. Heterotic Patterns of Temperate and Tropical Maize by Ear Photometry // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 1214. DOI 10.3389/fpls.2021.616975.

References

1. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 2014. 336 s.
2. Unificirovannyj metod selekcii kukuruzy [Unified maize breeding method]. M; 1978. 60 s.
3. Fadhli N, Farid M, Rafiuddin, Efendi R, Azrai M, Anshori. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2020. Vol. 21. № 8. doi.org/10.13057/biodiv/d210826.
4. Mukhlif F.H., Hammadi H.J., Hassan I.I. Genetic analysis for single crosses in Maize by using Line × Tester hybridization // Indian Journal of Ecology. 2020.Vol. 47. P. 175-180.
5. Sandhu R, Suat I. Performance assessment of Hybrid-Maize model for rainfed, limited and full irrigation conditions // Agricultural Water Management. 2020. Vol. 242. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106402>.
6. Tolley S.A., Singh A., Tuinstra M.R. Heterotic Patterns of Temperate and Tropical Maize by Ear Photometry // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 1214. DOI 10.3389/fpls.2021.616975.

Поступила: 20.08.21; принята к публикации: 6.09.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кривошеев Г. Я. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Игнатьев А.С. – выполнение полевых опытов, сбор и математическая обработка данных, подготовка рукописи, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И МАСЛА В ЗЕРНЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОИ

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

А.В. Чегунова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, tchegunovaanastasia@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1044-9130;

М.В. Скулова, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703;

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

Н.С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Цель исследований – выявление влияния продолжительности вегетационного периода коллекционных образцов на урожайность зерна сои и его качество. Исследования проводили в южной зоне Ростовской области на полях в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2018–2020 гг. Климат полусухой с умеренно жарким летом. Почвенный покров – чернозем обыкновенный мощный карбонатный тяжелосуглинистый. Предшественник – озимая пшеница. Объектами исследований служили коллекционные образцы сои из ВИГРР им. Н.И. Вавилова. Исследования проводили на 75 образцах, включающих 52 среднеранних образца, имеющих период вегетации 110–120 дней? и 23 среднеспелых образца (120–130 дней), различающихся по морфо-биологическим и хозяйственно-ценным признакам. Анализ периода вегетации, урожайности и качества зерна коллекционных образцов сои показал, что наиболее вариabельным признаком в условиях южной зоны Ростовской области была урожайность зерна ($C_v = 22,5\%$). Менее вариabельными были содержание белка в зерне ($C_v = 3,8\%$), период вегетации ($C_v = 4,2\%$) и содержание масла в зерне ($C_v = 5,3\%$). Выявлено положительное влияние продолжительности вегетационного периода сои на урожайность зерна и содержание масла в зерне в обеих группах спелости. А содержание белка в обеих группах спелости имело отрицательную зависимость от периода вегетации. Исследованиями выявлено, что в среднеранней группе наибольшая урожайность зерна получена при продолжительности вегетационного периода 117 и 118 дней, содержание белка – 110 и 114 дней и масла в зерне – 118 и 120 дней. В среднеспелой группе максимальные показатели по урожайности получены у образцов с периодом вегетации 126 и 130 дней, содержание белка – 122 дня и масла в зерне – 123 и 130 дней. Образцы, показавшие максимальные показатели, будут включены в дальнейшую селекционную работу по сое.

Ключевые слова: соя, коллекция, сорт, урожайность, белок, масло, вегетационный период.

Для цитирования: Ашиев А.Р., Чегунова А.В., Скулова М.В., Хабибуллин К.Н., Кравченко Н.С. Влияние вегетационного периода на урожайность, содержание белка и масла в зерне коллекционных образцов сои // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 33–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-33-38.



THE EFFECT OF A VEGETATION PERIOD ON PRODUCTIVITY, PROTEIN AND OIL PERCENTAGE IN GRAIN OF THE COLLECTION SOYBEAN SAMPLES

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

A.V. Chegunova, junior researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, tchegunovaanastasia@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1044-9130;

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

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

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

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The purpose of the current study was to identify the effect of the length of a vegetation period of the collection soybean samples on grain productivity and quality. The study was carried out in the southern part of the Rostov region in the fields of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" in 2018–2020. The climate is semi-arid with moderately hot summers. The soil is ordinary thick calcareous heavy loamy blackearth (chernozem). The forecrop

was winter wheat. The objects of the study were collection soybean samples of the ARIGPR named after N.I. Vavilov. The study was carried out on 75 samples, including 52 middle early samples with 110-120 days of vegetation and 23 middle maturing samples (120-130 days of vegetation), differing in morphobiological and economically valuable traits. The analysis of a vegetation period, grain productivity and quality of the collection soybean samples has shown that in the southern part of the Rostov region the most variable trait was grain productivity ($C_v = 22.5\%$). The less variable characteristics were protein percentage in grain ($C_v = 3.8\%$), a vegetation period ($C_v = 4.2\%$) and oil content in grain ($C_v = 5.3\%$). There has been identified a positive effect of the length of a vegetation period of soybeans on grain productivity and oil content in grain for both groups of maturity, protein percentage in both groups of maturity having a negative dependence on a vegetation period. The study has shown that in the middle early group, the largest grain productivity was obtained with 117 and 118 days of vegetation, the highest protein percentage with 110 and 114 days of vegetation, and the largest oil content in grain with 118 and 120 days of vegetation. In the middle maturing group, the maximum productivity indicators were obtained for the samples with 126 and 130 days of vegetation, the maximum protein percentage with 122 days of vegetation and the maximum oil content in grain with 123 and 130 days of vegetation. The samples showing the maximum indicators will be included in further soybean breeding.

Keywords: soybeans, collection, variety, productivity, protein, oil, vegetation period.

Введение. Соя, являясь высокобелковой культурой, позволяет решить проблемы дефицита белка в питании людей и кормлении сельскохозяйственных животных (Абугалиева и Дидоренко, 2016; Катюк и др., 2019). В повышении ее продуктивности одним из главных факторов является сорт (Энзекрей и др., 2021). Основными направлениями в селекции сортов сои являются высокая урожайность, скороспелость.

Гибридизация – один из основных методов создания исходного материала в селекции и подбор родительских форм с целью создания новых рекомбинантов с комплексом хозяйственно-ценных признаков является первоочередной задачей. Чтобы это выполнить, используются образцы, адаптированные для конкретных условий возделывания, с высокими количественными и качественными показателями. Для этих целей часто задействуются родительские формы из коллекции ВИГРР (ВИР) (Пискарев и др., 2018; Новикова и др., 2018).

ФГБНУ «АНЦ «Донской» находится в южной зоне Ростовской области, которая характеризуется неустойчивым и недостаточным увлажнением (Васильченко и др., 2019; Мищенко и др., 2021). Одним из способов снизить влияние внешних факторов на продуктивность сои является создание раннеспелых сортов. В то же время необходимо понимание влияния длины вегетационного периода на урожайность и качество зерна сои (Бурляева и Ростова, 2019).

Цель исследований – выявление влияния продолжительности вегетационного периода коллекционных образцов на урожайность и качество зерна сои.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на полях ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области, в 2018–2020 гг. Погодно-климатические условия проведения исследований характеризуются как полусухие. Почва представлена черноземом обыкновенным мощным карбонатным тяжелосуглинистым. Предшественник – озимая пшеница. Исследования, биохимический анализ проведены согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019).

Объектами исследований служили коллекционные образцы сои из ВИГРР им. Н.И. Ва-

вилова. Исследования проводили на 75 образцах, включающих 52 среднеранних образца, имеющих период вегетации 110–120 дней, и 23 среднеспелых образца (120–130 дней), различающихся по морфо-биологическим и хозяйственно-ценным признакам.

Коллекционный питомник высевали ширококучным способом сеялкой ССФК-7 с шириной междурядий 0,45 м. Площадь делянки – 5 м². Уборку проводили при достижении семян полной спелости комбайном Wintersteiger. В качестве стандарта использовали районированный среднеспелый сорт Дива и среднеранний сорт Дон 21.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2012) и с использованием программ статистической обработки данных Statistica 10.

Метеорологические условия за годы исследований в период вегетации сои были нестабильными.

За 2018 год вегетационный период сои был острый дефицит осадков (99,1 мм) в сравнении со среднемноголетними данными (266,0 мм). Низкая влагообеспеченность наблюдалась на фоне повышенных температур (на 1,3–3,4 °C выше среднемноголетних).

В мае, июле и сентябре 2019 года была достаточная влагообеспеченность. Превышение среднемноголетних показателей в эти месяцы было на 4,8–13,7 мм при температурном фоне на уровне среднемноголетних. Дефицит осадков и повышенные температуры в июне и августе не оказали значительного влияния, и в целом сложившиеся погодные условия в период вегетации положительно повлияли на дружность всходов сои и интенсивность роста и развития растений.

В 2020 году в период вегетации распределение осадков было неравномерным при количестве осадков на уровне среднемноголетних. Осадки выпадали в виде ливней, что приводило к поверхностному стоку и неполному впитыванию почвой. Температурный режим в период вегетации был на 0,4–4,7 °C выше среднемноголетних, что отрицательно повлияло на развитие растений сои.

Результаты и их обсуждение. Селекционная работа по сое в ФГБНУ «АНЦ «Донской» направлена на создание сортов

среднеранней группы спелости с высокой урожайностью и качеством зерна. С этой целью были отобраны 52 среднеранних образца, имеющих продолжительность вегетационного периода 110–120 дней. А также в исследования было включено 23 среднеспелых образца (120–130 дней), имеющих ряд хозяйственно-ценных признаков.

Анализ данных продолжительности периода вегетации за 2018–2020 гг., урожайности зерна и его качества показал, что наиболее вариabельным был показатель урожайности зерна ($C_v = 22,5\%$) с минимальным значением в 2018 г. (0,1 т/га) и максимальным в 2019 г. (2,4 т/га) при среднем значении за годы исследований 1,0 т/га (см. таблицу).

Характеристика продолжительности периода вегетации, урожайности зерна, содержания белка и масла в зерне коллекционных образцов сои (2018–2020 гг.)
Characteristics of the length of a vegetation period, grain productivity, protein and oil percentage in grain of the collection soybean samples (2018–2020)

Показатель	Годы	Мин.	Макс.	Среднее	S/ HCP _{0,5}	Коэф. вариации (C_v), %
Период вегетации, дн.	2018	100,0	135,0	119,6	9,2	7,7
	2019	107,0	127,0	116,0	3,5	3,0
	2020	110,0	128,0	119,3	5,7	4,8
	среднее	–	–	118,3	4,9	4,2
Урожайность, т/га	2018	0,1	1,5	1,0	0,3	31,0
	2019	0,5	2,4	1,4	0,5	34,3
	2020	0,3	1,1	0,7	0,2	25,5
	среднее	–	–	1,0	0,2	22,5
Содержание белка, %	2018	35,8	45,3	40,6	2,0	4,9
	2019	38,2	45,9	41,4	1,8	4,3
	2020	32,5	46,1	40,0	2,8	7,0
	среднее	–	–	40,6	1,6	3,8
Содержание жира, %	2018	17,2	23,7	20,4	1,3	6,4
	2019	17,6	23,2	21,2	1,3	6,2
	2020	17,4	22,1	20,3	1,2	5,7
	среднее	–	–	20,6	1,1	5,3

Менее вариabельными были показатели содержания белка в зерне ($C_v = 3,8\%$; мин. = 32,5%; макс. = 46,1%; среднее = 40,6%), продолжительности периода вегетации ($C_v = 4,2\%$; мин. = 100 дн.; макс. = 144 дн.; среднее = 118,3 дн.) и содержание масла в зерне ($C_v = 5,3\%$; мин. = 17,2%; макс. = 23,7%; среднее = 20,6%). Они показатели имели слабую межсортовую изменчивость и меньшую восприимчивость к воздействию внешних факторов, например, таких как агроклиматические условия, в сравнении с урожайностью зерна, которая показала наибольший разброс значений в исследованиях.

Продолжительность вегетационного периода один из важных хозяйственно-ценных признаков создаваемых сортов, по которым ведется селекция сои. Для Ростовской области, учитывая агроклиматические условия и их влияние на показатели продуктивности сортов сои, требуются среднеранние сорта с продолжительностью периода вегетации 110–120 дней. Но подбор родительских форм и создание сортов с требуемыми свойствами сложная задача. Поэтому необходимо изучить влияние продолжительности периода вегетации на показатели продуктивности для использования в дальнейшей селекционной работе. Линейные корреляционные взаимосвязи полностью не отражают детального взаимодействия. В связи с этим, для подробного изучения был проведен анализ с составлением графиков с ошибками зависимостей урожайности, со-

держания белка и масла от периода вегетации по группам спелости.

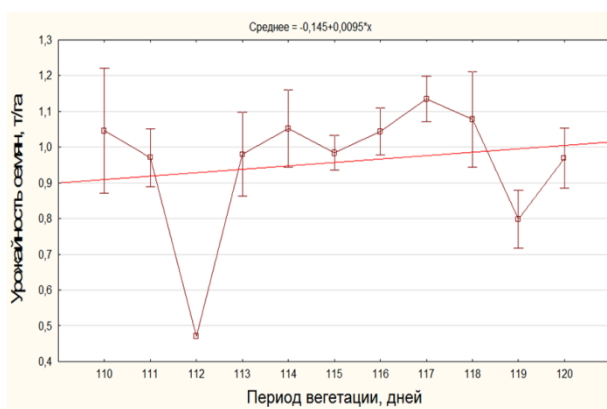
Анализ зависимости урожайности зерна от вегетационного периода по обеим группам спелости показал положительное взаимодействие (рис. 1).

В среднеранней группе наибольшая урожайность зерна наблюдалась у образцов, имеющих продолжительность периода вегетации 117 и 118 дней, а наименьшая – при 112. В среднеспелой максимальная урожайность получена у образцов с продолжительностью периода вегетации 126 и 130, а минимальная – 123 дня.

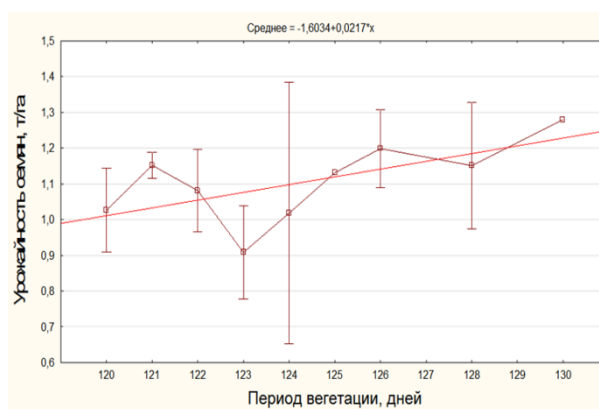
Зависимость содержания белка от продолжительности периода вегетации показала отрицательное взаимодействие по обеим группам спелости, отраженных в низходящих средних прямых (рис. 2).

В среднеранней группе наибольшая урожайность зерна наблюдалась у образцов, имеющих продолжительность периода вегетации 117 и 118 дней, а наименьшая – при 112. В среднеспелой максимальная урожайность получена у образцов с периодом вегетации 126 и 130, а минимальная – 123 дня.

При отрицательной зависимости содержания белка от продолжительности периода вегетации наибольшее содержание белка в среднеранней группе наблюдалась у образцов, имеющих 110 и 114 дней, а наименьшее – при 113 и 118. В среднеспелой группе, максимальное содержание белка было у образцов с продолжительностью периода вегетации 122, а минимальное – 123 дня.

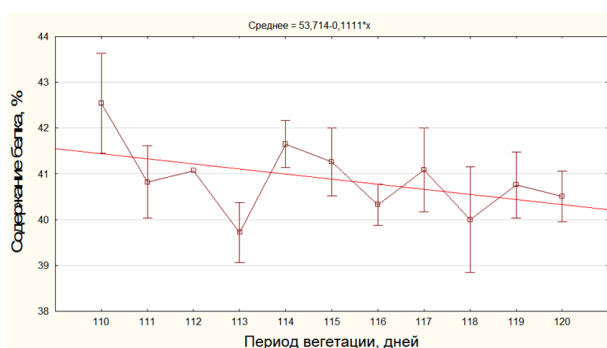


а)

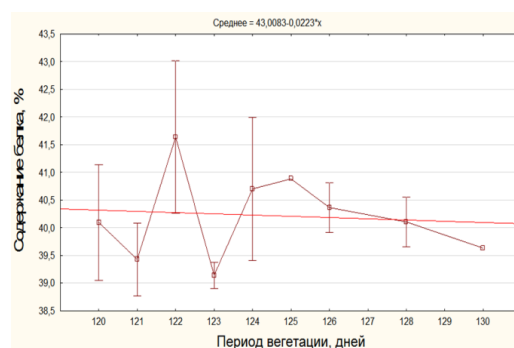


б)

Рис. 1. Зависимость урожайности от периода вегетации коллекционных образцов сои по группам спелости: а) среднеранняя; б) среднеспелая (среднее за 2018–2020 гг.)
Fig. 1. Dependence of productivity on a vegetation period of the collection soybean samples according to the groups of maturity: а) middle early; б) middle maturing (mean in 2018–2020)



а)

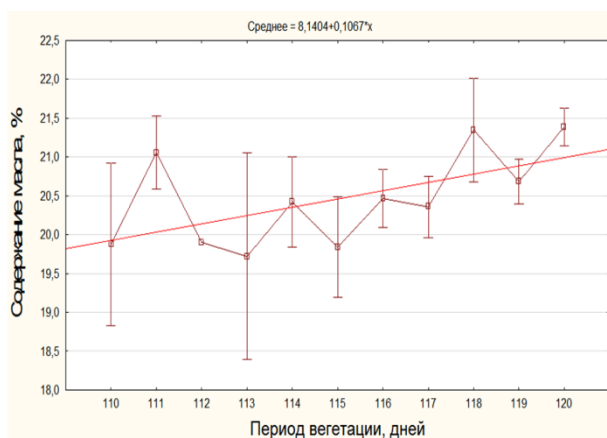


б)

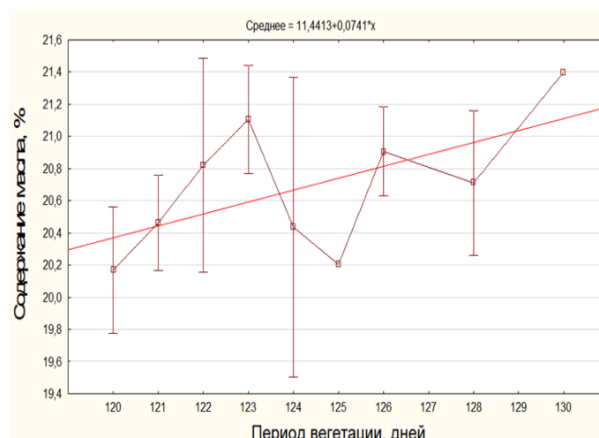
Рис. 2. Зависимость содержания белка от продолжительности периода вегетации коллекционных образцов сои по группам спелости: а) среднеранняя; б) среднеспелая (среднее за 2018–2020 гг.)
Fig. 2. Dependence of protein percentage on the length of a vegetation period of the collection soybean samples according to the groups of maturity: а) middle early; б) middle maturing (mean in 2018–2020)

Анализ зависимости содержания масла в зерне от продолжительности вегетационного

периода по обеим группам спелости показал положительное взаимодействие (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Зависимость содержания масла от продолжительности периода вегетации коллекционных образцов сои по группам спелости: а) среднеранняя; б) среднеспелая (среднее за 2018–2020 гг.)
Fig. 3. The dependence of oil content on the length of a vegetation period of the collection soybean samples according to the groups of maturity: а) middle early; б) middle maturing (mean in 2018–2020)

Содержание масла в зерне в среднеранней группе имело наибольшее значение у образ-

цов с периодом вегетации 118 и 120, а наименьшая – 110, 112, 113 и 115 дней. В среднеспелой

группе максимум содержания масла в зерне был у образцов, имеющих вегетацию 123 и 130 дней, а минимум – 120 и 125.

Выводы. Анализ продолжительности периода вегетации, урожайности и качества зерна 75 коллекционных образцов сои показал, что наиболее вариабельным признаком в исследованиях была урожайность зерна ($C_v = 22,5\%$). Менее вариабельными были содержание белка в зерне ($C_v = 3,8\%$), период вегетации ($C_v = 4,2\%$) и содержание масла в зерне ($C_v = 5,3\%$).

Анализ влияния продолжительности вегетационного периода на урожайность зерна и содержание масла в зерне в обеих группах спелости показал положительное и отрицательное воздействие на содержание белка по обеим группам спелости.

Линейная зависимость не раскрывает полностью влияния продолжительности вегетационного периода на показатели продуктивности. Исследованиями выявлено, что в среднеранней группе наибольшая урожайность зерна получена при продолжительности вегетационного периода 117 и 118 дней, содержание белка – 110 и 114 дней и масла в зерне – 118 и 120 дней. В среднеспелой группе максимальные показатели по урожайности получены у образцов с периодом вегетации 126 и 130 дней, содержание белка – 122 дня и масла в зерне – 123 и 130 дней. Образцы из среднеранней группы и образцы после дополнительного изучения из среднеспелой группы, показавшие максимальные показатели, будут включены в дальнейшую селекционную работу по сое.

Библиографические ссылки

1. Аbugалиева А.И., Дидоренко С.В. Генетическое разнообразие сортов сои различных групп спелости по признакам продуктивности и качества // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(3). С. 303-310. DOI 10.18699/VJ16.168.
2. Бурляева М.О., Ростова Н.С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и характером ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 708-716. DOI 10.18699/VJ19.544.
3. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Кравченко Н.С. Влияние сроков посева на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания сои // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 3-7. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7.
4. Катюк А.И., Шаболкина Е.Н., Васин А.В., Булатова К.А., Анисимкина Н.В. Пищевые достоинства семян фасоли, сои и гороха сортов селекции Самарского НИИСХ // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 8-13. DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-8-13.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
6. Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаевая Э.А. Влияние элементов технологии на урожайность и водопотребление сои на склонах чернозёмов обыкновенных // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68.
7. Новикова Л.Ю., Сеферова И.В., Некрасов А.Ю., Перчук И.Н., Шеленга Т.В., Самсонова М.Г., Вишнякова М.А. Влияние погодноклиматических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(6). С. 708-715. DOI 10.18699/VJ18.414.
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. Энзекрей Е.С., Щуклина О.А., Завгородний С.В. Влияние метеорологических условий и азотных удобрений на биологическую урожайность яровой тритикале сорта Тимирязевская 42 // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 88–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-88-93.

References

1. Abugaliev A.I., Didorenko S.V. Geneticheskoe raznoobrazie sortov soi razlichnykh grupp spelosti po priznakam produktivnosti i kachestva [Genetic diversity of soybean varieties of different groups of ripeness according to productivity and quality] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2016. № 20(3). S. 303-310. DOI 10.18699/VJ16.168.
2. Burlaeva M.O., Rostova N.S. Izmenchivost' struktury korrelyacij morfologicheskikh i hozyajstvennykh priznakov u soi s raznym tipom rosta i harakterom vetvleniya [Variability of the correlation structure between morphological and economic traits of soybeans with different types of vegetation and ramification] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. № 23(6). S. 708-716. DOI 10.18699/VJ19.544.
3. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Kravchenko N.S. Vliyanie srokov poseva na kachestvo semyan, ekonomicheskuyu i energeticheskuyu effektivnost' vozdel'yvaniya soi [The effect of sowing periods on seed quality, economic and energy efficiency of soybean cultivation] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 3-7. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7.
4. Katyuk A.I., SHabolkina E.N., Vasin A.V., Bulatova K.A., Anisimkina N.V. Pishchevye dostoinstva semyan fasoli, soi i goroha sortov selekcii Samarskogo NIISKH [Nutritional advantages of beans, soybeans and pea varieties selected by the Samara Research Institute of Agriculture] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4(64). S. 8-13. DOI 10.31367/2079-8725-2019-64-4-8-13.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skochozyajstvennykh kul'tur [Methodology for the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Vyp. 1. 384 s.
6. Mishchenko A.V., Il'inskaya I.N., Gaevaya E.A. Vliyanie elementov tekhnologii na urozhajnost' i vodopotreblenie soi na sklonah chernozyomov obyknovennykh [The effect of technology elements on

soybean productivity and water consumption on the slopes of ordinary chernozems] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2021. № 3(75). S. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68.

7. Novikova L.YU., Seferova I.V., Nekrasov A.YU., Perchuk I.N., SHelenga T.V., Samsonova M.G., Vishnyakova M.A. Vliyanie pogodnoklimaticheskikh uslovij na sodержание belka i masla v semenah soi na Severnom Kavkaze [The effect of weather and climatic conditions on protein and oil percentage in soybeans in the North Caucasus] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2018. № 22(6). S. 708-715. DOI 10.18699/VJ18.414.

8. Piskarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Iskhodnyj material dlya selekcii yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Novosibirskoj oblasti [Initial material for spring bread wheat breeding in the Novosibirsk region] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2018. № 22(7). S. 784-794. DOI 10.18699/VJ18.422.

9. Enzekrej E.S., SHCHuklina O.A., Zavgorodnij S.V. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij i azotnykh udobrenij na biologicheskuyu urozhajnost' yarovoj tritikale sorta Timiryazevskaya 42 [The effect of weather conditions and nitrogen fertilizers on the biological productivity of the spring triticale variety 'Timiryazevskaya 42'] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2021. № 2(74). S. 88–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-88-93.

Поступила: 27.08.21; принята к публикации: 4.10.21.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИБРИДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ РИСА МАВР × КОНТАКТ

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

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

Г.А. Сирапионов², агроном, ORCID ID: 0000-0001-8976-2703

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

²Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21

У риса могут формироваться зерновки не только белого, но и красного, коричневого и черного цвета. У чернозерного риса в перикарпе зерновки содержится антоциан, который имеет антиоксидантную активность и поэтому положительно влияет на здоровье людей. Цель исследований – выведение образцов риса с черным перикарпом. В статье представлены результаты изучения гибридной популяции второго поколения комбинации Мавр × Контакт. Сорт Мавр имеет черный околоплодник, Контакт – белый. В процессе гибридологического анализа установлены закономерности наследования основных количественных признаков, влияющих на продуктивность, выделены лучшие особи, у которых сформировались компактные прямостоячие метелки и черные зерновки, отобран исходный материал для селекционной работы. Исследования проводили в 2020 году на чеках ОП «Пролетарское» в Ростовской области. Установлено, что окраска перикарпа наследовалась по типу комплементарного взаимодействия двух генов. По высоте растений выявлено сверхдоминирование и взаимодействие двух пар генов разной силы. По длине метелки наблюдались частичное положительное доминирование, трансгрессии и дигенные различия исходных сортов. По признаку «количество колосков в метелке» выявлено сверхдоминирование больших величин и положительная трансгрессия. Выделены формы с хорошо озерненными метелками. Масса 1000 зерен характеризовалась отрицательным доминированием и дигибридным расщеплением 9:6:1. Отобраны лучшие по морфотипу формы F_2 с черным перикарпом, которые отличались оптимальной высотой растений, длинными метелками, повышенной их озерненностью и средней массой 1000 семян.

Ключевые слова: пигмент околоплодника, наследование, черный рис, белый рис.

Для цитирования: Костылев П.И., Краснова Е.В., Сирапионов Г.А. Генетический анализ гибридной популяции риса Мавр × Контакт // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-39-44.



GENETIC ANALYSIS OF THE HYBRID RICE POPULATION 'MAVR × KONTAKT'

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

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

G.A. Sirapionov², agronomist, ORCID ID: 0000-0001-8976-2703

¹Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²Azov-Blacksea Engineering Institute, branch of the Donskoy State Agricultural University,

347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21

Rice can form not only white-color kernels, but also of red, brown and black colors. In black-color rice kernels, the pericarp contains anthocyanin, which has antioxidant activity and therefore has a positive effect on human health. The purpose of the current study was to develop rice samples with black pericarp. The paper has presented the study results of the hybrid population 'Mavr × Kontakt' of the second generation. The variety 'Mavr' has a black pericarp, the variety 'Kontakt' has a white one. In the process of hybridological analysis there have been identified the patterns of inheritance of the main quantitative traits affecting productivity; there have been identified the best samples, in which formed compact erect panicles and black kernels; there has been selected the initial material for breeding work. The study was carried out in 2020 on the plots of the ES "Proletarskoye" in the Rostov region. There was established that the color of pericarp was inherited according to the type of complementary interaction of two genes. There was found an overdominance and interaction of two pairs of genes of different strengths according to 'plant height'. There was also seen partial positive dominance, transgressions, and digenic differences of the initial varieties according to 'panicle length'. According to the traits 'number of spikelets per panicle', there was identified overdominance of large values and positive transgression. There were found the forms with well-kerneled panicles. The trait '1000 kernel weight' was characterized by negative dominance and dihybrid cleavage of 9:6:1. There have been selected the best morphotype F_2 forms with black pericarp, which possessed optimal plant height, long panicles, larger kernel size, and an average 1000 kernel weight.

Keywords: pericarp pigment, inheritance, black rice, white rice.

Введение. Большая часть потребляемого риса – это белый рис, хотя существует множество сортов, содержащих цветные пигменты, такие как красный, коричневый, фиолетовый и черный, в околоплодном слое, семенной оболочке или алейроновом слое (Chaudhary and Than, 2003). Черный рис имеет высокое содержание антоцианов в околоплодном слое (Takashi et al., 2001). Антоцианы действуют как антиоксиданты, которые убирают холестерин в крови, предотвращают анемию, потенциально повышая сопротивляемость организма болезням, улучшают функции почек, печени, предотвращают заболевания сердечных сосудов, раковые опухоли, замедляют старение. Черный рис содержит больше белка, витаминов и минералов, чем белый, а также элементов железа, цинка, марганца и фосфора (Suzuki et al., 2004).

Пигментированный рис, кроме антиоксидантов, является хорошим источником γ -оризанола, α -токоферолов, фенольных соединений, витамина Е и каротиноидов (биологически активные вещества). Последние исследования продемонстрировали, что такой рис обладает широким спектром биологической активности, имеет антиоксидантное, антиканцерогенное, антиатеросклерозное и противоаллергическое действие (Deng et al., 2013).

Черный цвет перикарпа зерновки формируется при одновременном присутствии в геноме риса трех доминантных аллелей в локусах Kala-1, Kala-3 и Kala-4, которые локализованы в 1-й, 3-й и 4-й хромосомах. У генотипов с другими сочетаниями этих аллелей образуются коричневые или белые зерновки (Maeda et al., 2014).

Сорта риса с черным перикарпом должны иметь оптимальный морфотип белозерных местных сортов и формировать высокую урожайность.

Высота растений должна быть подходящей для обеспечения устойчивости к полеганию и хорошего индекса урожая. Этот признак широко варьирует в пределах вида и находится под контролем нескольких локусов, уменьшающих или увеличивающих длину стебля. Десять генов признака «высота растения» были определены в первой, пятой, шестой, седьмой и одиннадцатой хромосомах (Lei et al., 2018).

От длины метелки риса в значительной степени зависят её структура и плотность, влияющие на урожайность зерна. Величина этого признака контролируется четырьмя QTL, локализованными в четвертой, шестой и девятой хромосомах (Liu et al., 2016).

На урожайность зерна риса в значительной степени влияют также масса зерновок и количество колосков на метелке. Количество зерен на метелке определяют 6 генов, а массу зерновки – 11 (Yuan et al., 2019).

В ФНЦ риса уже созданы сорта с антоциановым перикарпом (Гончарова и др., 2015).

Актуальным является создание сортов и для условий Ростовской области, поэтому нужна информация о наследовании признаков у гибридного потомства от скрещивания сортов с белым и черным зерном.

Цель исследований – выведение образцов риса с черным перикарпом. Задачами являлись скрещивание сортов с белым и антоциановым перикарпом, анализ наследования некоторых важных количественных признаков с последующим отбором элитных продуктивных растений для дальнейшей селекционной работы.

Материалы и методы исследований. В качестве исходного материала для гибридологического анализа были использованы 455 растений второго поколения гибрида Мавр \times Контакт. У сорта Мавр – полукарликовые растения с длинной поникающей метелкой, несущей длинные черные зерновки. Сорт Контакт отличается от Мавра более ранним цветением, высотой, короткой прямостоячей метелкой и белым зерном.

Скрещивание выполнено в 2018 году, во второй год (2019) репродуцировано F_1 . Растения риса F_2 выращивали в 2020 году на чеках ОП «Пролетарское» АНЦ «Донской» (Ростовская обл.). Почва темно-каштановая, малогумусная, тяжелосуглинистая, солонцеватая до 25%. Количество гумуса не превышает 3,00%, азота – 0,21%, фосфора – 0,15%, калия – 2,50%. Родительские сорта и гибрид высевали на делянках площадью 10 м². Полевые опыты закладывали по методике Доспехова Б.А. (2012). Для гибридологического анализа популяций применяли программу Полиген А (Мережко, 2005), для обработки числовых данных – программу Statistica 8, для построения графиков – MS Excel.

В процессе роста и развития растений риса метеорологические условия были вполне благоприятными, в результате чего растения хорошо развивались, а зерно полностью созрело. Погода характеризовалась пониженным количеством осадков – 66% от нормы, и высокой суммой биологически активных температур – 3277 °С. Среднемесячная температура в мае была 16,0 °С (на 0,7 °С ниже нормы), а в июне-сентябре – значительно выше нормы – на 2,3–4,3 °С. Май и июнь были дождливыми, в июле и августе осадков было меньше половины от нормы, а в сентябре они отсутствовали.

Результаты и их обсуждение. У гибридов от скрещивания Мавра с Контакт (черное \times белое) в первом поколении доминировала черная окраска зерна (Костылев и др., 2019). Во втором поколении произошло расщепление на 2 цветковых класса в соотношении: 263 с черной окраской перикарпа, 185 – с белой, или сокращенно 9:7, что соответствует комбинаторному взаимодействию генов ($\chi^2 = 0,23$; $0,80 < P < 0,90$) (табл. 1).

1. Расщепление по окраске перикарпа у F_2 гибрида Мавр × Контакт (2020 г.)
1. Cleavage by pericarp color in the rice F_2 hybrid 'Mavr × Kontakt' (2020)

Окраска перикарпа	Генетическая формула	Частота растений		Соотношение генотипов
		фактическая	теоретическая	
Черная	$Pb_Pp_$	263	252	9
Белая	$Pb_pppp, pbbpPp_ \text{ и } pbbppppp$	185	196	7
Сумма	—	448	448	16

Скрещиваемые сорта отличались между собой аллелями локусов Pb и Pp , у сорта Контакт они были рецессивными, а у сорта Мавр – доминантными, определяющими антоциановую окраску перикарпа зерновок. Черная окраска перикарпа формируется у гибридных растений, если в генотипе присутствуют сразу два доминантных аллеля локусов Pb и Pp , серебристо-белая – если имеются рецессивные аллели.

Корреляционный анализ показал, что черная окраска перикарпа слабо отрицательно коррелировала с количеством колосков ($r = -0,24 \pm 0,05$) и выполненными зернами ($r = -0,19 \pm 0,05$), но слабо положительно – с длиной зерновки ($r = 0,16 \pm 0,05$). С остальными признаками корреляция отсутствовала. Средние величины признаков в группах с черным и белым перикарпом составили: по количеству колосков на метелке – 168,2 и 197,2 шт., по количе-

ству выполненных зерен – 83,2 и 99,8 шт., длине зерновки – 8,86 и 8,66 мм. Следовательно, гены окраски находятся в одних и тех же хромосомах, что и локусы, контролирующие число колосков.

Высота растений исходных сортов отличалась на 10,8 см. Высота Kontakta составила в среднем 74,9, Мавра – 64,1, гибрида – 81,1 см. При этом высота гибридных растений варьировала в очень широком диапазоне – от 50 до 120 см (рис. 1). Из рисунка видно, что кривая распределения частот (КРЧ) гибридных растений F_2 показала значительную положительную трансгрессию. Вершина КРЧ гибрида находилась в одном классе (75–80 см) с таковой сорта Контакт. Наблюдалось сверхдоминирование этого признака ($h_p = 2,13$) и появление множества растений с большой высотой.

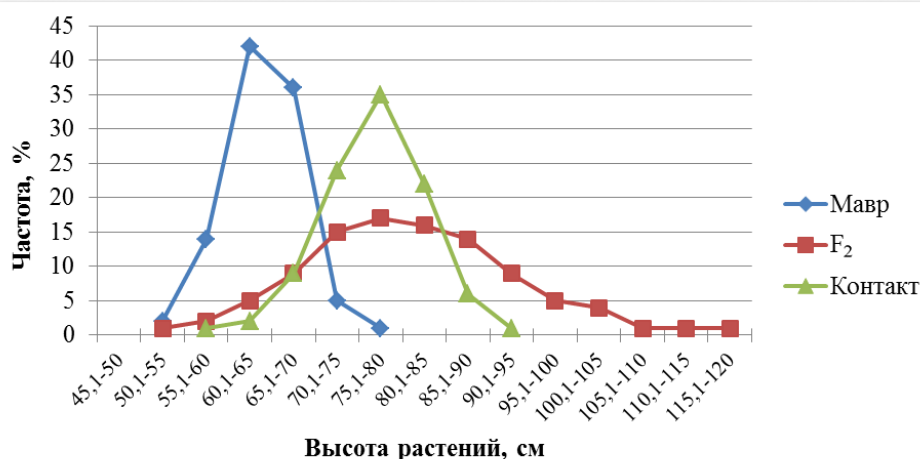


Рис. 1. Распределение частот признака «высота растений» у родительских сортов и гибрида риса F_2 Мавр × Контакт (2020 г.)

Fig. 1. Frequency distribution of the trait 'plant height' in parental varieties and rice F_2 hybrid 'Mavr × Kontakt' (2020)

Этот факт свидетельствует о различиях родительских сортов по состоянию двух пар аллелей ($AAbb$ и $aabb$). В результате рекомбинации генов, имеющих различную силу проявления, в потомстве появились растения, достигшие большей высоты, чем родительские формы. Расщепление произошло в соотношении 1:4:6:4:1.

Длина метелок у растений сорта Контакт составила в среднем 14,1 см, у Мавра – 18,4 см, у гибридов – 17,2 см. Длина метелки у растений F_2 варьировала очень широко, от 8 до 26 см, т.е. меньше и больше, чем у родительских сортов.

В потомстве появились более длинные и более короткие метелки, что объясняется влиянием трансгрессий. Наблюдалось частичное положительное доминирование этого признака ($h_p = 0,46$). КРЧ гибридной популяции была трёхвершинной в классах 14,1–15; 16,1–17 и 18,1–19 см (рис. 2). Одна из крайних вершин соответствовала сорту Контакт, другая – сорту Мавр, центральная, более высокая, располагалась посередине. В F_2 с помощью программы Полиген А были установлены дигенные различия сортов и расщепление в числовом отношении 1:4:6:4:1.

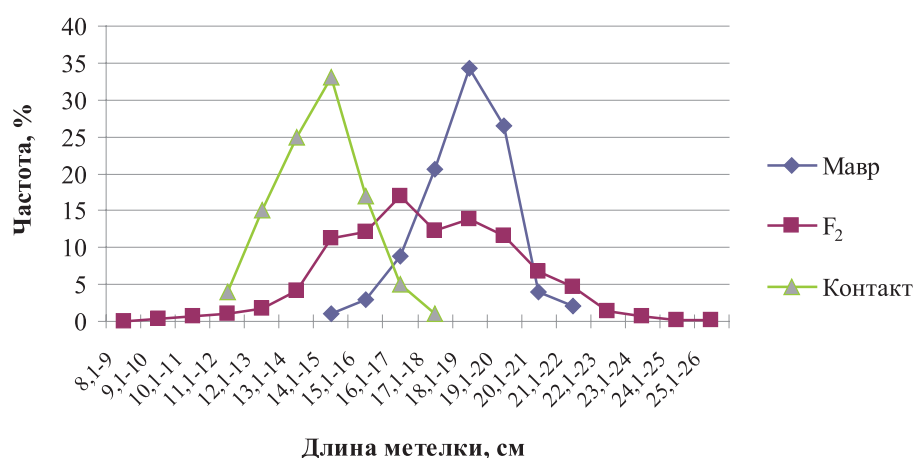


Рис. 2. Распределение частот признака «длина метелки» у родительских сортов и гибрида риса F₂ Мавр × Контакт (2020 г.)

Fig. 2. Frequency distribution of the trait 'panicle length' in parental varieties and rice F₂ hybrid 'Mavr × Kontakt' (2020 g.)

По количеству колосков в метелке родительские сорта существенно различались, средняя величина этого признака у Контакта составила 87,9, у Мавра – 118,4, а у гибрида – 178,9 шт., хотя они при этом сильно варьировали. КРЧ гибрида показала значительную положительную трансгрессию и гетерозис. Наблюдалось сверхдоминирование больших величин количества колосков, при этом степень доминирования во втором поколении достигла 4,97. Кривая была смещена вправо относительно распределений родительских сортов, выщепилось большое количество рас-

тений, метелки которых были хорошо озернены, до 380 колосков (рис. 3). Частота трансгрессивных растений, у которых количество колосков в метелке превышало 200 штук, составила во втором поколении 33,1%. Это происходило в результате взаимодействия рецессивных и доминантных аллелей трёх разных пар локусов, приведшего к появлению новых комбинаций генов, обусловивших гетерозис и появление хорошо озерненных форм, в том числе имеющих черное зерно. Расщепление произошло в соотношении 1:6:15:20:15:6:1.

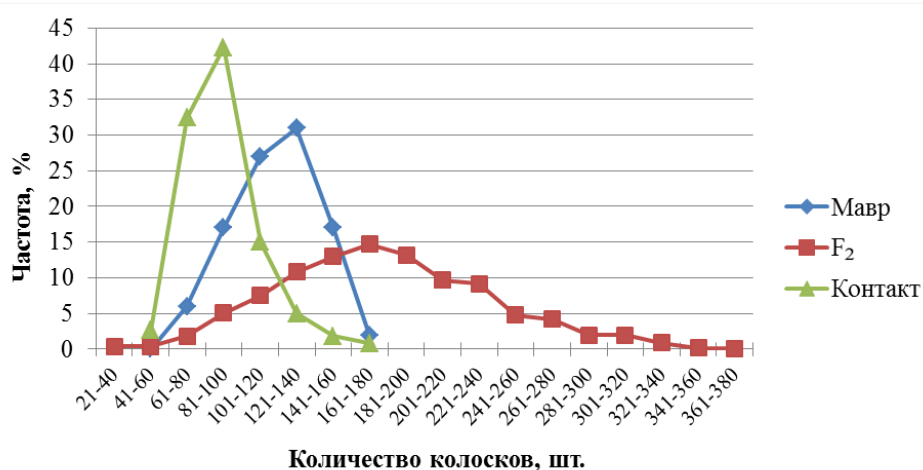


Рис. 3. Распределение частот признака «количество колосков» у родительских сортов и гибрида риса F₂ Мавр × Контакт (2020 г.)

Fig. 3. Frequency distribution of the trait 'number of spikelets' in parental varieties and rice F₂ hybrid 'Mavr × Kontakt' (2020 g.)

Масса 1000 зерен у родительских сортов различалась на 2,8 г, у сорта Мавр – 26,2 г, у сорта Контакт – 29,0 г, у гибрида она в среднем была меньше, чем у Мавра – 25,9 г. Установлена гибридная депрессия меньших значений признака ($h_p = -1,22$). Масса 1000 зерен в F₂ в основном колебалась в рамках полиморфизма родительских форм: от 21 до 34 г, однако 8%

потомков сформировали мелкое зерно от 14 до 21 г, поскольку были позднеспелыми и недостаточно вызрели. КРЧ потомков F₂ имела 3 вершины, из которых большая располагалась в одном классовом интервале с вершиной Мавра, что свидетельствует об отрицательном доминировании (рис. 4). Наблюдалось дигибридное расщепление 9: 6:1.

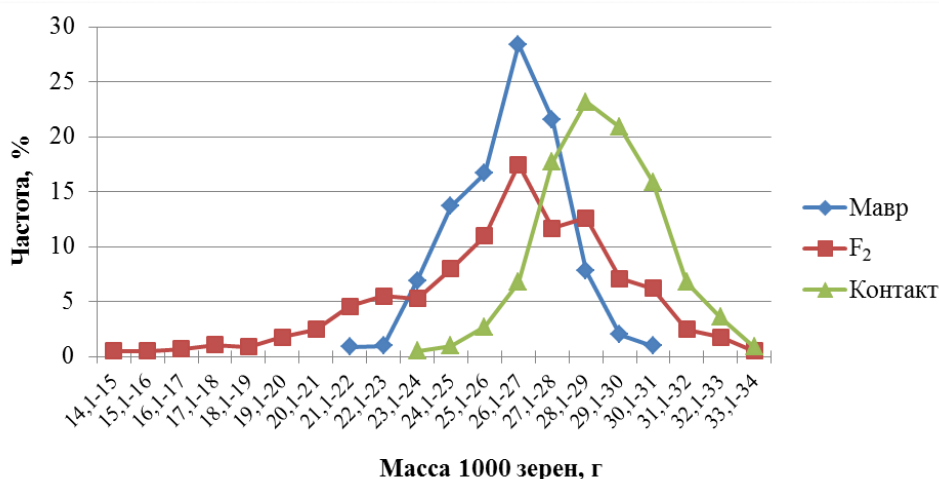


Рис. 4. Распределение частот признака «масса 1000 зёрен» у родительских сортов и гибрида риса F_2 Мавр × Контакт (2020 г.)

Fig. 4. Frequency distribution of the trait '1000-kernel weight' in parental varieties and rice F_2 hybrid 'Mavr × Kontakt' (2020)

В результате анализа были выделены линии второго поколения, зерно которых имело черную окраску перикарпа. Их характеристика представлена в таблице 2. Они отличались оп-

тимальной высотой растений (80–99 см), длинными метелками (18,2–23,0 см), повышенной их озерненностью (176–280 шт.) и средней массой 1000 семян (28–30 г).

2. Характеристика выделившихся линий F_2 из гибридной популяции Мавр × Контакт (2020 г.) 2. Characteristics of the F_2 lines in the hybrid population 'Mavr × Kontakt' (2020)

№ растений	Высота растений, см	Длина метёлок, см	Количество колосков, шт.	Масса 1000 семян, г
Контакт	75	14,1	87,9	29,0
Мавр	64	18,4	118,4	26,2
297	92	18,2	202	28
199	96	23,0	280	30
168	80	18,7	188	29
435	82	20,0	170	29
90	99	20,5	240	30
244	93	20,1	195	29
445	88	22,0	176	28
122	86	20,2	211	28
28	87	20,0	191	30
81	85	18,7	210	30
154	89	20,1	236	29
169	88	21,2	225	29
σ	11,7	2,2	23,8	1,2

Эти линии были высеяны на делянках гибридного питомника для получения третьего поколения, из которого отобраны лучшие по морфотипу формы для последующей селекционной работы по созданию скороспелых и среднеспелых продуктивных черnozерных сортов риса.

Выводы

1. По цвету перикарпа выявлено комбинаторное взаимодействие двух доминантных аллелей генов *Pb* и *Pp*. Сегрегация особей проходила в соотношении 9 черных : 7 белых.

2. У гибрида F_2 сверхдоминировали большие значения высоты растений ($h_r = 2,13$). Взаимодействие двух пар генов разной силы (*AA**bb* и *aa**BB*) способствовало тому, что в потомстве появились растения, достигшие большей высоты, чем родительские формы.

3. Длина метелки наследовалась по типу частичного доминирования. Кривые распределения частот признака гибридной популяции была трёхвершинной. В F_2 установлены дигенные различия родительских сортов и расщепление в числовом отношении 1:4:6:4:1.

4. Количество колосков на метелке показало сверхдоминирование признака ($h_r = 4,97$) и положительную трансгрессию. Выделены формы с хорошо озерненными метелками.

5. Масса 1000 зерен продемонстрировала отрицательное доминирование и дигибридное расщепление 9:6:1.

6. Отобраны лучшие по морфотипу формы F_2 с черным перикарпом, которые отличались оптимальной высотой растений, длинными метелками, повышенной их озерненностью и средней массой 1000 семян.

Библиографические ссылки

1. Гончарова Ю.К., Бушман Н.Ю., Верещагина С.А. Сорта риса с окрашенным перикарпом // Рисоводство. 2015. № 1-2(26-27). С. 9-11.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга, 2012. 352 с.
3. Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Балукова Э.С. Генетика ряда признаков у гибрида риса Контакт × Мавр // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3(63). С. 30-35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-30-35.
4. Мережко А.Ф. Использование менделеевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107-117.
5. Chaudhary R.C., Tan D.V. Speciality rices of the world: a prologue. Speciality Rices of the World: Breeding, Production and Marketing FAO, Science Pub, Enfield, NH, 2001. Pp. 3-12.
6. Deng G.F., Xiang R.X., Zhang Y., Hua B.L. Phenolic compounds and bioactivities of pigmented rice. Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. 53(3). Pp. 296-306.
7. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // Euphytica. 2018. V. 214. № 109. Pp. 1-17.
8. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T.G.T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I.U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // Front Plant Sci. 2016. 7: 596. Pp. 1-13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596.
9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro Kojima, Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // Breed Sci. 2014. 64(2). Pp. 134-141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134.
10. Suzuki M., Kimur T., Yamagishi K., Shinmoto H., Yamak K. Comparison of mineral contents in 8 cultivars of pigmented brown rice. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 2004. 51(58). Pp. 424-427.
11. Takashi I., Bing Xu, Yoichi Y., Masaharu N., Tetsuya K. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. J Med Food. 2001. 4(4). Pp. 211-218.
12. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // Journal of Genetics and Genomics. 2019. 46. Pp. 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2019.01.003>.

References

1. Goncharova YU.K., Bushman N.YU., Vereshchagina S.A. Sorta risa s okrashennym perikarpom [Varieties of rice with colored pericarp] // Risovodstvo. 2015. № 1-2(26-27). S. 9-11.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Kniga, 2012. 352 s.
3. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Balyukova E.S. Genetika ryada priznakov u gibrida risa Kontakt × Mavr [Genetics of a number of traits in the rice hybrid 'Kontakt × Mavr'] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 3(63). S. 30-35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-30-35
4. Merezko A.F. Ispol'zovanie mendeleevskih principov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchih priznakov [The use of the Mendelian principles in computer analysis of the inheritance of varying traits] // Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKHN, VNIi risa. Krasnodar, 2005. S. 107-117.
5. Chaudhary R.C., Tan D.V. Speciality rices of the world: a prologue. Speciality Rices of the World: Breeding, Production and Marketing FAO, Science Pub, Enfield, NH, 2001. Pp. 3-12.
6. Deng G.F., Xiang R.X., Zhang Y., Hua B.L. Phenolic compounds and bioactivities of pigmented rice. Crit Rev Food Sci Nutr. 2013. 53(3). Pp. 296-306.
7. Lei L., Zheng H. L., Wang J. G., Liu H. L., Sun J., Zhao H. W., Yang L. M., Zou D. T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // Euphytica. 2018. V. 214. № 109. Pp. 1-17.
8. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T.G.T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I.U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // Front Plant Sci. 2016. 7: 596. Pp. 1-13. DOI: 10.3389/fpls.2016.00596
9. Maeda H., Yamaguchi T., Omoteno M., Takarada T., Fujita K., Murata K., Iyama Y., Yoichiro Kojima, Morikawa M., Ozaki H., Mukaino N., Kidani Y., Ebitani T. Genetic dissection of black grain rice by the development of a near isogenic line // Breed Sci. 2014. 64(2). Pp. 134-141. DOI: 10.1270/jsbbs.64.134.
10. Suzuki M., Kimur T., Yamagishi K., Shinmoto H., Yamak K. Comparison of mineral contents in 8 cultivars of pigmented brown rice. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 2004. 51(58). Pp. 424-427.
11. Takashi I., Bing Xu, Yoichi Y., Masaharu N., Tetsuya K. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. J Med Food. 2001. 4(4). Pp. 211-218.
12. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // Journal of Genetics and Genomics. 2019. 46. Pp. 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2019.01.003>.

Поступила: 30.09.21; принята к публикации: 9.11.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П.И. – общее научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ данных, написание текста статьи; Краснова Е.В. – комплектация питомников, посев сортов и образцов, руководство технологическими процессами по выращиванию растений риса; Сирапионов Г.А. – отбор растений для анализа, промеры и подсчеты, структурный анализ, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

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

О.А. Некрасова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

Ю.Н. Алты-Садых, техник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0002-3969-1166

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Представлены результаты изучения качества муки сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель исследований – оценка изменчивости величины показателей, которые характеризуют физические и реологические свойства теста, изучение сопряженности между ними, выделение генетических источников. В качестве объекта исследований использовали 20 сортов озимой мягкой пшеницы. Полевые опыты проводили в 2017–2019 годах на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно. Сорт Дон 107 использовали в качестве стандарта. Качество зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна. Выделены сорта с максимальным содержанием клейковины в зерне: Аскет (26,9%), Подарок Крыму (26,2%), Золотой Колос (25,5%) и Изюминка (25,5%). Определено, что признак «индекс деформации клейковины» варьировал от 62 единиц до 77 единиц прибора, все сорта соответствовали 1-му классу качества. Выделены генотипы с низкими значениями коэффициента вариации признака: Вольный Дон, Дон 93, Премьера, Подарок Крыму, Амбар, Донской сюрприз и Изюминка. Определены сорта с низкими значениями коэффициента вариации признака «удельная работа деформации теста» Краса Дона (6,7%), Жаворонок (6,8%) и Аскет (8,2%). Выделены сорта Дон 93, Изюминка и Подарок Крыму, которые по показателю P/L соответствовали классу сильных пшениц. Установлено, что сорта Золотой Колос и Вольница во все годы исследований соответствовали классу сильных пшениц по валориметрической оценке. Корреляционный анализ показал, что на выраженность реологических свойств теста значительное влияние оказывало количество клейковины в зерне. Определена количественная выраженность и вариабельность показателей, которые характеризуют реологические и физические свойства теста. Выделены сорта с наименьшей сортовой вариацией признаков, которые рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников полезных признаков и свойств. Отбор по признакам «разжижение теста» и «валориметрическая оценка» позволяют создать и внедрить в производство генотипы с высокими хлебопекарными свойствами.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, реологические свойства теста, валориметрическая оценка, качество муки.

Для цитирования: Кравченко Н.С., Марченко Д.М., Некрасова О.А., Алты-Садых Ю.Н. Изучение реологических и физических свойств теста сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-45-52.



THE STUDY OF RHEOLOGICAL AND PHYSICAL DOUGH PROPERTIES OF THE WINTER WHEAT VARIETIES

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

D.M. Marchenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the department of winter wheat breeding and seed production, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

O.A. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

Yu.N. Alty-Sadykh, technician-researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ORCID ID: 0000-0002-3969-1166

Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

There have been represented the study results of flour quality of the winter bread wheat varieties of semi-intensive type of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”. The purpose of the current study was to estimate variability of the values of indicators that characterize physical and rheological dough properties, to identify the correlation between them, and to isolate genetic sources. The objects of study were 20 winter bread wheat varieties. Field trials were carried out in 2017–2019 in the fields of the department of winter wheat breeding and seed production, the forecrop

was maize for grain. The variety 'Don 107' was used as a standard. The quality of grain and flour of the winter bread wheat varieties was assessed in the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality. There have been identified the varieties 'Asket' (26.9%), 'Podarok Krymu' (26.2%), 'Zolotoy Kolos' (25.5%) and 'Izyuminka' (25.5%) with the maximum gluten content in grain. It was determined that the trait 'gluten deformation index' varied from 62 u.v. to 77 u.v., all varieties corresponded to the 1st quality class. There have been identified the genotypes 'Volny Don', 'Don 93', 'Premiera', 'Podarok Krymu', 'Ambar', 'Donskoy Surpriz' and 'Izyuminka' with low values of the variation coefficient of the trait. There have been identified the varieties 'Krasa Dona' (6.7%), 'Zhavoronok' (6.8%) and 'Asket' (8.2%) with low values of the variation coefficient of the trait 'specific work of dough deformation'. There have been identified the varieties 'Don 93', 'Izyuminka' and 'Podarok Krymu', which according to P/L corresponded to the class of strong wheat. It was found that the varieties 'Zolotoy Kolos' and 'Volnitsa' corresponded to the class of strong wheat according to the valorimetric assessment. Correlation analysis showed that the rheological dough properties were significantly influenced by gluten content in grain. There has been estimated the quantitative manifestation and variability of the traits, which characterize the rheological and physical dough properties. There have been identified the varieties with the smallest varietal variation of traits, which are recommended to use in the breeding process as sources of useful traits and properties. The selection according to the traits 'delute of dough' and 'valorimetric assessment' allow developing and introducing into production genotypes with good baking properties.

Keywords: winter wheat, variety, rheological dough properties, valorimetric assessment, flour quality.

Введение. Качество пшеницы складывается из совокупности биологических, физико-химических, технологических и потребительских свойств и признаков, определяющих пригодность зерна к использованию по назначению, в частности на продовольственные цели (Варламов и др., 2013; Дулов и др., 2010).

Многие исследователи говорят о снижении качества производимого в России зерна мягкой пшеницы в последние годы (Потоцкая и др., 2021; Мелешкина и др., 2021). Так же уменьшаются объемы производства хлеба, и ухудшается качество изделий. Одной из причин этого авторы выделяют низкие технологические характеристики муки, что негативно влияет на качество конечной продукции. На предприятиях для корректировки качества муки все чаще применяют химические улучшители, которые повышают технологичность процесса, но ухудшают потребительские свойства хлеба. В качестве альтернативного подхода к решению проблемы предложено естественное улучшение исходных характеристик муки благодаря реализации генетического потенциала сортов мягкой пшеницы (Хлесткина и др., 2017).

Процесс приготовления теста является одним из важнейших технологических этапов при производстве хлебобулочных изделий, т. к. от свойств теста зависит качество готового продукта. В период замеса теста формируется его структура в результате развития физико-химических, коллоидных и биохимических процессов (Сокол и др., 2018).

Наибольшую значимость при оценке хлебопекарных свойств сортов пшеницы имеют содержание белка и клейковины, разжижение теста и валориметрическая оценка. Однако признаки, которые характеризуют физические и реологические свойства теста относятся к наиболее варьирующим как по сортам, так и по годам, что свидетельствует о значительном влиянии условий выращивания на их выраженность (Сухоруков и др., 2017). Для селекционного улучшения новых сортов пшеницы по реологическим свойствам теста важно определять взаимосвязи между признаками и изучать факторы, влияющие на их выраженность.

Цель исследований – оценка изменчивости величины показателей, которые характеризуют

физические и реологические свойства теста, изучение сопряженности между ними, выделение генетических источников.

Материалы и методы исследований.

В качестве объекта исследований использовали 20 сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции «Аграрного научного центра «Донской». Полевые опыты проводили в 2017–2019 годах на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно. Сорт Дон 107 использовали в качестве стандарта.

Показатели качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской» в соответствии с общепринятыми методиками.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (2014). Варьирование признаков определяли по классификации В.А. Дзюба (2010): изменчивость принято считать незначительной, или слабой ($CV = 10,0\%$); средней ($CV = 10,0\% - 20,0\%$); значительной, или высокой ($CV > 20,0\%$).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный, с высокой карбонатностью (от 2,5 до 4,0% $CaCO_3$). Содержание гумуса – 3,6–4,0%; подвижного фосфора – 20–23 мг/кг; обменного калия – 300–380 мг/кг почвы.

Характерной особенностью климата южной зоны Ростовской области является полусухое жаркое лето и умеренно мягкая зима. За период вегетации растений озимой пшеницы сумма положительных температур в среднем составляет 3450 °С, среднегодовая температура воздуха +9,6 °С, а среднемноголетнее количество осадков – 582,4 мм.

В 2016–2017 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 10,0 °С (норма – 9,6 °С). Сумма осадков за год была на уровне среднемноголетних показателей – 585,9 мм (норма – 582,4 мм). В период «колошение-созревание» (май, июнь, июль) среднесуточные температуры воздуха отмечены 15,9 °С (норма – 16,4 °С), 20,8 °С (норма – 20,5 °С) и 24,4 °С (норма – 23,1 °С) со-

ответственно. Количество осадков за эти месяцы составило в мае 59,3 мм (норма – 51,3 мм), в июне 88,6 мм (71,3 мм) в июле 42,2 мм (норма 53,3 мм). Формирование и созревание зерна озимой пшеницы проходило в благоприятных гидротермических условиях.

В 2017–2018 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,8 °С (норма – 9,6 °С). Осадков за год выпало 453,6 мм, что ниже на 128,8 мм среднемноголетней нормы. Колошение и созревание протекало при повышенных среднесуточных температурах воздуха: в мае 19,2 °С (норма – 16,4 °С), в июне 23,9 °С (норма – 20,5 °С), в июле 25,9 °С (норма – 23,1 °С) и относительной влажности воздуха ниже нормы.

В 2018–2019 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,8 °С (норма – 9,6 °С). Отмечено неравномерное выпадение осадков, их сумма за год была меньше среднемноголетней на 54,5 мм

и составила 527,9 мм. Формирование и созревание зерна проходило при повышенных температурах воздуха в мае 19,0 °С (норма – 16,4 °С), в июне 25,2 °С (норма – 20,5 °С), в июле 22,7 °С (норма – 23,1 °С) и низкой влажности воздуха.

Почвенная и воздушная засухи отрицательно влияют на формирование клейковины, она становится крошащейся и неэластичной, что в свою очередь ухудшает технологические свойства муки.

Результаты и их обсуждение. Количество и качество клейковины в зерне – признаки, от которых, в первую очередь, зависят хлебопекарные свойства сортов. В среднем за изучаемый период значения количества клейковины в зерне варьировали от 21,7% (Капризуля) до 26,9% (Аскет). Максимальное содержание клейковины в зерне сформировали сорта Аскет (26,9%), Подарок Крыму (26,2%), Золотой Колос (25,5%) и Изюминка (25,5%), которые соответствовали 3-му классу качества (табл. 1).

1. Количество и качество клейковины в зерне сортов озимой пшеницы (2017–2019 гг.) 1. Quantity and quality of gluten in grain of the winter wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Качество клейковины, единиц прибора ИДК		Количество клейковины, %	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, ст.	66	17,5	23,6	25,5
Дон 93	65	2,4	22,4	16,0
Станичная	63	10,4	25,0	16,1
Ермак	63	13,8	23,0	22,4
Донской сюрприз	66	8,0	24,9	21,0
Аскет	71	12,7	26,9	13,9
Изюминка	74	9,0	25,5	23,6
Лидия	65	21,5	22,9	20,7
Капризуля	72	13,3	21,7	16,9
Лилит	66	18,1	22,8	9,6
Краса Дона	63	16,6	22,3	13,0
Вольница	62	22,1	24,5	21,5
Вольный Дон	68	2,2	23,1	16,3
Жаворонок	69	14,7	23,9	11,4
Полина	68	18,6	22,3	18,3
Нива Дона	72	15,3	22,5	16,2
Амбар	69	5,2	22,7	18,7
Подарок Крыму	75	4,0	26,2	19,3
Золотой колос	67	19,3	25,5	14,3
Аюта	70	21,4	23,1	1,1
Премьера	77	4,0	22,7	14,3
НСР _{0,5}	5,7	–	2,0	–

Варьирование признака «количество клейковины в зерне» отмечено от низкого 1,1% (Аюта) до высокого 25,5% (Дон 107).

Признаком, который характеризует эластичность, упругость и растяжимость клейковины, является индекс деформации.

В среднем за годы исследований у всех изучаемых сортов индекс деформации клейкови-

ны варьировал от 62 (Вольница) до 77 единиц прибора (Премьера) и они соответствовали 1-му классу качества. Значения коэффициента вариации изменялись в широких пределах от низких 2,2% (Вольный Дон) до высоких 22,1% (Вольница). Выделены генотипы с минимальным варьированием, т. е. стабильные по этому показателю: Вольный Дон (2,2%), Дон 93 (2,4%),

Премьера (4,0%), Подарок Крыму (4,0%), Амбар (5,2%), Донской сюрприз (8,0%) и Изюминка (9,0%), которые рекомендуем использовать в качестве источников полезных признаков.

В системе оценки технологических свойств зерна озимой пшеницы определение свойств теста является необходимым процессом. Результаты изучения муки генотипов *Triticum aestivum* L. с помощью альвеографа свидетельствуют, что показатель «сила муки» варьировал от 112 (Премьера) до 238 единиц альвеографа (Дон 93, Вольница). Определено, что сорта не достигали нормативных показателей для сильных пшениц (280 е. а.). По нашему

мнению основным фактором получения «несильного» зерна стал высокий уровень показателя P/L у основного количества изучаемых сортов, т. е. они сформировали короткую рвущуюся неэластичную клейковину, что в дальнейшем отразилось на результатах пробной лабораторной выпечки. Варьирование показателя «сила муки» отмечено в широких пределах от низких значений 6,7% (Краса Дона) до высоких 49,2 % (Дон 107). Выделены сорта с низкими значениями коэффициента вариации Краса Дона (6,7%), Жаворонок (6,8%) и Аскет (8,2%).

Значения коэффициента P/L изменялись от 1,7 (Дон 93) до 5,7 (Полина) (табл. 2).

2. Удельная работа деформации теста и коэффициент P/L сортов озимой пшеницы (2017–2019 гг.)

2. Specific work of dough deformation and P/L coefficient of the winter wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Удельная работа деформации теста, W, единиц альвеографа		Коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости, P/L, единиц	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, стандарт	191	49,2	4,5	60,8
Дон 93	238	31,8	1,7	66,3
Станичная	155	14,1	3,5	42,9
Ермак	178	39,7	3,4	68,3
Донской сюрприз	200	19,6	3,2	34,5
Аскет	165	8,2	2,3	52,9
Изюминка	179	12,0	2,0	60,6
Лидия	148	26,7	3,4	76,3
Капризуля	152	31,5	2,9	67,1
Лилит	167	25,1	3,1	77,1
Краса Дона	157	6,7	4,0	37,8
Вольница	238	37,5	3,2	70,5
Вольный Дон	163	20,1	4,0	76,9
Жаворонок	161	6,8	3,2	49,3
Полина	119	25,6	5,7	50,6
Нива Дона	175	33,3	3,5	75,0
Амбар	145	13,1	3,7	54,9
Подарок Крыму	211	10,1	2,0	41,8
Золотой колос	225	29,5	3,4	58,6
Аюта	172	10,9	2,9	57,7
Премьера	112	17,8	3,1	58,7
НСР _{0,5}	20,1	—	0,6	—

Выделены сорта Дон 93 (1,7), Изюминка (2,0) и Подарок Крыму (2,0), которые по показателю P/L соответствовали классу сильных пшениц.

Также отмечено значительное варьирование показателя P/L по годам исследований от 34,5% (Донской сюрприз) до 76,9% (Вольный Дон), что свидетельствует о значительном влиянии условий выращивания на выраженность этого показателя.

Качество муки определяют с помощью фаринографа. При выполнении анализа определяют следующие показатели: водопоглотитель-

ную способность муки, время образования теста, устойчивость теста к замесу, сопротивляемость (стойкость) теста, эластичность, разжижение теста и валориметрическую оценку. В соответствии с классификационными нормами Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур требования предъявляются к разжижению теста и валориметрической оценке, остальные показатели не учитываются в селекционном процессе.

Для характеристики физических свойств теста единым обобщающим показателем слу-

жит величина площади, занимаемая фаринотраммой – валориметрическая оценка. Эту величину устанавливают, применяя специальное устройство – валориметр. Показания валориметра для сортов пшеницы различного качества колеблются в пределах 20–100 единиц валориметра. Максимальная площадь фаринотраммы, равная 100 единицам валориметра,

характеризует муку сильной пшеницы, тесто которой обладает большой устойчивостью при замесе.

Исследованиями было установлено значительное сортовое варьирование абсолютных значений валориметрической оценки от 44 единиц валориметра (Дон 93) до 100 единиц (Золотой Колос, Краса Дона) (табл. 3).

3. Пределы варьирования признаков, характеризующих качество теста сортов озимой пшеницы, определяемых на фаринографе (2017–2019 гг.)

3. Variation limits of the traits characterizing dough quality of the winter wheat varieties assessed by the farinograph (2017–2019)

Сорт	Разжижение теста, единиц фаринографа		Водопоглотительная способность муки, %		Валориметрическая оценка, единиц валориметра	
	min–max	CV, %	min–max	CV, %	min–max	CV, %
Дон 107, ст/	10–40	57,3	63,0–67,2	3,3	50–70	16,7
Дон 93	30–80	77,9	58,0–64,0	5,2	44–87	35,2
Станичная	30–60	43,3	60,0–61,6	3,0	52–82	22,2
Ермак	20–70	78,7	59,4–64,0	3,8	50–76	22,1
Донской сюрприз	20–50	45,8	62,4–66,6	3,3	67–86	13,7
Аскет	20–40	33,3	61,0–65,2	3,9	60–75	11,2
Изюминка	20–70	58,1	59,8–64,0	3,6	54–86	28,0
Лидия	40–60	21,7	61,0–64,0	3,1	49–72	20,0
Капризуля	20–40	33,3	62,2–64,0	1,6	53–88	29,5
Лилит	30–60	43,3	62,2–64,0	1,5	52–79	21,2
Краса Дона	30–40	15,7	63,0–64,0	0,9	54–100	33,3
Вольница	20–30	24,7	62,0–67,4	4,3	71–99	19,9
Вольный Дон	20–80	65,5	59,6–64,0	3,6	46–84	29,2
Жаворонок	10–80	81,0	61,0–63,6	2,1	48–84	27,0
Полина	10–40	57,3	64,0–67,2	2,8	55–99	32,8
Нива Дона	40–45	6,9	61,0–64,0	2,8	50–84	25,4
Амбар	30–40	15,7	60,4–64,2	3,1	66–85	13,6
Подарок Крыму	10–60	68,6	60,0–65,2	4,3	46–96	35,8
Золотой колос	20–40	32,9	63,0–68,4	4,1	78–100	13,3
Аюта	40–80	43,3	63,0–66,8	2,9	55–79	17,8
Премьера	30–60	43,3	62,0–65,4	2,9	56–76	15,1
НСР _{0,5}	14,0	–	1,7	–	8,4	–

Выделены сорта Золотой Колос и Вольница, которые во все годы исследований соответствовали классу сильных пшениц по валориметрической оценке (не менее 70–85 единиц валориметра).

При этом изучаемые сорта (кроме сортов Золотой Колос и Вольница) формировали физические свойства теста в соответствии с требованиями к пшеницам-филлерам до сильных пшениц-отличных улучшителей. Такое варьирование свидетельствует о существенном влиянии на качество муки условий выращивания.

Разжижение теста – величина изменения консистенции теста через 12 минут от начала снижения графика, является важным селекционным признаком, характеризующим качество сортовой муки.

В соответствии с требованиями Госкомиссии по сортоиспытанию для сильных пшениц отличных улучшителей должно быть не более 30 единиц фаринографа, для сильных пшениц хороших улучшителей – не более 50 единиц фаринографа, для сильных пшениц удовлетворительных улучшителей – не более 60 единиц фаринографа, для ценных – не более 80 единиц фаринографа.

Выделены сорта, которые в среднем за изучаемый период характеризовались как сильные-хорошие улучшители по валориметрической оценке: Дон 107 (27 ед. фар.), Аскет (30 ед. фар.), Вольница (30 ед. фар.) и Полина (27 ед. фар.). Остальные сорта характеризовались как хорошие и удовлетворительные улучшители. Однако такие высокие значения разжижения муки не позволяют сильным сортам

реализовать свои хлебопекарные свойства в полной мере, их лучше использовать в качестве добавки к муке с более слабыми свойствами, что позволяет получить хлеб с лучшими потребительскими свойствами.

Водопоглощательная способность муки является важным технологическим параметром, который позволяет определить фактический выход хлеба и уменьшить сырьевые потери при его производстве (Мелешкина, 2021).

В среднем за годы исследований варьирование этого показателя отмечено от 61,5%

(Изюминка) до 65,8% (Золотой колос). Установлена низкая изменчивость значений коэффициента вариации от 0,9% (Краса Дона) до 5,2% (Дон 93).

Пробная лабораторная выпечка хлеба является интегральной оценкой качества муки и даёт наиболее полное представление о хлебопекарных свойствах генотипа.

Результаты проведения лабораторной выпечки показали, что значения объёмного выхода хлеба варьировали от 483 см³ (Дон 107, Дон 93) до 583 см³ (Вольница, Аюта) (табл. 4).

4. Количественная выраженность хлебопекарных свойств сортов озимой мягкой пшеницы (2017–2019 гг.)

4. Quantitative manifestation of baking properties of the winter bread wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Объёмный выход хлеба, см ³		Общая хлебопекарная оценка, балл	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, ст/	483	10,2	2,7	22,4
Дон 93	483	11,8	2,9	18,2
Станичная	547	21,4	3,2	21,1
Ермак	550	11,9	3,3	19,9
Донской сюрприз	557	16,3	3,3	20,0
Аскет	577	19,2	3,7	10,8
Изюминка	577	8,2	3,3	21,9
Лидия	533	13,8	2,9	35,3
Капризуля	543	27,3	3,5	18,7
Лилит	570	18,6	3,3	18,3
Краса Дона	537	10,3	3,1	20,1
Вольница	583	18,8	3,6	21,2
Вольный Дон	547	16,4	3,2	25,0
Жаворонок	510	18,7	3,2	18,7
Полина	493	16,4	2,5	27,0
Нива Дона	490	10,8	2,9	14,1
Амбар	560	19,6	3,3	25,5
Подарок Крыму	530	12,4	3,2	21,9
Золотой колос	550	9,6	3,3	13,9
Аюта	583	15,0	3,3	21,2
Премьера	527	6,7	3,0	10,0
НСР _{0,5}	49,6	—	0,3	—

Варьирование признака «объёмный выход хлеба» отмечено в широких пределах от низких значений 6,7% (Премьера) до высоких 27,3% (Капризуля).

Для понимания пути селекционного улучшения создаваемых сортов по реологическим свойствам теста важно определять корреляционные взаимосвязи между признаками, определяющими технологические и хлебопекарные свойства зерна в условиях южной зоны Ростовской области. Проведенный корреляционный анализ установил, что количество

клейковины в зерне оказывает положительное влияние на выраженность признаков качества, которые характеризуют реологические, физические и хлебопекарные свойства муки. Так, признак «количество клейковины» положительно коррелировал с удельной работой деформации теста ($r = 0,53$), также были установлены достоверные средние взаимосвязи с эластичностью теста ($r = 0,67$), с валориметрической оценкой ($r = 0,49$), с объёмным выходом хлеба ($r = 0,46$) и общей хлебопекарной оценкой ($r = 0,45$) (табл. 5).

5. Коэффициенты корреляции показателей качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы, n = 21 (2017–2019 гг.)

5. Correlation coefficients of the indicators of grain and flour quality of the winter bread wheat varieties, n = 21 (2017–2019)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,00	-0,11	-0,32	-0,31	-0,07	-0,20	-0,28	0,03	-0,10	0,04	-0,07	-0,02	0,02
2	–	1,00	0,53*	-0,30	0,03	0,26	0,03	0,27	0,67*	-0,21	0,49*	0,46*	0,45*
3	–	–	1,00	-0,45*	0,17	0,48*	0,08	0,34	0,27	0,05	0,33	0,07	0,27
4	–	–	–	1,00	0,43	-0,01	0,39	0,16	-0,29	-0,48*	0,13	-0,31	-0,53*
5	–	–	–	–	1,00	0,30	0,58*	0,53*	-0,24	-0,47*	0,58*	0,03	-0,12
6	–	–	–	–	–	1,00	0,45*	0,55*	0,14	-0,32	0,74*	0,41	0,31
7	–	–	–	–	–	–	1,00	0,49*	-0,10	-0,40	0,73*	-0,02	-0,03
8	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,08	-0,41	0,83*	0,08	0,10
9	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,27	0,02	0,16	0,08
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	-0,45*	-0,14	-0,20
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,27	0,28
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,82*
13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00

* 1 – Индекс деформации клейковины, единиц прибора ИДК; 2 – Количество клейковины, %; 3 – Удельная работа деформации теста, единиц прибора; 4 – Коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости; 5 – Водопоглотительная способность муки, %; 6 – Время образования теста, мин.; 7 – Стабильность, мин.; 8 – Сопротивляемость теста; 9 – Эластичность, мм; 10 – Разжижение теста; 11 – Валориметрическая оценка, единиц валориметра; 12 – Объем хлеба, см³; 13 – Общая хлебопекарная оценка, балл.

Определены значимые положительные взаимосвязи валориметрической оценки со временем образования теста ($r = 0,74$), со стабильностью теста ($r = 0,73$) и с сопротивляемостью теста ($r = 0,83$). Установлена значимая отрицательная средняя взаимосвязь валориметрической оценки с разжижением теста ($r = -0,45$).

На выраженность общей хлебопекарной оценки повлияли количество клейковины в зерне, коэффициент P/L и объемный выход хлеба. Установлены значимые положительные взаимосвязи признака «общая оценка хлеба» средняя с признаком «количество клейковины» ($r = 0,45$) и сильная с объемным выходом хлеба ($r = 0,83$). Определена значимая отрицательная средняя взаимосвязь общей хлебопекарной оценки с коэффициентом P/L ($r = -0,53$),

т. е. чем выше абсолютные значения коэффициента, тем ниже общая оценка хлеба.

Выводы. Проведенные исследования позволили определить количественную выраженность и вариабельность показателей, которые характеризуют реологические и физические свойства теста. Выделены сорта Аюта, Премьера, Амбар, Подарок Крыму, Вольный Дон и Вольница с наименьшей сортовой вариацией некоторых признаков, которые рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников полезных признаков и свойств.

Отбор по признакам «разжижение теста» и «валориметрическая оценка» позволяет создавать генотипы с высокими хлебопекарными свойствами.

Библиографические ссылки

1. Варламов В.А., Варламова Е.Н. Влияние предшественников и минерального питания на хлебопекарные свойства зерна озимой пшеницы // Нива Поволжья. 2013. № 2(27). С. 14–20.
2. Дулов М.И., Блинова О.А., Троц А.П. Продуктивность и качество зерна мягкой пшеницы в Поволжье: монография. Самара: РИЦ СГСХА, 2010. 216 с.
3. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С., Бундина О.И. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. №1. С. 155–162. DOI:10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.
4. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Моргунов А.И. Поиск генетических источников для улучшения качества зерна сортов пшеницы // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 1(41). 2021. С. 45–53.
5. Сокол Н.В., Санжаровская Н.С., Храпко О.П. Использование нетрадиционного сырья в технологии сырцовых пряников // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 1(136). С. 147–154.
6. Сухоруков А.А., Шаболкина Е.Н., Пронович Л.В. Селекционное улучшение реологических свойств теста сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 28–31.
7. Хлесткина Е.К., Журавлева Е.В., Пшеничникова Т.А., Усенко Н.И., Морозова Е.В., Осипова С.В., Пермякова М.Д., Афонников Д.А., Отмахова Ю.С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobology.2017.3.501rus.
8. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

References

1. Varlamov V.A., Varlamova E.N. Vliyanie pedshestvennikov i mineral'nogo pitaniya na hlebopekarnye svoystva zerna ozimoy pshenicy [The effect of forecrops and mineral nutrition on the baking properties of winter wheat grain] // Niva Povolzh'ya. 2013. № 2(27). S. 14-20.
2. Dulov M.I., Blinova O.A., Troc A.P. Produktivnost' i kachestvo zerna myagkoj pshenicy v Povolzh'e [Productivity and quality of bread wheat in the Volga region]: monografiya. Samara: RIC SGSKHA, 2010. 216 s.
3. Meleshkina E.P., Kolomiec S.N., ZHil'cova N.S., Bundina O.I. Sovremennaya ocenka hlebopekarnykh svoystv rossijskoj pshenicy [Modern estimation of the baking properties of Russian wheat] // Vestnik VGUIT. 2021. T. 83. №1. S. 155-162. DOI:10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.
4. Potockaya I.V., SHamanin V.P., Shepelev S.S., CHursin A.S., Kuz'min O.G., Morgunov A.I. Poisk geneticheskikh istochnikov dlya uluchsheniya kachestva zerna sortov pshenicy [Search for genetic sources to improve grain quality of wheat varieties] // Vestnik Omskogo GAU. 2021. № 1(41). 2021. S. 45-53.
5. Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Hrapko O.P. Ispol'zovanie netraditsionnogo syr'ya v tekhnologii syr'covykh pryanykov [Use of unconventional raw materials in raw gingerbread technology] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 1(136). S. 147-154.
6. Suhorukov A.A., SHabolkina E.N., Pronovich L.V. Selekcionnoe uluchshenie reologicheskikh svoystv testa sortov ozimoy pshenicy [Breeding improvement of rheological dough properties of the winter wheat varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 3(51). S. 28-31.
7. Hlestkina E.K., ZHuravleva E.V., Pshenichnikova T.A., Usenko N.I., Morozova E.V., Osipova S.V., Permyakova M.D., Afonnikov D.A., Otmahova YU.S. Realizatsiya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoj pshenicy pod vliyaniem uslovij vneshnej sredy: sovremennye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i hlebopekarnoy produktsii (obzor) [Realization of the genetic potential of bread wheat varieties under the influence of environmental conditions: modern opportunities for improving grain and bakery quality (review)] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. T. 52. № 3. S. 501-514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus
8. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

Поступила: 28.07.21; принята к публикации: 8.09.21.

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. Кравченко Н.С., Марченко Д.М., Некрасова О.А., Алты-Садых Ю.Н. – концептуализация исследований, выполнение лабораторных опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Н.Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

Н.П. Иличкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

Т.С. Безуглая, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x

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

В статье представлены результаты изучения (2015–2020 гг.) влияния изменяющихся погодных условий на продуктивность и качество зерна озимой твердой пшеницы. Целью исследований являлось выявление основных стресс-факторов, лимитирующих урожайность озимой твердой пшеницы в изменяющихся условиях климата, и определение направления и задач по селекции на перспективу. Объектом исследований послужили сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» Амазонка, Агат донской, Кристелла, Лазурит, Оникс, Диона, Эйрена, Яхонт, Киприда, Юбиларка, Янтарина, Услава, в качестве стандарта – сорт Дончанка. А также метеоданные (среднесуточные температуры и осадки) по годам исследований. На основании их анализа установлены основные стресс-факторы этих лет, оказывающие влияние на урожайность: засуха в разные периоды вегетации – предпосевной и посевной периоды (август, сентябрь 2019 г.), всходы-кущение (октябрь, декабрь) + кущение-выход в трубку (март, апрель) и налив зерна в 2020 г., атмосферная засуха в период активной вегетации (апрель, июнь 2018 г.), избыточное увлажнение – ливни со шквалистыми ветрами, вызвавшими полегание, болезни, стекание и обесцвечивание зерна – 2014–2015, 2015–2016 с.-х. годы. Наиболее благоприятным по температурному режиму, осадкам и их распределению (на уровне средней многолетней) оказался 2016–2017 с.-х. год со среднесортной урожайностью – 9,49 т/га. Снижение урожайности в зависимости от того или другого стресса (в сравнении с благоприятным 2017 г.) составило: 2019 г. – на 54,5%, 2020 г. – на 32,5% и 2015–2016 гг. – на 21,4 и 27,2%. Исключением был 2018 год, когда при наличии влаги в почве, урожайность была выше 2017 г. на 26,3%. По результатам изучения сортов озимой твердой пшеницы по признакам и свойствам к обозначенным стресс-факторам 2015–2020 гг. определены задачи по каждому направлению, решение которых будет направлено на создание сортов с высокой и стабильной урожайностью, стрессоустойчивых, устойчивых к полеганию и болезням с высоким качеством зерна.

Ключевые слова: сорт, пшеница, селекция, стрессоустойчивость, стабильность, урожайность.

Для цитирования: Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Безуглая Т.С. Основные направления и задачи селекции пшеницы твердой озимой в условиях изменения климата // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 53–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-53-61.



MAIN DIRECTIONS AND ISSUES OF DURUM WINTER WHEAT BREEDING UNDER CLIMATE CHANGING

N.E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, vniizk30@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

N.P. Ilichkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

T.S. Bezuglaya, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, mts0304@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x

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

The current paper has presented the study results (2015–2020) of the influence of changing weather conditions on durum winter wheat productivity and grain quality. The purpose of the study was to identify the main stress factors limiting durum winter wheat productivity under changing climate conditions and to determine the direction and issues for further breeding. The objects of the study were the varieties 'Amazonka', 'Agat Donskoy', 'Kristella', 'Lazurit', 'Oniks', 'Diona', 'Eyrena', 'Yakhont', 'Kiprida', 'Yubilyarka', 'Yantarina', 'Uslada', 'Donchanka' (a standard variety) developed by the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy". There have been studied the meteorological data (average daily temperatures and precipitation) through the years of study as well. On the basis of the analysis, there have been established main stress factors of these years that affected productivity, namely drought in different vegetation periods with the pre-sowing and sowing periods in August and September of 2019; the periods 'sprouts-tillering' in October, December and the periods 'tillering-stem extension' in March, April; grain filling period in 2020; atmospheric

drought during the period of active vegetation in April, June of 2018; excessive moisture with rainfalls and squally winds that caused lodging, diseases, grain flowing off and discoloration in 2014–2015, 2015–2016. The agricultural year 2016–2017 was the most favorable in terms of temperature regime, precipitation and their distribution (at the level of the long-term average), with an average varietal productivity of 9.49 t/ha. Yield decrease depending on this or that stress factor (in comparison with the favorable year of 2017) was on 54.5% in 2019, 32.5% in 2020 and on 21.4 in 2015 and 27.2% in 2016. The exception was the year of 2018, when with sufficient soil moisture, productivity was on 26.3% more than in 2017. Due to the study results of winter durum wheat varieties according to their traits and properties to the indicated stress factors in 2015–2020, there have been identified the issues for each direction, the solution of which will be aimed at developing stress-resistant, resistant to lodging and diseases varieties with large stable yields and high grain quality.

Keywords: variety, wheat, breeding, stress resistance, stability, productivity.

Введение. В последние 20–30 лет наблюдается изменение климата, в первую очередь, его потепление, которое может привести к увеличению наводнений из-за ураганов, сокращению летних осадков на 15–20% и опустыниванию (Урманова и др., 2007). Более продолжительными и более экстремальными могут быть периоды жаркой погоды (Мазуров и др., 2002).

Согласно «Стратегическому прогнозу изменений климата в Российской Федерации на период до 2015 года и их влиянию на отрасли экономики России» в результате изменения климата произойдет значительный рост температур в основных сельскохозяйственных регионах России на 6–8 °C зимой и на 4–5 °C летом. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур летом снизится, увеличится частота аномальных засух (Баталова, 2011).

Изменения климатических условий коснулись и Ростовской области, где среднегодовая температура носит стабильную тенденцию повышения, но при этом снижается количество осадков в весенне-летнюю вегетацию (Filiprov et al., 2020). В этой связи первостепенная роль в сельскохозяйственном производстве будет отводиться озимым культурам, в т.ч. и озимой твердой пшенице с учетом того, что одним из важных последствий изменения климата является значительное уменьшение зим, с опасной для озимых минимальной температурой на глубине залегания узла кущения (Алабушев и Раева, 2013).

Для уменьшения экологической зависимости сортов особый приоритет должна получить целенаправленная селекция на адаптивность к контрастным и прежде всего, экстремальным погодным условиям (Ионова и др., 2013; Козлобаев и Ермакова, 2009; Мальчиков и др., 2018; Sarkar et al., 2014; Makarova et al., 2020).

Озимая твердая пшеница, ценность которой, как и яровой, заключается в качестве зерна, незаменимым и дефицитным в настоящее время для макаронно-крупяной промышленности, пока что, не нашла своей ниши в сельскохозяйственном производстве Северо-Кавказского региона, куда входит и Ростовская область. Причин этому много, в том числе и нестабильность урожаев, обусловленных недостаточными механизмами адаптации сортов к абиотическим и биотическим стресс-факторам среды.

Цель исследований – выявить основные стресс-факторы, лимитирующие урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы в изменяющихся условиях климата и определить направления и задачи селекции на перспективу.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2015–2020 гг. в конкурсном сортоиспытании на полях научного севооборота лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской». Материалом для исследований послужили 12 сортов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», допущенные к использованию в производстве с 2009 года (Амазонка, Агат донской, Кристелла, Лазурит, Оникс, Диона, Эйрена, Яхонт, Киприда, Юбилярка, Янтарина, Услада), в качестве стандарта – сорт Дончанка.

Подготовка почвы, посев и уход за посевами осуществляли согласно рекомендациям (Зональные системы земледелия Ростовской области..., 2013). Посев питомников конкурсному испытанию проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S, повторность опыта 6-кратная, расположение делянок – систематическое, учетная площадь – 10 м². Предшественник – сидеральный пар. Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Учеты, наблюдения и анализы проводили по методике Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений (1985) и Методике полевого опыта (Доспехов, 2014).

Качественные показатели зерна определяли по методикам, изложенным в изданиях «Методы оценки технологических качеств зерна» (1971).

Для анализа метеоусловий в годы исследований использовали данные метеостанции «Зерноград» (среднесуточные температуры и количество осадков). Статистическая обработка данных – по Б.А. Доспехову (2014).

Результаты и их обсуждение. Основной целью селекции озимой твердой пшеницы является создание сортов с высокой и стабильной урожайностью качественного зерна. Современные, допущенные к использованию сорта обладают высоким генетическим потенциалом продуктивности (свыше 10 т/га), что подтверждается полученной реализованной урожайностью в конкурсных испытаниях (табл. 1).

1. Урожайность и параметры ее стабильности у сортов озимой твердой пшеницы, т/га

1. Productivity and its stability parameters of the winter durum wheat varieties, t/ha

Сорт	Годы						Средняя	max	min	Размах варьирования	V, %	Реализация потенциала урожа, %
	2015	2016	2017	2018	2019	2020						
Дончанка, ст.	7,03	6,13	8,67	12,42	4,81	4,44	7,46	12,42	4,81	7,61	36,9	64,5
Амазонка	7,49	6,76	9,66	11,29	4,45	8,32	7,99	11,29	4,45	6,84	23,9	55,7
Агат донской	7,0	7,42	9,26	11,81	4,58	5,41	7,58	11,81	4,58	7,23	34,8	60,4
Кристелла	8,17	8,12	9,11	11,82	5,18	8,27	8,44	11,82	5,18	6,64	25,3	61,4
Лазурит	7,72	7,89	9,62	11,79	4,78	5,60	7,90	11,79	4,78	7,01	32,6	60,5
Оникс	7,09	6,03	9,34	12,46	3,91	4,91	7,29	12,46	3,91	8,55	35,7	53,6
Диона	7,26	6,95	9,42	11,71	5,20	7,00	7,92	11,71	5,20	6,51	28,9	65,6
Эйрена	7,40	6,70	9,42	11,86	5,18	5,16	7,62	11,86	5,16	6,70	32,7	67,7
Яхонт	7,43	7,36	9,00	12,02	6,02	7,87	8,48	12,02	6,02	6,00	17,3	72,7
Киприда	6,88	6,54	9,60	12,32	6,50	4,54	7,73	12,32	4,72	7,60	35,7	60,1
Юбиларка	7,96	6,29	9,66	12,67	5,81	5,79	8,19	12,67	5,79	6,88	35,0	72,1
Янтарина	7,62	7,15	10,62	11,84	5,85	8,07	8,42	11,84	5,85	5,99	25,5	68,6
Услава	8,00	6,60	9,99	11,94	5,56	8,02	8,13	11,94	5,56	6,38	26,8	66,6
Средняя	7,46	6,91	9,49	11,99	5,21	6,41	7,93	11,99	5,07	6,91	30,0	63,8
НСР _{0,5}	0,29	0,52	0,42	0,49	0,45	0,36	—	—	—	—	—	—

Максимальная урожайность по изучаемым сортам составила от 11,29 до 12,67 т/га. Однако, такой высокий потенциал урожайности реализуется только в благоприятных условиях, в стрессовых же происходит его резкое снижение. Размах варьирования, даже в условиях точного эксперимента (КСИ), в зависимости от генотипа колебался от 5,99 т/га (сорта Яхонт, Янтарина) до 8,55 т/га (Оникс). Коэффициент вариации, отражающий реакцию сорта на условия среды, также был довольно высоким у большинства изучаемых сортов. Наименьшая изменчивость отмечена у сортов Яхонт ($V = 17,3\%$), Амазонка ($V = 23,9\%$), Кристелла ($V = 25,3\%$), Янтарина ($V = 28,5\%$). Наибольшая – у сортов Оникс, Киприда ($V = 35,7\%$), Юбиларка ($V = 35\%$), Агат донской ($V = 34,8\%$), Эйрена, Лазурит ($V = 32,7$ и $32,6\%$), у стандартного сорта Дончанка – $36,9\%$. Реализация потенциала урожайности также свидетельствует о том, что с увеличением уровня максимальной урожайности ее реализация имеет тенденцию к снижению, а в целом этот показатель варьировал от $72,7\%$ у Яхонта до $53,6\%$ у Оникса.

Все это свидетельствует о недостаточных механизмах адаптации культуры в условиях стресса, основным из которых является гидро-термический режим.

Анализ среднесуточных температур и количества выпавших осадков за многолетний период с 2003 г. позволил установить, что характерной особенностью климата данной зоны является повышение температурного режима как по месяцам, сезонам, так и периодам роста и развития растений, в особенности в предпосевной и посевной, зимний, возобновлении весенней вегетации и неравномерность выпадения осадков, смещение их осенью с ноября на октябрь, зимой с февраля на январь, весной с апреля на март и снижение или отсутствие их в периоды посева и активной вегетации (Самофалова и др., 2019).

Сценарий погодных условий по каждому году и по влиянию на урожайность, естественно, будет свой. Рассмотрим это более подробно на примере лет наших исследований (табл. 2,3).

2. Температурный фактор в период вегетации озимой твердой пшеницы (2014–2020 гг.)

2. Temperature factor during the winter durum wheat vegetation period (2014–2020)

Месяц, период	Среднесуточная t °C по годам						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Сентябрь	17,3	21,9	15,8	19,6	19,9	17,0	16,3
Октябрь	8,0	7,8	7,9	10,2	12,8	12,6	9,4
Ноябрь	1,8	6,2	3,3	4,1	0,5	4,5	3,3
Декабрь	0,1	1,5	-4,7	3,6	-0,3	2,4	-1,2
Январь	-2,2	-3,8	-2,7	-2	-0,8	1,1	-3,8
Февраль	0,2	3,3	-2,9	-1,2	-0,2	1,3	-3,0
Март	4,4	5,6	6,1	1,5	5,0	7,6	2,0
Апрель	9,8	13,3	10,2	12,5	11,3	9,1	10,7
Март	16,2	15,9	15,9	19,2	19,0	15,4	16,5
Июнь	22,2	22,3	20,8	23,9	25,2	23,1	20,5

Месяц, период	Среднесуточная t °C по годам						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Июль	24,0	24,7	24,4	25,9	22,7	25,7	23,1
Август	24,2	26,0	26,0	24,6	23,4	23,4	21,9
IX–XII	9,0	12,0	9,0	11,3	11,0	11,4	9,7
XII–II	-0,7	1,0	-2,5	0,13	-0,4	1,6	-2,7
III–V	10,2	11,6	10,7	11,1	11,3	10,7	9,7
IX–VI	16,0	17,16	15,6	18,5	18,5	18,5	15,9
IX–VI	9,0	11,9	9,0	11,3	11,3	11,0	9,6
IX–VIII	10,5	11,7	10,0	11,8	11,5	11,4	9,6

3. Влагообеспеченность в период вегетации озимой твердой пшеницы (2014–2020 гг.) 3. Moisture supply during the winter durum wheat vegetation period (2014–2020)

Месяц, период	Количество осадков, мм						Средне-многолетняя t °C
	2014–2015 гг.	2015–2016 гг.	2016–2017 гг.	2017–2018 гг.	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	
Сентябрь	32,2	0,4	47,2	00,0	10,9	48,0	42,3
Октябрь	54,6	48,7	19,4	46,0	47,3	19,4	38,7
Ноябрь	23,7	42,8	40,3	45,9	77,6	13,5	50,5
Декабрь	61,7	52,6	62,5	67,8	56,1	19,3	63,3
Январь	78,1	101,9	18,3	53,2	73,7	35,4	45,1
Февраль	10,9	63,8	75,7	66,7	17,4	85,8	57,3
Март	25,3	64,6	29,6	43,8	58,0	00,0	37,0
Апрель	83,1	12,0	57,3	9,0	27,2	18,2	42,7
Март	69,7	156,8	54,3	12,7	63,9	79,0	51,3
Июнь	114	23,8	88,6	4,2	10,8	38,8	71,3
Июль	32,2	32,8	42,2	71,7	71,4	60,7	58,0
Август	14,8	28,8	45,5	4,8	13,6	44,7	46,0
IX–XII	110,5	86,9	106,9	91,9	135,8	80,9	131,5
XII–II	150,7	218,3	156,5	187,7	147,2	140,5	145,7
III–V	178,1	234	141,2	65,5	149,1	98,1	131,0
IX–VI	266,0	192,6	200,2	25,9	101,9	136,0	165,3
IX–VI	553,3	567,4	553,1	257,4	442,9	958,3	479,5
IX–VIII	600,3	629,0	580,9	425,8	527,9	463,7	582,4

Как свидетельствуют данные таблицы 2 и 3, по температурному режиму и количеству осадков, их распределению в течение всего вегетационного периода, наиболее оптимальные для роста и развития растений, формирования высокого урожая был 2016–2017 с.-х. год. Среднесортная урожайность составила 9,49 т/га, с варьированием по сортам от 9,00 т/га (Яхонт) до 10,62 т/га (Янтарина).

2014–2015 и 2015–2016 с.-х. годы характеризовались недостатком осадков в сентябре (период посева) 2014 г. (32,2 мм) и отсутствием их в 2015 г. (0,4 мм, при норме 42,3 мм), невозможностью получения всходов, переносом из-за этого сроков сева на более поздние, теплой и влажной зимой (среднесуточная температура воздуха -0,7 °C и 1 °C, осадков – 150,7 мм и 218 мм, при среднемноголетних -2,7 °C и 145,7 мм), весной (178,1 мм и 234 мм, норма – 131 мм). Такое количество осадков способствовало не только интенсивному росту вегетативной массы растений, но и развитию болезней, полеганию, стеканию зерна, снижению урожайности. Среднесортная урожайность за эти годы составила 7,46 и 6,91 т/га. Снижение урожайности в сравнении с благоприятным 2017 годом – на 2,03 и 2,58 т/га (21,4 и 27,2%).

Для 2017–2018 с.-х. года характерна жесточайшая засуха в период активной вегетации (апрель-июнь) и посева (сентябрь), сопровождаемая высокими температурами и практически отсутствием осадков. Количество осадков за эти месяцы составило: апрель – 9 мм, май – 12,7 мм, июнь – 4,2 мм, сентябрь – 0 мм, при среднемноголетних показателях 42,7, 51,3, 71,3, 42,3 мм. соответственно. Среднесуточные температуры воздуха были выше среднемноголетней нормы на 0,8 °C (апрель), 2,7 °C (май), 3,4 °C (июнь), 3,3 °C (сентябрь). В целом, за период вегетации количество выпавших осадков составило 345,1 мм, за сельскохозяйственный год – 453,6 мм, норма – 499,5 и 582,4 мм. Тем не менее, урожайность в 2018 году получена максимальная по всем изучаемым сортам от 11,29 до 12,67 т/га, среднесортная – 11,99 т/га, на 2,5 т/га (26,3%) больше по сравнению с 2017 годом, что объясняется хорошими запасами влаги в почве за счет осадков октября-марта, а также осадков предыдущих лет.

Самым неблагоприятным для роста и развития озимой твердой пшеницы, из шести анализируемых лет, оказался 2018–2019 с.-х. год, для которого характерна засуха в предпосев-

ной и посевной периоды (август, сентябрь, две декады октября) с количеством осадков всего лишь 25,8 мм (норма – 114,1 мм), с превышением среднесуточной температуры воздуха на 3,2 °С, поздний срок сева в сухую и полусухую почву, изреженность всходов (полнота их составила 45–60% от нормы высева), низкие температуры ноября (0,5 °С, норма – 3,3 °С), явно недостаточные для хорошего кущения, колебания температур в зимние месяцы от отрицательных до положительных, способствующих выпиранию слабых нераскутившихся растений. По этим причинам, а также из-за недостатка влаги в почве в период активной вегетации (апрель–июнь), с количеством осадков 101,9 мм (норма – 165,3 мм), урожайность по сортам озимой твердой пшеницы была низкой – от 3,91 т/га у Ониска до 6,50 т/га у Киприды. Снижение урожайности в сравнении с благоприятным 2017 годом составило от 41,9 до 67,7%, по среднесортной – 54,5%.

Метеоусловия 2019–2020-х. года отличались от других лет исследований большим количеством засух в период вегетации растений: в осенне-зимний (октябрь–декабрь) с недобором осадков на 100,3 мм к среднемуголетней, весенний (март, апрель – кущение–выход в трубку) на 61,5 мм, летний (июнь – налив и созревание зерна) – на 32,5 мм. За период активной вегетации количество выпавших осадков составило 136 мм, вегетационный период –

358,3 мм, сельскохозяйственный год – 463,7 мм, среднемуголетняя соответственно – 165,3, 479,5, 582,4 мм. К тому же, во вторую и третью декаду марта, в течение всего апреля отмечались заморозки до -7,7 °С, на поверхности почвы – до -8,8 °С, что вместе с отсутствием влаги в почве привело к повреждению растений у менее устойчивых к этому криогенному стрессу сортов, значительному снижению урожайности как от засухи, так и возврата весенних заморозков. Среднесортная урожайность получена 6,41 т/га, с варьированием по сортам от 4,54 т/га у Киприды до 8,32 т/га у Амазонки.

Таким образом, значимыми лимитирующими урожайность стресс-факторами для озимой твердой пшеницы являются засухи в разные периоды онтогенеза (2018, 2019, 2020 гг.), условия перезимовки (2019 г.), избыточное количество осадков ливневого характера со шквалистыми ветрами, вызывающие полегание, болезни, стекание и обесцвечивание зерна (2015, 2016 гг.). Они-то и определяют основные задачи в селекции озимой твердой пшеницы, направленные на повышение зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к полеганию и болезням, улучшение качества зерна.

Современные сорта озимой твердой пшеницы имеют разный уровень морозозимостойкости, но в связи с потеплением климата, мягкими зимами он вполне достаточен для зон допуска к использованию (рис. 1).

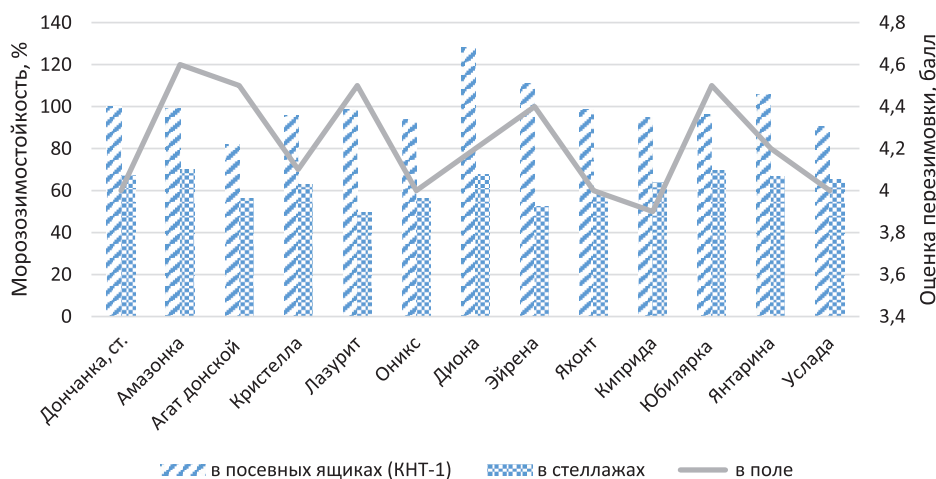


Рис. 1. Морозозимостойкость сортов озимой твердой пшеницы (2015–2020 гг.)
Fig. 1. Frost resistance of the winter durum wheat varieties (2015–2020)

По устойчивости к низким температурам и другим неблагоприятным факторам перезимовки (выпирание, особенно при посеве в поздние сроки, слабая способность куститься при пониженных температурах, возврат весенних заморозков) сорта озимой твердой пшеницы уступают мягкой.

Поэтому в селекции на зимостойкость основной задачей по-прежнему остается повышение устойчивости к низким температурам (морозостойкость) и другим негативным явлениям в зимне – ранневесенний период до уровня мягкой озимой.

В селекции на засухоустойчивость, одному из главных направлений, в связи с ростом аридности, необходимо учитывать, что изучаемые сорта озимой твердой пшеницы обладают высокой устойчивостью к воздушной засухе в период налива и созревания зерна, но при этом более чувствительны и сильнее страдают от дефицита почвенной влаги в другие периоды вегетации: всходы–кущение, выход в трубку–цветение, налив и созревание зерна.

Анализ погодных условий 2015–2020 гг. показал, что осенняя почвенная засуха для нашей зоны частое явление и по озимой твердой пше-

нице, имеющей высокостекловидное зерно, которому для набухания и прорастания требуется влаги на 20% больше чем мягкой, получить равномерные всходы является проблемным. Засуха в период цветения оказывает негатив-

ное действие на завязываемость и озерненность колоса, в период налива – на крупность и выполненность зерна, при этом снижается и урожайность (табл. 4).

4. Влияние засухи на урожайность и некоторые элементы ее структуры 4. Drought effect on productivity and some structure elements

Год	Период засухи	Урожайность, т/га		Продуктивный колосистой, шт/м ²		Масса 1000 зерен, г		Натура зерна, г/л	
		средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование	средне-сортная	варьирование
2017	благоприятный	9,49	9,00–10,62	629	528–750	46,5	41,6–51,3	823	810–834
2019	осенняя (предпосевной, посевной)	5,21	4,45–6,50	442	309–522	41,5	37,1–46,1	815	810–826
2018*	весенне-летняя (кущение-созревание)	11,99	11,29–12,67	723	651–903	43,8	41,3–47,0	816	809–826
2020	осенняя+ранне-весенняя+летняя	6,41	4,44–8,32	674	516–905	35,0	27,4–42,3	746	702–790

* – хорошие запасы влаги в почве.

Как видно из данных таблицы, самой низкой урожайность была при засухе в предпосевной и посевной периоды (2019 г.), т.е. в начальной стадии развития растений, и зависела она от количества взошедших растений, их способности к кущению (плотности агроценоза). Количество продуктивных колосьев на 1 м² в среднем по сортам составило 442, в благоприятном по увлажнению 2017 г. – 629 шт.

Засуха в период кущения, выхода в трубку, налива и созревания при своевременном получении всходов) в 2020 г. оказала меньшее влияние на снижение урожайности, плотность агроценоза и значительное – на крупность и выполненность зерна (масса 1000 зерен – 35 г, натура зерна – 746 г/л, что ниже на 11,5 г и 77 г/л показателей 2017 года).

Особо следует остановиться на анализе данных 2018 года, для которого характерна жесточайшая атмосферная засуха в период всей активной вегетации (апрель-июнь). Несмотря на высокие температуры, практическое отсутствие осадков, урожайность была получена самой высокой за все годы исследований и превышала в этом отношении 2017 год на 2,5 т/га,

при высоких значениях продуктивного колосистого (732 шт.), массы 1000 зерен (43,8 г) и выполненности зерна (натура – 816 г/л). Это, по всей видимости, объясняется хорошими запасами влаги в почве за счет зимних осадков и осадков предыдущих лет и подтверждает, что сорта озимой твердой пшеницы отличаются большей устойчивостью к воздушной засухе, чем к почвенной.

В этой связи, основные задачи селекции по этому направлению: повышение стрессоустойчивости на начальных этапах роста и развития растений, при формировании цветков в колосках – зерен в колоске, сокращение периода вегетации выход в трубку – цветение (попадает под пик высоких температур), скорости формирования зерновки, т.е. создание стрессоустойчивых сортов к засухе на всех этапах онтогенеза растений.

Возделываемые в настоящее время сорта озимой твердой пшеницы различаются по устойчивости к полеганию, особенно это проявляется в годы избыточного увлажнения, сильных ливней со шквалистыми ветрами (2015, 2016 гг.) (рис. 2).



Рис. 2. Высота растений и устойчивость к полеганию у сортов озимой твердой пшеницы (2016 г.)
Fig. 2. Plant height and lodging resistance of the winter durum wheat varieties (2016)

При полегании снижается урожайность, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, число падения. Поэтому селекция на устойчивость к полеганию должна вестись на усиление морфологических признаков, по которым твердая пшеница уступает мягкой, а именно: по развитию корневой системы, количеству зародышевых, колеопильных, узловых корней, прочности и толщине стебля, нижних междоузлий и т.д.

В селекции на устойчивость к болезням основное внимание будет уделяться созданию сортов, устойчивых или толерантных к наиболее вредоносным патогенам, которые появились и нарастают в изменяющихся условиях климата последних лет – различного рода пятнистости, фузариозы и бактериозы колоса и зерна, корневые гнили, черный зародыш зерна, к которым большинство сортов зерноградской селекции оказались восприимчивы.

С учетом растущего спроса на высококачественное сырье внутри страны и на экспорт, разработкой новых технологий производства макаронных изделий к качеству зерна предъявляются все более высокие требования. Оно должно быть янтарного цвета, крупное, высококонатурное, с упругой эластичной клейковиной, повышенным содержанием каротиноидов и белка, низким содержанием золы (Гапонов и др., 2017). Сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в благоприятных условиях среды формируют качественное зерно 1–3 классов ГОСТа 9353-2016, в неблагоприятных (осадки, полегание, поражаемость болезнями, засуха, несвоевременная уборка) – снижаются, особенно такие показатели, как стекловидность, натура, число падения. Эти признаки качества в зависимости от погодных условий варьируют в широких пределах (табл. 5).

5. Варьирование признаков качества зерна в разных условиях среды (2015–2020 гг.) 5. Variations in grain quality traits in different environmental conditions (2015–2020)

Сорт	Стекловидность, %		Натура, г/л		Массовая доля белка*, %		Количество клейковины*, %		Качество клейковины (группа)	Число падения, с	
	min	max	min	max	min	max	min	max		min	max
Дончанка, ст.	61	95	736	792	12,91	17,02	223	29,1	III–не отм.	353	425
Амазонка	85	100	–	820	13,71	16,98	23,6	31,5	II–III	385	474
Агат донской	77	98	713	820	13,85	17,00	22,6	28,1	II–III	397	472
Кристелла	88	99	748	823	13,25	15,91	22,3	26,7	II	377	457
Лазурит	63	98	711	815	13,53	16,74	23,2	31,4	I–II	381	455
Оникс	67	99	702	827	13,25	17,08	23,6	31,5	I–II	390	497
Диона	72	98	751	831	13,18	16,80	22,8	29,4	II	300	446
Эйрена	75	98	782	825	12,40	16,21	22,8	27,7	II	370	447
Яхонт	81	98	790	834	12,74	15,94	23,9	28,8	II	370	393
Киприда	60	93	735	788	12,75	16,44	23,9	28,8	III	348	418
Юбиларка	78	98	750	826	12,46	16,12	22,3	27,3	II–III	382	451
Янтарина	75	98	787	822	12,83	15,79	22,2	27,5	II	383	430
Услада	74	99	771	833	12,83	15,05	22,6	27,8	II	341	480

* – зависимость еще и от урожайности.

К тому же, многие сорта озимой твердой пшеницы уступают по качеству клейковины лучшим сортам яровой твердой. Исходя из этого, очередными задачами в селекции на качество останутся повышение стабильности варьирующих признаков независимо от изменений условий среды, улучшение качества клейковины (повышение индекса глютена) и цветности зерна, крупки, макарон.

Решение обозначенных задач по каждому направлению селекции будет способствовать созданию сортов с высокой и стабильной урожайностью, стрессоустойчивых к основным лимитирующим урожайность факторам среды, качеством, соответствующим мировым стандартам.

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что современные сорта озимой твердой пшеницы, обладая высокой потенциальной продуктивностью (свыше 10 т/га), в стрессовых условиях среды резко снижают размах среднесортного варьирова-

ния между максимальной и минимальной урожайностью, за 2015–2020 гг. составил 6,91 т/га, реализация потенциала урожайности – 63,8%.

По результатам анализа метеоусловий (температуры и осадков) выявлены основные стресс-факторы, лимитирующие урожайность сортов озимой твердой пшеницы. В первую очередь это засухи в период вегетации, условия перезимовки, связанные с существенным повышением температур к среднесезонной (+0,8 °C), суховейные явления, ливни со шквалистыми ветрами, большое количество осадков в весенне-летние месяцы.

С учетом изменений в климатической составляющей, анализа полученных данных по признакам и свойствам за 2015–2020 гг., определены направления и задачи в селекции озимой твердой пшеницы на перспективу. Это создание сортов, стабильных по урожайности при достигнутом потенциале продуктивности, повышение стрессоустойчивости в начальные периоды роста и развития растений

в осенне-засушливый период, способность расти и куститься при пониженных температурах, в особенности при поздних сроках сева, устойчивых к полеганию и болезням, с высо-

ким качеством зерна, в первую очередь, качеством клейковины и цветности зерна, крупки, макарон.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Раева С.А. Производство зерна в России. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2013. 142 с.
2. Баталова Г.А. Состояние и перспективы направления селекции в современных условиях // Владимирский земледелец. 2011. № 4(58). С. 2-4.
3. Гапонов С.Н., Попова В.М., Шутарева Г.И., Ерёмченко Л.В., Цетва Н.М., Паршикова Т.М. Основные достижения и направления селекции яровой твердой пшеницы в ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 17-21.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). 6 учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. г. Ростов-на-Дону, 2013. 240 с.
7. Ионова Е.В., Газе В.Л., Некрасов Е.И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3(27). С. 19–21.
8. Козлобаев В.В., Ермакова Н.В. Особенности роста и развития озимой твердой и тургидной пшеницы в условиях лесостепных районов Центрально-Черноземной зоны // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 1. С. 68–71.
9. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Самофалова Н. Е., Дубинина О. А., Самофалов А. П., Иличкина Н. П. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С. 18–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
11. Мазуров Г.И., Вишнякова Т.В., Акселевич В.И. Меняется ли климат Земли? // Материалы Междун. научно-практич. конф. Пермь, 2002. С. 57-60.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР, 1985. 20 с.
13. Методы оценки технологических качеств зерна. М.: Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, 1971. 136 с.
14. Урманова А. Г., Наумов Э. П., Николаев А. А. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М. Проявления современного потепления климата Земли. М.: Мир, 2007. 165 с.
15. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01007.
16. Makarova T., Samofalova N., Ilichkina N., Dubinina O., Popov A., Kostylenko O. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties of various ecology in the Rostov region // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01014.
17. Sarkar B. Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.

References

1. Alabushev A.V., Raeva S.A. Proizvodstvo zerna v Rossii [Grain production in Russia]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2013. 142 s.
2. Batalova G.A. Sostoyanie i perspektivy napravleniya selekcii v sovremennykh usloviyakh [State and prospects of breeding in modern conditions] // Vladimirskij zemleделец. 2011. № 4(58). S. 2-4.
3. Gaponov S.N., Popova V.M., Shutareva G.I., Eryomenko L.V., Cetva N.M., Parshikova T.M. Osnovnye dostizheniya i napravleniya selekcii yarovoj tvrdoj pshenicy v FGBNU «NIISKH YUgo-Vostoka» [The main achievements and directions of spring durum wheat breeding in the Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of the South-East"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 4(52). S. 17-21.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6 uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody [Regional agricultural systems of the Rostov region in 2013-2020]. CH. II. g. Rostov-na-Donu, 2013. 240 s.
7. Ionova E. V., Gaze V. L., Nekrasov E. I. Perspektivy ispol'zovaniya adaptivnogo rajonirovaniya i adaptivnoj selekcii sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Prospects for the use of adaptive zoning and adaptive breeding of agricultural crops] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2013. № 3 (27). S. 19–21.
8. Kozlobaev V.V., Ermakova N.V. Osobennosti rosta i razvitiya ozimoi tvrdoj pshenicy v usloviyakh lesostepnykh rajonov Central'no-CHernozemnoj zony [Features of the growth and development of winter durum and turgid wheat in the conditions of forest-steppe regions of the Central Blackearth zone] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2009. № 1. S. 68–71.

9. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tvrdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana [The yield value and stability of modern spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) breeding material from Russia and Kazakhstan] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(8). S. 939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P. Rol' meteofaktorov v formirovanii produktivnosti ozimoi tvrdoj pshenicy [The role of meteorological factors in the formation of winter durum wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 5(65). S. 18–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
11. Mazurov G.I., Vishnyakova T.V., Akselevich V.I. Menyaetsya li klimat Zemli? [Is the Earth climate changing?] // Materialy Mezhdun. nauchno-praktich. konf. Perm', 2002. S. 57-60.
12. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: Gosudarstvennaya komissiya po sortoispytaniyu sel'skohozyajstvennykh kul'tur pri Ministerstve sel'skogo hozyajstva SSSR, 1985. 20 s.
13. Metody ocenki tekhnologicheskikh kachestv zerna [Methods for estimating grain technological qualities]. M.: Vsesoyuznaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk im. V. I. Lenina, 1971. 136 s.
14. Urmanova A.G., Naumov E.P., Nikolaev A.A., Perevedencev YU.P., Vereshchagin M.A., Shantalinskij K.M. Proyavleniya sovremennogo potepleniya klimata Zemli [Manifestations of the current Earth climate warming]. M.: Mir, 2007. 165 s.
15. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01007.
16. Makarova T., Samofalova N., Ilichkina N., Dubinina O., Popov A., Kostylenko O. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties of various ecology in the Rostov region // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 01014.
17. Sarkar B., Sharma R.C., Verma R.P.S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.

Поступила: 18.10.21; принята к публикации: 10.11.21.

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. Самофалова Н.Е. – концептуализация исследований, подготовка рукописи; Иличкина Н.П., Безуглая Т.С. – подготовка и проведение опыта в 2014-2020 гг.; выполнение полевых опытов; анализ данных и их интерпретация. Самофалова Н.Е., Безуглая Т.С. – финальная доработка, подготовка рукописи к печати.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

А.Ф. Сухоруков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы. ORCID ID: 0000-0002-9804-1358;

А.А. Сухоруков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-0463-0766;

Н.Э. Бугакова, младший научный сотрудник лаборатории селекции мягкой пшеницы, bugakova1987@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5029-6258

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова.

446254, Самарская обл., пгт. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Исследования проведены в 2014–2020 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ с целью оценки адаптивного потенциала допущенных к использованию сортов озимой мягкой пшеницы Самарского НИИСХ по качеству зерна в варьирующих погодных условиях. Массовую долю белка и клейковины в зерне, качество клейковины, число падения определяли по ГОСТам. Адаптивный потенциал по всем признакам качества зерна рассчитывали по А.А. Россиелле, J. Hamblin (1981), фактор фенотипической стабильности признаков определяли по D. Lewis (1954), коэффициент вариации признаков в Microsoft Office Excel по Б.А. Доспехову (1979). Средняя за годы изучения массовая доля белка в зерне сорта Малахит – 15,7%, Светоч – 15,6%, Безенчукская 380 – 15,3%, Бирюза – 14,1%, Базис – 14,4%, Вьюга – 15,5% с коэффициентами вариации 5,9; 5,4; 11,6; 6,7; 14,5; 10,9% соответственно. Выделены сорта мягкой озимой пшеницы с высокой фенотипической стабильностью признака «массовая доля белка в зерне» (SF=1,2): Малахит, Светоч, Бирюза, Вьюга. Средняя за 2014–2020 гг. массовая доля сырой клейковины в зерне сорта Малахит – 33,6%, Светоч – 33,2%, Безенчукская 380 – 32,8%, Бирюза – 30,5%, Базис – 30,6%, Вьюга – 34,2% с коэффициентом вариации 7,8; 8,6; 17,4; 15,2; 17,1; 15,0% соответственно. Фенотипическая стабильность признака «массовая доля сырой клейковины» в зерне у сортов Малахит и Светоч высокая (SF=1,2 и 1,3 соответственно). Выделены сорта с высокой фенотипической стабильностью признака «качество клейковины»: Малахит, Светоч, Безенчукская 380, Бирюза, Базис, Вьюга (SF = 1,2; 1,3; 1,2; 1,1; 1,2; 1,2 соответственно). Средняя за 2014–2020 гг. величина признака «число падения» сорта Малахит – 232 с, Светоч – 240 с, Безенчукская 380 – 258 с, Бирюза – 349 с, Базис – 223 с, Вьюга – 347 с коэффициентом вариации 34,7; 42,6; 11,2; 21,6; 43,3, 24,8% соответственно. Выделены фенотипически стабильные сорта по признаку «число падения» Безенчукская 380 (SF = 1,3), Вьюга (SF = 1,9). По максимальной выраженности и фенотипической стабильности признаков качества зерна массовая доля белка и клейковины в зерне, число падения выделяются сорта пшеницы мягкой озимой: Безенчукская 380, Бирюза, Вьюга.

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, адаптивность, сорт, изменчивость, стабильность, качество зерна.

Для цитирования: Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А., Бугакова Н.Э. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по качеству зерна в Среднем Поволжье // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.



ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES ACCORDING TO GRAIN QUALITY IN THE MIDDLE VOLGA REGION

A.F. Sukhorukov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for bread wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-9804-1358;

A.A. Sukhorukov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for bread wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-0463-0766;

N.E. Bugakova, junior researcher of the laboratory for bread wheat breeding, bugakova1987@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5029-6258

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

The current study was carried out on the experimental plots of the Samarsky Research Institute of Agriculture in 2014–2020 in order to estimate the adaptive potential of the approved winter wheat varieties of the Samarsky RIA according to grain quality under varying weather conditions. Mass fraction of protein and gluten in grain, gluten quality, falling number were established according to GOST. The adaptive potential for all grain quality traits was evaluated according to A.A. Rossiell, J. Hamblin (1981), the factor of phenotypic stability of traits was determined according to D. Lewis (1954), the coefficient of traits' variability was estimated according to B.A. Dospekhov (1979) in Microsoft Office Excel. Over the years the average mass fraction of protein in grain of the studied varieties was 15.7% (the variety 'Malakhit'), 15.6% ('Svetoch'), 15.3% ('Bezenchukskaya 380'), 14.1% ('Biryuzha'), 14.4% ('Bazis'), 15.5% ('Viyuga') with 5.9; 5.4; 11.6; 6.7; 14.5; 10.9% of variability respectively. There have been identified the winter bread wheat varieties 'Malakhit', 'Svetoch', 'Biryuzha' and 'Viyuga' with high phenotypic stability of the trait 'mass fraction of protein in grain' (SF = 1.2). The average (in 2014–2020) mass fraction of crude gluten in grain was 33.6% ('Malakhit'), 33.2% ('Svetoch'), 32.8% ('Bezenchukskaya 380'), 30.5% ('Biryuzha'), 30.6% ('Bazis'), 34.2% ('Viyuga') with 7.8; 8.6;

17.4; 15.2; 17.1; 15.0% of variability respectively. The phenotypic stability of the trait 'mass fraction of crude gluten in grain' of the varieties 'Malakhit' and 'Svetoch' was high ($SF = 1.2$ and 1.3 , respectively). There have been identified the varieties 'Malakhit', 'Svetoch', 'Bezenchukskaya 380', 'Biryuza', 'Bazis', 'Viyuga' with high phenotypic stability of the trait 'gluten quality' ($SF = 1.2$; 1.3 ; 1.2 ; 1.1 ; 1.2 ; 1.2 respectively). The average (in 2014-2020) value of the trait 'falling number' of the varieties was 232c ('Malakhit'), 240c ('Svetoch'), 258c ('Bezenchukskaya 380'), 349c ('Biryuza'), 223c ('Bazis'), 347c ('Viyuga') with 34.7; 42.6; 11.2; 21.6; 43.3, 24.8% of variability respectively. There have been identified phenotypically stable varieties according to the trait 'falling number', namely 'Bezenchukskaya 380' ($SF = 1.3$), 'Viyuga' ($SF = 1.9$). According to the maximum expressivity and phenotypic stability of the traits 'grain quality', 'mass fraction of protein and gluten in grain', 'falling number' there have been identified the winter bread wheat varieties 'Bezenchukskaya 380', 'Biryuza' and 'Viyuga'.

Keywords: winter bread wheat, adaptability, variety, variability, stability, grain quality.

Введение. Во всем мире наблюдается снижение общего урожая пшеницы из-за повышения температуры окружающей среды. Пшеница чувствительна к тепловому стрессу на стадиях от опыления до стадии молочного теста. Тепловой стресс вызывает экспрессию белков стресса, защищающих денатурацию и агрегацию зарождающихся белков (Kumar and Rai, 2014). Подбор наиболее адаптивных сортов озимой пшеницы – важный резерв роста урожайности и повышения качества зерна до первого и второго классов (Гулянов и др., 2020). Невысокое различие между генетическими возможностями и их фенотипическим проявлением свидетельствует о меньшей реакции конкретного генотипа на факторы среды (Рыбась, 2016). Параметры зерна тестируемой пшеницы зависят от местоположения, года производства и их взаимодействия. На ферментную активность и удельный объем хлеба в основном влиял сорт (Tomic et al., 2016). Качество является важным определяющим фактором в селекции пшеницы, поскольку ее генетический фон в меньшей степени зависит от окружающей среды (Varzakas et al., 2014). Селекция на адаптивность к контрастным погодным условиям имеет приоритетное значение (Кравченко и др., 2019).

Цель исследований – оценить адаптивный потенциал допущенных к использованию в производстве сортов озимой мягкой пшеницы Самарского НИИСХ по качеству зерна в варьирующих погодных условиях.

Материалы и методы исследований. Работу проводили на опытном поле Самарского НИИСХ в 2014-2020 гг. Материалом для исследований послужили сорта озимой мягкой пшеницы, допущенные к использованию в производстве и включенные в Государственный реестр селекционных достижений: Безенчукская 380 (3, 4, 5, 7, 9 регионы), Бирюза (5, 7 регионы), Малахит, Светоч, Базис, Вьюга (7 регион) (Государственный реестр селекционных достижений, 2020).

Почва опытного участника – чернозем обыкновенный, маломощный с содержанием гумуса – 3,8–4,0% (ГОСТ 26213-91), легкогидролизуемого азота 44,8 мг/кг почвы (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора – 270 мг/кг, обменного калия – 150 мг/кг почвы (ГОСТ 29205-91). Учетная площадь делянок – 25 м². Повторность

четырехкратная. Предшественник – чистый пар. Удобрения вносили весной в дозе N₃₀. Массовая доля белка в зерне определена по ГОСТ 10846-91, количество и качество клейковины в зерне – по ГОСТ Р 54478-2011, число падения – по ГОСТ 30498-97, технические условия – по ГОСТ 9353-2016.

Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой при формировании массовой доли белка и клейковины в зерне, качества клейковины, числа падения, определяли по Rossielle A.A., Hamblin J. (Rossielle and Hamblin, 1981). Фактор фенотипической стабильности признака SF – как отношение наиболее высокого значения признака к наиболее низкому, которое показал признак в варьирующих условиях среды, рассчитывали по Lewis D. (Lewis, 1954). Коэффициент вариации признаков (C_v , %) рассчитывали в Microsoft Office Excel по методике Б.А. Доспехова (Доспехов, 1979).

Условия вегетации и созревания зерна пшеницы мягкой озимой за годы исследований характеризуются существенным варьированием как по годам, так и по периодам вегетации. Гидротермический коэффициент периода «возобновление весенней вегетации – колошение» варьировал от 0,7 в 2019 г. до 2,7 в 2017 г. при среднегодовой норме 0,9. Гидротермический коэффициент периода «колошение – созревание» варьировал от 0,2 в 2019 г. до 0,7 в 2017 г. при среднегодовой норме 0,7. Сумма осадков за период «созревание зерна» (первая и вторая декады июля) варьировала от 0,0 мм в 2020 г. до 56,3 мм в 2018 г. при среднегодовой норме 22 мм. Максимальная температура воздуха изменялась от 29 °C в 2019 г. до 37,2 °C в 2018 г. Средняя минимальная относительная влажность воздуха за период составила 24,2% с варьированием от 19% в 2020 г. до 36,5% в 2017 г.

Результаты и их обсуждение. Адаптивные показатели сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «массовая доля белка в зерне» показаны в таблице 1.

Из данных таблицы 1 следует, что по средней за 7 лет изучение величине признака «массовая доля белка в зерне» сорта пшеницы мягкой озимой Малахит, Светоч, Безенчукская 380, Вьюга соответствуют первому классу, сорта Базис и Бирюза – второму классу.

1. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «массовая доля белка в зерне», % (2014–2020 гг.)
1. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'mass fraction of protein in grain', % (2014–2020)

Сорт	Массовая доля белка в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	15,7	14,0	16,5	-2,5	15,3	5,9	1,2
Светоч	15,6	14,0	16,4	-2,4	15,2	5,4	1,2
Безенчукская 380	15,3	12,0	17,6	-5,6	14,8	11,6	1,5
Бирюза	14,1	12,4	15,3	-2,9	13,8	6,7	1,2
Базис	14,4	10,4	16,8	-6,4	13,2	14,5	1,6
Вьюга	15,5	13,7	18,0	-4,3	15,8	10,9	1,2
S	0,3	0,9	0,3	0,1	0,3	0,4	0,1

* – S среднееквадратическое отклонение.

В варьирующих условиях внешней среды выявлены сорта пшеницы мягкой озимой с повышенной устойчивостью к стрессу при формировании признака «массовая доля белка в зерне»: Малахит, Светоч, Бирюза (min-max = 2,5%, 2,4%, 2,9% соответственно) и сорт с пониженной устойчивостью к стрессу Базис (min-max = 6,4%).

Наибольшая степень соответствия между генотипом сорта и условиями внешней среды при формировании признака «массовая доля белка в зерне» установлена у сортов пшеницы мягкой озимой Вьюга, Малахит, Светоч,

Безенчукская 380 (средняя массовая доля белка в зерне в контрастных условиях 15,8; 15,3; 15,2; 15,8% соответственно).

Высокая фенотипическая стабильность признака «массовая доля белка в зерне» отражаемая параметром Cv, у сортов Малахит (Cv = 5,9%) и Светоч (Cv = 5,4%), параметром SF у сортов Малахит, Светоч, Бирюза, Вьюга (SF = 1,2).

По средней за 7 лет испытания величине признака «массовая доля сырой клейковины в зерне» первому классу соответствуют сорта: Вьюга, Малахит, Светоч, Безенчукская 380, второму классу – Бирюза, Базис (табл. 2).

2. Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы по признаку «массовая доля сырой клейковины в зерне», % (2014–2020 гг.)
2. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'mass fraction of gluten in grain', % (2014–2020)

Сорт	Массовая доля сырой клейковины в зерне, %					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min-max	(min + max) / 2		
Малахит	33,6	30,7	37,5	-6,8	34,1	7,8	1,2
Светоч	33,2	31,1	38,6	-8,5	34,4	8,6	1,3
Безенчукская 380	32,8	22,4	40,0	-17,6	31,2	17,4	1,8
Бирюза	30,5	25,7	38,4	-12,7	32,3	15,2	1,4
Базис	30,6	20,0	36,1	-16,1	28,1	17,1	1,8
Вьюга	34,2	28,2	42,9	-14,7	35,6	15,0	1,5
S	0,7	1,3	1,0	0,5	0,8	0,5	0,1

S – среднееквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 2 следует, что сорта пшеницы мягкой озимой Малахит и Светоч по признаку «массовая доля сырой клейковины в зерне» показали высокую экологическую устойчивость (Cv = 7,8 и 8,6% соответственно); сорта Безенчукская 380, Бирюза, Базис, Вьюга – среднюю экологическую устойчивость (Cv = 17,4, 15,2, 17,1, 15,0% соответственно).

За годы изучения высокую фенотипическую стабильность признака «массовая доля сырой клейковины в зерне» показали сорта Малахит (SF = 1,2), Светоч (SF = 1,3), Бирюза (SF = 1,4), Вьюга (SF = 1,5); среднюю фенотипическую стабильность признака – сорта Безенчукская 380 (SF = 1,8), Базис (SF = 1,8) (табл. 2).

3. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «качество клейковины» в единицах прибора ИДК (2014–2020 гг.)
3. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'gluten quality' in units of the IDK device (2014–2020)

Сорт	Качество клейковины в единицах ИДК					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	100	88	107	-17	98	7,3	1,2
Светоч	99	93	110	-17	97	8,7	1,3
Безенчукская 380	99	90	104	-14	97	5,0	1,2

Сорт	Качество клейковины в единицах ИДК					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Бирюза	98	92	105	-13	98	4,4	1,1
Базис	94	82	100	-18	94	6,9	1,2
Вьюга	98	91	105	-14	98	4,9	1,2
S	1	3	1	0,5	3	0,3	0,1

S – среднееквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 3 следует, что по средней величине признака «качество клейковины» в единицах прибора ИДК изученные сорта пшеницы мягкой озимой соответствовали третьему классу.

Высокую экологическую устойчивость по признаку «качество клейковины» за годы изучения показали сорта пшеницы мягкой озимой: Бирюза (Cv = 4,4%); Вьюга (Cv = 4,9%), Безенчукская 380 (Cv = 5,0%); среднюю экологическую устойчивость сорта пшеницы мягкой

озимой Светоч (Cv = 8,7%), Малахит (Cv = 7,3%), Базис (Cv = 6,9%) (табл. 3).

По фенотипической стабильности признака «качество клейковины» выделяется сорт пшеницы мягкой озимой Бирюза (SF = 1,1). Сорта Вьюга, Базис, Безенчукская 380, Малахит входят в группу сортов с повышенной фенотипической стабильностью признака «качество клейковины» (SF = 1,2). Сорт Светоч показывает относительно высокую зависимость от условий среды по признаку «качество клейковины» (SF = 1,3) (табл. 3).

4. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по признаку «число падения» (2014–2020 гг.) 4. Adaptive potential of the winter bread wheat varieties according to the trait 'falling number' (2014–2020)

Сорт	Число падения, с					Cv, %	SF
	среднее за 2014–2020 гг.	min	max	min – max	(min + max) / 2		
Малахит	232	114	336	-222	250	34,7	2,9
Светоч	240	100	394	-294	247	42,6	3,0
Безенчукская 380	358	322	413	-91	367	11,2	1,3
Бирюза	349	224	470	-246	347	21,6	2,1
Базис	223	105	394	-289	200	43,3	3,8
Вьюга	347	213	423	-205	320	24,8	1,9
S	26,0	45	12	30	25	3,0	0,1

S – среднееквадратическое отклонение.

Из данных таблицы 4 следует, что по средней величине признака «число падения» в контрастных условиях выделяются сорта Безенчукская 380 – 367 с, Бирюза – 347 с, Вьюга – 320 с. Эти сорта обладают высокой генетической гибкостью и компенсаторной способностью и показывают высокий уровень соответствия между генотипами сортов и различными факторами внешней среды при формировании признака «число падения».

Признак качества зерна «число падения» у сорта Безенчукская 380 слабо варьирующий (Cv = 11,24%), у сортов Бирюза, Вьюга средне варьирующий (Cv = 21,5% и 24,79% соответственно), у сортов Светоч и Базис сильно варьирующий (Cv = 42,64% и 43,26% соответственно). По величине фенотипической стабильности признака «число падения» выделился сорт Безенчукская 380 (SF = 1,3). По минимальной величине признака «число падения» за годы изучения сорта Безенчукская 380, Бирюза, Вьюга соответствуют первому классу.

Выводы. В результате проведенных исследований выявлены сорта пшеницы мягкой озимой с максимальной выраженностью массовой доли белка в зерне – Вьюга 18,0%, Безенчукская 380 – 17,6%; массовая доля сырой клейковины в зерне – Вьюга – 42,9%, Безенчукская 380 – 40,0%, Бирюза – 38,4%, Светоч – 38,6%; числа падения – Вьюга – 423 с, Бирюза – 470 с, Безенчукская – 413 с. Установлена высокая фенотипическая стабильность массовой доли белка в зерне у сортов Малахит, Светоч, Бирюза Вьюга (SF = 1,2); массовой доли сырой клейковины – у сортов Малахит, Светоч (SF = 1,2); числа падения – у сорта Безенчукская 380 (SF = 1,3). Отмечена высокая зависимость признака «число падения» от условий внешней среды у сортов Малахит, Светоч, Базис (SF = 2,9, 3,0, 3,8). По максимальной выраженности и фенотипической стабильности признаков качества зерна массовая доля белка и клейковины в зерне, число падения выделяются сорта пшеницы мягкой озимой Вьюга, Безенчукская 380, Бирюза.

Библиографические ссылки

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротекс, 2020. 508 с.
2. Гулянов Ю.А., Чибилев А.А., Чибилев (мл) А.А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Орен-

бургского Предуралья // Юг России: Экология, Развитие. М., 2020. С. 79-88. DOI: 10.48470 / 1992-1998-2020-1-79-88.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: «Колос», 1979. 415 с.

4. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Газе В.Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна образцов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 31-35. DOI: 10.31367 / 2079. 2019-64-4-31-35.

5. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617-626. DOI: 10.15389 agrobiology. 2016. 5. 617. rus.

6. Kumar R.R., Rai R.D. Can wheat beat the heat: understanding the mechanism of termotole rance in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Cereal Research communications. Delhi, 2014. Т. 42. № 1. С. 1-18. DOI: 10.1556 / CRC. 42. 2014. 1. 1.

7. Lewis D. Gene – environment interaction: A relations hip between dominance, heterosis, phenotypic stably and variability // Heredity. 1954. 8. P. 333-356.

8. Rossielle A.A. Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Crop Sci. 1981. 21. № 6. P. 943-946.

9. Tomic J., Torbica A., Popovic L., Nikolovski B., Hristov N. Wheat breadmaking properties in dependence on wheat Enzymes status and climate conditions // FOOG Chemistry, 2016. С. 565-572. DOI: 10.1016/ j. foodchem. 2015. 12. 031.

10. Varzakas T., Kozub N., Xynias I.N. Quality determination of wheat: Genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins – bread and durum wheat Germplaast // Journal of the Scince of food and agriculture. 2014. С. 2819-2829. DOI: 10.1002/ jsfa. 6601.

References

1. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. Т. 1. Sorta rastenij (oficial'noe izdanie) [State register of breeding achievements approved for use]. М.: Rosinformagroteks, 2020. 508 s.

2. Gulyanov YU.A., CHibilev A.A., CHibilev (ml) A.A. Rezervy povysheniya urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy i ih zavisimost' ot geterogennosti posevov v usloviyah stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ya [Reserves for improving winter wheat productivity and grain quality and their dependence on crops heterogeneity in the steppe zone of the Orenburg pre-Urals] // YUg Rossii: Ekologiya, Razvitiya. М., 2020. С. 79-88. DOI: 10.48470/1992-1998-2020-1-79-88.

3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. М.: «Kolos», 1979. 415 s.

4. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Vliyanie uslovij vyrashchivaniya na urozhajnost' i kachestvo zerna obrazcov ozimoy myagkoj pshenicy [The effect of growing conditions on productivity and grain quality of winter bread wheat samples] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4(64). С. 31-35. DOI: 10.31367 / 2079. 2019-64-4-31-35.

5. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovyh kul'tur [Adaptability improvement in grain crop breeding] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. Т. 51. № 5. С. 617-626. DOI: 10.15389 agrobiology. 2016. 5. 617. rus.

6. Kumar R.R., Rai R.D. Can wheat beat the heat: understanding the mechanism of termotole rance in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Cereal Research communications. Delhi, 2014. Т. 42. № 1. С. 1-18. DOI: 10.1556 / CRC. 42. 2014. 1. 1.

7. Lewis D. Gene – environment interaction: A relations hip between dominance, heterosis, phenotypic stably and variability // Heredity. 1954. 8. P. 333-356.

8. Rossielle A.A. Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Crop Sci. 1981. 21. № 6. P. 943-946.

9. Tomic J., Torbica A., Popovic L., Nikolovski B., Hristov N. Wheat breadmaking properties in dependence on wheat Enzymes status and climate conditions // FOOG Chemistry, 2016. С. 565-572. DOI: 10.1016/ j. foodchem. 2015. 12. 031.

10. Varzakas T., Kozub N., Xynias I.N. Quality determination of wheat: Genetic determination, biochemical markers, seed storage proteins – bread and durum wheat Germplaast // Journal of the Scince of food and agriculture. 2014. С. 2819-2829. DOI: 10.1002/ jsfa. 6601.

Поступила: 12.05.21; принята к публикации: 14.10.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Сухоруков А.Ф. – концептуализация исследования; Сухоруков А.А. – выполнение полевых исследований, подготовка рукописи; Бугакова Н.Э. – сбор и обработка экспериментальных данных, литературных источников.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ КАЧЕСТВА МУКИ ПРИ СМЕШИВАНИИ С МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕЙ

Е.Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
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

Развитие хлебопекарной промышленности возможно за счет применения нетрадиционного сырья – твердой пшеницы. Цель исследований – оценить влияние сортовых особенностей твердой пшеницы при смешивании с мягкой пшеницей по результатам реологических показателей теста, технологической и хлебопекарной оценки муки. Изучены технологические показатели зерна, реологические и физические параметры теста, общая хлебопекарная оценка и установлено, что высокая газообразующая способность твердой пшеницы позволяет использовать ее (30%) как улучшитель пшеницы мягкой при проведении хлебопекарной выпечки. Однако положительный эффект наблюдался не во все годы исследования. Оценено влияние эффекта улучшения за счет взаимной компенсации недостающих компонентов и комплементарность (взаимодополнения) сортов мягкой и твердой пшеницы. Установлено, что в 2008, 2010 годах эффект улучшения практически отсутствовал при внесении в смеси муки твердой пшеницы в соотношении 30:70%. Выяснено, что в 2015 году максимальный объем хлеба 930 см³ и высокая хлебопекарная оценка (ровная поверхность, овальная форма, золотисто-коричневый цвет корки, а так же мелкая тонкостенная пористость с эластичным светлым мякишем) были получены при добавлении к мягкой пшенице сортов твердой, которые в год исследования сформировали слабое зерно (разжижение теста 110 е.ф., валориметрическая оценка – 46 е.вал.). В 2020 году сорта, используемые в композиционных смесях как яровой мягкой, так и твердых пшениц отличались высоким качеством, и хлебопекарная оценка дала отличные показатели как в контроле (Тулайковская 108 – 1300 см³), так и в смесях 1140–1255 см³: внешний вид хлеба и мякиша практически во всех вариантах имели пятибалльную оценку. Наибольший объем хлеба 1255 см³ был получен при добавлении в композиционную смесь сорта твердой пшеницы Безенчукская Нива. Внесение в смеси муки из твердой пшеницы в количестве 30:70% при выпечке хлеба уменьшает его черствение на 6,5% относительно контроля (мягкая пшеница), хлеб длительное время остается свежим с эластичным, быстро восстанавливаемым мякишем.

Ключевые слова: смеси, твердая пшеница, мягкая пшеница, реологические свойства теста, хлебопекарная оценка.

Для цитирования: Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В. Влияние сортовых особенностей твердой пшеницы на технологические и хлебопекарные качества смесей с мягкой пшеницей // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 67–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-67-72.



THE EFFECT OF VARIETAL TRAITS OF DURUM WHEAT ON THE TECHNOLOGICAL AND BAKING QUALITIES OF FLOUR WHEN MIXED WITH BREAD WHEAT

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;
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

The development of bakery industry is possible due to the use of such non-traditional raw materials as durum wheat. The purpose of the current study was to estimate the effect of varietal traits of durum wheat when mixed with bread wheat according to the results of rheological parameters of dough, technological and bakery estimation of flour. There have been studied technological indicators of grain, rheological and physical parameters of dough, general bakery estimation. There has been established that the high gas-forming ability of durum wheat allows it to be used (30%) as bread wheat improver during baking. However, the positive effect was present not in all years of the study. There has been estimated an improvement effect due to mutual compensation of the missing components and complementarity of the bread and durum wheat varieties. There was found that in 2008, 2010 there was practically no improvement effect when durum wheat flour was added to the mixture in a ratio of 30:70%. There was established that in 2015 the maximum bread volume of 930 cm³ and a good bakery estimation (flat surface, oval shape, golden brown crust, as well as fine thin-walled porosity with elastic light crumb) were obtained by adding bread wheat varieties to durum wheat varieties, which during the year of the study there was formed weak grain (dilute of dough was 110 u.f.; valorigraphic number was 46 u.v.). In 2020, the varieties used in the mixtures of both spring bread and durum wheat were of high quality, and bakery estimation gave excellent indicators both in the control (the variety 'Tulaykovskaya

108' with 1300 cm³) and in the mixtures with 1140–1255 cm³; the appearance of bread and crumb in almost all variants had an excellent mark. The largest volume of bread, 1255 cm³, was obtained when the durum wheat variety 'Bezenchukskaya Niva' was added to the mixture. Adding durum wheat flour to the mixture in an amount of 30:70% when baking bread reduced its staleness by 6.5% relative to the control (bread wheat); bread remains fresh for a long time with an elastic, quickly regenerated crumb.

Keywords: mixtures, durum wheat, bread wheat, rheological properties of dough, bakery estimation.

Введение. Современные рыночные отношения и конкуренция на рынке товаров вынуждают производителей следить за качеством и ассортиментом выпускаемой продукции, что в свою очередь повышает требования к качеству сырья. Тема наших исследований выбрана не случайно, так как от качества продуктов первой необходимости – зерно, крупа и мука зависит качество продукции выпускаемой кондитерской, хлебопекарной и макаронной промышленности.

Развитие хлебопекарной промышленности возможно за счет применения нетрадиционного сырья – твердой пшеницы. В России твердую пшеницу за отличные технологические достоинства называли жемчужиной пшениц и на мировом рынке за высокое содержание белка, стекловидность ценили гораздо выше, чем мягкую. В научных учреждениях эффективно выполняются селекционные программы по повышению качества зерна не только макаронного, крупяного направления, но и хлебопекарного.

Биохимические и технологические свойства зерна твердой пшеницы во многом зависят от сорта, условий выращивания, технологий возделывания культуры (Мальчиков и Мясникова, 2020; Васильчук и др., 2009) и от других факторов, вычленение одного из них ведет к значительным трудностям при оценке качества зерна и установления причин, ухудшающих качество получаемой продукции. Одним из способов улучшения технологических и питательных свойств конечного продукта (хлеба, кексов, теста для пиццы, чебуреков, пельменей) является использование в хлебопечении зерна различных культур.

Многолетние эксперименты по изучению технологических показателей зерна показали (Голик и др., 1985; Hareland et al., 1998; Шаболкина и др., 2017), что твердую пшеницу с высокой газообразующей способностью при выпечке можно использовать как улучшитель мягкой пшеницы. Изделия с долей твердой пшеницы: сухие завтраки, сахарное печенье, пряники – обладают диетическими и целебными свойствами (клейковина твердой пшеницы характеризуется низкой токсичностью и лучшей усваиваемостью), отличной хлебопекарной оценкой (Troncone and Auricchio, 1991). Эти качества востребованы у потребителей и формируют определенную нишу на рынке, однако производство хлебных изделий в чистом виде из твердой пшеницы ограничено из-за специфических особенностей физических свойств теста. Более широко в хлебопечении используют муку из зерна данной культуры в смеси с мукой из мягкой пшеницы при различном соотношении компонентов.

Цель исследований – оценить влияние сортовых особенностей твердой пшеницы при смешивании с мягкой пшеницей по результатам реологических показателей теста, технологической и хлебопекарной оценки муки.

Материалы и методы исследований.

В качестве экспериментального материала изучали образцы зерна яровой твердой пшеницы, выращенные по чистому пару на опытных делянках (конкурсное сортоиспытание) в лаборатории селекции яровой твердой пшеницы Самарского НИИСХ. Смеси муки твердой и мягкой пшеницы готовили по массе 30:70 (%). В связи с большим объемом технологических работ опыты проводили не каждый год, а в 2008, 2010, 2015, 2020 годах. При приготовлении смесей в качестве мягкой пшеницы (стандарты) использовали сорта Тулайковская 5 (2008, 2010 годы) и Тулайковская 108 (2015, 2020 годы). Данные сорта являются сильными пшеницами и в условиях Самарской области в годы исследований формировали зерно с очень близкими качественными характеристиками.

Для получения сеяной муки зерно размалывали на мельнице Квадрумат – Юниор (выход 65%) фирмы Брабендер. Методику по определению физических и реологических показателей теста на фаринографе проводили по ГОСТ Р 51404-99 (ИСО 5530-1-97), миксографический анализ – согласно представленным методикам (Vassiljevic and Banasik, 1980; Васильчук и др., 2009). Лабораторная выпечка хлеба – безопарным способом с интенсивным замесом теста с оценкой по пятибалльной шкале качества хлеба.

В 2020 году из-за недостатка зерна физические свойства теста смесей (30:70) были оценены с помощью специального прибора миксографа Свенсона (USA, Lincoln, Nebraska): масса навески муки – 10 г. Данный прибор, как и фаринограф Брабендера, предназначен для изучения реологических показателей теста, но более производительный и применяется в селекционных программах, когда не хватает достаточной массы зерна. При интерпретации диаграмм между показателями миксограммы и фаринограммы большое сходство: PT – стойкость теста, BW – эластичность теста, MTV – устойчивость к разжижению теста.

Вегетационный период в годы исследований характеризовался различными погодными условиями: в 2008 году нестабильный температурный режим (высокая температура в весенний период выше среднееголетних значений на 8,0-9,9 °C) и избыточное увлажнение в период созревания, в 2010 году острая засуха (гидротермический коэффициент в пе-

риод весенней вегетации 0,38 при норме 0,9), что несомненно отразилось на качестве зерна яровой твердой пшеницы. Начало вегетации в 2015 году характеризовалось благоприятными условиями для развития растений (осадков на 19 мм больше среднеголетних), но недостаток влаги и повышенный температурный режим в летний период повлияли на формирование белка и клейковины. В 2020 году во второй половине июня стояла атмосферная засуха, в июле – жаркая сухая погода (до 37,7 °C), что негативно отразилось на продуктивности твердой пшеницы, но способствовало формированию качественного зерна.

Результаты и их обсуждение. Мука из твердой пшеницы мало пригодна в хлебопечении, так как короткорвущаяся, упругая клейковина не дает при выпечке «сильного» хлеба. Исследования, проведенные в 2008 году, показали: объемный выход хлеба из муки твердой пшеницы составляет 500–540 см³ (толстоственная неэластичная структура мякиша и специфический привкус), однако такие изделия с приятным желтым цветом, с характерным запахом, мелкой пористостью весьма популярны во многих странах мира. Эффективность смешивания муки яровой твердой пшеницы

с яровой мягкой зависит во многом от свойств улучшителя, а также от рецептуры и способов хлебопекарной выпечки. Сорта яровой пшеницы твердой Безенчукская 182, Безенчукская 209, Безенчукская нива и мягкой Тулайковская 5, участвующие в эксперименте, в год исследования сформировали высокое содержание белка 12,5–13,3% и клейковины 36,2–45,4%, однако качество клейковины было низкое и соответствовало 3 группе по ИДК. Мука мягкой пшеницы с такими показателями качества дает хлеб с удовлетворительной хлебопекарной оценкой.

В композиционных смесях улучшение реологических свойств теста возможно за счет взаимной компенсации недостающих компонентов (Мартьянова и Пищугина, 2001; Бебякин и др., 2003). При добавлении муки твердой пшеницы в соотношении 30:70 в смеси эффект улучшения был, но не очень невысокий. Существенных различий в показателях реологических свойств теста (образование и стойкость теста), определяемых на фаринографе Бабендера, между сортом яровой мягкой пшеницы Тулайковская 5 и смесями с твердой пшеницей не отмечено (табл. 1).

1. Оценка реологических и хлебопекарных показателей смесей сортов яровой твердой и мягкой пшеницы (2008, 2010 гг.)

1. Estimation of rheological and baking traits of mixtures of spring durum and bread wheat varieties (2008, 2010)

№ п/п	Сорт	Фаринограф			Объемный выход хлеба, см³	Общая хлебопекар оценка, балл
		Стойкость теста, мин	Разжижение теста, е.ф.	Валориметрическая оценка, е.вал.		
Смеси 30:70						
2008 год						
Яровая твердая пшеница						
1	Безенчукская 182	5,0	110	60	580	4,2
2	Безенчукская нива	4,0	100	56	570	4,1
3	Безенчукская 209	6,0	80	68	540	4,0
Яровая мягкая пшеница						
0	Тулайковская 5	6,5	110	60	540	4,1
НСР _{0,05}		1,1	12	7	—	—
2010 год						
Яровая твердая пшеница						
1	Безенчукская 182	4,0	120	52	725	4,1
2	Безенчукская нива	3,5	150	48	720	4,1
3	Безенчукская 209	2,0	150	40	610	4,0
Яровая мягкая пшеница						
0	Тулайковская 5	5,0	100	60	890	4,5
НСР _{0,05}		1,0	14	7	—	—

Разжижение теста – параметр, отвечающий косвенно за «силу» пшеницы, снижался на 10–30 ед.ф. при использовании в качестве улучшителя сорта твердой пшеницы Безенчукская нива и Безенчукская 209. Общая хлебопекарная оценка улучшилась незначительно: объем хлеба увеличился на 30–40 см³, изменились положительно качественные характеристики хлеба: гладкая поверхность, золотистый цвет корки, эластичная и быстро восстанавливающая структура мякиша.

В 2010 году сорта твердой пшеницы накопили большое количество белка и клейковины, однако из-за низкого качества (3 группа) клейковины эффект улучшения от смешивания твердых пшениц с мягкой пшеницей Тулайковская 5 (2 группа) отсутствовал, качество хлеба ухудшилось: уменьшился объем на 165–280 см³, снизилась хлебопекарная оценка на 0,4–0,5 баллов. Возможно, в данном случае не требовалось улучшать хлебопекарные качества яровой мягкой пшеницы

Тулайковская 5, так как хлеб был объемный, пышный, румяный. На достижение эффекта улучшения влияет не только качество зерна используемых сортов в композиционных смесях, но и комплементарный подбор улучшителя и улучшаемого сорта.

В 2015 году чрезмерно высокие температуры в июне и низкая влагообеспеченность в течение вегетации повлияли на качество зерна

твердой пшеницы и формирование клейковины (2 и 3 группа качества). Фаринографический анализ подтвердил показатели, полученные при отмывании клейковины. Особо выделился по физическим свойствам теста и качеству клейковины сорт Безенчукская 209 (стойкость теста – 11,5 мин, разжижение теста – 30 е.ф., валориметрическая оценка – 86 е.вал.) (табл. 2).

2. Оценка реологических и хлебопекарных показателей смесей сортов яровой твердой и мягкой пшеницы (2015 г.)

2. Estimation of rheological and baking traits of mixtures of spring durum and bread wheat varieties (2015)

№ п/п	Сорт	Фаринограф			Хлебопекарная оценка	
		Стойкость теста, мин	Разжижение теста, е.ф.	Валориметрическая оценка, е.вал.	Объемный выход хлеба, см³	Общая хлебопек. оценка, балл
Смеси 30:70						
1	Безенчукская 182	2,5	110	46	930	4,43
2	Безенчукская нива	5,0	130	56	845	4,36
3	Безенчукская 209	11,5	30	86	805	4,43
Яровая мягкая пшеница						
0	Тулайковская 108	7,0	30	80	675	4,40
	НСП _{0,05}	2,5	19	14	—	—

Сорт яровой мягкой пшеницы Тулайковская 108 сформировал качественное зерно: высокая стойкость теста (7 мин.) и валориметрическая оценка (80 е.вал.), низкое разжижение теста (30 е.ф.) и показатели ИДК 90 ед. (2 группа). В данном случае не было необходимости улучшать хлебопекарные свойства яровой пшеницы с такими положительными показателями, но при проведении лабораторной выпечки сорт Тулайковская 108 не оправдал ожидания по объемному выходу хлеба – 675 см³. Отмечено, что некоторые высококачественные сорта не могут раскрыть свои потенциальные резервы в процессе выпечки и дают выход хлеба ниже средних показателей. Это объясняется недостаточной сахарообразующей способностью мягкой пшеницы, но достаточно газодерживающей. Добавление в композиционные смеси муки из твердой пшеницы способствует значительному увеличению объема хлеба в процессе выпечки, за счет ее высокой сахарообразующей способности.

При составлении смесей для хлебопечения необходимо учитывать смесительную силу пшеницы, компенсационную способность и определенное соотношение компонентов. Хлебопекарная оценка композиционных смесей в 2015 году показала значительное преимущество объема хлеба с добавлением муки из твердой пшеницы (больше на 255 см³) по сравнению с объемным выходом хлеба из муки сорта Тулайковская 108 (контроль), то есть эффект улучшения и компенсации недостающих компонентов отчетливо прослеживается в соотношении 30:70%. Максимальный объем хлеба 930 см³ был получен при добавлении в смеси сорта твердой пшеницы Безенчукская 182, который в год исследования сформировал слабое зерно (разжижение теста 110 е.ф., валори-

метрическая оценка – 46 е.вал.). Внешний вид хлеба, выпеченного безопарным способом, характеризовался положительными оценками: ровная поверхность, овальная форма, золотисто-коричневый цвет корки, а также мелкая тонкостенная пористость с эластичным светлым мякишем.

В вариантах, где в качестве улучшителя использовали муку сортов твердой пшеницы, сформировавших высококачественное зерно (Безенчукская 209) объемный выход хлеба был значительно меньше ожидаемого 805 см³. В данном случае при использовании в смесях двух сильных пшениц улучшения хлебопекарного достоинства из-за отсутствия эффекта компенсации не было.

В 2020 году сорта, используемые в композиционных смесях как яровой мягкой, так и твердых пшениц, отличались высоким качеством, и хлебопекарная оценка дала отличные показатели как в контроле (Тулайковская 108 – 1300 см³), так и в смесях 1130–1255 см³ (табл. 3).

По данным миксографа, тесто смесей из комплементарных друг другу сортов обладает высокой упругостью, растяжимостью (РТ – 5,3–7,0 мин.), эластичностью (BW – 2,0–2,8 см), большой водопоглотительной способностью, что дает объемный выход хлеба. Такое сильное тесто сохраняет физические свойства в процессе замешивания, так как хорошо удерживается газ в порах. Внешний вид хлеба и мякиша практически во всех вариантах имел пятибалльную оценку. Наибольший объем хлеба 1255 см³ был получен при добавлении в композиционную смесь сорта твердой пшеницы Безенчукская Нива. В 2020 году общая хлебопекарная оценка была очень высокой, и отчетливо просматривался эффект комплементарности (взаимодополнения) сортов мягкой и твердой пшеницы.

3. Оценка реологических (миксограф) и хлебопекарных показателей смесей сортов яровой твердой и мягкой пшеницы (2020 г.)

3. Estimation of rheological (mixograph) and baking traits of mixtures of spring durum and bread wheat varieties (2020)

№ п/п	Сорт	Миксограф				Хлебопекарная оценка	
		РТ, мин	РН, мин	BW, см	MTV, см	Объемный выход хлеба, см³	Общая хлебопекар. оценка, балл
Смеси 30:70							
1	Безенчукская 182	6,3	8,8	2,0	1,4	1140	4,8
2	Безенчукская нива	5,3	8,0	2,5	1,0	1255	4,8
3	Безенчукская 209	7,0	8,5	2,8	1,2	1130	4,7
Яровая мягкая пшеница							
0	Тулайковская 108	8,3	8,6	3,2	1,0	1300	4,8

О черствении судили по усыханию хлеба: через 24 часа хранения изменяются реологические свойства: снижается эластичность и появляется крошковатость мякиша, пропадает приятный аромат, ухудшается вкус хлеба. Использование оптимального количества муки из твердой пшеницы (30:70%) при выпечке хлеба уменьшает его черствение. Данный процесс идет менее интенсивно на 6,5% относительно контроля (мягкая пшеница), хлеб длительное время остается свежим с эластичным, быстро восстанавливаемым мякишем.

Выводы. Изучение технологических показателей зерна, реологических и физических параметров теста, общей хлебопекарной оценки показало, что высокая газообразующая способность твердой пшеницы позволяет использовать ее (30%) как улучшитель пшеницы мягкой при проведении хлебопекарной выпечки. Однако положительный эффект наблюдался не во все годы исследования. Большое значение имеет эффект улучшения за счет взаимной компенсации недостающих компонентов и комплементарность (взаимодополнения) сортов мягкой и твердой пшеницы.

Установлено, что в 2008, 2010 годах эффект улучшения практически отсутствовал при внесении в смеси муки твердой пшеницы 30:70%. В 2015 году максимальный объем хлеба 930 см³ и высокая хлебопекарная оценка были получены при добавлении к мягкой пшенице сортов твердой, которые в год исследования сформировали слабое зерно (разжижение теста – 110 е.ф., валориметрическая оценка – 46 е.вал.).

В 2020 году сорта, используемые в композиционных смесях как яровой мягкой, так и твердых пшениц, отличались высоким качеством, и хлебопекарная оценка дала отличные показатели как в контроле (Тулайковская 108 – 1300 см³) так и в смесях 1130–1255 см³. Наибольший объем хлеба 1255 см³ был получен при добавлении в композиционную смесь сорта твердой пшеницы Безенчукская нива.

Внесение в смеси муки из твердой пшеницы в количестве 30:70% при выпечке хлеба уменьшает его черствение на 6,5% относительно контроля (мягкая пшеница), хлеб длительное время остается свежим с эластичным, быстро восстанавливаемым мякишем.

Библиографические ссылки

1. Бебякин В.М., Винокурова Л.Т. Смесительная ценность высококачественных сортов яровой мягкой пшеницы для целей селекции // Доклады РАСХН. 2003. № 4. С. 3-5.
2. Васильчук Н.С., Гапонов С.Н., Еременко Л.В., Паршикова Т.М. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 34-39.
3. Голик В.С., Аладьин В.С., Кучумова Л.П., Кравец Л.П., Пархоменко Р.Г. Создание сортов твердой пшеницы двухстороннего использования // Доклады ВАСХНИЛ. 1985. № 2. С. 12-14.
4. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т.24. № 5. 2020. С. 501-511.
5. Мартыанова А.И., Пищугина Е.П. Пробная лабораторная выпечка хлеба – прямой и надежный способ оценки качества зерна пшеницы // Зерновые культуры. 2001. № 2. С. 28-30.
6. Шаболкина Е.Н., Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Технологические и хлебопекарные качества твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. № 5(53). 2017. С. 40-43.
7. Hareland G.A., Pühr D.P. Baking performance of durum and soft wheat flour in a sponge-dough breadmaking procedure // Cereal Chemistry. 1998. 75. p. 830-835.
8. Troncone R., Auricchio S. Gluten – sensitive enteropathy (celiac disease) // Food Review International. 1991. 7. p. 205.
9. Vassiljevic S., Banasik O.J. Quality testing methods for durum wheat and its products // Fargo (USA). 1980. 134 p.

References

1. Bebyakin V.M., Vinokurova L.T. Smesitel'naya cennost' vysokokachestvennyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy dlya celej selekcii [Mixing value of the high qualitative spring bread wheat varieties for breeding purposes] // Doklady RASKHN. 2003. № 4. S. 3-5.

2. Vasil'chuk N.S., Gaponov S.N., Eremenko L.V., Parshikova T.M. Ocenka prochnosti klejkoviny v processe selekcii tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) [Estimation of gluten strength in the process of durum wheat breeding (*Triticum durum* Desf.)] // Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka. 2009. № 3. S. 34-39.
3. Golik V.S., Alad'in V.S., Kuchumova L.P., Kravec L.P., Parhomenko R.G. Sozdanie sortov tverdoj pshenicy dvuhstoronnego ispol'zovaniya [Development of the durum wheat varieties for double use] // Doklady VASKHNIL. 1985. № 2. S. 12-14.
4. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Soderzhanie zhelytyh pigmentov v zerne tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.): biosintez, geneticheskij kontrol', markernaya selekciya [Content of yellow pigments in durum wheat (*Triticum durum* Desf.): biosynthesis, genetic control, marker selection] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. T. 24. № 5. 2020. S. 501-511.
5. Mart'yanova A.I., Pishchugina E.P. Probnaya laboratornaya vypechka hleba – pryamoj i nadezhnyj sposob ocenki kachestva zerna pshenicy [Experimental laboratory baking of bread is a direct and reliable way to evaluate the quality of wheat grain] // Zernovye kul'tury. 2001. № 2. S. 28-30.
6. SHabolkina E.N., Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Tekhnologicheskie i hlebopekarnye kachestva tverdoj pshenicy [Technological and baking qualities of durum wheat] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. № 5(53). 2017. S. 40-43.
7. Hareland G.A., Puhr D.P. Baking performance of durum and soft wheat flour in a sponge-dough breaddmaking procedure // Cereal Chemistry. 1998. 75. p. 830-835.
8. Troncone R., Auricchio S. Gluten – sensitive enteropathy (celiac disease) // Food Review International. 1991. 7. p. 205.
9. Vassiljevic S., Banasik O.J. Quality testing methods for durum wheat and its products // Fargo (USA). 1980. 134 p.

Поступила: 17.02.21; принята к публикации: 8.04.21.

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; Анисимкина Н.А. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ QTL SALTOL В СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦАХ РИСА

О.С. Жогалева, младший научный сотрудник лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

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

А.Ю. Дубина, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

Н.Т. Купрейшвили, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

П.И. Костылев, руководитель центра фундаментальных научных исследований,
ORCID ID: 0000-0002-4371-6848

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Одной из главных проблем в большинстве рисосеющих регионов мира является засоление почвы. Рис считается чувствительной к засолению культурой, особенно на ранних стадиях развития и при созревании. В Ростовской области рис выращивается в юго-восточных районах, где в настоящее время имеются трудности с эксплуатацией имеющихся мелиоративных сооружений. Проблема засоленных почв для этого региона является особенно актуальной, поскольку значительная часть пашни имеет солонцовые комплексы. Для возвращения в эксплуатацию засоленных земель мелиоративных систем необходимо выращивание солеустойчивых сортов, которые могут при соблюдении севооборота и проведении уходовых мероприятий способствовать рассолению почвы. В связи с трудностью определения солеустойчивости только за счет оценок по фенотипу, необходимо использование молекулярных маркеров, ассоциированных с этим признаком. Таким образом, целью нашей работы являлась идентификация одного из главных QTL солеустойчивости риса Saltol в селекционных образцах риса восьмого поколения (F_8), полученных от скрещивания сорта-донора NSYC Rc106 с российскими сортами. Для этого использовали методы маркер-вспомогательной селекции: выделение ДНК, выполнение полимеразной цепной реакции, постановка электрофореза на 2% агарозных гелях, окрашивание гелей в растворе этидия бромидом, фотографирование в ультрафиолетовом свете и оценка полученных электрофореграмм. В результате исследования 398 селекционных образцов риса было выявлено 67 образцов с функциональным аллелем QTL Saltol (6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7343/10, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др.). Рекомендуем использование этих образцов в дальнейшем селекционном процессе для создания новых устойчивых к засолению сортов риса.

Ключевые слова: рис, Saltol, селекционные образцы, идентификация, ген.

Для цитирования: Жогалева О.С., Вожжова Н.Н., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т., Костылев П.И. Идентификация QTL Saltol в селекционных образцах риса // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 73–77. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-73-77.



IDENTIFICATION OF SALTOL QTL IN THE BREEDING RICE SAMPLES

O.S. Zhogaleva, junior researcher of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

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

A.Yu. Dubina, research technician of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

N.T. Kupreyshvili, research technician of the laboratory for marker breeding,
ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

P.I. Kostylev, head of the Fundamental Research Center, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848
Agricultural Research Center "Donskoy",

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

One of the main problems in most of the world rice-growing regions is soil salinity. Rice is considered a saline sensitive crop, especially at the early stages of development and in the period of maturity. In the Rostov region, rice is grown in the south-eastern parts, where there are currently difficulties with the operation of the existing reclamation facilities. The problem of saline soils for this region is especially urgent, since a significant part of the arable lands has alkali complexes. In order to return the saline lands into exploitation, it is necessary to develop salt tolerant varieties, which, under crop rotation and maintenance, can contribute to soil desalinization. Due to the difficulty of determining salt tolerance only by estimating the phenotype, it is necessary to use molecular markers associated with this trait. Thus, the purpose of the current work was to identify one of the main Saltol QTL in breeding rice samples of the eighth generation (F_8) obtained from hybridizing the donor variety NSYC Rc106 with Russian varieties. For that purpose, there have been used such marker-assisted selection methods as DNA isolation, polymerase chain reaction (PCR), electrophoresis on 2% agarose gels, gels' coloring in ethidium bromide solution, photography in ultraviolet light and evaluation of the obtained electrophoregrams. As a result of the study of 398 breeding rice samples, there have been identified 67 samples with the functional allele of Saltol QTL (6865/3, 6874/2, Don 7343/4, Don 7343/5, Don 7343/6,

Don 7343/7, Don 7343/8, Don 7343/9, Don 7343/10, Don 7337/1, Don 7337/3, Don 7337/4, Don 7337/5, Don 7337/6, Don 7337/7, Don 7337/8, etc.). There have been recommended to use these samples in the further breeding process in order to develop new salinity resistant rice varieties.

Keywords: rice, Saltol, breeding samples, identification, gene.

Введение. Засоление почвы является одной из главных проблем в большинстве рисосеющих регионов мира (Shahid et al., 2018; Shrivastava & Kumar, 2015; Riaz et al., 2019). Рис считается чувствительным к содержанию солей в почве, особенно на ранних стадиях развития и при созревании (Mohanavel et al., 2021).

В России рис выращивается на Дальнем Востоке (Приморский край) (Черепанова и др., 2021), в Дагестане, Калмыкии, в Астраханской области, на территориях Краснодарского края и востоке Ростовской области (Тараненко, 2021; Костылев и Аксенов, 2021). В настоящее время часть имеющихся мелиоративных сооружений Ростовской области не пригодны к эксплуатации по ряду причин: неудовлетворительное техническое состояние (Бандурин и др., 2021), недостаток воды в оросительных каналах, заполнение каналов древесно-кустарниковой растительностью, заиливание и засоление земель (Щедрин и др., 2013).

Для Ростовской области проблема засоленных почв является особенно актуальной. По данным Попова В.В. (2018), на юго-восточных землях области значительная часть пашни имеет солонцовые комплексы (43,3% в Пролетарском районе).

Согласно сведениям Осипова А. В. (2016), нет однозначного мнения исследователей о влиянии выращивания риса на засоление почвы. Так, было установлено, что при концентрации хлоридно-сульфатных солей в почве в пределах 0,25–0,50% наблюдается изреживание посевов риса (Ачканов и др., 1976). В то же время, выращивание риса с выполнением дренажных работ приводит к понижению содержания солей в верхнем, доступном для корней, слое почвы (Мелиорация засоленных почв, 1967).

Следовательно, для возвращения в эксплуатацию засоленных земель мелиоративных систем необходимо выращивание солеустойчивых сортов риса, которые могут при неукоснительном соблюдении севооборота и специальных уходовых мероприятий, поспособствовать рассолению почвы. То есть селекция солеустойчивых сортов риса является одним из перспективных направлений (Гончарова и Харитонов, 2013; Костылев и др., 2019).

Солеустойчивость риса является таким признаком, который не имеет широкого морфологического разнообразия (Ткачева и Досеева, 2015), и его трудно определить только с помощью оценки фенотипа (Mohanavel et al., 2021). Для таких признаков необходимо использовать молекулярные маркеры, ассоциированные с желаемым фенотипическим проявлением (Чесноков и др., 2019).

С солеустойчивостью был ассоциирован QTL Saltol, картированный у риса на хромосоме 1 (Chowdhury et al., 2016). Для его иденти-

фикации в растениях исследователями был рекомендован эффективный молекулярный SSR-маркер – Rm493, дающий информативные и воспроизводимые спектры электрофореграмм при анализе гибридных популяций (Usatov et al., 2015).

Таким образом, поиск и идентификация QTL Saltol в селекционных образцах риса является актуальной задачей для дальнейшего создания солеустойчивых сортов.

Цель исследований – идентификация QTL солеустойчивости Saltol в селекционных образцах риса F₈.

Материалы и методы исследований. В исследовании использовали 398 селекционных образцов риса восьмого поколения (F₈), полученных от скрещивания сорта-донора NSYC Rc106 с российскими сортами-реципиентами. Их выращивали на чеках обособленного подразделения «Пролетарское» ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Пролетарск, Ростовская обл.) на делянках площадью 0,6 м².

Перед выделением ДНК образцы риса гомогенизировали в пробирках 2,0 мл с керамическими шариками диаметром 28 мм. После чего выделяли ДНК СТАВ-методом (Murray and Thompson, 1980), используя набор для выделения «ДНК-Экстрас-3» («Синтол», Россия). Для идентификации QTL солеустойчивости Saltol использовали диагностический SSR-маркер Rm493 (праймеры: Rm493F 5' – TAG CTC CAA CAG GAT CGA CC – 3' и Rm493R 5' – GTA CGT AAA CGC GGA AGG TG – 3'), синтезированный компанией «Евроген» (Россия). Молекулярный размер ампликона маркера составляет 211 пар нуклеотидов.

При проведении полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовали следующий состав реакционной смеси в объеме 25 мкл.: геномная ДНК (концентрация от 50 нг/мкл) – 3 мкл.; 10xPCR буфер – 2,5 мкл.; MgCl₂ (25mM) – 2 мкл.; смесь dNTPs (25mM) – 0,25 мкл.; по 2 мкл. каждого праймера (10 pmol); Taq-полимераза (5 U) – 0,5 мкл.; деионизированная вода – 12,75 мкл. Условия проведения ПЦР – 94 °C – 5 минут, 35 циклов (94 °C – 30 с, 60 °C – 30 с, 72 °C – 30 с), 72 °C – 8 минут.

После прохождения ПЦР образцы ставили на агарозные 2% гели, в присутствии маркера молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50 bp (50–1000 п.н.), отрицательного контроля опыта (когда вместо ДНК образца в пробирку добавляется вода), и контрольных родительских образцов.

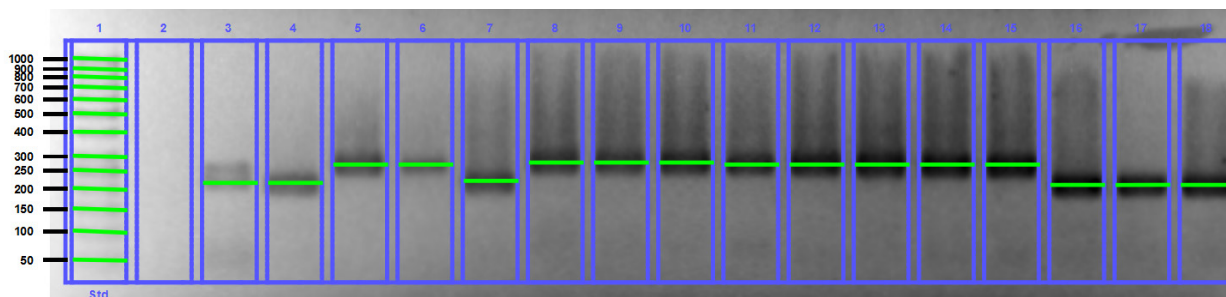
Оценку электрофореграмм проводили после окрашивания в этидий бромиде и фотографирования в ультрафиолетовом свете.

Расчеты выполняли в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенного в лаборатории маркерной се-

лекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» скрининга 398 селекционных образцов риса, с использованием диагностического маркера Rm493, был получен ряд рабочих гелей и электрофореграмм.

Пример электрофореграммы продуктов амплификации образцов риса по QTL Saltol с маркером Rm493 представлен на рисунке.



Электрофореграмма скрининга образцов риса по идентификации QTL солеустойчивости Saltol:

1 – Маркер молекулярного веса, 2 – H₂O деионизированная (отрицательный контроль опыта), 3 – NSYC Rc106 (донор гена Saltol, контроль доминантного аллеля), 4 – 6865/3, 5 – 6865/4, 6 – 6866/1, 7 – 6874/2, 8 – Дон 7328/1, 9 – Дон 7328/2, 10 – Дон 7328/3, 11 – Дон 7328/4, 12 – Дон 7328/5, 13 – Дон 7328/6, 14 – Дон 7328/7, 15 – Дон 7328/8, 16 – Дон 7343/4, 17 – Дон 7343/5, 18 – Дон 7343/6.

Electropherogram of screening rice samples to identify Saltol QTL:

1 – Molecular weight marker, 2 – deionized H₂O (negative control of the experiment), 3 – NSYC Rc106 (Saltol gene donor, control of the dominant allele), 4 – 6865/3, 5 – 6865 / 4, 6 – 6866/1, 7 – 6874/2, 8 – Don 7328/1, 9 – Don 7328/2, 10 – Don 7328/3, 11 – Don 7328/4, 12 – Don 7328/5, 13 – Don 7328/6, 14 – Don 7328/7, 15 – Don 7328/8, 16 – Don 7343/4, 17 – Don 7343/5, 18 – Don 7343/6.

Доминантный аллель QTL солеустойчивости Saltol размером 211 пар нуклеотидов выявлен у образцов 6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5 и Дон 7343/6, поскольку их ампликоны находятся на уровне ампликона сорта NSYC Rc106 – донора этого локуса.

Аллель размером 261 пары нуклеотидов, как у сорта Новатор, выявлен в остальных об-

разцах, представленных на рисунке, следовательно, они обладают рецессивным аллелем QTL Saltol.

Распределение образцов риса по аллельному состоянию QTL солеустойчивости Saltol представлено в таблице.

Аллельное состояние QTL солеустойчивости Saltol у образцов риса
Allelic state of QTL Saltol in the rice samples

Наименование аллельного состояния локуса	Количество образцов, несущих аллели QTL Saltol
Функциональный гомозиготный аллель, Saltol	67
Гетерозиготный аллель, Saltol + Saltol	18
Нефункциональный гомозиготный аллель, Saltol	259
Амплификация отсутствует	54

Всего, в результате анализа 398 образцов риса, нами было выявлено 67 образцов с функциональным аллелем QTL Saltol (6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7343/10, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др.). Гетерозиготное аллельное состояние выявлено у 18 образцов (6868/3, 6870/4, 6871/1, 6871/4, 6872/1, 6872/2, 6872/3 и др.). Нефункциональный аллель QTL saltol идентифицирован у 259 образцов (6785/1, 6785/2, 6785/3, 6785/4, 6789/1, 6789/2,

6796/1 и др.). У 54 образцов амплификация не обнаружена, что может быть связано с произошедшими изменениями в их геноме.

Выводы. Рекомендуем использовать идентифицированные образцы риса с функциональным аллелем QTL солеустойчивости Saltol, такие как 6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7343/10, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др. в селекционных программах на устойчивость к абиотическим стрессам.

Библиографические ссылки

1. Ачканов А.Я., Бугаевский В.К., Тур Н.С. Динамика солей в почвах дельты Кубани и ее влияние на состояние посевов риса // Химия почв рисовых полей. М. 1976. С. 26-36.
2. Бандурин М.А. Диагностика технического состояния и оценка остаточного ресурса работоспособности водопроводящих сооружений оросительных систем. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск: Лик, 2021. 217 с.
3. Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М. О генетико-физиологических механизмах солеустойчивости у риса (*Oryza sativa* L.) (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 3. С. 3-11. DOI: 10.15389/agrobiology.2013.3.3rus.

4. Костылев П.И., Кудашкина Е.Б., Краснова Е.В., Вожжова Н.Н. Селекция риса на солеустойчивость // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 22-27. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-22-27.
5. Костылев П.И., Аксенов А.В. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 15-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-15-22.
6. Мелиорация засоленных почв // Мелиорация засоленных и солонцовых почв. М. 1967. С. 42-70.
7. Попов В.В. Состояние плодородия пахотных земель в юго-восточных районах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 7-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302.
8. Тараненко В.В., Дядюченко Л.В., Муравьев В.С. Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса // Земледелие. 2021. № 5. С. 32-36. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.
9. Ткачева М.С., Досеева О.А. К вопросу солеустойчивости риса (обзор) // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 105(01). С. 14. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/057.pdf>.
10. Чесноков Ю.В., Кочерина Н.В., Косолапов В.М. Молекулярные маркеры в популяционной генетике и селекции культурных растений: монография. Москва: ООО «Угрешская Типография», 2019. 200 с.
11. Черепанова Т.А., Безмутко С.В., Лелявская В.Н. Оценка влияния инсектофунгицидного протравителя Селест Топ на растения риса // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 78–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-78-81.
12. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. Ч. 1. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.
13. Chowdhury A.D., Haritha G., Sunitha T., Krishnamurthy S.L., Divya B., Padmavathia G., Rama T., Sarla N. Haplotyping of rice genotypes using simple sequence repeat markers associated with Salt tolerance // Rice Science. 2016. V. 23 (6). pp. 317-325. DOI: 10.1016/j.rsci.2016.05.003.
14. Mohanavel V., Yesudhas A.S., Sharma A., Ramasamy A., Samy P.M.A., Subramanian M., Muthusamy R. Haplotype and diversity analysis of indigenous rice for salinity tolerance in early-stage seedling using simple sequence repeat markers. // Biotechnol Rep (Amst). 2021. V. 31: e00666. DOI: 10.1016/j.btre.2021.e00666.
15. Riaz M., Arif M.S., Ashraf M.A., Mahmood R., Yasmeen T., Shakoob M.B., Shahzad S.M., Ali M., Saleem I., Arif M., Fahad S. A comprehensive review on rice responses and tolerance to salt stress // Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance. 2019. pp. 133-158. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00007-1.
16. Shahid S.A., Zaman M., Heng L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques // Springer, Cham. 2018. pp. 43-53. DOI: 10.1007/978-3-319-96190-3_2.
17. Shrivastava P., Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. // Saudi J Biol Sci. 2015. V. 22(2). pp. 123-131. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.12.001.
18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. V. 8. pp. 4321-4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
19. Usatov A.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I., Azarin K.V., Makarenko M.S., Usatova O.A. Introgression the saltol QTL into the elite rice variety of Russia by marker-assisted selection. // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2015. V. 10. № 4. pp. 165-169. DOI: 10.3844/ajabssp.2015.165.169.

References

1. Achkanov A.YA., Bugaevskij V.K., Tur N.S. Dinamika solej v pochvah del'ty Kubani i ee vliyanie na sostoyanie posevov risa [Dynamics of salts in the soils of the Kuban delta and its effect on the state of rice crops] // Himiya pochv risovyh polej. M. 1976. S. 26-36.
2. Bandurin M.A. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya i ocenka ostatochnogo resursa rabotosposobnosti vodoprovodyashchih sooruzhenij orositel'nyh system [Diagnostics of the technical condition and estimation of the residual working life of water supply facilities of irrigation systems]. 2-e izd., pererab. i dop. Novocherkassk: Lik, 2021. 217 s.
3. Goncharova YU.K., Haritonov E.M. O genetiko-fiziologicheskikh mekhanizmah soleustojchivosti u risa (*Oryza sativa* L.) (obzor) [About the genetic and physiological mechanisms of rice salt tolerance (*Oryza sativa* L.) (review)] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2013. № 3. S. 3-11. DOI: 10.15389/agrobiology.2013.3.3rus.
4. Kostylev P.I., Kudashkina E.B., Krasnova E.V., Vozzhova N.N. Selekcija risa na soleustojchivost' [Breeding rice for salt tolerance] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 1(61). S. 22-27. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-22-27.
5. Kostylev P.I., Aksenov A.V. Selekcija suhodol'nogo risa na zasuhoustojchivost' (obzor) [Breeding dry land rice for drought tolerance (review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 4(76). S. 15-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-15-22.
6. Melioraciya zasolennyh pochv [Reclamation of saline soils] // Melioraciya zasolennyh i soloncovykh pochv. M. 1967. S. 42-70.
7. Popov V.V. Sostoyanie plodorodiya pahotnykh zemel' v yugo-vostochnykh rajonah Rostovskoj oblasti [The fertility state of arable land in the south-eastern regions of the Rostov region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 3. S. 7-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302.
8. Taranenko V.V., Dyadyuchenko L.V., Murav'ev V.S. Izuchenie effektivnosti novogo regul'yatora rosta na rasteniyah risa [The study of the new growth regulator efficiency on rice plants] // Zemledelie. 2021. № 5. S. 32-36. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.

9. Tkacheva M.S., Doseeva O.A. K voprosu soleustojchivosti risa (obzor) [On the issue of rice salt tolerance (review)] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 105(01). S. 14. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/057.pdf>.
10. CHesnokov YU.V., Kocherina N.V., Kosolapov V.M. Molekulyarnye markery v populyacionnoj genetike i selekcii kul'turnyh rastenij [Molecular markers in population genetics and breeding of cultivated plants]: monografiya. Moskva: OOO «Ugreshskaya Tipografiya», 2019. 200 s.
11. CHerepanova T.A., Bezmutko S.V., Lelyavskaya V.N. Ocenka vliyaniya insektofungi-cidnogo protravitelya Selest Top na rasteniya risa [Estimation of the effect of insecto-fungicidal disinfectant agent 'Selest Top' on rice plants] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 78–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-78-81.
12. SHCHedrin V.N., Kolganov A.V., Vasil'ev S.M., CHuraev A.A. Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu [Irrigation systems in Russia: from generation to generation]: monografiya. CH. 1. Novocherkassk: Gelikon, 2013. 283 s.
13. Chowdhury A.D., Haritha G., Sunitha T., Krishnamurthy S.L., Divya B., Padmavathia G., Rama T., Sarla N. Haplotyping of rice genotypes using simple sequence repeat markers associated with Salt tolerance // Rice Science. 2016. V. 23(6). pp. 317-325. DOI: 10.1016/j.rsci.2016.05.003.
14. Mohanavel V., Yesudhas A.S., Sharma A., Ramasamy A., Samy P.M.A., Subramanian M., Muthusamy R. Haplotype and diversity analysis of indigenous rice for salinity tolerance in early-stage seedling using simple sequence repeat markers. // Biotechnol Rep (Amst). 2021. V. 31: e00666. DOI: 10.1016/j.btre.2021.e00666.
15. Riaz M., Arif M.S., Ashraf M.A., Mahmood R., Yasmeen T., Shakoob M.B., Shahzad S.M., Ali M., Saleem I., Arif M., Fahad S. A comprehensive review on rice responses and tolerance to salt stress // Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance. 2019. pp. 133-158. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00007-1.
16. Shahid S.A., Zaman M., Heng L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques // Springer, Cham. 2018. pp. 43-53. DOI: 10.1007/978-3-319-96190-3_2.
17. Shrivastava P., Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. // Saudi J Biol Sci. 2015. V. 22(2). pp. 123-131. DOI: 10.1016/j.sjbs.2014.12.001.
18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. V. 8. pp. 4321-4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
19. Usatov A.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I., Azarin K.V., Makarenko M.S., Usatova O.A. Introgression the saltol QTL into the elite rice variety of Russia by marker-assisted selection. // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2015. V. 10. №4. pp. 165-169. DOI: 10.3844/ajabssp.2015.165.169.

Поступила: 18.10.21; принята к публикации: 19.11.21.

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. Вожжова Н.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Жогалева О.С., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т. – проведение лабораторных опытов; Костылев П.И. – сбор данных, концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЬНОГО СОРТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА ДЛЯ УСЛОВИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Н. Громова, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник,
e-mail: LavrvaSVN@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8627-279X;

О.В. Скрипка, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории
селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа,
ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

С.В. Подгорный, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории
селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа,
ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

А.П. Самофалов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории
селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа,
ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

В.Л. Чернова, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы
интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711

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

Успехи селекции определяются правильным выбором агроэко типа. В связи с этим нами проведена комплексная оценка 75 сортов и образцов озимой мягкой пшеницы питомника конкурсного испытания. В качестве стандарта использовали сорт Ермак. Исследования проведены с использованием материально-технической базы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2017–2019 гг. Цель исследований – изучение взаимодействия хозяйственно-ценных признаков сортов и образцов озимой мягкой пшеницы между собой и поиск генотипов, близких по своим параметрам к модельному сорту на основе криволинейных регрессий. В результате фенотипической оценки количественных признаков сортов и образцов озимой мягкой пшеницы определены средний уровень и степень их изменчивости. Варьирование урожайности составило от 8,52 до 10,51 т/га. За все годы исследований коэффициенты вариации свидетельствуют о высокой стабильности этих признаков (от 0,9 до 10,0%). Для выявления сходств и различий между сортами и образцами проводили кластерный анализ. В результате данного анализа был подобран сорт озимой мягкой пшеницы Юбилей Дона (С25), который по своим параметрам наиболее приближен к модели (С76). Данный сорт рекомендован для использования в селекционном процессе для улучшения изученных основных хозяйственных признаков.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, кластерный анализ, модель сорта.

Для цитирования: Громова С.Н., Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л. Особенности формирования параметров модельного сорта озимой мягкой пшеницы интенсивного типа для условий Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 78–82. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-78-82.



FORMATION FEATURES OF THE PARAMETERS OF THE MODEL WINTER BREAD WHEAT VARIETY OF INTENSIVE TYPE FOR THE CONDITIONS OF THE ROSTOV REGION

S.N. Gromova, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory
for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, LavrvaSVN@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-8627-279X;

O.V. Skripka, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory
for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type,
ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

S.V. Podgorny, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory
for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type,
ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

A.P. Samofalov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory
for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type,
ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

V.L. Chernova, agronomist of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat
of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711

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

Breeding success is determined by the correct choice of agro-ecotype. In this regard, we have carried out a comprehensive estimation of 75 winter bread wheat varieties and samples of the competitive trials. The variety 'Ermak' was used as a standard. The study was carried out using the material and technical base of the Federal State Budgetary Scientific Institution Agricultural Research Center "Donskoy" (FSBSI "ARC "Donskoy") in 2017–2019. The

purpose was to study the correlation among economically valuable traits of winter bread wheat varieties and samples and to find genotypes similar in their parameters to the model variety based on curvilinear regressions. As a result of the phenotypic estimation of the quantitative traits of winter bread wheat varieties and samples, there was determined an average level and their variability degree. Their productivity ranged from 8.52 to 10.51 t/ha. Through the years of study, the variation coefficients indicated a high stability of these features (from 0.9 to 10.0%). In order to identify the similarities and differences between varieties and samples, there has been conducted a cluster analysis. As a result of this analysis, there has been selected the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' (C25), parameters which were more identical to the model (C76). This variety is recommended for further breeding process to improve the studied basic economic traits.

Keywords: winter wheat, productivity, cluster analysis, variety model.

Введение. В связи с постоянным увеличением численности народонаселения в мире отмечается неуклонный рост спроса на продовольственные товары, что приводит к необходимости интенсификации растениеводства. Поэтому перед современной селекцией стоит главная задача в создание сортов, сочетающих высокий потенциал урожайности с адаптивностью к условиям выращивания (Филиппов и др., 2015). В связи с глобальным изменением климата, применение математического моделирования поможет в решении некоторых вопросов оптимизации системы земледелия (Марченко, 2012; Потоцкая и др., 2020).

Впервые ввел понятие «модель сорта» Н.И. Вавилов (1935). В своих трудах он писал, что основной сложностью в селекции пшеницы является сочетание в одном сорте большого числа хозяйственно-ценных признаков и свойств (Вавилов, 1935). В дальнейшем основы разработки модели сорта были предложены и рядом других ученых: П.П. Лукьяненко, В.А. Кумаков, И.Г. Калинин, А.И. Грабовец, А.А. Жученко, В.В. Глуховцев и др.

Знание условий, для которых создается сорт, очень важно. Сорта должны быть приспособлены к агроэкологическим условиям (Новоселов, 2006).

Несмотря на большое количество созданных сортов, ни один из них не достиг своего генетического предела. Поэтому создание сорта, лучшего, чем существующие, еще возможно (Рыбась, 2016).

Модель сорта должна включать в себя большое количество признаков фенотипа и генотипа и быть адаптирована к конкретным условиям выращивания (Сухоруков, 2015).

Цель исследований – изучение взаимодействия хозяйственно-ценных признаков сортов и образцов озимой мягкой пшеницы между собой и поиск генотипов, близких по своим параметрам к модельному сорту, на основе криволинейных регрессий.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили в 2017–2019 гг. на селекционных полях ФГБНУ «АНЦ «Донской». Полевые опыты закладывали согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) и методике полевого опыта Б.А. Доспехов (2015). Посев проводили по паровому предшественнику в шестикратной повторности с площадью делянки 10 м² и нормой высева 450 млн всхожих семян на га.

В качестве экспериментального материала были взяты 75 сортов и образцов озимой мягкой пшеницы питомника конкурсного сортоиспытания. Сорт Ермак использовали в качестве стандарта.

Статистический анализ экспериментальных данных проведен с помощью компьютерной программы «Microsoft Excel 2010» и программы «Statistica 10». В качестве меры сходства применяли кластерный анализ. На основе криволинейной регрессии получены расчетные параметры теоретического модельного сорта (C76).

В годы исследований (2017–2019 гг.) температурный режим был выше средне многолетней нормы. По количеству осадков и распределению их в течение вегетации более благоприятными были 2017 и 2018 годы, чем 2019. Погодные условия, сложившиеся в сентябре 2016 г., не позволили провести сев озимой пшеницы в оптимальные сроки, так как основная часть осадков выпала в III декаде сентября и I декаде октября (43,7 мм). Посев был проведен с 7 по 10 октября. За 2016–2017 с.-х. год выпало 585,9 мм осадков, при среднемноголетней норме 582,4. Обилие осадков и не очень жаркий температурный режим способствовали росту и развитию озимой пшеницы, и формированию хорошей урожайности.

2017–2018 сельскохозяйственный год характеризовался повышенным температурным режимом в весенне-летний период и неравномерным распределением осадков в течение года. Посев был проведен с 25 по 30 сентября. Осадки значительно варьировали по месяцам, за с.-х. год выпало 448,1 мм, что ниже среднемноголетней нормы на 134,3 мм. Несмотря на это, за счет накопленных осадков в зимний период, растения озимой пшеницы не испытывали недостатка влаги, что способствовало формированию хорошей урожайности.

В 2018–2019 сельскохозяйственном году среднесуточная температура составила 11,5 °С. Осадки выпадали неравномерно, их сумма была ниже среднемноголетних показателей 512,4 мм (88% от среднемноголетней). Негативное воздействие атмосферной и почвенной засухи привело к образованию щуплого зерна.

Результаты и их обсуждение. В результате фенотипической оценки основных количественных признаков образцов озимой мягкой пшеницы определены средний уровень и степень их изменчивости. Варьирование урожайности составило от 8,50 до 10,51 т/га, при среднем значении за три года изучения 9,11 т/га (см. таблицу).

Изменчивость количественных признаков образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2019 гг.)
Variability of quantitative traits of the winter bread wheat samples (2017–2019)

Признаки	Среднее значение (\bar{X})	Пределы варьирования ($X_{\min} - X_{\max}$)	Коэффициент вариации (V), %
Урожайность зерна, т/га	9,11	8,52–10,51	3,7
Период вегетации «всходы-начало колошения», дни	213	209–218	0,9
Длина флагового листа, см	21,6	18,7–25,6	6,0
Ширина флагового листа, см	1,7	1,5–2,3	5,9
Площадь флагового листа, см ²	24,7	25,7–35,1	10,0
Продуктивный стеблестой, шт./м ²	539	438–643	8,0
Высота растений, см	92,8	81,1–114,8	6,3
Длина колоса, см	8,6	6,6–10,2	8,1
Количество зерен с колоса, шт.	39,9	33,3–50,2	8,3
Вес зерна с главного колоса, г	1,8	1,5–2,2	5,6
Масса 1000 зерен, г	44,3	39,2–50,1	4,7
Количество белка, %	14,0	12,4–14,9	3,6
Количество клейковины, %	27,3	23,6–30,8	5,9
Натурная масса, г/л	813	793–838	1,2
Стекловидность, %	65	53–79	9,2
Число падения, с	447	365–489	4,9

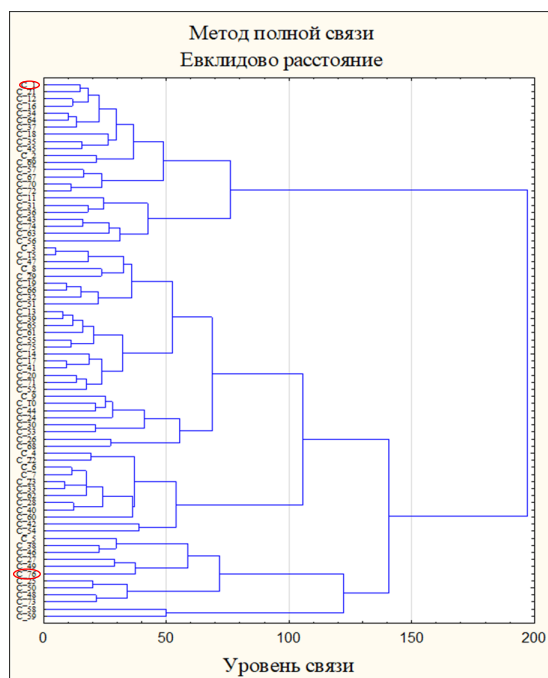
Полученные коэффициенты вариации за годы исследований свидетельствует о высокой стабильности признаков (от 0,9 до 10,0%).

В результате изучения 75 сортов и образцов конкурсного сортоиспытания были проанализированы различные числовые значения. На основе анализа графиков криволинейных регрессий были определены средние значения признаков (модель сорта С76), при которых формировалась более высокая урожайность озимой мягкой пшеницы.

Для получения урожайности от 9,0 до 9,7 т/га на уровне расчетных параметров модельного сорта (С 76) период вегетации «всходы-начало колошения» должен состав-

лять 215–217 дней; площадь флагового листа – 30–34 см²; продуктивный стеблестой – 610–650 шт./м²; высота растений – 82–102 см; длина колоса – 8,0–9,5 см; количество зерен с колоса – 40–44 шт.; вес зерна с главного колоса – 1,6–1,8 г; масса 1000 зерен – 39–41 г; количество белка и клейковины – 13,5–14,5% и 25–27% соответственно; натурная масса – 830–840 г/л; стекловидность – 65–70%, число падения – 390–415 с.

Для выявления сходств и различий между образцами и теоретическим модельным сортом (С76) мы проводили кластерный анализ (рис. 1).



*Примечание: С1 – Ермак, стандарт; С27 – 1005/14; С49 – 1233/15; С76 – Модельный образец; С25 – Юбилей Дона; С50 – 1264/15.

Рис. 1. Дендрограмма кластерного анализа образцов озимой мягкой пшеницы (2017–2019 гг.)
Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of the winter bread wheat samples (2017–2019)

Генотипы показали широкую вариабельность для изученных компонентов. Анализ данных показал, что по комплексу признаков и их

величине, близким к нашей модели (С76), является сорт Юбилей Дона (С25), характеристика которого представлена на рисунке 2.

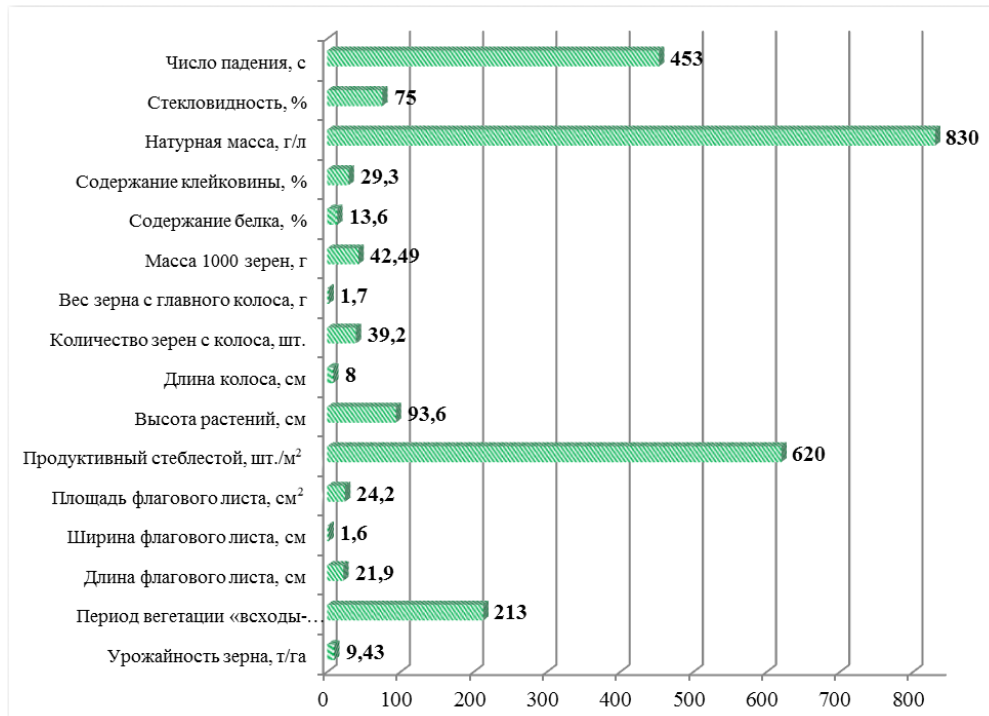


Рис. 2. Характеристика сорта озимой мягкой пшеницы Юбилей Дон (2017–2019 гг.).

Fig. 2. Characteristics of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' (2017–2019)

Значение признака продуктивность у сорта Юбилей Дона находится на уровне параметров модели сорта (9,43 т/га). По ряду других признаков сорт Юбилей Дона соответствует расчетным показателям нашей модели. Его рекомендуется использовать в селекционном процессе для улучшения изученных признаков.

Выводы. Для получения урожайности озимой мягкой пшеницы от 9,0 до 9,7 т/га с высокими показателями качества зерна период вегетации «всходы-начало колошения» должен составлять 215–217 дней; площадь флагового листа – 30–34 см²; продуктивный стеблестой –

610–650 шт./м²; высота растений – 82–102 см; длина колоса – 8,0–9,5 см; количество зерен с колоса – 40–44 шт.; вес зерна с главного колоса – 1,6–1,8 г; масса 1000 зерен – 39–41 г; количество белка и клейковины – 13,5–14,5% и 25–27% соответственно; натурная масса – 830–840 г/л; стекловидность – 65–70%, число падения – 390–415 с.

Наиболее приближенным к модели был сорт озимой мягкой пшеницы Юбилей Дона, который рекомендуется использовать в качестве одной из родительских форм в программах гибридизации.

Библиографические ссылки

1. Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. Ленинград: Сельхозгиз, 1935. 248 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 издание, перераб. и допол., стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. М., 1988. С. 41–74.
4. Новоселов С.Н. Философия идиотипа сельскохозяйственных культур. Методология и методика // Научный журнал КубГАУ. 2006. № 24. С. 308–319.
5. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Фенотипическая и генотипическая оценка линий гексаплоидной синтетической пшеницы (AABBDD) по параметрам зерновых в условиях Западной Сибири // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 1. С. 15–26. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.15rus.
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. Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А. Совершенствование модели сорта озимой мягкой пшеницы для условий Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2015. Т. 17. № 4–3. С. 473–478.
8. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П. Параметры модельных сортов ярового ячменя // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5(41). С. 33–36.

References

1. Vavilov N.I. Nauchnye osnovy selekcii pshenicy [Scientific basis of wheat breeding]. Leningrad: Sel'hozgiz, 1935. 248 s.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5 izdanie, pererab. i dopol., stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Tekhnologicheskaya ocenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M., 1988. S. 41-74.
4. Novoselov S.N. Filosofiya idiotipa sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Metodologiya i metodika [Philosophy of the idiom of agricultural crops. Methodology and recommendations] // Nauchnyy zhurnal KubGAU. 2006. № 24. S. 308-319.
5. Potockaya I.V., SHamanin V.P., SHepelev S.S., Pozherukova V.E., Morgunov A.I. Fenotipicheskaya i genotipicheskaya ocenka linij geksaploidnoj sinteticheskoy pshenicy (AABBDD) po parametram zernovki v usloviyakh Zapadnoj Sibiri [Phenotypic and genotypic estimation of hexaploid synthetic wheat lines (AABBDD) according to caryopsis parameters in Western Siberia] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020. T. 55. № 1. S. 15-26. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.15rus.
6. Rybas' I. A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur (obzor) [Adaptability improvement in grain crop breeding (review)] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
7. Suhorukov A.F., Suhorukov A.A. Sovershenstvovanie modeli sorta ozimoy myagkoj pshenicy dlya uslovij Srednego Povolzh'ya [Improving the model of winter bread wheat variety for the conditions of the Middle Volga region] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii nauk. 2015. T. 17. № 4-3. S. 473-478.
8. Filippov E.G., Doncova A.A., Doncov D.P. Parametry model'nykh sortov yarovogo yachmenya [Parameters of model spring barley varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 5(41). S. 33-36.

Поступила: 17.10.21; принята к публикации 12.11.21.

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. Громова С.Н. – концептуализация исследования, подготовка опыта, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л. – проведение полевых опытов и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11:631.423.2(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ПО РАЗЛИЧНЫМ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ
В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.С. Попов, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

Г.В. Овсянникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347730, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Погодно-климатические условия определяют влагообеспеченность, которая является основным фактором, влияющим на величину урожайности озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения. Исследования проводили на опытном поле лаборатории технологии возделывания зерновых культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» в 2010–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Гумусовый горизонт мощный до 140 см. Содержание гумуса – 3,9%. Цель исследований – установить влагообеспеченность мягкой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам. Выяснено, что в большинстве лет исследований осенью складывались засушливые условия, и обеспеченность осадками составляла 37%. Растения озимой пшеницы с сентября по июнь были обеспечены осадками на 70%, при дефиците влажности воздуха 1022,55 и потребности в воде – 664,7 мм. Установлено, что в среднем за годы изучения по предшественнику черный пар получению урожайности озимой пшеницы 7,03 т/га способствовала влагообеспеченность на уровне 88%. На формирование тонны зерна расходовалось 591,7 м³ суммарной влаги. Доля осадков в этом расходе влаги составила 84%, а почвенной влаги – 16%. По предшественнику подсолнечник влагообеспеченность составила 77%, а урожайность озимой пшеницы – 5,32 т/га. На формирование тонны зерна расходовалось 657,3 м³ суммарной влаги, что на 65,6 м³ больше, чем по паровому предшественнику. Осадки в этом расходе влаги составили 96%, а доля почвенной влаги – 4%.

Ключевые слова: озимая пшеница, потребность в воде, осадки, влагообеспеченность, урожайность.

Для цитирования: Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние условий влагообеспеченности на урожайность зерна мягкой озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 83–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.

**THE EFFECT OF MOISTURE SUPPLY CONDITIONS
ON PRODUCTIVITY OF WINTER BREAD WHEAT,
SOWN AFTER VARIOUS FORECROPS
IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION**

A.S. Popov, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of cultivation technology of grain row crops, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

G.V. Ovsyannikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

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

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Weather and climatic conditions determine moisture supply, which is the main factor affecting winter wheat productivity in the area of unstable moisture. The current study was carried out on the experimental plot of the laboratory for cultivation technology of grain crops of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" in 2010–2020. The soil of the experimental plot was ordinary calcareous heavy loamy blackearth (chernozem). The humus horizon was powerful up to 140 cm. The humus content was 3.9%. The purpose of the study was to establish the moisture supply of winter bread wheat when cultivated according to various forecrops. There has been found that the autumn periods in the most years of study were arid with 37% of precipitation. Winter wheat plants from September to June were provided with 70% of precipitation, with a 1022.55 of air humidity deficit and 664.7 mm of water demand. There was found that, on average over the years of study, 88% of moisture supply promoted yielding of 7.03 t/ha of winter wheat sown in weedfree fallow. In order to yield a ton of grain there was required 591.7 m³ of total moisture. The share of precipitation in this moisture consumption was 84%, and the share of soil moisture was 16%. When sown after sunflower, moisture

provision was 77%, and winter wheat yield was 5.32 t/ha. In order to yield a ton of grain there was required 657.3 m³ of total moisture, which was on 65.6 m³ more than in the variant with a weedfree fallow. The share of precipitation in this moisture consumption was 96%, and the share of soil moisture was 4%.

Keywords: winter wheat, water demand, precipitation, moisture supply, productivity.

Введение. Почвенно-климатические ресурсы Ростовской области благоприятны для возделывания многих полевых культур, в том числе и озимой пшеницы (Алабушев, 2012). В последние годы в мире наблюдается изменение погодно-климатических условий (Alemu and Dioha, 2020; Dioha and Kumar, 2020; Trnka et al., 2021). Изменение проявляется в повышении среднегодовой температуры воздуха и снижении количества осадков в весенне-летний период (Алабушев и Попов, 2015; Алабушев и др., 2017). При недостаточном увлажнении и высокой температуре воздуха возникает атмосферная и почвенная засуха, сопровождаемая суховеями, которые угнетают выращиваемые сельскохозяйственные культуры (Ионова и др., 2019). В зоне неустойчивого увлажнения складывающиеся гидротермические условия определяют нестабильность урожаев озимой пшеницы (Самофалова и др., 2019).

Цель исследований – определить условия влагообеспеченности мягкой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытном поле севооборота лаборатории технологии возде-

лывания зерновых культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2010–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Гумусовый горизонт мощный до 140 см. Содержание гумуса – 3,9%.

Исследования проводили по общепринятым методикам. Определение потребности в воде выполняли по А.М. Алпатьеву (1954), коэффициент влагообеспеченности – по М.К. Каюмову (1977). Закладку и проведение опыта, учет урожайности проводили по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2011).

Изучаемые предшественники – черный пар и подсолнечник. Использовали сорта мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Анализ метеорологических условий проводили по данным метеостанции «Зерноград».

Результаты и их обсуждение. В южной зоне Ростовской области средняя сумма осадков за 2010–2020 гг. составила 537,4 мм, что было незначительно меньше среднегогодового значения – 544,8 мм (табл. 1).

1. Количество осадков за сельскохозяйственный годы и в отдельные периоды, мм (2010–2020 гг.)

1. Precipitation in agricultural years and in certain periods, mm (2010–2020)

Сельскохозяйственный год	Всего	+, - к норме за год	Периоды вегетации озимой пшеницы			
			сентябрь-октябрь	ноябрь-март	апрель-июнь	сентябрь-июнь
2010–2011	486,1	-58,7	70,6	222,5	136,8	429,9
2011–2012	576,4	+31,6	134,8	206,8	158,3	499,9
2012–2013	497,6	-47,2	42,8	263,3	85,2	391,3
2013–2014	519,9	-24,9	156,8	172,3	163,5	492,6
2014–2015	600,3	+55,5	86,8	199,7	266,8	553,3
2015–2016	659,0	+114,2	49,1	355,7	192,6	597,4
2016–2017	589,2	+44,4	66,6	236,7	205,2	508,5
2017–2018	453,6	-91,2	73,8	277,4	25,9	377,1
2018–2019	527,9	-16,9	58,2	282,8	101,9	442,9
2019–2020	463,7	-81,1	67,4	154,0	136,9	358,3
В среднем за 10 лет	537,4	-7,4	80,7	237,1	147,3	465,1
Среднегогодовое значение (1930–2020 гг.)	544,8	–	77,3	212,5	154,7	444,5

Анализируемые годы отличались неравномерностью выпадения осадков, как, в общем их количестве, так и в отдельные месяцы. По сумме осадков четыре года отличались превышением среднегогодовых значений на 31,6 мм (2011–2012 с.-х. г), 55,5 мм (2014–2015 с.-х. г), 114,2 мм (2015–2016 с.-х. г) и 44,4 мм (2016–2017 с.-х. г).

Шесть лет из десяти за год выпало меньшее количество осадков в сравнении со среднегогодовым значением и состави-

ло от 16,9 до 91,2 мм. Количество осадков за сентябрь-октябрь в среднем за 2010–2020 гг. составило 80,7 мм, что было на уровне среднегогодовых данных (77,3 мм). Три года из десяти за эти месяцы осадков выпало 134,8, 156,8 и 86,8 мм, что значительно превышало среднее значение. В большинстве лет осенью выпадало осадков меньше среднегогодовых значений (от 42 до 73,8 мм).

В зимний период озимой пшеницы меньшее количество осадков по сравнению с сред-

немноголетними значениями (212,5 мм) выпало за четыре года: 2011–2012 с.-х. г. – 206,8 мм; 2013–2014 с.-х. г. – 172,3 мм; 2014–2015 с.-х. г. – 199,7 мм; 2019–2020 с.-х. г. – 154,0 мм. В остальные годы наблюдалось большее количество выпадающих осадков до 237,1 мм, по сравнению со среднемноголетними данными.

В годы исследований с апреля по июнь, в период активной вегетации озимой пшеницы, в среднем выпадало 147,3 мм осадков (норма – 154,7 мм). Наименьшее количество осадков в данный период отмечено в 2018 году – 25,9 мм, или 16,7% нормы, а максимальное в 2015 году – 266 мм. Из десяти лет наблюдений пять лет наблюдалось превышение

количества осадков относительно среднемноголетней нормы и пять лет недостаток их.

Отмечено, что годы дефицита осадков в период с апреля по июнь совпадают с годами меньшего количества осадков в период с сентября по июнь. В среднем за анализируемые годы с сентября по июнь выпадало 465,1 мм осадков, что больше среднемноголетнего количества на 20,6 мм.

Сумма дефицитов влажности воздуха составила: в осенний период до прекращения вегетации – 333,9 мм; за период активной вегетации (апрель-июнь) – 688,6 мм и за весь вегетационный период (сентябрь-июнь) – 1022,5 мм (табл. 2).

2. Потребность в воде и обеспеченность осадками озимой пшеницы (среднее за 2010–2020 гг.)

2. Water demand and precipitation level of winter wheat (mean in 2010–2020)

Показатель	Сентябрь-октябрь	Апрель-июнь	Сентябрь-июнь
Сумма дефицитов влажности воздуха, мм	333,9	688,6	1022,5
Потребность растений в воде, мм	217,1	447,6	664,7
Сумма осадков, мм	80,7	147,3	465,1
Обеспеченность осадками, %	37	33	70

За годы исследований (2010–2020 гг.) в период вегетации растений озимой пшеницы потребность в воде изменялась. Осенью от всходов до прекращения вегетации она составила 217,1 мм, с апреля по июнь – 447,6 мм, а за всю вегетацию (сентябрь-июнь) – 664,7 мм.

В сложившихся гидротермических условиях озимая пшеница была обеспечена осадками в осенний период на 37%, в период активной вегетации весенне-летнего периода – на 33%.

В среднем за 10 лет, несмотря на низкую обеспеченность осадками в осенний и весенний периоды, в целом за вегетацию растения озимой пшеницы были обеспечены влагой на 70% благодаря осадкам, выпадающим в зимний период.

Из-за нестабильности выпадения осадков их обеспеченность по годам колебалась от 44 до 96% (табл. 3).

3. Влагообеспеченность растений озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам, сентябрь-июнь (2010–2020 гг.)

3. Moisture supply of winter wheat when cultivating according to various forecrops, September-June (2010–2020)

Сельскохозяйственный год	Запас влаги в слое почвы 0–100 см к моменту посева, мм		Потребность в воде, мм	Обеспеченность осадками, %	Влагообеспеченность по предшественникам	
	черный пар	подсолнечник			черный пар, %	подсолнечник, %
2010–2011	91,6	5	547,5	79	95	79
2011–2012	81,5	1,1	659,2	76	88	76
2012–2013	100,9	48,6	771,4	51	64	57
2013–2014	130,1	85,4	526,7	94	118	110
2016–2015	126,8	35,5	577,5	96	118	102
2015–2016	76,1	4,5	670,5	89	100	90
2016–2017	99,1	25,1	540,9	94	112	99
2017–2018	98,7	18,6	850,0	44	58	49
2018–2019	82,4	9,2	830,8	53	63	54
2019–2020	34,2	0	672,2	53	58	53
В среднем	92,1	23,3	664,7	70	88	77

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник за годы изучения (2010–2020) содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы составило 23,3 мм. На уровне удовлетворительного значения отмечалась только осень 2014 года (85,4 мм). Осенью 2019 года продуктивная влага в слое почвы 0–100 см отсутствовала, а в остальные годы ее

содержание было очень низкое (1,1–48,6 мм). Недостаточная влагообеспеченность после подсолнечника способствует получению всходов пшеницы после выпадающих осадков.

По этому предшественнику влагообеспеченность почвы составила: два года из десяти – 102–110%; два года – 90–99%, а в остальные шесть лет – от 49 до 79%.

Предшественник черный пар в условиях Ростовской области обеспечивает накопление влаги, необходимой для получения всходов и гарантированного формирования урожая при засушливых условиях.

Среднее содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в проведенных исследованиях по данному предшественнику на момент посева составило 92,1 мм, что было достаточным для получения всходов. В 2019 году всходы были получены только после выпавших осадков (содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см – 31,2 мм).

По предшественнику черный пар шесть лет из десяти отмечена высокая влагообеспе-

ченность растений озимой пшеницы (до 118%) и четыре года – 58–64%, что ниже средней.

В среднем за 2010–2020 гг. по предшественнику черный пар озимая пшеница была обеспечена влагой на 88%, а по предшественнику подсолнечник – на 77% и значения эти определялись количеством выпавших осадков в период вегетации.

Для формирования урожайности озимой пшеницы 7,03 т/га по предшественнику черный пар расходовалось 591,7 м³/т, а суммарный расход влаги с 1 га составил 416,2 мм (табл. 4). Осадки в этом расходе влаги составили 84%, а доля почвенной влаги – 16%.

4. Водопотребление озимой пшеницы по предшественникам (среднее за 2010–2020 гг.) 4. Water consumption of winter wheat according to forecrops (mean in 2010–2020)

Показатель	Предшественник	
	черный пар	подсолнечник
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к посеву, мм	92,1	23,3
Остаточные запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к уборке, мм	24,8	22,5
Полезные осадки за вегетацию (75%), мм	348,8	348,8
Суммарный расход влаги, мм/га	416,2	349,7
Урожайность, т/га	7,03	5,32
Суммарный расход влаги, м³/т:	591,7	657,3
доля влаги осадков, %	84	96
доля продуктивной влаги почвы, %	16	4

По предшественнику подсолнечник в среднем за годы изучения (2010–2020 гг.) озимая пшеница формировала более низкий уровень урожайности (5,32 т/га), чем по предшественнику черный пар и расходовала на это в сумме 349,7 мм влаги. На тонну зерна при этом расходовалось 657,3 м³, что на 65,6 м³ больше, чем по предшественнику черный пар. Осадки в этом расходе влаги составили 96%, а доля почвенной влаги – 4%.

Влагообеспеченность озимой пшеницы по изучаемым предшественникам определяется выпадающими осадками в период вегетации (Алабушев и др., 2017; Попов, 2019), а суммарная влага используется на 94%.

Выводы. В южной зоне Ростовской области за вегетацию озимой пшеницы растения были обеспечены осадками на 70%. Однако с учетом содержания запасов продуктивной влаги в почве до посева по предшественнику черный пар влагообеспеченность озимой пшеницы составила 88%, а по предшественнику подсолнечник – 77%.

Суммарное потребление влаги по обоим изучаемым предшественникам составило 94%. По предшественнику черный пар при формировании единицы урожайности расходовалось 84% осадков и 16% почвенной влаги.

По предшественнику подсолнечник при формировании единицы урожайности расходовалось 96% осадков и 4% почвенной влаги.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути эффективной отрасли растениеводства (избранные труды). Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2012. 234 с.
2. Алабушев А.В., Попов А.С. Влияние времени прекращения осенней вегетации и возобновления весенней вегетации на урожайность твердой озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2015. № 11(141). С. 6–11.
3. Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Попов А.С., Сухарев А.А. Анализ погодных условий в южной зоне Ростовской области за 1930–2015 годы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 23–27.
4. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 6-е изд., Стереотип. 352 с.
6. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
7. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1977. 188 с.
8. Попов А.С. Влагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 10–13. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11102.

9. Самофалова Н.Е., Дубинина О.А., Самофалов А.П., Иличина Н.П. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С.18-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
10. Alemu Z.A., Dioha M.O. Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia // Environ Syst Res 9, 27 (2020). DOI:10.1186/s40068-020-00190-5.
11. Dioha M.O., Kumar A. Exploring greenhouse gas mitigation strategies for agriculture in Africa: The case of Nigeria // Ambio 49, 1549–1566 (2020). DOI: 10.1007/s13280-019-01293-9.
12. Trnka M., Balek J., Brázdil R., Dubrovský M., Eitzinger J., Hlavinka P., Chuchma F., Možný M., Prášil I., Růžek P., Semerádová D., Štěpánek P., Zahradníček P., Žalud Z. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019 // Plant Soil Environ, 67: 154–163. (2021) DOI: 10.17221/327/2020-PSE.

References

1. Alabushev A.V. Sostoyanie i puti effektivnoy otrasli rastenievodstva (izbrannye trudy) [The state and ways of an effective crop production industry (selected works)]. Rostov n/D.: ZAO «Kniga», 2012. 234 s.
2. Alabushev A.V., Popov A.S. Vliyaniye vremeni prekrashcheniya osenney vegetatsii i vozobnovleniya vesenney vegetatsii na urozhaynost' tverdoj ozimoy pshenicy [The effect of the time of autumn vegetation termination and spring vegetation resumption on durum winter wheat productivity] // Agrarny vestnik Urala. 2015. № 11(141). S. 6-11.
3. Alabushev A.V., Yankovskiy N.G., Ovsyannikova G.V., Popov A.S., Suharev A.A. Analiz pogodnykh usloviy v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti za 1930-2015 gody [Analysis of weather conditions in the southern part of the Rostov region for 1930-2015] // Vestnik rossiyskoy sel'skohozyajstvennoy nauki. 2017. № 1. S. 23-27.
4. Alpat'ev A.M. Vлагооборот kul'turnykh rasteniy [Moisture turnover of cultivated plants]. L.: Gidrometeoizdat, 1954. 248 s.
5. Dospelkhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: ID Al'yans, 2011. 6-e izd., Stereotip. 352 s.
6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskij koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) [Drought and hydrothermal moisture coefficient as one of the criteria for assessing its intensity degree (literature review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. №6 (66). S. 18-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
7. Kayumov M.K. Spravochnik po programmirovaniyu urozhayev [Recommendations on crops programming]. M.: Rossel'hozizdat, 1977. 188 s.
8. Popov A.S. Vлагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам [Moisture supply of winter durum wheat during cultivation according to various forecrops] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33. № 11. S. 10-13. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11102.
9. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P. Rol' meteofaktorov v formirovanii produktivnosti ozimoy tverdoj pshenicy [The role of weather factors in the formation of winter durum wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 5(65). S.18-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
10. Alemu Z.A., Dioha M.O. Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia // Environ Syst Res 9, 27 (2020). DOI:10.1186/s40068-020-00190-5.
11. Dioha M.O., Kumar A. Exploring greenhouse gas mitigation strategies for agriculture in Africa: The case of Nigeria // Ambio 49, 1549–1566 (2020). DOI: 10.1007/s13280-019-01293-9.
12. Trnka M., Balek J., Brázdil R., Dubrovský M., Eitzinger J., Hlavinka P., Chuchma F., Možný M., Prášil I., Růžek P., Semerádová D., Štěpánek P., Zahradníček P., Žalud Z. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019 // Plant Soil Environ., 67: 154–163. (2021) DOI: 10.17221/327/2020-PSE

Поступила: 23.03.21; принята к публикации: 15.06.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попов А.С. – научное руководство, концептуализация исследований, анализ литературных данных, методология исследований; Овсянникова Г.В. – анализ данных и их интерпретация, подсчёты, подготовка рукописи; Сухарев А.А. – проведение полевых опытов, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ «АНЦ «ДОНСКОЙ» В ЗОНЕ ТЁМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Л. Сапунков, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, svl-01@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2425-2611;
А.В. Солонкин, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора, руководитель селекционно-семеноводческого центра, solonkin-a@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0002-1576-7824;
А.В. Гузенко, аспирант младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах, guzenko-av@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0003-3852-5358
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,
400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97, e-mail: info@vfanc.ru

В статье приведены результаты испытания сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в 2018–2020 году. В настоящее время селекционерами выведено очень много различных сортов пшеницы, но они не в состоянии учесть все тонкости их возделывания. Цель данной работы – изучение особенностей развития осеннего и весенне-летнего периода вегетации сортов озимой пшеницы селекции «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области. Для нашего испытания были выбраны 10 сортов озимой пшеницы. Полевой опыт был заложен в Серафимовичском районе Волгоградской области на темно-каштановых почвах на землях АО «им. Калинина». Исследования проводили согласно общепринятой методике Б.А. Доспехова (2014). В результате полевых исследований на всхожесть озимой пшеницы повлияла глубина заделки семян, которая составила 7–9 см. Наибольшая всхожесть была у сортов Аскет, Этюд, Лилит, Донская Степь и Жаворонок. За время испытаний на формирование продуктивного стеблестоя большое влияние оказывала погода (продолжительность весеннего периода кушения, осадки в мае), а также особенности сорта. Сорта озимой пшеницы Этюд, Шеф, Донская Степь, Краса Дона способны образовывать большое количество продуктивных стеблей в благоприятных условиях. В условиях недостатка влаги наибольшее количество продуктивных стеблей формируют сорта Лидия и Лилит. Наивысшую интенсивность кушения в течение осеннего периода вегетации показал сорт Лидия (4,7–6,2 побега). Так же можно отметить такие сорта как Жаворонок (4,2–5,4 побегов) и Этюд (4,0–5,3 побега). Наибольшая урожайность отмечена у сортов Донская Степь, Жаворонок, Краса Дона, которая в среднем за три года составила 4,97, 4,95 и 4,90 т/га соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, кушение, урожайность, сорта, продуктивные стебли.

Для цитирования: Сапунков В.Л., Солонкин А.В., Гузенко А.В. Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 88–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-88-94.



ECOLOGICAL TRIAL OF THE WINTER WHEAT VARIETIES OF THE ARC “DONSKOY” IN THE AREA OF DARK CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

V.L. Sapunkov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding, seed production and farming, svl-01@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2425-2611;
A.V. Solonkin, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director of the Center of breeding and seed production, solonkin-a@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0002-1576-7824;
A.V. Guzenko, post graduate, junior researcher of the laboratory for agrotechnologies and agricultural systems in agroforestry landscapes, guzenko-av@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0003-3852-5358
Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of RAS,
400062, Volgograd, Universitetsky Pr., 97; e-mail: info@vfanc.ru

The current paper has presented the trial results of the winter wheat varieties developed by the ARC “Donskoy” in 2018–2020. Currently, the farmers have bred a lot of different wheat varieties, but they are not able to take into account all the peculiarities of their cultivation. The purpose of the current work was to study the features of the autumn and spring-summer vegetation periods of the winter wheat varieties developed by the ARC “Donskoy” in the area of dark chestnut soils of the Volgograd region. There have been selected 10 winter wheat varieties for the trials. The field trial was laid down on dark chestnut soils of the lands of the Serafimovichsky district in the Volgograd region. The study was carried out according to the generally accepted B.A. Dospekhov’s methodology. The field trials showed that the germination of winter wheat was influenced by a seeding depth, which was 7–9 cm. The best germination was found among the varieties ‘Asket’, ‘Etyud’, ‘Lilit’, ‘Donskaya Step’ and ‘Zhavoronok’. During the trials, the formation of a productive stand was greatly influenced by the weather (the length of a spring tillering period, precipitation in May), as well as the traits of the variety. The winter wheat varieties ‘Etyud’, ‘Shef’, ‘Donskaya Step’, ‘Krasa Dona’ were able to form a large number of productive stems under favorable weather conditions. Under insufficient moisture supply, the largest number of productive stems was formed by the varieties ‘Lidiya’ and ‘Lilit’. The highest tillering intensity during an autumn vegetation period was shown by the variety ‘Lidiya’ (4.7–6.2 shoots), including the varieties ‘Zhavoronok’

(4.2–5.4 shoots) and 'Etyud' (4.0–5.3 shoots). The largest productivity was produced by the varieties 'Donskaya Step' (4.97 t/ha), 'Zhavoronok' (4.95 t/ha), 'Krasa Dona' (4.90 t/ha) over three years.

Keywords: winter wheat, tillering, productivity, varieties, productive stems.

Введение. Переход сельского хозяйства России к рыночным отношениям нацеливает сельхозпроизводителей решать задачи повышения производства востребованных рынком категорий сельскохозяйственной продукции. Во многих регионах озимая пшеница является одной из главных экономико-образующих культур. Многообразие почвенно-климатических особенностей в регионах ее возделывания требует разрабатывать и внедрять свои, адаптивные технологии, совершенствуя факторы интенсификации, в первую очередь, такие как сорт и система удобрений (Козловцев, 1986; Qiang et al., 2020; Lithourgidisa et al., 2020).

На современном этапе высококачественные, правильно подготовленные семена включённых в реестр и перспективных сортов, выступают основой построения эффективного производства. Адаптация и совершенствование приёмов возделывания озимой пшеницы – необходимые условия полноты реализации усилий селекционеров (Анисов, 2015; Морозов, 2003; Пасько, 2009; Тупицын и Валяйкина, 2011; Сандухадзе и Журавлева, 2011; Zhang et al., 2021).

Однако селекционеры, предлагая сорт и давая рекомендации по его возделыванию, не в состоянии учесть все нюансы, с которыми сталкиваются сельхозтоваропроизводители. Новые сорта нуждаются в изучении в конкретных условиях почвенно-климатической зоны их возделывания. Частично этот вопрос решается в рамках государственных испытаний, но здесь не уделяется внимание таким особенностям сорта, важным для производства, как, например, интенсивность кущения в осенний период или влияние глубины заделки на рост и развитие растений озимой пшеницы, а также его реакции на различные варианты интенсификации. Подразумевается, что эти вопросы фермеры будут решать самостоятельно. Однако для этого нужно время, ресурсы и, что не мало важно, высокая квалификация исполнителя.

Где же выход? С нашей точки зрения выход в развитии базовых, опорных демонстрационных участков в основных почвенно-климатических зонах региона. Хорошим примером здесь могут быть участки испытаний пропашных культур (кукуруза, подсолнечник), закладка и сопровождение которых осуществляется дистрибьюторами семян. Но лишь частично, так как важнейшим условием работы является то, что все участки должны закладываться на определённых принципах, дополняющих правила закладки пропашных культур.

Первое – все участки, под эгидой одного исполнителя, в разных зонах должны иметь одинаковый набор сортов. Это необходимо для того чтобы в короткий срок выявить реаль-

ный тип сорта – интенсивный, полуинтенсивный, универсальный. Кроме того, посев в заведомо более «жёсткой» зоне возделывания покажет модель поведения сорта в своей основной зоне, но в не благоприятных условиях.

Второе – на каждом участке сорта должны испытываться на разных фонах макро- и микроудобрений. Причём система испытаний должна быть следующей:

- базовый, полуинтенсивный (контрольный) фон, без использования удобрений или с минимальным их количеством;
- фон минерального питания, наиболее распространённый в данной зоне;
- интенсивный (перспективный) фон.

Таким образом, мы наглядно, в рамках одного участка, демонстрируем, как ведёт себя сорт при различных уровнях применения удобрений.

Третье, и самое важное, – методика учётов и наблюдений на всех участках должна быть одинаковой. Это даёт возможность объективной оценки сорта.

С нашей точки зрения, для эффективно-го продвижения сорта между селекционером и фермером должно быть связующее звено, которое адаптирует достижения науки к практическому применению. В Волгоградской области постепенно накапливается опыт деятельности такого рода.

Материалы и методы исследований.

Основная цель данной работы – изучение особенностей развития осеннего и весенне-летнего периода вегетации сортов озимой пшеницы селекции «АНЦ «Донской» в зоне тёмно-каштановых почв Волгоградской области.

В задачи исследования входило следующее:

- наблюдения за ростом и развитием сортов озимой пшеницы в осенний период вегетации;
- изучение реакции сорта на погодные условия весенне-летнего периода вегетации, урожайность зерна.

Полевой опыт был заложен в Серафимовичском районе Волгоградской области в зоне тёмно-каштановых почв на землях АО «им. Калинина». Предшественник – чёрный пар. Посев в каждый год испытаний проводили 10 сентября. Норма высева – 5 млн всхожих семян/га. Сеялка Primera DMC 9000 с анкерными сошниками. Ширина деланки – 9 м, длина 300 м. Уборку на демонстрационных участках проводили в первой декаде июля селекционным комбайном Wintersteiger. Урожайность приведена к стандартной (14%) влажности. Почва – суглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое около 2,5 %, нитратного азота – среднее, подвижного фосфора – среднее, обменного калия – высокое (табл. 1).

1. Данные анализа почвенных образцов 1. Data of the soil samples' analysis

№	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %	N-NO ₃ , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
1	0–10	2,60	12	21,3	34,8
2	10–20	2,55	11	21,5	34,3
3	20–30	2,45	10	20,5	33,6

В исследованиях за три года принимали участие 10 сортов селекции АНЦ «Донской». Данные сорта были выбраны как наиболее востребованные фермерами Волгоградской области. В качестве контрольного образца высевали сорт Зерноградка 11.

Все учёт и обследования проводили согласно общепринятым методикам (Доспехов, 2014; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1989).

- подсчёт всхожести проводили при помощи рамки площадью 0,25 м² в 10-кратной повторности по каждому сорту;

- определение коэффициента кущения осуществлялся методом отбора образцов с последующим подсчетом, в 6-кратной повторности;

- определение срока окончания и начала вегетационного периода осуществляли визуально по появлению светлой зелени у основания верхних листочков, или по отрастанию заранее срезанных стеблей на уровне верхней части влагалища второго листа.

- определение у растений начала выхода в трубку осуществляли визуально у выкопанных растений;

- густоту стояния растений определяли подсчетом растений при помощи рамки площадью 0,25 м², в 3-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Осенний период вегетации в условиях Волгоградской области характерен тем, что посевной слой к началу сева, как правило, иссушен. В связи с этим приходилось заглублять посев, не редко на глубину до 10 см и более. Это существенно снижает полевую всхожесть и густоту стояния. Таким образом, учитывая вышеизложенное, чрезвычайно

важна информация по сортовым особенностям, связанным с полевой всхожестью, интенсивностью развития в начальный период и в течение осенней вегетации.

Существенное отличие показателей густоты стояния по годам испытаний связано с особенностями погоды, предшествующим севу. В 2017 году до сева в первой декаде сентября выпало 73 мм осадков. Посевной слой был хорошо увлажнен. Глубина сева составила 4–6 см, средняя температура сентября – 16,8 °С. В таких идеальных условиях полевая всхожесть находилась в интервале 82–96%. Можно выделить такие сорта, как Эюд, Донская Степь, Аскет, где этот показатель находился на уровне 94–96%. Средний показатель полевой всхожести по всем сортам был на уровне 90%.

В сентябре 2018 и 2019 годов ситуация была кардинально другая. В течении месяца до сева осадков не выпадало, при среднесуточной температуре до 25 °С тепла. В этой ситуации сохранить влагу в парах было возможно только на глубине не менее 6–8 см. Соответственно глубина сева составила 7–9 см. Агрономически значимые осадки выпали только через неделю после сева – 16 сентября (2018 год) 10 мм и 18 сентября (2019 год) 9,8 мм. В таких условиях неизбежны значительные потери в полевой всхожести. В результате в 2018 году полевая всхожесть составила 60,0–80,0%, в 2019 году 56,0–66,0%. Тем не менее, можно отметить такие сорта, как Аскет, Эюд, Лилит, Донская Степь, Жаворонок, которые в таких сложных условиях показали полевую всхожесть на уровне 66–80% (табл. 2).

2. Количество взойшедших растений (всходов) на единице площади 2. Number of sprouts (seedlings) per an area unit

№	Сорт	Густота стояния по всходам, млн шт./га				Средняя полевая всхожесть за 3 года, %
		2017	2018	2019	среднее	
1	Зерноградка 11 (к)	4,3	3,1	3,0	3,5	69,3
2	Лилит	4,5	3,4	3,3	3,7	74,7
3	Эюд	4,8	3,4	3,2	3,8	76,0
4	Краса Дона	4,5	3,1	3,2	3,6	72,0
5	Капитан	4,5	3,2	3,0	3,6	71,3
6	Лидия	4,1	3,1	3,3	3,5	70,0
7	Шеф	4,5	3,0	2,8	3,4	68,7
8	Донская Степь	4,8	3,5	3,1	3,8	76,0
9	Жаворонок	4,5	3,5	3,0	3,7	73,3
10	Аскет	4,7	4,0	3,3	4,0	80,0
Среднее		4,5	3,3	3,5	3,7	73,1

В целом за три года испытаний высокую полевую всхожесть, значительно превышающую результаты контрольного сорта Зерноградка 11 (69,3%), показали такие сорта, как Аскет (80,0%); Донская Степь (76,0%); Этюд (76,0%).

Кроме того необходимо отметить, что интенсивность развития растений озимой пшеницы часто оказывает решающее влияние на показатели урожайности сорта. Это связано с тем, что кущение весной, как правило, крайне ограничено или отсутствует из-за резкого нарастания температур и быстрого перехода растений озимой пшеницы к репродуктивной фазе. В связи с этим, огромное значение для оптимального прохождения осеннего кущения будет иметь

правильный выбор сроков сева и очередности высевы сортов с разной скоростью развития в осенний период. Здесь так же заметно влияние благоприятных условий сева в 2017 году. Развитие растений на момент проведения учета в 2017 году несколько опережает показатели 2018 и 2019 гг. Несмотря на то, что сумма температур на 10 октября в 2017 году составила 438,1 °С, а в 2018 году – 462,6 °С развитие растений в 2017 году было интенсивнее вследствие малой глубины сева. Заметно меньшее количество побегов в 2019 году. Оно связано с небольшой набранной суммой температур – 408,2 °С и с большой глубиной сева (9–11 см) (табл. 3).

3. Количество побегов через 30 суток после сева 3. Number of shoots in 30 days after sowing

№	Сорт	Количество побегов, шт/раст.			
		2017	2018	2019	Среднее
1	Зерноградка 11 (к)	2,3	1,9	1,9	2,0
2	Лилит	3,0	2,0	1,8	2,3
3	Этюд	2,9	2,4	2,1	2,5
4	Краса Дона	3,0	2,6	2,2	2,6
5	Капитан	2,8	2,3	1,9	2,3
6	Лидия	2,5	2,4	2,0	2,3
7	Шеф	2,6	2,2	2,1	2,3
8	Донская Степь	2,9	2,7	2,1	2,6
9	Жаворонок	3,0	2,6	2,4	2,7
10	Аскет	3,0	2,9	2,5	2,8
Среднее		2,8	2,4	2,1	2,4

Можно отметить, что в благоприятных условиях активно кустились в начальный период такие сорта, как Лилит, Краса Дона, Жаворонок, Аскет. Эти же сорта проявили себя и в более жёстких условиях сева и погоды.

Продолжительность осеннего периода вегетации за весь срок испытаний была практически одинаковая (переход среднесуточных

температур через +5 °С в сторону понижения в 2017 году 8 ноября; в 2018 году 7 ноября; в 2019 году 13 ноября). Также были близки суммы набранных температур посевами (в 2017 году – 662,3 °С; в 2018 году – 694,3 °С; в 2019 году – 643,5 °С). Однако различия в развитии сформировавшиеся в начальный период в целом сохранились (табл. 4).

4. Количество побегов через 60 суток после сева 4. Number of shoots in 60 days after sowing

№	Сорт	Количество побегов, шт/раст.			
		2017	2018	2019	Среднее
1	Зерноградка 11 (к)	4,5	4,0	3,7	4,1
2	Лилит	4,5	4,5	4,1	4,4
3	Этюд	5,3	4,5	4,0	4,6
4	Краса Дона	5,3	4,0	4,3	4,5
5	Капитан	5,7	4,0	3,8	4,5
6	Лидия	6,2	5,3	4,7	5,4
7	Шеф	5,2	4,3	4,0	4,5
8	Донская Степь	5,4	4,0	4,1	4,5
9	Жаворонок	5,4	4,3	4,2	4,6
10	Аскет	4,7	4,0	3,7	4,1
Среднее		5,2	4,3	4,1	4,5

Можно отметить, что на фоне испытываемых сортов выделяется сорт Лидия с высокой интенсивностью кущения за весь период испытаний (4,7–6,2 побега). Также активно кустились такие сорта, как Жаворонок (4,2–5,4 побегов) и Этюд (4,0–5,3 побега).

В течение периода покоя озимой пшеницы, за время проведения испытаний, опасных метеорологических явлений зафиксировано не было. Перезимовка, в целом, проходила благоприятно, не оказывая негативного воздействия на посевы (табл. 5).

5. Основные погодные показатели периода покоя озимой пшеницы

5. The main weather indicators of a dormant period of winter wheat

Название	2017–2018 гг.			2018–2019 гг.			2019–2020 гг.		
	декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль	декабрь	январь	февраль
Среднемесячная температура, °C	+0,4	-5,9	6,7	-4,8	-5,8	-4,0	-0,5	-0,7	-0,4
Количество осадков, мм	54,8	40,0	50,8	40,0	65,0	5,0	16,0	37,0	38,0
Высота снежного покрова, см	0,33	0,6	0,9	7,5	20,0	23,2	0,32	0,84	0,75
Минимальные температуры воздуха, °C	-3	-12	-10	-10	-10	-7	-6	-7	-9
Продолжительность действия минимальных температур воздуха, дней	1	2	6	6	7	3	1	1	2

Наступление метеорологической весны за время проведения испытаний проходило в разные сроки (табл. 6).

Это, а также срок перехода среднесуточных температур через +5 °C в сторону повышения, оказало значительное влияние на формирование продуктивного стеблестоя испытываемых сортов.

Характер погоды весны 2018 года как нельзя более точно соответствовал обычному погодному сценарию в Волгоградской области – длинная зима, а затем резкое нарастание температур. В 2019 и 2020 годах нарастание температур было более плавным, что позволило пройти дополнительному кущению и компенсировать потери осеннего периода (табл. 7).

6. Сроки начала метеорологической весны и активной вегетации озимой пшеницы

6. Dates of the beginning of weather spring and active vegetation of winter wheat

Метеорологическое событие	Год		
	2018	2019	2020
Срок перехода среднесуточных температур через 0 °C в сторону повышения	31.03	5.03	15.02
Срок перехода среднесуточных температур через + 5 °C в сторону повышения	1.04	6.04	23.03
Срок перехода среднесуточных температур через + 15 °C в сторону повышения	26.04	24.04	30.04

7. Густота продуктивного стеблестоя, шт/м²

7. Density of a productive stand, pcs/m²

№	Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт/м²			
		2018	2019	2020	Среднее
1	Зерноградка 11 (к)	435	652	750	612
2	Лилит	528	580	780	629
3	Этюд	469	688	890	682
4	Краса Дона	450	628	850	643
5	Капитан	520	508	990	673
6	Лидия	580	620	840	680
7	Шеф	520	748	1140	803
8	Донская Степь	512	604	930	682
9	Жаворонок	522	520	970	671
10	Аскет	500	608	820	643
Среднее		504	616	896	672

Кроме того, большое количество продуктивных стеблей в 2019 и 2020 годах обусловле-

но лучшим увлажнением посевов в критически важный период – выход в трубку (табл. 8).

8. Осадки за апрель-май периода испытаний

8. Precipitation in an April – May period of the trial

Месяц	Количество осадков, мм, по годам		
	2018	2019	2020
Апрель	23,0	22,6	31,1
Май	20,8	40,9	52,5
Всего	43,8	63,5	83,6

Анализируя полученные данные, можно отметить, что такие сорта, как Этюд, Шеф, Донская

Степь, Краса Дона активнее других формируют значительный продуктивный стеблестой

при хорошем увлажнении в период «конец весеннего кушения – выход в трубку». Сорта Лидия и Лилит отличаются этим качеством в условиях некоторого недостатка влаги.

Уборка на демонстрационных участках проходила в первой декаде июля селекционным комбайном Wintersteiger (табл. 9).

9. Урожайность сортов озимой пшеницы 9. Productivity of the winter wheat varieties

№	Сорт	Урожайность, т/га			
		годы			среднее
		2018	2019	2020	
1	Зерноградка 11 (к)	4,03	4,70	4,73	4,49
2	Лилит	4,80	4,56	5,12	4,83
3	Этюд	4,34	5,03	5,23	4,87
4	Краса Дона	4,48	4,88	5,34	4,90
5	Капитан	4,38	4,32	5,59	4,77
6	Лидия	4,35	4,71	4,82	4,63
7	Шеф	4,37	4,50	4,80	4,56
8	Донская Степь	4,47	4,90	5,53	4,97
9	Жаворонок	4,64	5,29	4,93	4,95
10	Аскет	4,06	4,59	5,86	4,84
Среднее		4,39	4,75	5,20	4,78

Полученные данные позволяют ещё раз отметить существенное влияние количества продуктивных стеблей на итоговую урожайность. Однако необходимо уточнить, что не всегда заложенный потенциал удаётся раскрыть полностью. В частности, хорошие исходные условия 2019 года не смогли реализоваться в высокой урожайности из-за резко наступившей засухи в июне. Среднесуточные температуры поднимались до 27 °С при полном отсутствии осадков. Неблагоприятные погодные условия сложились в фазу формирования зерна, что при высоком количестве стеблей привело к снижению урожайности.

В 2020 году в первой декаде июня выпало 22,3 мм осадков, что в сочетании с обильными осадками мая позволило, не смотря на высокую среднесуточную температуру (до 29 °С), сформировать высокую урожайность хорошо выполненным зерном.

По результатам трехлетнего изучения можно отметить, что большая часть испытываемых сортов значительно превысила по урожайности контрольный сорт Зерноградка 11. Особенно следует выделить такие сорта, как Донская Степь, Жаворонок, Краса Дона, превышение урожайности которых над контролем составило за три года испытаний более 0,4 т/га. Также высокую урожайность показали сорта Лилит, Этюд, Аскет, превысившие урожайность контрольного сорта более чем на 0,3 т/га. Высокую стабильность по годам испытаний показал сорт Лилит (4,80; 4,56; 5,12 т/га).

Выводы. Таким образом, существенное влияние на показатель полевой всхожести озимой пшеницы оказывает глубина заделки семян. Наибольшую полевую всхожесть, на уровне 66–80% в условиях вынужденного глубокого сева (7–9 см) показали сорта Аскет, Этюд, Лилит, Донская Степь, Жаворонок.

Наиболее активно росли и развивались в течение первых 30 суток после сева такие сорта, как Лилит, Краса Дона, Жаворонок, Аскет.

Наивысшую интенсивность кушения в течение осеннего периода вегетации показал сорт Лидия (4,7–6,2 побега). Так же можно отметить такие сорта как Жаворонок (4,2–5,4 побегов) и Этюд (4,0–5,3 побега).

Во время испытаний на формирование густоты продуктивного стеблестоя значительное влияние оказывали такие погодные факторы, как продолжительность весеннего периода кушения и количество осадков мая.

Сорта озимой пшеницы Этюд, Шеф, Донская Степь, Краса Дона способны образовывать большое количество продуктивных стеблей в благоприятных условиях. В условиях недостатка влаги наибольшее количество продуктивных стеблей формируют сорта Лидия и Лилит.

Сорта озимой пшеницы, находившиеся на испытании, показали в целом высокую урожайность, превысившую контрольный сорт. Наибольшая урожайность отмечена у сортов Донская Степь, Жаворонок, Краса Дона, которая в среднем за три года составила 4,97, 4,95 и 4,90 т/га соответственно.

Библиографические ссылки

1. Анисов А.Н. В центре внимания – вопросы семеноводства // Защита и карантин растений. 2015. № 1. С. 11–14.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Козловцев Ф.Л., Кононов В.М., Иванов В.М., Сухов А.Н., Диканев Г.П., Захаров П.Я., Гайдук Г.Ф. Научно обоснованные системы сухого земледелия Волгоградской области в 1986–1990 гг. Волгоград: Ниж.-Волж. книжное изд-во, 1986. 256 с.

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.
5. Морозов Н.А. Селекционное совершенствование зерновых культур для зон засушливого земледелия // Материалы международной научно-практической конференции: «Научные основы земледелия и влагосберегающих технологий для засушливых регионов Юга России». Ч. 1. Ставрополь, 2003. С. 177-185.
6. Пасько С.В. Эффективность сортов озимой пшеницы при внесении удобрений // Земледелие. 2009. № 7. С. 41-43.
7. Сандухадзе Б.И., Журавлёва Е.В. Влияние азотной подкормки сортов озимой пшеницы нового поколения на урожай, качество и рентабельность // Агрохимический вестник. 2011. № 5. С. 6-8.
8. Тупицын Н.В., Валяйкина С.В. Анализ технологии возделывания озимой пшеницы // Вестник РАСХН. 2011. № 1. С. 26-28.
9. Li Qiang, Chang Xu-hong, Meng Xiang-hai, Li Ding, zZhao Ming-hui¹, Sun Shu-luan, Li Hui-min, Qiao Wen-chen. Heat stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // Journal of Integrative Agriculture. Volume 19, Issue 8, 2020, Pages 1984-1997.
10. Ling Zhang, Wushuai Zhang, Zhenling Cui, Yuncai Hu, Urs Schmidhalter, Xinping Chen. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production // Journal of Cleaner Production. Volume 311, 2021, 127620.
11. Lithourgidisa A.S., Damalasb C.A., Gagianasb A.A. Long-term yield patterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece // European Journal of Agronomy. Volume 25, Issue 3, 2006, P. 208-214.

References

1. Anisov A.N. V centre vnimaniya – voprosy semenovodstva [Seed issues are in the focus] // Zashchita i karantin rastenij. 2015. № 1. S. 11-14.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy 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.
3. Kozlovcev F.L., Kononov V.M., Ivanov V.M., Suhov A.N., Dikanov G.P., Zaharov P.YA., Gajdukov G.F. Nauchno obosnovannye sistemy suhogo zemledeliya Volgogradskoj oblasti v 1986–1990 gg [Scientifically substantiated systems of dry farming in the Volgograd region in 1986–1990]. Volgograd: Nizh.-Volzh. knizhnoe izd-vo, 1986. 256 s.
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology for the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk vtoroj: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. M., 1989. 194 s.
5. Morozov N.A. Selekcionnoe sovershenstvovanie zernovykh kul'tur dlya zon zasushlivogo zemledeliya [Breeding improvement of grain crops for dry farming zones] // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: «Nauchnye osnovy zemledeliya i vlagosberegayushchih tekhnologij dlya zasushlivykh regionov YUga Rossii». CH. 1. Stavropol', 2003. S. 177-185.
6. Pas'ko S.V. Effektivnost' sortov ozimoy pshenicy pri vnesenii udobrenij [Efficiency of winter wheat varieties under fertilizing] // Zemledelie. 2009. № 7. S. 41-43.
7. Sanduhadze B.I., Zhuravlyova E.V. Vliyanie azotnoj podkormki sortov ozimoy pshenicy novogo pokoleniya na urozhaj, kachestvo i rentabel'nost' [The effect of nitrogen fertilization of the new generation winter wheat varieties on productivity, quality and profitability] // Agrohicheskij vestnik. 2011. № 5. S. 6-8.
8. Tupicyn N.V., Valyajkina S.V. Analiz tekhnologii vozdeleyvaniya ozimoy pshenicy [Analysis of the winter wheat cultivation technology] // Vestnik RASKHN. 2011. № 1. S. 26-28.
9. Li Qiang, Chang Xu-hong, Meng Xiang-hai, Li Ding, zZhao Ming-hui¹, Sun Shu-luan, Li Hui-min, Qiao Wen-chen. Heat stability of winter wheat depends on cultivars, timing and protective methods // Journal of Integrative Agriculture. Volume 19, Issue 8, 2020, Pages 1984-1997.
10. Ling Zhang, Wushuai Zhang, Zhenling Cui, Yuncai Hu, Urs Schmidhalter, Xinping Chen. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production // Journal of Cleaner Production. Volume 311, 2021, 127620.
11. Lithourgidisa A.S., Damalasb C.A., Gagianasb A.A. Long-term yield patterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece // European Journal of Agronomy. Volume 25, Issue 3, 2006, P. 208-214.

Поступила: 11.02.21; принята к публикации: 11.03.21.

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. Сапунков В.Л., Солонкин А.В., Гузенко А.В. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРОКИ СЕВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.А. Радченко, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, ORCID ID: 0000-0002-7410-1870;

Т.Л. Ганоцкая, младший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

А.Ф. Радченко, старший научный сотрудник лаборатории семеноводства и сортоизучения новых генотипов, ORCID ID: 0000-0001-8407-7619;

С.С. Бабанина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ORCID ID: 0000-0002-4018-5957

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: isg.krym@gmail.com

Анализ погодных условий Крымского региона в осенний период вегетации озимой пшеницы свидетельствует о потеплении климата и в связи с этим о необходимости корректировки оптимальных сроков сева. Цель исследований – оценка урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от разных сроков сева. Объектом исследований служили пять сортов озимой пшеницы при посеве в 5 сроков – с 1 октября по 30 ноября с интервалом 15 дней. Полевые опыты сопровождали соответствующими наблюдениями, учетами, измерениями и анализами, согласно Методике Госсортоиспытания. Статистическую обработку в опытах проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову. Исследования проводили в течение трех лет, из которых два периода вегетации (2017–2018 гг. и 2019–2020 гг.) были засушливыми, один (2018–2019) – благоприятным для развития озимых зерновых культур. Согласно результатам дисперсионного анализа установлены достоверные различия по влиянию всех трех факторов (сорт, срок и год) и их взаимодействия во всех комбинациях на формирование урожайности. Наибольшее влияние на формирование урожайности оказали срок посева (33%) и взаимодействие срока и года (49%). В 2018 г. наиболее оптимальным для всех изучаемых сортов был второй срок сева (15.10), в 2019 г. – первый (1.10), а в условиях 2020 г. поздние сроки сева были более благоприятными, а как оптимальный отмечен 4-й срок (15.11). Средняя урожайность всех сортов при оптимальных сроках сева составила 4,0; 5,5 и 3,46 т/га соответственно. На содержание белка в зерне достоверное влияние оказывали факторы срок посева, год и их взаимодействие. Их вклад в проявление этого признака составил 29, 14 и 23% соответственно; на содержание клейковины – 29, 16 и 21 % соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), срок сева, сорт, качество зерна, урожайность, содержание клейковины, продуктивность.

Для цитирования: Радченко Л.А., Ганоцкая Т.Л., Радченко А.Ф., Бабанина С.С. Сроки сева и их влияние на урожайность и качества зерна сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 95–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-95-103.



SOWING DATES AND THEIR EFFECT ON PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF THE WINTER WHEAT VARIETIES

L.A. Radchenko, Candidate of Agricultural Sciences, deputy director on research work, ORCID ID: 0000-0002-7410-1870;

T.L. Ganotskaya, junior researcher of the laboratory for seed production and varietal study of new genotypes, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

A.F. Radchenko, senior researcher of the laboratory for seed production and varietal study of new genotypes, ORCID ID: 0000-0001-8407-7619;

S.S. Babanina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for biotechnology, ORCID ID: 0000-0002-4018-5957

Research Institute of Agriculture in Crimea, 295493, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 150; e-mail: isg.krym@gmail.com

The analysis of the Crimean weather conditions during the autumn vegetation period of winter wheat indicates climate warming and, in this regard, the necessity to adjust the optimal sowing dates. The purpose of the current study was to estimate the productivity and grain quality of winter bread wheat varieties depending on different sowing dates. The objects of the study were five winter wheat varieties sown in 5 dates from October 1 to November 30 with an interval of 15 days. Field trials were conducted with appropriate observations, records, measurements and analyzes, according to the methodology of the State Variety Testing. Statistical processing of the trials was carried out by the B.A. Dospekhov's method of dispersion and correlation analyzes. The study was carried out through three years, two vegetation periods of which (2017–2018 and 2019–2020) were dry, one period (2018–2019) was favorable for the development of winter grain crops. According to the results of the analysis of variance, there have been identified significant differences in the effect of all three factors ('variety', 'length' and 'year') and their correlation in all combinations on the productivity formation. The factors 'sowing date' (33%) and 'correlation between date and year' (49%) had the greatest influence on the productivity formation. In 2018, the most optimal for all studied varieties was the second sowing date (15.10), in 2019 it was the first (1.10), and under the conditions of 2020, the later sowing dates were more

favorable, and the 4th period was marked as optimal (15.11). The mean productivity of all varieties at the optimum sowing dates was 4.0; 5.5 and 3.46 t/ha, respectively. The factors 'sowing date', 'year', and the correlation between them significantly influenced protein percentage in grain. Their effect on the manifestation of the above trait was 29%, 14% and 23%, respectively; on gluten content it was 29%, 16% and 21%, respectively.

Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), sowing date, variety, grain quality, productivity, gluten content.

Введение. Продуктивность озимой пшеницы в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий. В последние годы климат становится более континентальным, усиливается его аридность. Такие изменения требуют пересмотра некоторых позиций в традиционных технологиях возделывания озимой пшеницы, в частности её сроков сева (Грабовец и др., 2016). Срок сева – наиболее важный элемент в технологии выращивания озимых зерновых культур, который зависит в основном от погодных условий предпосевного и посевного периодов, типа почв, особенностей сорта и других факторов (Иванов, 2015; Chauhan et al, 2020; Upadhyay et al., 2020). Высокая изменчивость этих факторов в различных природно-географических зонах нашей страны не позволяет заранее определить календарные и оптимальные сроки посева озимой пшеницы. Существующие рекомендации не всегда отвечают условиям зоны. В зависимости от времени посева озимая пшеница к моменту прекращения осенней вегетации может находиться в различном состоянии – от прорастающих семян до хорошо раскустившихся растений (Ирмулатов и др., 2021). Практика выращивания озимой пшеницы в Крыму показывает, что своевременное получение дружных всходов и нормальное развитие растений в осенний период – важнейшее условие получения высокой урожайности зерна (Радченко и др., 2016). Изменяя сроки сева, можно регулировать продолжительность межфазных периодов, доводить растения до нужного возрастного состояния к уходу в зиму (Зеленский, 2006).

Анализ погодных условий Крымского региона в осенний период вегетации озимой пшеницы свидетельствует о потеплении климата и в связи с этим о необходимости оптимизации продолжительности осенней вегетации озимой пшеницы и корректировки оптимальных сроков ее посева (Радченко и др., 2019).

Цель исследований – оценка урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от разных сроков сева.

Материалы и методы исследований.

Исследования по изучению урожайности сортов озимой пшеницы в зависимости от сроков сева проводили на опытном поле ФГБУН «НИИСХ Крыма», расположенном в центральной степной зоне Крыма в 2017–2020 гг. по паровому предшественнику при общепринятой для зоны технологии. Объектом исследований служили пять сортов озимой пшеницы разной интенсивности: Аксиныя – интенсивного типа; Лидия, Багира, Безостая 100 – универсального использования; Аскет – полунтенсивного типа. Сорта Аксиныя, Лидия, Аскет являются селекционными достижениями

ФГБУН «АНЦ «Донской», сорт Багира – селекции ФГБУН «Северокавказский аграрный научный центр», Безостая 100 – ФГБУН «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». В исследованиях изучали 5 сроков сева: с 1 октября по 30 ноября с интервалом 15 дней. Учётная площадь делянок составляла 25 м². Размещение делянок систематическое в четырёхкратной повторности.

Уборку урожая проводили комбайном Wintersteige Classic в фазе полной спелости пшеницы с последующим взвешиванием зерна. Проведение полевых опытов сопровождалось соответствующими наблюдениями, учетами, измерениями и анализами, согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Статистическую обработку в опытах проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (Доспехов, 2014). Содержание белка и клейковины в зерне пшеницы определяли с помощью анализатора зерна Инфраматик 9500.

Почвы места исследования представлены черноземами южными, слабо гумусированными, развитыми на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах с содержанием гумуса (по Тюрину) в пахотном горизонте 2,4–2,7%.

Климат района проведения исследований – континентальный, засушливый, с большой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,2 °С. Гидротермический коэффициент 0,5–0,7. Годовое количество осадков по среднемноголетним данным составляет 426 мм (Николаев, 2016).

Погодные условия осени 2017 г. отличались от среднемноголетних критически недостаточным количеством влаги и повышенным температурным режимом. Средняя температура воздуха превышала норму в ноябре на 1–2 °С, а в декабре почти на 7 °С. Прекращение осенней вегетации отмечали 9 января 2018 г. при среднемноголетней дате 1 декабря. Условия зимнего периода 2017–2018 гг. и весны были неблагоприятными из-за значительного недобора осадков. На момент возобновления весенней вегетации количество продуктивной влаги в метровом слое почвы составляло 80 мм. С третьей декады апреля установилась сухая по-летнему жаркая погода со средней температурой воздуха 15–16 °С, что на 4 °С выше среднемноголетних значений. Продуктивных осадков не было до периода созревания зерна.

Условия осени 2018 г. были благоприятными для получения своевременных всходов и дальнейшего развития озимых зерновых культур до прекращения осенней вегетации, которое фиксировали 13 ноября (на 2 недели раньше

многолетних сроков). Метеорологические условия в период перезимовки озимых культур характеризовались повышенным температурным режимом, что привело к многократному возобновлению вегетации озимой пшеницы и улучшению состояния растений поздних сроков сева. За зимний период выпало около 200 мм атмосферных осадков, существенно пополнив запасы почвенной влаги. Возобновление весенней вегетации отмечали 26 февраля, раньше среднемноголетнего показателя на две декады. Влагозапасы метрового слоя почвы к началу весны составляли 160 мм. Всего за вегетацию озимых выпало 558,9 мм осадков, что на 130,9 мм больше нормы, однако в период налива зерна влаги было недостаточно.

Вегетационный период 2019–2020 гг. характеризовался жесткими погодными условиями, в первую очередь, по причине отсутствия продуктивных осадков в течение длительного периода. Недостаточное количество осадков сопровождалось повышенным температурным режимом осеннего периода: в сентябре и октябре на 1,6 и 2,8 °C выше нормы, в первой декаде ноября средняя температура воздуха превышала норму на 7–12 °C. Продуктивные осадки выпали лишь в декабре (40 мм), поэтому всходы озимых культур стали появляться к концу декабря. Посевы медленно вегетиро-

вали в течение всего зимнего периода. В зимний период сложились неблагоприятные условия для накопления влаги. В начале весенней вегетации в метровом слое почвы продуктивной влаги было менее 100 мм. Начало весны отличалось повышенным температурным режимом (до 25,4–27,1 °C), а третья декада марта и начало апреля – ночными заморозками в воздухе до -7,5...-8,3 °C, а на поверхности почвы – до -11 °C. Наблюдали значительное количество дней с сильными ветрами, за весенний период (с 1 марта по 30 мая) было 45 дней с относительной влажностью воздуха 30% и ниже, что на 27 дней больше среднемноголетнего показателя. Гидротермический коэффициент за весенний период 2020 года составил 0,25. Во второй и третьей декадах июня выпало около 80 мм осадков, что привело к затягиванию уборки почвы на две недели, снижению продуктивности и ухудшению качества зерна пшеницы.

Результаты и их обсуждение. Длительность периода от посева до всходов при оптимальных условиях составляет 7–8 дней. При недостаточном количестве влаги появление всходов задерживается, а при её отсутствии семена гибнут, что вызывает изреженность посевов. В условиях осени 2017 г. период «посев-всходы» был растянут и составлял от 18 до 28 дней (табл. 1).

1. Длительность периода «посев-всходы» озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы
1. Length of the period 'sowing-sprouts' of winter wheat in the years with different weather conditions

Срок сева	Сельскохозяйственный год					
	2017–2018		2018–2019		2019–2020	
	дата всходов	продолжительность периода «посев-всходы», дней	дата всходов	продолжительность периода «посев-всходы», дней	дата всходов	продолжительность периода «посев-всходы», дней
01.10	18.10	18	11.10	10	25.12	86
15.10	06.11	21	24.10	9	25.12	71
01.11	19.11	19	13.11	13	25.12	55
15.11	13.12	28	07.12	22	25.12	40
30.11	28.11	28	15.12	15	10.01	40

Появление всходов при посеве 1 и 15 октября сдерживалось недостатком влаги, в более поздние сроки – недостатком тепла.

Условия осени 2018 г. способствовали своевременному получению всходов при посеве в октябре – через 10–12 дней. При посеве в поздние сроки на появление всходов оказывала влияние температура, периодическое повышение которой способствовало более активному прорастанию семян. Длительность периода от посева до всходов составляла 22 и 15 дней при посеве 15 и 30 ноября. Всходы всех изучаемых сортов появлялись одновременно.

Осенняя засуха 2019 г. не способствовала появлению всходов, вследствие чего семена находились в почве от 86 дней при посеве 1 октября до 40 – при посеве 15 ноября и взошли 25 декабря после выпадения продуктивных осадков. Посевы 5-го срока сева (30.11) отмечали 10 января 2020 г.

Густота продуктивного стеблестоя – одна из основных составляющих продуктивности озимой пшеницы, которая в значительной степени зависит от сроков сева. В 2018 г. в среднем по сортам густота стеблестоя была максимальной при втором сроке сева (436 шт./м²) (табл. 2).

2. Урожайность и количество продуктивных стеблей сортов пшеницы озимой

2. Productivity and the number of productive stems of the winter wheat varieties

Сорт (фактор В)	Годы					
	2018		2019		2020	
	количество продуктивных стеблей, шт./м ²	урожайность, т/га	количество продуктивных стеблей, шт./м ²	урожайность, т/га	количество продуктивных стеблей, шт./м ²	урожайность, т/га
1-й срок посева (фактор А)						
Аскет	404	3,4	558	5,6	299	3,1
Лидия	446	3,6	657	5,5	174	2,5
Багира	366	4,1	629	5,8	159	2,2
Аксинья	369	3,6	561	4,7	339	3,4
Безостая 100	380	4,1	654	5,9	245	2,8
Средняя	393	3,8	612	5,5	243	2,8
2-й срок посева (фактор А)						
Аскет	413	3,6	588	4,4	326	2,7
Лидия	435	3,9	570	4,9	369	3,1
Багира	434	4,2	504	5,6	305	2,6
Аксинья	410	3,9	522	4,7	363	3,1
Безостая 100	486	4,2	567	5,9	378	2,8
Средняя	436	4,0	550	5,1	348	2,9
3-й срок посева (фактор А)						
Аскет	414	3,1	329	1,9	365	3,0
Лидия	450	3,6	299	2,8	423	3,1
Багира	407	3,9	437	3,4	444	3,2
Аксинья	438	3,5	374	2,3	350	3,6
Безостая 100	360	4,0	302	2,9	312	3,6
Средняя	414	3,6	348	2,7	379	3,2
4-й срок посева (фактор А)						
Аскет	402	2,7	206	1,7	473	3,3
Лидия	482	2,8	270	2,6	356	3,5
Багира	368	3,2	267	2,7	473	3,4
Аксинья	476	3,1	272	1,8	422	3,7
Безостая 100	354	3,3	297	2,0	434	3,5
Средняя	416	3,0	262	2,1	432	3,5
5-й срок посева (фактор А)						
Аскет	416	2,0	257	1,5	360	2,9
Лидия	399	2,4	230	2,0	512	3,2
Багира	339	2,5	272	1,9	362	3,3
Аксинья	401	2,4	227	1,3	365	3,2
Безостая 100	368	2,6	251	1,3	420	3,3
Средняя	385	2,4	247	1,7	404	3,2
НСР _{0,5 фактора А}	43	0,1	57	0,3	17	0,1
НСР _{0,5 фактора В}	43	0,1	7	0,3	15	0,1
НСР _{0,5 А×В}	97	0,3	27	0,6	37	0,2

При 3-м и 4-м сроках она снижалась незначительно, а при первом и пятом была достоверно меньше и составляла 393 и 385 шт./м² соответственно. Максимальную густоту продуктивного стеблестоя в 2019 г. отмечали при первом сроке сева (612 шт./м²), что объясняется благоприятными условиями осени 2017 г., которые способствовали получению своевременных всходов и кущению. Чем позднее осуществляли посев, тем ниже был их продуктивный стеблестой и при позднем севе составил всего 247 шт./м². Густота продуктивного стеблестоя в 2020 г. была наиболее низкой при посеве в первый срок и в среднем по сортам составляла 243 шт./м², увеличивалась с каждым последующим сроком сева и максимального значе-

ния (404 шт./м²) достигла при посеве в поздний срок (30.11). Наиболее сильную реакцию на неблагоприятные условия осени 2019 г. зафиксировали у сорта Багира, который был значительно изрежен при посеве в ранние сроки (159 и 305 шт./м² при 1-м и 2-м сроках соответственно). При посеве в поздние сроки густота стеблестоя сорта Багира была на уровне и даже выше других сортов (при посеве 31.10 – 444 шт./м²).

Согласно результатам дисперсионного анализа установлены достоверные различия по влиянию всех трех факторов (сорт, срок и год) и их взаимодействия во всех комбинациях на формирование урожайности (табл. 3, рис. 1).

3. Результаты дисперсионного анализа по урожайности озимой пшеницы

3. Results of the analysis of variance for winter wheat productivity

Источник дисперсии	SS	Degr. of	MS	F	p
Сорт	8,965*	4	2,241*	18,73*	0,000000*
Срок	118,938*	4	29,734*	248,54*	0,000000*
Год	4,387*	2	2,193*	18,33*	0,000000*
Сорт × Срок	4,199*	16	0,262*	2,19*	0,006122*
Сорт × Год	11,490*	8	1,436*	12,01*	0,000000*
Срок × Год	174,329*	8	21,791*	182,15*	0,000000*
Сорт × Срок × Год	7,765*	32	0,243*	2,03*	0,001615*
Ошибка	26,918	225	0,120	—	—

* – достоверно на уровне значимости $p \leq 0,05$.

Наибольшее влияние на формирование урожайности оказали срок посева (33%) и взаимодействие срока и года (49%). Это свидетель-

ствует о необходимости выбора правильного срока посева в зависимости от сложившихся условий в конкретный год.

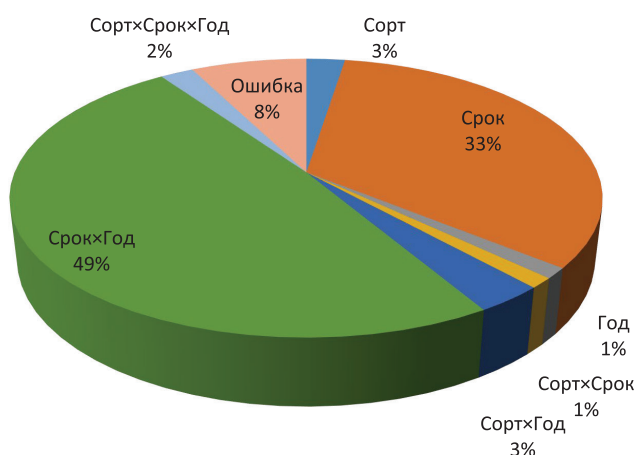


Рис. 1. Вклад факторов сорт, срок, год и их взаимодействия на формирование урожайности пшеницы
Fig. 1. The effect of the factors 'variety', 'date', 'year' and correlation between them on the formation of wheat productivity

В 2018 г. второй срок сева (15.10) был наиболее оптимальным для всех изучаемых сортов. Средняя урожайность всех сортов в этом варианте посева составила 4,0 т/га и максимальной (4,2 т/га) была у сортов Багира и Безостая 100 (табл. 2). Такую же урожайность сорта Багира и Безостая 100 обеспечили и при первом сроке сева, а также меньше других сортов снизили её при поздних сроках.

В 2019 г. оптимальным был первый срок сева (01.10) – средняя урожайность изучаемых сортов составляла 5,5 т/га. Снижение урожайности сортов при посеве 15.10 составило в среднем 0,8 т/га, или 14%. Посев в более поздние сроки (01.11, 15.11 и 30.11) способствовал формированию урожайности сортов в среднем 2,7; 2,1 и 1,7 т/га и её снижению от 54 до 73%. Следует отметить, что для сортов Безостая 100, Багира и Аксинья наиболее оптимальным, наряду с первым, был и второй срок сева (15.10). Сбор зерна сортов Безостая 100 и Аксинья при первом и втором сроках сева был одинаковым и составил 5,9 и 4,7 т/га соответственно, сорта Багира – 5,8 и 5,6 т/га соответственно. При поздних сроках сева максимальную урожайность формировали Багира и Лидия, уро-

жайность которых была достоверно выше других изучаемых сортов.

В условиях 2020 г. поздние сроки сева были более благоприятными, а как оптимальный отмечен 4-й срок (15.11). Средняя урожайность изучаемых сортов в этом варианте посева составила 3,46 т/га, что на 18 % выше первого и на 7,6 % выше последнего срока. Сорт Аксинья обеспечил максимальную урожайность при оптимальном сроке сева, которая составила 3,69 т/га. Значительное варьирование сбора зерна в зависимости от сроков сева наблюдали у сорта Багира – от 2,23 т/га при первом до 3,43 т/га при четвертом сроке.

Особое внимание в селекционных программах, над выполнением которых работают научно – исследовательские учреждения, уделяется созданию высокобелковых продуктивных сортов (Сыздникова, 2018; Nekrasova, 2020). Известно, что у одних и тех же сортов признаки могут изменяться в зависимости от природно – климатических условий определенного года (Скворцова, 2021). Наши исследования подтверждают влияние условий года исследований и срока сева на основные пока-

затели качества зерна пшеницы – содержание белка и клейковины.

Коэффициенты корреляции (r) между содержанием белка и клейковины в зерне составили в 2018 г. – 0,951 ($t_{\text{набл.}} = 21,334$, $t_{\text{табл.}} = 2,009$), в 2019 г. – 0,959 ($t_{\text{набл.}} = 23,413$, $t_{\text{табл.}} = 2,009$), в 2020 г. – 0,998 ($t_{\text{набл.}} = 115,355$, $t_{\text{табл.}} = 2,009$) (все корреляции значимы при $p \leq 0,05$). Поэтому результаты по этим двум показателям качества

имеют сходные тенденции как по годам, так и по сортам и срокам посева.

На содержание белка в зерне достоверное влияние оказывали срок посева, год и их взаимодействие. Их вклад в проявление этого признака составил 29, 14 и 23% соответственно, в содержание клейковины – 29, 16 и 21% соответственно. Остальные факторы были статистически незначимы для обоих признаков качества зерна (табл. 4, рис. 2, 3).

4. Результаты дисперсионного анализа для содержания белка и клейковины в зерне 4. Results of the analysis of variance for protein and gluten percentage in grain

Источник дисперсии	SS	Degr. of	MS	F	p
Содержание белка в зерне					
Сорт	15,60	4	3,90	2,28	0,068
Срок посева	173,60*	4*	43,40*	25,40*	0,000*
Год	83,12*	2*	41,56*	24,32*	0,000*
Сорт × Срок	24,12	16	1,51	0,88	0,591
Сорт × Год	5,40	8	0,68	0,40	0,919
Срок × Год	138,01*	8*	17,25*	10,10*	0,000*
Сорт × Срок × Год	32,25	32	1,01	0,59	0,950
Ошибка	128,17	75	1,71	–	–
Содержание клейковины в зерне					
Сорт	93,8	4	23,4	2,68	0,037
Срок	1151,5*	4*	287,9*	32,91*	0,000000*
Год	629,6*	2*	314,8*	35,99*	0,000000*
Сорт × Срок	235,7	16	14,7	1,68	0,068520
Сорт × Год	71,0	8	8,9	1,01	0,432846
Срок × Год	852,8*	8*	106,6*	12,19*	0,000000*
Сорт × Срок × Год	281,6	32	8,8	1,01	0,476027
Ошибка	656,0	75	8,7	–	–

* – достоверно на уровне значимости $p \leq 0,05$.

Согласно ГОСТ 9353-2016 в зерне пшеницы первого класса качества должно быть не менее 14,5% белка на сухое вещество, второго клас-

са – 13,5%, третьего класса – 12,0%, четвертого класса – 10,0%, а в зерне 5 класса массовая доля белка не ограничивается.

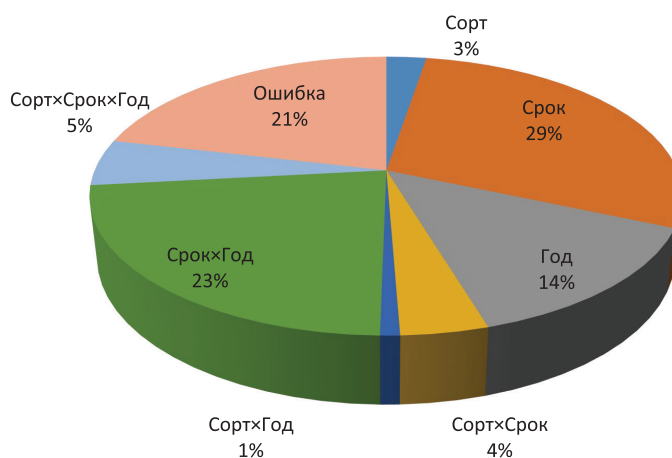


Рис. 2. Вклад факторов сорт, срок и год и их взаимодействия на формирование содержания белка в зерне пшеницы

Fig. 2. The effect of the factors 'variety', 'date', 'year' and correlation between them on protein percentage in wheat grain

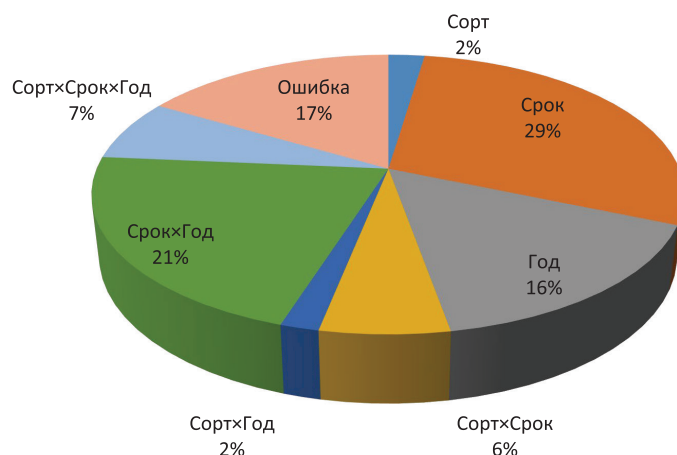


Рис. 3. Вклад факторов сорт, срок и год и их взаимодействия на формирование содержания клейковины в зерне пшеницы

Fig. 3. The effect of the factors 'variety', 'date', 'year' and correlation between them on gluten content in wheat grain

В засушливых условиях 2018 г. при посеве в первый, второй и третий сроки все сорта формировали зерно не выше третьего класса, за исключением сорта Аксинья первого срока сева, массовая доля белка в зерне которого была 13,5, клейковины 27,0% (второй класс), а при посеве в поздние сроки зерно всех сортов отнесено ко второму и даже первому классу (сорт Лидия – 15,2% белка и 31,5% клейковины при посеве в 5-й срок) (табл. 5).

В условиях 2019 г. также отмечали повышение массовой доли белка и клейковины при бо-

лее поздних сроках сева. Так, если в среднем по сортам она составляла 12,1 и 12,5% при посеве в первый и второй срок соответственно, то при посеве в поздние сроки – 16,1% (при 4-м сроке) и 16,5% (при 5-м сроке). Массовая доля клейковины в зерне пшеницы также увеличивалась от ранних к поздним срокам и в среднем по сортам составляла от 23,3% при посеве 1 октября до 35,8% при посеве 30 ноября. Максимальные показатели качества зерна отмечались на сорте Аксинья (18,6 и 40,6% белка и клейковины соответственно).

5. Массовая доля белка и содержание клейковины в зерне пшеницы озимой

5. Mass fraction of protein and gluten content in winter wheat grain

Сорт (фактор В)	Содержание белка в зерне, %, по годам					
	2018		2019		2020	
	белка	клейковины	белка	клейковины	белка	клейковины
1-й срок посева (фактор А)						
Аскет	12,9	25,7	11,2	21,1	13,2	26,3
Лидия	13,0	25,8	13,9	28,1	12,9	25,7
Багира	12,5	24,4	13,2	26,0	13,3	26,5
Аксинья	13,5	27,0	11,2	21,1	12,8	25,1
Безостая 100	12,1	23,3	10,9	20,2	12,9	25,7
Средняя	12,8	25,2	12,1	23,3	13,06	25,9
2-й срок посева (фактор А)						
Аскет	12,7	25,0	12,7	25,1	13,5	27,0
Лидия	12,7	25,1	12,2	23,6	12,6	24,7
Багира	11,6	21,9	11,6	22,1	12,0	23,1
Аксинья	12,7	24,8	12,6	24,7	12,7	25,0
Безостая 100	11,5	21,8	13,5	27,7	12,9	25,5
Средняя	12,2	23,7	12,5	24,6	12,7	25,1
3-й срок посева (фактор А)						
Аскет	11,5	21,8	15,7	32,9	13,1	26,0
Лидия	11,7	22,3	14,7	30,3	12,3	23,9
Багира	10,9	20,1	11,6	22,1	11,9	22,7
Аксинья	12,8	25,4	15,8	33,1	12,6	24,7
Безостая 100	11,6	22,7	14,9	30,9	12,1	23,4
Средняя	11,7	22,5	14,6	29,9	12,4	24,1
4-й срок посева (фактор А)						
Аскет	14,0	28,7	17,5	30,9	12,9	24,7
Лидия	13,9	28,2	14,3	28,8	12,0	23,1

Сорт (фактор В)	Содержание белка в зерне, %, по годам					
	2018		2019		2020	
	белка	клейковины	белка	клейковины	белка	клейковины
Багира	13,1	26,0	15,3	26,0	11,7	22,1
Аксинья	14,3	29,2	17,3	32,8	12,9	25,3
Безостая 100	13,9	28,2	16,0	28,7	12,6	24,7
Средняя	13,9	28,1	16,1	29,4	12,4	24,0
5-й срок посева (фактор А)						
Аскет	14,4	29,4	17,1	36,6	14,4	29,4
Лидия	15,2	31,5	16,0	33,8	13,1	26,0
Багира	14,0	28,4	15,7	32,7	12,5	24,4
Аксинья	14,1	28,5	18,6	40,6	13,2	26,3
Безостая 100	13,1	25,9	16,7	35,4	13,3	26,5
Средняя	14,2	28,7	16,8	35,8	13,3	26,5
НСР _{0,5 фактора А}	1,30	3,37	1,48	3,83	1,37	3,56
НСР _{0,5 фактора В}	1,30	3,37	1,48	3,83	1,37	3,56
НСР _{0,5 А×В}	2,91	7,54	3,31	8,56	3,12	7,43

Массовая доля протеина в зерне пшеницы урожая 2020 г. варьировала от 11,7 % (4-й класс качества) до 14,4 % (2-й класс качества) и практически не зависела от сроков сева, что связано с выпадением более 100 мм осадков в период созревания зерна озимой пшеницы и влиянием повышенной влажности на его качество.

Выводы. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы в среднем по сортам формировалась, в зависимости от условий года, в разные сроки: в 2018 году – при посеве 15 октября (4,0 т/га), в 2019 – 1 октября (5,5 т/га), в 2020 – 15 ноября (3,46 т/га). Наиболее урожайными в условиях 2018 и 2019 гг. отмечены сорта Багира и Безостая 100, в 2020 году – сорт Аксинья.

Качество зерна повышалось от ранних к поздним срокам сева и достигало максимума, в среднем по сортам, при посеве в 5-й срок (30 ноября): протеин – 14,2; 16,8; 13,3%, клейковина – 28,7; 35,8 и 26,5% в 2018, 2019 и 2020 годах соответственно. При раннем сроке сева (1 октября) наиболее качественное зерно (второго класса) формировал сорт озимой пшеницы Аксинья, при позднем сроке сева (30 ноября) – сорт Лидия, зерно которого относилось к первому классу качества.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что сроки сева в условиях степного Крыма необходимо ежегодно корректировать в зависимости от складывающихся погодных условий.

Библиографические ссылки

1. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Обоснование сроков посева озимой пшеницы на среднем Дону при усилении аридности среды // Земледелие. 2016. № 5. С. 39-42.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и дополн. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Авдеенко А.П. Сроки посева озимой пшеницы // Успехи современного естествознания. 2006. № 4. С. 42-44.
4. Иванов В.М. Оптимизация сроков посева озимой пшеницы в Волгоградской области // Фундаментальные исследования. 2005. № 9. С. 41-42.
5. Ирмулатов Б.Р., Абдуллаев К.К., Комаров А.А., Якушев В.В. О перспективах прецизионного управления продуктивностью пшеницы в условиях Северного Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 92-102.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
7. Николаев Е.В. Научные и практические основы повышения качества продукции растениеводства. Симферополь: Таврия, 2016. 164 с.
8. Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Сучкова В.М. Урожайность сортов пшеницы озимой при подзимнем сроке сева в условиях степного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3(7). С. 87-95/
9. Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л. Продуктивный потенциал сортов озимой пшеницы при различных сроках сева в условиях степного Крыма // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы IV международной научно-практической конференции. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. С. 195-196.
10. Сворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Калинина Н.В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБУН «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 24-28.
11. Сыздыкова Г.Т., Середя С.Г., Малицкая Н.В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы по адаптивности к условиям степной зоны Акмалинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 103-110. DOI:10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.
12. Chauhan S.S., Singh A.K., Yadav S., Verma S.K. Effect of different dates of sowing on yield and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. No. 1. P. 2033-2036.

13. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. v.273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027/>

14. Upadhyay P., Krishna S., Thakur P., Agrawal N., Yadav P., Prasad L. C., Vinod M. Identification of genetic variability and diversity in selected wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm under three different dates of sowing // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Vol. 9. P. 82–86. 10.22271/phyto.2020.v9.i2b.10836.

Reference

1. Grabovec A.I., Biryukov K.N. Obosnovanie srokov poseva ozimoy pshenicy na srednem Donu pri usilenii aridnosti sredy [Justification of the sowing dates of winter wheat in the middle Don with increasing aridity of the environment] // Zemledelie. 2016. № 5. S. 39-42.

2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. Izd. 5-e, pererab. i dopoln. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

3. Zelenskij N.A., Zelenskaya G.M., Avdeenko A.P. Sroki poseva ozimoy pshenicy [Sowing dates of winter wheat] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2006. № 4. S. 42-44.

4. Ivanov V.M. Optimizatsiya srokov poseva ozimoy pshenicy v Volgogradskoj oblasti [Optimization of dates of winter wheat of winter wheat in the Volgograd region] // Fundamental'nye issledovaniya. 2005. № 9. S. 41-42.

5. Irmulatov B.R., Abdullaev K.K., Komarov A.A., Yakushev V.V. O perspektivah precizionnogo upravleniya produktivnost'yu pshenicy v usloviyah Severnogo Kazakhstana [On the prospects of precision control of wheat productivity in the conditions of Northern Kazakhstan] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. T 56. № 1. S. 92-102.

6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology for the State Variety Testing of agricultural crops]. Moskva: OOO «Gruppa Kompanij More», 2019. Vyp. 1. 384 s.

7. Nikolaev E.V. Nauchnye i prakticheskie osnovy povysheniya kachestva produkcii rastenievodstva [Scientific and practical basis for improving the crop production quality]. Simferopol': Tavriya, 2016. 164 s.

8. Radchenko L.A., Radchenko A.F., Suchkova V.M. Urozhajnost' sortov pshenicy ozimoy pri podzimnem sroke seva v usloviyah stepnogo Kryma [Productivity of winter wheat varieties during the early winter sowing period in the steppe Crimea] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016. № 3 (7). S. 87-95

9. Radchenko L.A., Radchenko A.F., Ganockaya T.L. Produktivnyj potencial sortov ozimoy pshenicy pri razlichnykh srokah seva v usloviyah stepnogo Kryma [Productive potential of winter wheat varieties at different sowing dates in the steppe Crimea] // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoj nauki: materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Simferopol': IT «ARIAL», 2019. S. 195-196.

10. Skvortcova YU.G., Filenko G.A., Firsova T.I., Kalinina N.V. Ocenka urozhajnosti i posevnykh kachestv u sortov ozimoy myagkoj pshenicy selekcii FGBUN «ANC «Donskoj» v pervichnom semenovodstve [Estimation of productivity and sowing qualities of winter bread wheat varieties developed by the FSBSI "ARC "Donskoy" in primary seed production] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 5(77). S. 24-28.

11. Syzdykova G.T., Sereda S.G., Malickaya N.V. Podbor sortov yarovoj myagkoj pshenicy po adaptivnosti k usloviyam stepnoj zony Akmalinskoj oblasti Kazakhstana [Selection of the spring bread wheat varieties according to adaptability to the conditions of the steppe zone of the Akmalinsk region of Kazakhstan] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 1. S. 103-110. DOI:10.15389/agrobiol.2018.1.103rus.

12. Chauhan S.S., Singh A.K., Yadav S., Verma S.K. Effect of different dates of sowing on yield and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars // International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. No. 1. P. 2033-2036.

13. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. v. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027/>

14. Upadhyay P., Krishna S., Thakur P., Agrawal N., Yadav P., Prasad L.C., Vinod M. Identification of genetic variability and diversity in selected wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm under three different dates of sowing // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Vol. 9. P. 82–86. 10.22271/phyto.2020.v9.i2b.10836.

Поступила: 14.12.21; принята к публикации: 18.02.21.

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. Радченко Л.А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Га-ноцкая Т.Л. – сбор полевых и лабораторных данных, подготовка рукописи; Радченко А.Ф. – подготовка опыта, сбор полевых и лабораторных данных; Бабанина С.С. – анализ данных и интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.11:632.4

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-104-108

СЕПТОРИОЗ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

О.С. Кононенко, аспирант, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;
Н.В. Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;
Т.Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X
 ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В Южном федеральном округе основной продовольственной культурой является озимая пшеница. Одним из наиболее важных факторов, способных дестабилизировать валовые сборы зерна, снизить урожайность культуры, являются паразитические организмы. Одной из наиболее распространённых болезней, встречающихся на посевах пшеницы, является септориоз (*Zymoseptoria tritici*). Цель исследования – проанализировать биологический цикл распространения, вредоносность, меры борьбы с септориозом на озимой пшенице. В статье рассмотрены значения заболевания септориозом озимой пшеницы в различных странах и в России. Отмечено лидирующее место по распространению и вредоносности, а по результатам исследований российских и зарубежных ученых установлено, что этот патоген уступает по значимости только ржавчине пшеницы. Представлены три вида возбудителей септориоза и определен доминирующий вид в ЮФО. Потери при поражении септориозом могут достигать 30–40%, а оптимальными температурными условиями для его развития являются от 5 до 20 °С с частыми осадками. Приведены методы технологий, при которых повышается поражение посевов возбудителями. Приведены меры борьбы с септориозом и описан наиболее эффективный, экономичный и экологически чистый метод – создание и внедрение в производство устойчивых сортов. Рассмотрена качественная и количественная устойчивость сортов. В настоящее время идентифицирован 21 основной ген устойчивости к септориозу. Рассмотрена долговечность *stb*-генов и причины ее потери. Установлено, что создание устойчивых сортов озимой пшеницы к септориозу является приоритетной задачей селекции, так как эта мера борьбы сокращает снижение урожайности и потенциальный запас возбудителя в агроценозе.

Ключевые слова: озимая пшеница, септориоз, поражение, *Zymoseptoria tritici*, устойчивость, *stb*-гены, восприимчивость.

Для цитирования: Кононенко О.С., Шишкин Н.В., Дерова Т.Г. Септориоз озимой пшеницы (*Zymoseptoria tritici*) (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 104–108. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-104-108.



WINTER WHEAT SEPTORIA BLOTCH (*ZYMOSEPTORIA TRITICI*) (LITERATURE REVIEW)

O.S. Kononenko, post graduate, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440;
N.V. Shishkin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;
T.G. Deroval, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X
 Agricultural Research Center "Donskoy",
 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

In the Southern Federal District, winter wheat is a main food crop. One of the most important factors that can destabilize gross grain yields and reduce grain crop productivity are parasitic organisms. One of the most common wheat diseases is septoria blotch (*Zymoseptoria tritici*). The purpose of the current study was to analyze the biological cycle of distribution, harmfulness, measures to combat septoria blotch on winter wheat. The paper has considered the importance of winter wheat septoria disease in various countries and in Russia. There was noted a leading position in distribution and harmfulness of the disease, and according to the results of study conducted by Russian and foreign researchers, it was found that this pathogen was inferior in importance only to wheat rust. There were presented three types of septoria blotch pathogens and there was established a dominant type in the Southern Federal District. Yield losses caused by septoria blotch can reach upto 30-40%, and the optimal temperature for its development and spread is from 5 to 20°C, with frequent precipitation. There have been given the technological methods under which the crop damage by pathogens increased. There have been presented the measures to combat septoria blotch and there has been described the most effective, economical and environmentally friendly method, namely the development of resistant varieties and their introduction into production. There has been considered qualitative and quantitative resistance of varieties. Currently there have been identified 21 major septoria blotch resistance genes. There has been considered longevity of *stb*-genes and the reasons for its loss. It has been established that the development of winter wheat varieties resistant to septoria blotch is a priority issue of breeding, since this control measure reduces yield losses and potential reserve of the pathogen in the agroecosis.

Keywords: winter wheat, septoria blotch, damage, *Zymoseptoria tritici*, resistance, *stb*-genes, susceptibility.

Введение. Пшеница занимает ведущее место в мире среди других зерновых культур (Загорулько и др., 2017). Пшеница распространена на огромных площадях и охватывает пять континентов земного шара. Площади, ежегодно занимаемые в мире под посевы пшеницы, составляют более 220 млн га, в это время производство зерна достигает около 770 млн тонн, по данным ФАО за 2021 год.

Озимая пшеница, как продовольственная культура, в России занимает лидирующее место среди остальных зерновых культур, имеет значительный удельный вес в структуре зернового клина (Громова и др., 2019).

Дон является крупнейшим озимопшеничным регионом России, площади посева данной культуры в последние годы занимают свыше 2,5 млн га (Черткова и др., 2021; Иванисов и др., 2021). Как и в других регионах большое снижение урожайности происходит из-за поражения растений пшеницы основными болезнями. Среди них наибольшие потери наносят грибковые болезни. Одним из наиболее серьезных грибковых заболеваний пшеницы является септориоз (*Zymoseptoria tritici*), который отрицательно влияет на производство пшеницы во всем мире (Санин и др., 2015).

Септориоз пшеницы встречается в таких странах, как Аргентина, Эфиопия, Иран, Соединенные Штаты, Нидерланды, Россия, Новая Зеландия и Австралия. Это большая проблема и для твердой пшеницы в Иране, Тунисе и Марокко. В Соединенных Штатах септориоз пшеницы уступает по значимости только ржавчечным болезням пшеницы, а в России и во многих странах Западной Европы это заболевание пшеницы номер один (Бакулина и др., 2020).

Септориоз до середины 70-х годов прошлого века относился к группе болезней, не наносивших существенного урона урожаю, но в настоящее время занимает одно из лидирующих мест в России по распространенности и вредности (Санин и др., 2012).

Патогенный комплекс возбудителей септориоза пшеницы на юге России представлен тремя видами:

- *Zymoseptoria tritici* Rob. – септориоз поражает в основном листья на всходах, начиная с осени и продолжает развитие весной на нижних листьях пшеницы проявляясь в виде бурых пятен, которые постепенно переходят на средний и верхний ярусы растений;

- *Septoria nodorum* Berk – септориоз поражает колосковые чешуи, сохраняется и передается через семена;

- *Septoria graminum* Desm – септориоз стеблевой вызывает точечную пятнистость листьев и стеблей (Zeleneva et al., 2019).

Доминирующее положение на посевах озимой пшеницы занимает *Z. tritici*. Структура популяции в изучение фитопатогенных грибов является важным звеном при селекции устойчивых сортов, территориальном размещении источников и доноров устойчивости, уста-

новлении ареалов популяций (Санин и др., 2015).

Болезнь вызывается грибом *Zymoseptoria tritici* (синоним *Mycosphaerella graminicola*, *Septoria tritici*), который относится к классу *Deuteromycetes*, порядку *Sphaeropsidales* (*Pycnidiales*), семейству *Sphaeropsidaceae*. Пятнистость *Zymoseptoria tritici* (далее *Z. tritici*) на пшенице вызывает поражения коричневого цвета, на обеих сторонах листьев, проявляется в виде бурых, иногда с темным ободком или без него продольных пятен, в которых содержатся мелкие черные округлые или яйцевидные пикниды, в данных пикнидах формируются нитевидные бесцветные споры, с 3–5 перегородками. На более восприимчивых сортах разновидности поражения могут казаться серебристо-серыми. Пятна, как правило, проходят параллельно жилкам листьев (Quaedvlieg et al., 2013).

В зонах с большим количеством осадков, когда условия благоприятны, поражения могут распространяться по листу, образуя большие пятна. Во влажных условиях, если инфекция появляется после цветения, может поражаться колос. По мере созревания растения гриб растет и питается разлагающимися органическими веществами, что приводит к сохранению возбудителя на растительных остатках и стерне, где он может оставаться жизнеспособным в течение нескольких лет. Конидии разносятся ветром и каплями дождя. Продолжительность его жизни зависит от скорости разрушения стерни и разложения растительных остатков.

Осенью/зимой у гриба развиваются половые плодовые тела, которые выглядят как черные структуры размером с булавочную головку, расположенные на поверхности листовых пластинок. Первичная инфекция в основном инициируется половыми спорами (аскоспорами), образующимися в плодовых телах. Аскоспоры переносятся воздушно-капельным путем и могут осенью заражать всходы растения при ранних сроках посева. Вторичное распространение внутри посевов пшеницы происходит в результате образования бесполой спор-конидий. Оптимальными условиями, способствующими заражению, являются: температура от 15 °C до 20 °C с частыми осадками, за которыми следует не менее шести часов влажности листьев или росы (Ponomarenko et al., 2011).

Известно, что поражение *Z. tritici* приводит к нарушению процессов фотосинтеза в растениях, уменьшению ассимиляционной поверхности листьев, что приводит к потерям урожая и ухудшению качества зерна. При эпифитотийном проявлении септориоза может наблюдаться пустоколосость и гибель отдельных растений, недобор урожая в таком случае может составить 30–40%. Полное усыхание листьев может отмечаться при поражении трех верхних листьев в период от начала колошения до цветения. При появлении болезни после цветения снижение урожайности зерна обыч-

но не превышает 5–7%. Отличительной чертой этого заболевания является длительная латентная фаза без симптомов, которая предшествует появлению видимых симптомов. Понимание процессов, происходящих во время бессимптомной фазы инфекции, имеет первостепенное значение при разработке альтернативных стратегий борьбы с болезнями. В регионах, которые характеризуются высокой влажностью и умеренной температурой воздуха, эта болезнь получила широкое распространение (Бакулина и др., 2020).

Выбор сорта оказывает большое влияние на развитие *Z. tritici* на посевах пшеницы. Устойчивость варьируется от умеренно устойчивой до сильно-восприимчивой. Там, где пшеница должна быть посеяна в пшеничную стерню, лучше избегать сортов, которые оцениваются как восприимчивые и сильно-восприимчивые.

Методы ведения сельского хозяйства, такие как ранний посев, минимальная обработка почвы, сохранение стерни, посев пшеницы по пшенице, выращивание восприимчивых сортов пшеницы, а также погодные условия являются основными факторами, повышающими вероятность заражения. Поражение септориозом озимой пшеницы значительно усиливается при частых дождях и там, где влажные условия сохраняются в течение длительного времени (Санин и др., 2012).

Любая практика обработки почвы, которая уменьшает количество стерни на поверхности, приведет к снижению уровня заражения септориозом. Поверхностная стерня может быть уменьшена вспашкой с переворотом пласта почвы. Сокращение стерни должно быть сбалансировано с повышенным риском эрозии почвы ветром или водой, особенно на легких почвах.

Сочетание интенсивного использования фунгицидов, бесполого жизненного цикла полициклического соединения и активного полового цикла привело к появлению штаммов грибов, устойчивых / толерантных ко всем основным классам фунгицидов, используемых в его контроле.

Стоимость фунгицидов для борьбы с болезнью может быть высокой, и обработка фунгицидами может быть неэкономичной в зависимости от цены зерна. Примерно 70% от предполагаемого объема фунгицидов, используемых на зерновых в Европе, используется для борьбы с *Z. tritici*. В Европе ежегодные убытки от септориоза оцениваются в 400 миллионов долларов, а аналогичные оценки потерь для Соединенных Штатов составляют более 275 миллионов долларов в год (Санин и др., 2012).

Часто сорта пшеницы, о которых сообщалось как об устойчивых в одном регионе, оказывались восприимчивыми в другом. Это может быть связано с генетическим составом местной популяции патогена, на который могут влиять выращиваемые сорта, пригодность

среды для инфекции и относительная важность половой стадии в цикле заболевания (Ponomarenko et al., 2011).

Посев устойчивых сортов – это эффективный, экономичный, экологически чистый и простой подход к управлению септориозом. Устойчивость к *Z. tritici* может быть качественной или количественной и чаще встречается среди озимой пшеницы, чем у яровых сортов.

Многие качественные (основные) гены, придающие устойчивость к септориозу, были названы, нанесены на карту и опубликованы. На сегодняшний день идентифицировано и картировано около 21 основного гена, придающего качественную устойчивость к септориозу пшеницы (Вожжова и др., 2018). Но большинство из них эффективны только против авирулентных генотипов *Z. tritici*, поскольку устойчивость может быть преодолена путем эволюции вирулентности патогена (Brown et al., 2015). Исследование, проведенное Teferi and Gebreslassie (2015) в Тыграе (Эфиопия), показало, что среди 200 генотипов, оцененных по их реакции на преобладающую популяцию *Z. tritici* в полевых условиях, ни один из генотипов не был устойчив к септориозу пшеницы, и большинство из них были восприимчивы и высокочувствительны.

Устойчивые сорта могут со временем стать более восприимчивыми, поскольку патоген адаптируется к генам устойчивости, которые они содержат. В полевых условиях были обнаружены довольно долговечные гены устойчивости к пятнистости *Z. tritici* (гены Stb), однако другие в это время потеряли устойчивость из-за быстрых генетических изменений в популяции патогена. Например, Stb1 остается эффективным в Индиане более 25 лет, в то время как Stb4 был эффективен в Калифорнии в течение 14 лет, прежде чем он потерял устойчивость к септориозу, но продержался всего один или два года в Орегоне (Adhikari et al., 2003).

Проводимые эксперименты в разных лабораториях мира, позволили определить молекулярные маркеры и хромосомную локализацию данных генов, которые могут в дальнейшем использоваться в селекции (Goodwin et al., 2011; Goodwin et al., 2015).

Количественная устойчивость к септориозу также известна и может часто встречаться у сортов пшеницы. Количественная устойчивость, как правило, контролируется генами с небольшим или умеренным воздействием на септориоз. Они, как правило, обладают более слабой специфичностью, чем качественные гены, и обеспечивают более длительную устойчивость.

По возможности, использование качественных генов Stb должно сочетаться с количественной устойчивостью, чтобы помочь обеспечить ее стабильность.

Получение спор септориоза озимой пшеницы на искусственных провокационных фонах ограничено, так как они присутствуют в недостаточном количестве. Данные в библиогра-

фических базах о сохранении жизнеспособности инокулюма септориоза на различных субстратах малочисленны (*Z. tritici* сохраняется на пораженных листьях пшеницы до 2,5 лет). Поэтому возникает необходимость ежегодной проверки на искусственном инфекционном фоне устойчивости районированных и находящихся в госсортоиспытании сортов пшеницы к поражению *Z. tritici*.

Закключение. Создание устойчивых сортов озимой пшеницы является высокоприоритетной целью селекции, так как устойчивые сорта являются эффективной защитой от болезни и сокращают потенциальное и фактическое снижение запаса возбудителя в агроценозе, также уменьшают фунгицидную нагрузку на посевах пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Бакулина А.В., Харина А.В., Широких А.А. Септориоз листьев и колоса пшеницы: генетический контроль устойчивости хозяина (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 26-35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035.
2. Вожжова Н.Н., Марченко Д.М., Ионова Е.В. Выявление генов устойчивости к биотическим факторам у образцов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6(60). С. 52-55. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-52-5.
3. Громова С.Н., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Некрасова О.А., Чернова В.Л. Продуктивность и элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в условиях «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3(63). С. 26-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29.
4. Иванисов М.М., Марченко Д.М., Некрасов Е.И., Рыбась И.А., Романюкина И.В., Кравченко Н.С. Новый раннеспелый сорт озимой мягкой пшеницы Жаворонок // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 34-39. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39.
5. Зеленева Ю.В., Афанасенко О.С., Студникова В.П. Влияние возделываемых сортов пшеницы на частоту встречаемости видов возбудителей септориоза // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С. 71-76. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-71-76.
6. Ковтун В.И. Самофалова Н.Е. Селекция озимой мягкой пшеницы на юге России. Ростов-на-Дону: Книга. 2006. 480 с.
7. Санин С.С., Санина А.А., Мотовилин А.А., Пахолкова Е.В., Корнева Л.Г., Жохова Т.П., Полякова Т.М. Защита пшеницы от септориоза // Защита и карантин растений. 2012. № 4. С. 61-82.
8. Санин С.С., Корнева Л.Г., Полякова Т.М. Прогноз риска развития эпифитотий септориоза листьев и колоса пшеницы // Защита и карантин растений. 2015. № 3. С. 33-36.
9. Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Скворцова Ю.Г. Потери зерна при уборке озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 28-32.
10. Черткова Н.Г., Фирсова Т.И., Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Рябов Р.О. Использование комплексных удобрений в семеноводстве на сортах озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 52-57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.
11. Adhikari T.B., Anderson J.M., Goodwin S.B. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola* // Phytopathology. 2003. 93. P. 1158-1164. DOI: 10.1094/PHYTO.2003.93.9.1158.
12. Brown J.K.M., Chartrain L., Lasserre-Zuber P., Saintenac C. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding // Fungal Genetics and Biology. 2015. 79. P. 33-41. DOI: 10.1016/j.fgb.2015.04.017.
13. Goodwin S.B., Thompson I. Development of isogenic lines for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2011. 47(Special Issue). P. 98-101. DOI: 10.17221/3262-cjgpb.
14. Goodwin S.B., Cavaletto J.R., Hale I.L., Thompson I., Xu S.S., Adhikari T. B., Dubcovsky J. A New Map Location of Gene for Resistance to *Septoria Tritici* Blotch in Wheat // Crop Science. 2015. 55(1). P. 35. DOI: 10.2135/cropsci2013.11.0766.
15. Ponomarenko A., Goodwin S.B., Kema G.H.J. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat // Plant Health Instructor. 2011. doi:10.1094/PHI-I-2011-0407-01.
16. Quaedylied W., Verkley G.J.M., Shin H.D., Barreto R.W., Alfenas A.C., Swart W.J., Crous P.W. Sizing up *Septoria* // Studies in mycology. 2013. No. 75. P. 307-390. DOI: 10.3114/sim0017.
17. Teferi T.A., Gebreslassie Z.S. Occurrence and intensity of wheat *Septoria tritici* blotch and host response in Tigray // Ethiopia. Crop Protection. 2015. 68. P. 67-71. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.10.020.

References

1. Bakulina A.V., Harina A.V., SHirokih A.A. Ceptorioz list'ev i kolosa pshenicy: geneticheskij kontrol' ustojchivosti hozyaina (obzor) [Septoria blotch of wheat leaves and head: genetic control of host resistance (review)] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020. № 2. С. 26-35. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035.
2. Vozhzhova N.N., Marchenko D.M., Ionova E.V. Vyyavlenie genov ustojchivosti k bioticheskim faktoram u obrazcov ozimoy pshenicy [Identification of biotic factors resistance genes in the winter wheat samples] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 6(60). S. 52-55. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-52-5.
3. Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgorniy S.V., Nekrasova O.A., CHernova V.L. Produktivnost' i elementy struktury urozhaya sortov i liniy ozimoy myagkoj pshenicy v konkursnom sortoispytanii v usloviyah «ANC «Donskoj» [Productivity and yield structure elements of the of winter bread wheat varieties and lines in the Competitive Variety Testing in the conditions of the «ARC «Donskoj»] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 3(63). S. 26-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29.

4. Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Nekrasov E.I., Rybas' I.A., Romanyukina I.V., Kravchenko N.S. Novyj rannespelyj sort ozimoy myagkoj pshenicy ZHavoronok [The new early-maturing winter bread wheat variety 'Zhavoronok'] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2021. № 2(74). S. 34–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39.
5. Zeleneva Y.V., Afanasenko O.S., Studnikova V.P. Vliyanie vzdelyvaemykh sortov pshenicy na chastotu vstrechaemosti vidov vozbuditelej septorioza [The impact of the cultivated wheat varieties on frequency of septorios pathogen occurrence] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 5(65). S. 71-76. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-71-76.
6. Kovtun V.I., Samofalova N.E. Selekcija ozimoy myagkoj pshenicy na yuge Rossii [Winter bread wheat breeding in the south of Russia]. Rostov-na-Donu: Kniga. 2006. 480 s.
7. Sanin S.S., Sanina A.A., Motovilina A.A., Paholkova E.V., Korneva L.G., ZHohova T.P., Polyakova T.M. Zashchita pshenicy ot septorioza [Protection of wheat from septoria blotch] // *Zashchita i karantin rastenij*. 2012. № 4. S. 61-82.
8. Sanin S.S., Korneva L.G., Polyakova T.M. Prognoz riska razvitiya epifitotij septorioza list'ev i kolosa pshenicy [Forecast of the risk of developing septoria epiphytotic of wheat leaves and head] // *Zashchita i karantin rastenij*. 2015. № 3. S.33-36.
9. Filenko G.A., Firsova T.I., Skvorcova YU.G. Poteri zerna pri uborke ozimoy pshenicy (obzor) [Loss of grain during winter wheat harvesting (review)] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. № 1(55). S. 28-32.
10. Chertkova N.G., Firsova T.I., Skvorcova YU.G., Filenko G.A., Ryabov R.O. Ispol'zovanie kompleksnykh udobrenij v semenovodstve na sortah ozimoy pshenicy [The use of complex fertilizers in seed production of winter wheat varieties] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2021. № 2(74). S. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.
11. Adhikari T.B., Anderson J.M., Goodwin S.B. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola* // *Phytopathology*. 2003. 93. R. 1158-1164. DOI: 10.1094/PHYTO.2003.93.9.1158.
12. Brown J.K.M., Chartrain L., Lasserre-Zuber P., Saintenac C. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding // *Fungal Genetics and Biology*. 2015. 79. P. 33-41. DOI: 10.1016/j.fgb.2015.04.017.
13. Goodwin S.B., Thompson I. Development of isogenic lines for resistance to *Septoria tritici* blotch in wheat // *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2011. 47(Special Issue). P. 98-101. DOI:10.17221/3262-cjgpb.
14. Goodwin S.B., Cavaletto J.R., Hale I.L., Thompson I., Xu S.S., Adhikari T. B., Dubcovsky J. A New Map Location of Gene for Resistance to *Septoria Tritici* Blotch in Wheat // *Crop Science*. 2015. 55(1). P. 35. DOI:10.2135/cropsci2013.11.0766.
15. Ponomarenko A., Goodwin S.B., Kema G.H.J. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat // *Plant Health Instructor*. 2011. doi:10.1094/PHI-I-2011-0407-01.
16. Quaedylied W., Verkley G.J.M., Shin H.D., Barreto R.W., Alfenas A.C., Swart W.J., Crous P.W. Sizing up *Septoria* // *Studies in mycology*. 2013. No. 75. R. 307-390. DOI: 10.3114/sim0017.
17. Teferi T.A., Gebreslassie Z.S. Occurrence and intensity of wheat *Septoria tritici* blotch and host response in Tigray // *Ethiopia. Crop Protection*. 2015. 68. P. 67-71. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.10.020.

Поступила: 4.10.21; принята к публикации: 8.11.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кононенко О.С., Дерова Т.Г., Шишкин Н.В. – концептуализация исследования и ее интерпретация, сбор данных и подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.