

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т. 14, № 4. 2022 год

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

Перевод на английский язык – Скуйбекина О.Н.

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

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

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 00.07.2022

Дата выхода 28.08.2022. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000

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

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

V. 14, No 4. 2022

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

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

EDITORIAL BOARD:

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

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

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

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

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

English version is of Olga N. Skuybedina.

The official address of the editorial board is 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3.

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

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

The date of the issue is 28.08.2022. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Попова Т. Н. Анализ перспективных популяций люцерны по кормовой продуктивности в условиях Заволжья Саратовской области	5
Игнатьев А. С., Кривошеев Г. Я., Лупиного Д. Р. Исходный материал для селекции восковидных гибридов кукурузы	9
Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Оценка адаптивности ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края	16
Черткова Н. Г., Костылев П. И., Калинина Н. В., Донцова В. Ю., Шумская О. В. Получение регенерантных линий риса методом культуры пыльников	22
Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Результаты исследований реологических и хлебопекарных показателей теста из цельносмолотого биоактивированного зерна овса голозерного в смеси с пшеничной мукой	28
Газе В. Л., Лобунская И. А., Костылев П. И., Филиппов Е. Г. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на растворе осмотиков	34
Кравченко Н. С., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М., Подгорный С. В. Основные критерии отбора селекционного материала озимой мягкой пшеницы на качество зерна	39
Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н., Лушпина О. А., Репешко Ю. В. Оценка коллекционных образцов сорго зернового для селекции новых сортов	46
Костылев П. И., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости проростков риса на осмотическом растворе сахарозы	52
Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Безуглая Т. С., Кравченко Н. С., Иванисова А. С., Кабанова Н. В., Дубинина О. А. Сопряженность признаков качества зерна, крупки и макарон у пшеницы твердой озимой	62
Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Лупиного Д. Р., Арженовская Ю. Б. Сравнительное изучение простых межлинейных и трехлинейных гибридов кукурузы	70

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А. Возможность планирования урожайности зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области	78
Симатин Т. В., Бильдиева Е. А., Ерошенко Ф. В., Калашникова А. А. Влияние предпосевной обработки семян полифункциональными препаратами на содержание хлорофилла, азота и фосфора в растениях озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья	84
Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ковтунов В. В. Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88	91
Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Копман И. К., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Фетюхин И. В. Предшественники и сроки посева сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона в южной зоне Ростовской области	97

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Popova T. N. Analysis of promising alfalfa populations according to feed productivity in the conditions of the Trans-Volga area in the Saratov region	5
Ignatiev A. S., Krivosheev G. Ya., Lupinoga D. R. Initial material for waxy maize hybrids' breeding	9
Morozov N. A., Samsonov I. V., Pankratova N. A. Estimation of spring barley adaptability to the aridity of the Stavropol Territory according to the trait '1000-grain weight'	16
Chertkova N. G., Kostylev P. I., Kalinina N. V., Dontsova V. Yu., Shumskaya O. V. Developing regenerated rice lines by the anther culture method	22
Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. Study results of rheological and baking parameters of dough from wholemeal bioactivated grain of hulless oats mixed with wheat flour	28
Gaze V. L., Lobunskaya I. A., Kostylev P. I., Filippov E. G. Estimation of drought tolerance of spring barley samples in their initial period of development on an osmotic solution	34
Kravchenko N. S., Kopus M. M., Ignatieva N. G., Oldyreva I. M., Podgorny S. V. The study of breeding material of winter bread wheat according to the main criteria of quality	39
Kovtunov V. V., Sukhenko N. N., Lushpina O. A., Repeshko Yu. V. Estimation of the collection grain sorghum samples for breeding of new varieties	46
Kostylev P. I., Aksenov A. V. Estimation of drought resistance of rice samples on an osmotic sucrose solution	52
Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Bezuglaya T. S., Kravchenko N. S., Ivanisova A. S., Kabanova N. V., Dubinina O. A. Correlation between quality traits of kernels, hard semolina, pasta of durum winter wheat	62
Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Lupinoga D. R., Arzhenovskaya Yu. B. Comparative study of simple interline and three-way cross maize hybrids	70

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A. The possibility of planning winter wheat grain productivity in the southern part of the Rostov region	78
Simatin T. V., Bildieva E. A., Eroshenko F. V., Kalashnikova A. A. Effect of pre-sowing seed treatment with polyfunctional products on the chlorophyll and nitrogen content in winter wheat plants in the conditions of the Stavropol Territory	84
Vasilchenko S. A., Metlina G. V., Kovtunov V. V. The effect of sowing dates, methods and seeding rates on productivity of the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88'	91
Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Kopman I. K., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Fetyukhin I. V. Forecrops and sowing dates of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' in the southern part of the Rostov region	97

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.31

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-5-8

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЛЮЦЕРНЫ ПО КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗАВОЛЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Н. Попова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства люцерны, tat.sel.alfalfa@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4387-538X
*Ершовская ОСОЗ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока,
413502, Саратовская область, г. Ершов, п. Тулайково, ул. Центральная, 14а*

В экстремальных климатических условиях степной зоны Саратовской области одним из первостепенных факторов повышения урожайности люцерны являются новые высокопродуктивные и адаптивные сорта. Целью наших исследований было выявление наиболее перспективных популяций по кормовой продуктивности для создания новых высокопродуктивных сортов этой культуры в условиях Заволжья Саратовской области. За стандарт был принят районированный сорт люцерны синей Узень. Сорт включен в 2006 г. в Госреестр по Средневолжскому и Нижневолжскому регионам. Питомник конкурсного сортоиспытания на кормовую продуктивность высевали весной сеялкой СКС-6-10 широкорядно с междурядьем 70 см в шестикратной повторности. Делянки двухрядковые, площадью 18 м². Урожайность зеленой массы учитывали с делянки (т/га) в фазе бутонизация – начало цветения в первом и последующем укосах вручную, в двух повторностях. В среднем сумма укосов у изучаемых образцов составила 20,3–23,1 т/га. Наименьшую урожайность (20,3 т/га) показала популяция 6/14. Самая высокая прибавка урожая была у популяций 7/16, 5/12 и нового сорта Вириная. Они превысили стандартный сорт на 1,6–2,2 т/га. Остальные популяции также незначительно превысили стандартный сорт – на 0,2–0,3 т/га. Максимальный выход кормовых единиц был у популяции 7/16, 1/07 и сорта Вириная – 4,6–4,9 к. ед. т/га. Самый низкий отмечался у популяции 5/08, он составил 4,1 к. ед. т/га. За 2 года исследований по содержанию сырого протеина максимальный показатель был у популяции 5/08 – на 5,50 больше, чем у сорта-стандарта.

Ключевые слова: люцерна, сорт, популяции, кормовая продуктивность, содержание сырого протеина.

Для цитирования: Попова Т. Н. Анализ перспективных популяций по кормовой продуктивности в условиях Заволжья Саратовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 5–8. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-5-8.



ANALYSIS OF PROMISING ALFALFA POPULATIONS ACCORDING TO FEED PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE TRANS-VOLGA AREA IN THE SARATOV REGION

T. N. Popova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for alfalfa breeding and seed production, tat.sel.alfalfa@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4387-538X
*Ershovskaya breeding experimental station, a branch of the FSBSI "FARC of South-East",
413502, Saratov region, Ershov, v. of Tulaykovo, Tsentralnaya Str., 14a*

In the extreme climatic conditions of the steppe area of the Saratov region, one of the primary factors in improving alfalfa productivity are the new highly productive and adaptive varieties. The purpose of the current study was to identify the most promising populations according to feed productivity for the development of new highly productive alfalfa varieties in the conditions of the Trans-Volga area in the Saratov region. The zoned blue alfalfa variety 'Yuzen' was used as the standard variety. The variety was included in the State List in 2006 for the Middle Volga and Lower Volga regions. The plot of the Competitive Variety Testing was sown in the spring with the SKS-6-10 seeder in wide rows with a 70 cm of row spacing in six repetitions. The plots were two-row, with an area of 18 m². Green mass productivity was accounted from the plot (t/ha) in the period 'bud formation-early bloom' in the first and subsequent cuttings by hand, in two repetitions per 1 m² of plot. On average, the amount of productivity of the studied samples was 20.3–23.1 t/ha. The population 6/14 showed the smallest productivity (20.3 t/ha). The largest productivity increase was produced by the populations 7/16, 5/12 and the new variety 'Virineya'. They exceeded productivity of the standard variety on 1.6–2.2 t/ha. The rest populations also slightly exceeded productivity of the standard variety on 0.2–0.3 t/ha. The maximum productivity of feed units was found in the population 7/16, 1/07 and the variety 'Virineya' and it amounted to 4.6–4.9 f.u., t/ha. The minimum one was established in the population 5/08 (4.1 f.u., t/ha). According to crude protein percentage, on average during 2 years of the study, the maximum indicator was shown by the population 5/08, which was on 5.50 more than that of the standard variety.

Keywords: alfalfa, variety, populations, feed productivity, crude protein percentage.

Введение. В государственной программе по обеспечению продовольственной безопасности первостепенной задачей значит-

ся развитие животноводства. Именно поэтому необходимо развивать кормопроизводство. К важнейшим кормовым культурам относится

люцерна. Люцерна (*Medicago sativa* L.) является первостепенным кормовым растением во всем мире, в том числе и в РФ (Гончаров и Лубенец, 1985; Спиридонов, 2019). По сравнению с другими травами, даже бобовыми, люцерна содержит наибольшее количество переваримого белка – как в сырой траве, так и в хорошо приготовленной белково-витаминной травяной муке, сене и сенаже. Кроме белка, в приготовляемых из люцерны кормах есть витамины, переваримые углеводы, жир, органоминеральные соединения кальция, фосфора, калия, магния, серы, натрия и пр. (Попова, 2020). Такие корма используют для кормления всех видов сельскохозяйственных животных, так как они отличаются высокоэффективной питательностью (в 1 кг сухого вещества люцерны содержится 0,79 корм. ед. в фазу бутонизации, 0,53 к. ед. – в фазу цветения, 0,51 к. ед. – в фазу завязываемости семян) (Епифанова и Тимошкин, 2018; Харалгина, 2021).

В экстремальных погодных условиях (засуха, жара, холод и другие стрессовые факторы) Заволжья Саратовской области основным методом повышения урожайности кормовых культур является создание новых адаптированных к разным условиям и высокопродуктивных сортов и гибридов.

Цель исследований – выявить наиболее перспективные популяции по кормовой продуктивности для создания новых адаптивных и высокопродуктивных сортов люцерны в условиях Заволжья Саратовской области.

Материалы и методы исследований.

Опыты проводили в 2019–2021 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания на фуражную продуктивность. Погодные условия вегетации 2019–2021 гг. для люцерны сложились относительно хорошие. Кормовая продуктивность была невысокой, что связано с малым количеством влаги (полива на станции сейчас нет). Пониженный уровень температур в начале лета, отсутствие осадков после второго укоса позволили провести всего два укоса зеленой массы с общим урожаем в среднем за 3 года 21,6 т/га.

Ершовская опытная станция находится в зоне экстремального земледелия. Погодные условия характеризуются резким колебанием температур, количеством и временем выпадения осадков, летом к тому же сухостью воздуха и сильными ветрами. Почвы станции темно-каштановые, содержание гумуса 3,0–3,8 %. Грунтовые воды залегают глубоко.

Предшественник люцерны – черный пар. После уборки озимой пшеницы производили вспашку зяби с оборотом пласта на глубину 20–25 см и 5–6 культиваций пара. Перед посевом люцерны выполнили боронование в два следа, предпосевную культивацию, предпосевное и послепосевное прикатывание. Уход за посевами – междурядная обработка, ручная прополка и борьба с вредителями. Норма высева семян соответствовала зональным требованиям (Найдович и др., 2016; Ступаков и Шумаков, 2010).

Питомник конкурсного сортоиспытания на кормовую продуктивность высевали ранней весной сеялкой СК-6-10 широкорядно с междурядьем 70 см в шестикратной повторности. Делянки двухрядковые, площадью 18 м². Урожайность зеленой массы (т/га) учитывали с делянки площадью 1 м² в фазе бутонизация – начало цветения в первом и последующем укосах вручную в двух повторениях (Попова, 2020, Игнатьев и др., 2018, Исаева и др., 2017).

За стандарт был принят районированный сорт люцерны синей Узень. Правовые параметры: патент № 3401 с приоритетом 09.12.2002 г., допущен к использованию по 7 и 8 регионам России с 2007 года. Сорт выведен методом рекуррентных отборов из коллекционного образца ВИР при систематическом переопылении с образцами рабочей коллекции Ершовской ОСОЗ. Ценность – сочетание толерантности к основным болезням и высокой урожайности семян и корма. Сорт среднеранний.

Результаты исследований и их обсуждение. В условиях Заволжья Саратовской области формируется два полноценных укоса зеленой массы (Царев и др., 1985). Средняя урожайность зеленой массы за 3 года в первом укосе у сорта Узень составила 14,0 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Кормовая продуктивность сортов и популяций люцерны в КСИ, т/га (2019–2021 гг.)
Table 1. Feed productivity of the alfalfa varieties and populations in CVT, t/ha (2019–2021)

Сорт/популяция	Первый укос	По отношению к st	Второй укос	По отношению к st	Сумма двух укосов	По отношению к st
Узень, ст.	14,0	—	6,9	—	20,9	—
Виринея	14,9	0,9	8,2	1,3	23,1	2,2
1/07	14,0	0,0	6,8	–0,1	20,8	–0,1
5/12	14,1	0,1	7,8	0,9	22,5	1,6
6/14	13,3	–0,7	7,0	0,1	20,3	–0,6
5/08	14,1	0,1	7,1	0,2	21,2	0,3
5/10	14,2	0,2	6,9	0,0	21,1	0,2
7/16	15,3	1,3	7,7	0,8	23,0	2,1
НСР _{0,5}	0,78					
F _{факт.}	4,87*					

*Существенно на 5 % уровне значимости.

В среднем по вариантам опыта урожайность была 13,3–15,3 т/га. У популяции 6/14 урожайность ниже на 0,7 т/га по сравнению со стандартом. Максимальная урожайность отмечалась у популяции 7/16 – на 1,3 т/га больше, чем у сорта-стандарта. Также выше стандарта урожай у популяции 5/10 и нового сорта Вириная – на 0,2 и 0,9 т/га соответственно.

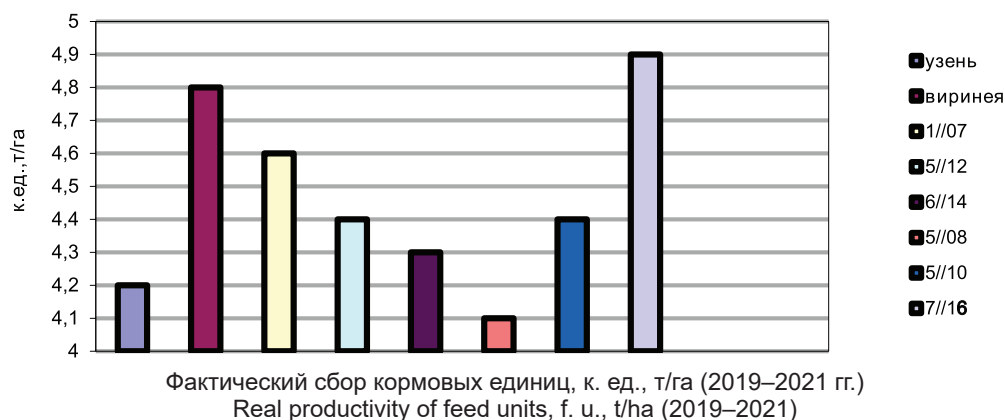
Второй укос характеризовался снижением урожая почти в 2 раза по сравнению с первым, среднее значение по опыту получилось 6,8–8,2 т/га зеленой массы люцерны. У популяции 1/07 было отмечено снижение урожайности на 0,1 т/га по сравнению со стандартом. Популяции 7/16, 5/12 и сорт Вириная, как и в первом укосе, превысили по урожайно-

сти зеленой массы все остальные образцы. Она составила 7,7–8,2 т/га, что выше на 0,8–1,3 т/га, чем у сорта Узень.

В среднем сумма двух укосов у изучаемых образцов составила 20,3–23,1 т/га. Наименьшую урожайность (20,3 т/га) показала популяция 6/14. Самая высокая урожайность у популяций 5/12, 7/16 и сорта Вириная. Они превысили сорт-стандарт на 1,6–2,2 т/га.

Для оценки кормовой продуктивности также был проанализирован такой показатель, как фактический сбор кормовых единиц (к.ед.) (Петрук, 2009).

По результатам исследований 2019–2021 гг. данный показатель составил 4,1–4,9 т/га (см. рисунок).



Максимальный этот показатель был у популяций 7/16, 1/07 и сорта Вириная, выход кормовых единиц составил 4,6–4,9 к. ед. т/га. Самый низкий отмечался у популяции 5/08 – 4,1 к. ед. т/га.

Еще одним из важнейших показателей продуктивности является содержание сырого протеина в сухой массе, оно отражает протеиновую ценность корма. По результатам исследований получили следующие данные (табл. 2).

Таблица 2. Содержание сырого протеина в сухой массе люцерны, % (2020–2021 гг.)
Table 2. Crude protein percentage in dry mass of alfalfa, % (2020–2021)

Сорта	2020	По отношению к стандарту	2021	По отношению к стандарту
Узень, ст.	19,38	–	15,19	–
Вириная	12,63	–6,75	17,75	3,25
1/07	19,88	0,50	17,88	2,69
5/12	19,07	–0,31	16,50	1,31
6/14	17,72	–1,66	17,81	2,62
5/08	20,76	1,38	20,69	5,50
5/10	19,41	0,30	18,69	3,50
Среднее		18,10		

В среднем за 2 года исследований содержание протеина составила 18,10 %. Самое низкое содержание в 2020 г. было у сорта Вириная (12,63 %), в 2021 г. – у сорта-стандарта Узень (15,19 %). Максимальное значение в среднем за 2 года было у популяции 5/08 – на 5,50 % больше, чем у стандарта. Данные по содержанию протеина по популяции 7/16 отсутствуют.

Выводы. В результате исследований самые высокие показатели получили: 1) по кормовой продуктивности (сумма двух укосов): популяция 7/16 – 23,0 т/га, популяция 5/12 – 22,5 т/га, сорт Вириная – 23,1 т/га; 2) по содер-

жанию кормовых единиц: популяция 7/16 – 4,9 к.ед. т/га, популяция 1/07 – 4,6 к.ед. т/га, сорт Вириная – 4,8 к. ед. т/га; 3) по содержанию сырого протеина – популяция 5/08 – 5,50 %, популяция 5/10 – 3,50 %; 4) новый сорт Вириная за годы исследований показал себя наиболее перспективным из всех сортов по кормовой продуктивности и хорошему отращиванию после укосов; 5) популяции 5/12, 5/08 и сорт Вириная в дальнейшем могут служить исходным материалом для создания новых адаптированных и высокопродуктивных сортов люцерны в условиях Заволжья Саратовской области.

Библиографические ссылки

1. Гончаров П. Л., Лубенец П. А. Биологические аспекты возделывания люцерны. Новосибирск: Наука, 1985. 256 с.
2. Епифанова И. В., Тимошкин О. А. Оценка образцов люцерны на засухоустойчивость в условиях Среднего Поволжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 4 (364). С. 48–51. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-14062.
3. Игнатъев С. А., Грязева Т. В., Метлина Г. В., Игнатъева Н. Г. Перспективный сорт люцерны изменчивой Голубка // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1 (55). С. 20–24. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-55-1-20-23.
4. Исаева Н. Л., Малышева Н. Ю., Малышев Л. Л., Вавкина Н. В. Результаты изучения сортов люцерны в Центрально-Черноземной зоне // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т. 178, № 2. С. 56–63.
5. Найдович В. А., Попова Т. Н., Кузнецов П. А. Реакция сортов и популяций люцерны на жару и засуху в Поволжье // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 2–3. С. 30–33.
6. Попова Т. Н. Селекция и семеноводство люцерны в Заволжье // Всероссийский научно-практический журнал «Аграрный вестник Юго-Востока». 2020. № 1(24). С. 8–10.
7. Петрук В. А. Сравнительная характеристика химического состава и продуктивности сеяных многолетних трав в степной зоне Тывы и лесостепи Новосибирской области // Вестник НГАУ. 2009. № 1(9). С. 5–9.
8. Спиридонов А. М. Продуктивность сортов люцерны изменчивой и синей в условиях Северо-Запада России // Сельскохозяйственные науки. Агрономия. 2020. С. 16–22. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-13016.
9. Ступаков И. А., Шумаков А. В. Совершенствование технологии возделывания люцерны в Центральном Черноземье // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 1. С. 51–54.
10. Харалгина О. С. Урожайность зеленой массы и продуктивность люцерны изменчивой в северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12. С. 110–115. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-110-115.
11. Царев А. П., Денисов Е. П., Угенфухт В. Ф. Люцерна в Саратовской области. Саратов: Приволж. книж. изд-во, 1985. 88 с.

References

1. Goncharov P. L., Lubenec P. A. Biologicheskie aspekty vozdel'yvaniya lyucerny. [Biological aspects of alfalfa cultivation]. Novosibirsk: Nauka, 1985. 256 s.
2. Epifanova I. V., Timoshkin O. A. Ocenka obrazcov lyucerny na zasuhoustojchivost' v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Estimation of alfalfa samples for drought resistance in the Middle Volga region] // Mezhdunarodnyj sel'skhozaystvennyj zhurnal. 2018. № 4 (364). S. 48–51. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-14062.
3. Ignat'ev S. A., Gryazeva T. V., Metlina G. V., Ignat'eva N. G. Perspektivnyj sort lyucerny izmenchivoj Golubka [The promising alfalfa variety 'Golubka'] // Zernovoe hoz'yajstvo Rossii. 2018. № 1 (55). S. 20–24. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-55-1-20-23.
4. Isaeva N. L., Malysheva N. YU., Malyshev L. L., Vavkina N. V. Rezul'taty izucheniya sortov lyucerny v central'no-chernozemnoj zone [The study results of alfalfa varieties in the Central Blackearth region] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2017. T. 178, № 2. S. 56–63.
5. Najdovich V. A., Popova T. N., Kuznecov P. A. Reakciya sortov i populyacij lyucerny na zharu i zasuhu v Povolzh'e [Reaction of alfalfa varieties and populations to heat and drought in the Volga region] // Rossijskaya sel'skhozaystvennaya nauka. 2016. № 2–3. S. 30–33.
6. Popova T. N. Selekcija i semenovodstvo lyucerny v Zavolzh'e [Alfalfa breeding and seed production in the Volga region] // Vserossijskij nauchno-prakticheskij zhurnal «Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka». 2020. № 1(24). S. 8–10.
7. Petruk V. A. Sravnitel'naya harakteristika himicheskogo sostava i produktivnosti seyanyh mnogoletnih trav v stepnoj zone Tyvy i lesostepi Novosibirskoj oblasti [Comparative characteristics of the chemical composition and productivity of sown perennial grasses in the Tyva steppe and the forest-steppe of the Novosibirsk region] // Vestnik NGAU. 2009. № 1 (9). S. 5–9.
8. Spiridonov A. M. Produktivnost' sortov lyucerny izmenchivoj i sinej v usloviyakh Severo-Zapada Rossii [Productivity of variable and blue alfalfa varieties in the conditions of the North-West of Russia] // Sel'skhozaystvennyye nauki. Agronomiya. 2020. S. 16–22. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-13016.
9. Stupakov I. A., SHumakov A. V. Sovershenstvovanie tekhnologii vozdel'yvaniya lyucerny v Central'nom CHernozem'e [Improving alfalfa cultivation technology in the Central Blackearth regio] // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skhozaystvennyh nauk. 2010. № 1. S. 51–54.
10. Haralgina O. S. Urozhajnost' zelenoj massy i produktivnost' lyucerny izmenchivoj v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti [Productivity of green mass and variable alfalfa productivity in the northern forest-steppe of the Tyumen region] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 12. S. 110–115. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-110-115.
11. Carev A. P., Denisov E. P., Ugenfuht V.F. Lyucerna v Saratovskoj oblasti [Alfalfa in the Saratov region]. Saratov: Privolzh. knizh. izd-vo, 1985. 88 s.

Поступила: 25.05.22; доработана после рецензирования: 08.06.22; принята к публикации: 17.06.22.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попова Т.Н. – исследования, анализ и написание статьи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ВОСКОВИДНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatjev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;
Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
Д. Р. Лупинога, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, dina.ladydi@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146
ФГБНУ «АНЦ «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Разновидность восковидной кукурузы отличается от других разновидностей тем, что ее зерно содержит только амилопектиновый крахмал, который считается очень ценным продуктом в пищевой, технической промышленности и медицине. Недостаточное количество исходного материала сдерживает создание российских гибридов разновидности восковидной кукурузы. Цель исследований – создание и выделение самоопыленных линий, перспективных для селекции высококрахмалистых восковидных гибридов кукурузы. Исследования были выполнены в 2019–2021 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве исходного материала использовали 54 новые константные самоопыленные линии восковидной кукурузы, созданные стандартным методом. Выделены самоопыленные линии 24/5, 24/18, 24/29(5), 24/78, 25/2(3), 26/8 с содержанием амилопектинового крахмала 68,1–70,2 %. Новые линии характеризовались высокими значениями важнейших признаков: семенная продуктивность (0,91–1,75 т/га), устойчивость к полеганию (0–0,6 % полегших растений), поражению пузырчатой головней (0–3,6 % пораженных растений), низкой и средней уборочной влажностью зерна (14,7–16,3 %). Выделенные линии рекомендованы для включения в программы скрещиваний по созданию новых гибридов восковидной кукурузы. Установлено, что содержание амилопектинового крахмала в зерне самоопыленных линий кукурузы отрицательно сопряжено с содержанием белка ($r = -0,55$) и жира ($r = -0,29$), что необходимо учитывать при отборе в процессе создания исходного материала. Выявлена средняя положительная зависимость содержания крахмала от семенной продуктивности ($r = 0,33$) и количества початков на одном растении ($r = 0,33$). Отбор генотипов с высокими значениями этих признаков рекомендуется при создании высококрахмалистого исходного материала восковидной кукурузы.

Ключевые слова: восковидная кукуруза (*Zea mays seratina* L), самоопыленные линии, амилопектиновый крахмал, хозяйственно ценные признаки.

Для цитирования: Игнатьев А. С., Кривошеев Г. Я., Лупинога Д. Р. Исходный материал для селекции восковидных гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 9–15. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-9-15.



INITIAL MATERIAL FOR WAXY MAIZE HYBRIDS' BREEDING

A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatjev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;
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;
D. R. Lupinoga, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, dina.ladydi@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

A waxy maize variety differs from other varieties, as its grain contains only amylopectin starch, which is considered a very valuable product for use in food, technical industry, and medicine. An insufficient amount of initial material hinders the development of Russian waxy maize hybrids. The purpose of the current study was to develop and select self-pollinated lines that could be promising for breeding waxy starchy maize hybrids. The study was carried out in the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" in 2019–2021. As the initial material there were used 54 new constant self-pollinated waxy maize lines, developed by the standard method. There have been identified such self-pollinated lines as 24/5, 24/18, 24/29(5), 24/78, 25/2(3), 26/8 with 68.1–70.2 % of amylopectin starch. The new lines were characterized by high values of the most important traits, namely seed productivity (0.91–1.75 t/ha), resistance to lodging (0–0.6 % of lodging plants), smut 'virus' infection (0–3.6 % of infected plants), low and medium harvesting moisture content of grain (14.7–16.3 %). The identified lines can be recommended for use in crossbreeding programs to develop new waxy maize hybrids. There has been established that amylopectin starch percentage in grain of self-pollinated maize lines negatively correlates with protein percentage ($r = -0.55$) and oil ($r = -0.29$), which must be taken into account when selecting for initial material. There has been established a mean positive correlation between starch percentage and seed productivity ($r = 0.33$) and number of cobs per 1 plant ($r = 0.33$). The selection of genotypes with high values of these traits has been recommended when developing a starchy initial material of waxy maize.

Keywords: waxy maize (*Zea mays seratina* L), self-pollinated lines, amylopectin starch, economically valuable traits.

Введение. По своей универсальности кукуруза считается непревзойденной культурой. Одно из направлений хозяйственного применения – получение крахмала. Крахмал в зерне гибридов кукурузы, используемых на фуражные цели, на $\frac{3}{4}$ состоит из амилопектина и на $\frac{1}{4}$ из амилозы. Особую ценность представляет крахмал, состоящий из амилопектина. Он считается ценным сырьем для использования в пищевой, технической промышленности и медицине.

Разновидность восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*) отличается от других разновидностей тем, что ее зерно содержит полностью амилопектиновый крахмал. У восковидной кукурузы аллели *WX* находятся в гомозиготном состоянии, благодаря чему формируется только крахмал (Хатефов и др., 2019).

Зарубежные селекционно-семеноводческие фирмы интенсивно ведут работу по созданию гибридов кукурузы с амилопектиновым крахмалом в зерне. Выполнены исследования на высокую урожайность и раннеспелость восковидной кукурузы (Hussan et al., 2014). При этом они часто используют рекуррентный периодический отбор для повышения урожайности восковидных популяций (Khamkoh et al., 2019).

Предприняты попытки совместить в генотипе восковидной кукурузы высокое содержание белка с высоким содержанием амилопектина (Edu, et al., 2020). О выделении образцов восковидной кукурузы, сочетающих высокую урожайность и устойчивость к болезням, сообщают другие исследователи (Sukto et al., 2021).

Зарубежные ученые придают особое значение созданию и оценке нового исходного материала. Китайские ученые провели всестороннюю оценку 120 новых инбредных линий и выделили перспективные для дальнейшей селекции (Feng et al., 2022). О создании новых высокоурожайных восковидных гибридов заявляют и другие исследователи (Zhang et al., 2021).

В Белоруссии осуществляется разработка методов идентификации генотипов восковидной кукурузы (Вакула и др., 2018).

Изучение подvida восковидной кукурузы в Российской Федерации пока ведется менее интенсивно, чем за рубежом. Тем не менее следует отметить тенденцию к усилению таких исследований. Пока же гибриды восковидной кукурузы, используемые в России, зарубежного происхождения. Создание отечественных гибридов сдерживает недостаточное количество и разнообразие исходного материала (Хатефов и др., 2018). Начаты работы по созданию и оценке отечественных самоопыленных линий восковидной кукурузы (Кривошеев и Игнатев, 2017). Однако для того чтобы успешно конкурировать с иностранными селекционными учреждениями, необходимо интенсивно вести эти исследования в больших объемах.

Цель исследований – создание и выделение самоопыленных линий, перспективных для селекции высококрахмалистых восковидных гибридов кукурузы.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили в 2019–2021 гг. на полях севооборота лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Климат зоны умеренно-континентальный (ГТК = 0,7). Фактором, лимитирующим урожай, является влага. За период вегетации в среднем выпадает 225,5 мм осадков. Годы проведения полевых опытов различались по влагообеспеченности. За вегетационный период выпало осадков: в 2019 г. – 70,8 %, в 2020 г. – 99,0 %, в 2021 г. – 108,5 % от среднегодовой нормы.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощность плодородного слоя до 140 см. Содержание гумуса в пахотном слое 3,6–4,0 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 20–23 мг/кг, обменного калия – 300–400 мг/кг (по Мачигину).

В качестве объекта исследований служили 54 константные (I6) линии восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina* L.). Создание линий выполнено стандартным методом в «АНЦ «Донской».

Полевые опыты заложены согласно Методическим рекомендациям по сортоиспытанию с.-х. культур (1980). Биохимическую оценку проводили классическим методом, а именно: крахмал – по Эвересу, белок – по Кьельдалю, жир – по методу Рушковского. Для классификации линий кукурузы по содержанию крахмала, белка и жира использовали Классификатор вида *Zea mays* L. (1980). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по Доспехову Б. А. (2014).

Результаты и их обсуждение.

По результатам биохимического анализа установлено, что содержание крахмала в зерне самоопыленных линий кукурузы варьировало от 62,7 до 70,2 %. Только две линии (24/50, 24/30(3), 27/47, 27/51) имели низкое содержание крахмала (менее 64,0 %), две линии (24/5 и 26/8) отличались высоким (более 68,5 %), остальные – средним содержанием крахмала (рис. 1).

Более половины изучаемых линий имели содержание крахмала в интервале от 66 до 68 %. В целом распределение линий было сходно с нормальным.

Выделены генотипы, отличающиеся более высоким содержанием амилопектинового крахмала в зерне по сравнению с остальными. Среди них 24/5 (70,2 %), 24/18 (68,4 %), 24/29(5) (68,1 %), 24/78 (68,1 %), 25/2(3) (68,2 %), 25/64(10) (68,1 %), 25/69 (68,5 %), 26/8 (69,5 %) (табл. 1).

Содержание белка по линиям варьировало от низкого до высокого (10,3–12,8 %). Содержание жира среднее – 4,7–5,6 %.

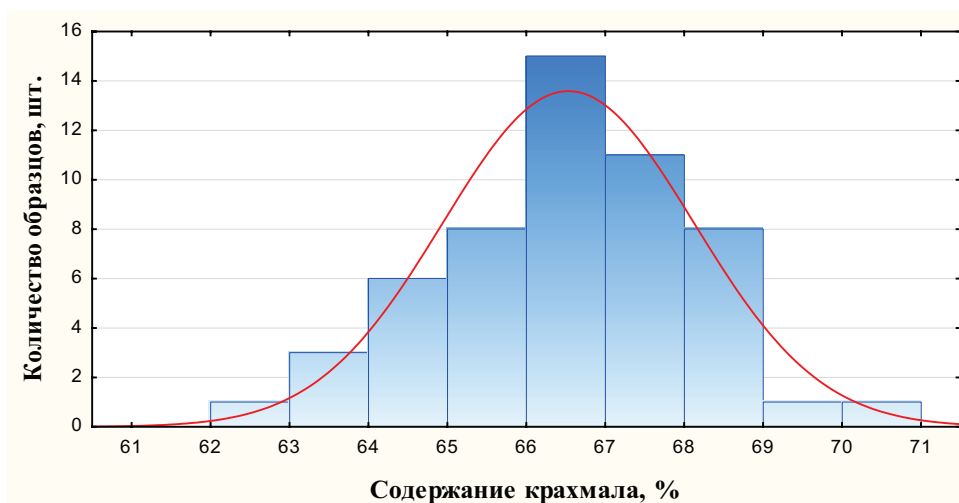


Рис. 1. Распределение линий восковидной кукурузы по содержанию крахмала в зерне (2019–2021 гг.)
Fig. 1. Distribution of waxy maize lines due to starch percentage in grain (2019–2021)

Таблица 1. Биохимический состав зерна лучших самоопыленных линий кукурузы (2019–2021 гг.)

Table 1. Biochemical composition of grain of the best self-pollinated maize lines (2019–2021)

Линии	Содержание в спелом зерне, %		
	жир	белок	крахмал
24/5	4,7	11,0	70,2
24/18	5,6	10,9	68,4
24/29(5)	5,0	11,5	68,1
24/78	5,1	12,6	68,1
25/2(3)	5,3	12,1	68,2
25/64(10)	5,0	12,8	68,1
25/69	4,8	11,6	68,5
26/8	5,4	10,3	69,5
S	0,3	0,9	1,6

Семенная продуктивность выделенных линий составила 0,91–1,75 т/га, прикорневое полегание отсутствовало либо было слабым (0–3,6 %). Уборочная влажность зерна составила 13,5–16,6 %. Большая часть из линий (24/5, 24/18, 24/29(5), 24/78, 25/2(3) на естественном

фоне не имели растений, пораженных пузырчатой головней. У линий 25/64 (10) и 25/69 поражение достигало 8,6 и 7,9 %, поэтому их следует считать менее ценными для использования в дальнейшей работе (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика самоопыленных линий восковидной кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 2. Characteristics of the self-pollinated waxy maize lines (2019–2021)

Линии	Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Продолжительность периода «всходы – цветение початков», дней	Поражение пузырчатой головней, %	Полегших растений, %
24/5	0,91	15,6	69,5	0	3,6
24/18	1,57	16,3	70,0	0	0
24/29(5)	1,09	14,7	70,5	0	1,2
24/78	0,96	14,2	68,0	0	0,6
25/2(3)	0,99	15,9	70,5	0	0
25/64(10)	0,91	13,5	69,0	8,6	0
25/69	1,35	16,6	71,5	7,9	6,6
26/8	1,75	15,7	66,5	0,6	0
НСР ₀₅	0,30	–	–	–	–

Все остальные линии (24/5, 24/18, 24/29(5), 24/78, 25/2(3), 26/8) следует считать перспективными для селекции восковидных гибридов кукурузы. Продолжительность периода

«всходы – цветение початков» у них составила 66,5–70,5 дней, что соответствует среднеспелой группе. Они рекомендованы для включения в программы по созданию новых гибридов.

Один из важнейших хозяйственно ценных признаков – семенная продуктивность. Высокий урожай семян у линий подвиды воско-

видной кукурузы формировался за счет различных признаков продуктивности (табл. 3).

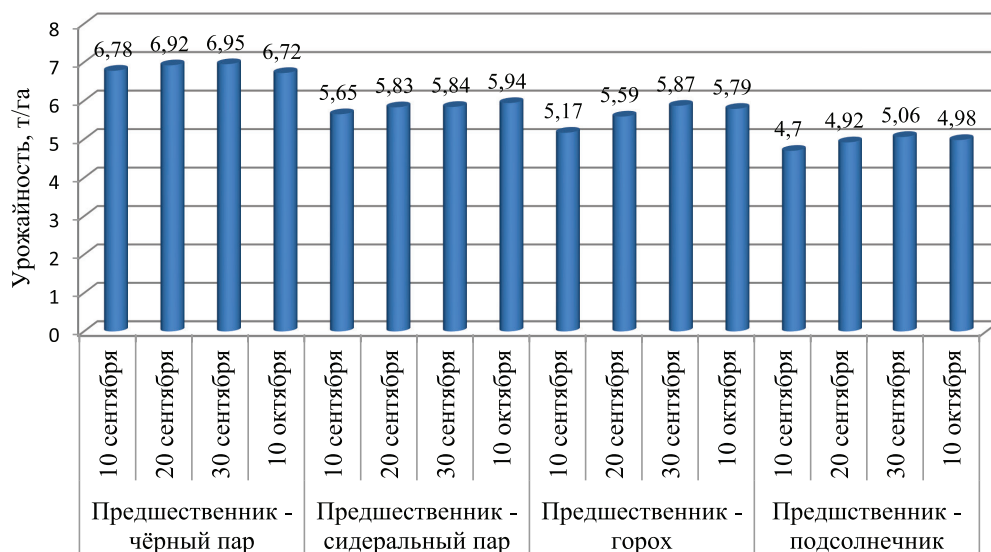
Таблица 3. Элементы структуры урожая зерна линий восковидной кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 3. Grain yield structure elements of waxy maize lines (2019–2021)

Линии	Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га	Количество початков на 1 растении, шт.	Масса 1 початка, г	Масса 1000 семян, г	Выход зерна, %	Количество на початке, шт.		
						рядов зерен	зерен в ряду	зерен
24/5	0,91	0,9	50,1	177	70,5	16	22,5	360,0
24/18	1,57	0,9	58,3	187	82,3	14	27	378,0
24/29(5)	1,09	0,9	58,1	198	70,9	14,5	29,5	427,8
24/78	0,96	1,2	55,8	221	82,5	18	25	450,0
25/2(3)	0,99	0,9	51,2	133	73,3	18,5	27	499,5
25/64(10)	0,91	1,1	62,6	198	70,3	16	30	480,0
25/69	1,35	0,8	66,7	204	78,5	14,5	24,5	355,3
26/8	1,75	0,9	70,0	240	72,3	15	26	390,0
S	0,4	0,4	31,4	44,0	31,5	1,8	7,8	126,5

Большее количество початков, приходящихся на одно растение (1,10–1,20) отмечено у линий 24/78 и 25/64(10). Наиболее крупным початком отличались линии 25/69 и 26/8 (66,7 и 70,0 г соответственно). Крупное зерно (массу 1000 семян) имели линии 24/78 (221 г) и 26/8 (240 г). Высокий выход зерна получен у линий 24/18 (82,3 %) и 24/78 (82,5 %). Самым большим количеством зерен на початке отличались линии 25/2(3) (500 шт.) и 25/64(10) (480 шт.).

При создании исходного материала для селекции высококрахмалистых гибридов перво-

степенное значение имеет признак «содержание крахмала в зерне». Практический интерес могут представлять сведения о том, как сочетается высокое содержание крахмала с высокими значениями других хозяйственных признаков. Выявлено, что высокое содержание крахмала и белка в одном генотипе трудно совместить ($r = -0,55$). То же самое имело отношение и к совмещению крахмала и жира ($r = -0,29$). В первом случае зависимость была средней, во втором – слабой, но коэффициент корреляции значим при $P_{0,05}$ (рис. 2).



НСР₀₅=0,28

1 – содержание белка, 2 – содержание жира, 3 – количество зерен в ряду початка, 4 – количество зерен на початке, 5 – количество рядов зерен, 6 – масса 1000 зерен, 7 – выход зерна, 8 – уборочная влажность зерна, 9 – период «всходы – цветение початков», 10 – масса 1 початка, 11 – количество початков на 1-м растении, 12 – урожайность зерна

Рис. 2. Коэффициенты корреляции между содержанием крахмала и различными признаками (2019–2021 гг.)
Fig. 2. Correlation coefficients between starch percentage and various traits (2019–2021)

Установлена средняя положительная зависимость между содержанием крахмала, с одной стороны, и урожайностью линий, количеством початков на растении – с другой ($r = 0,33$). Между другими хозяйственно ценны-

ми признаками и содержанием крахмала в зерне не выявлено существенной зависимости.

Снижение содержания крахмала при увеличении белка и жира в зерне продемонстрировано на графиках (рис. 3).

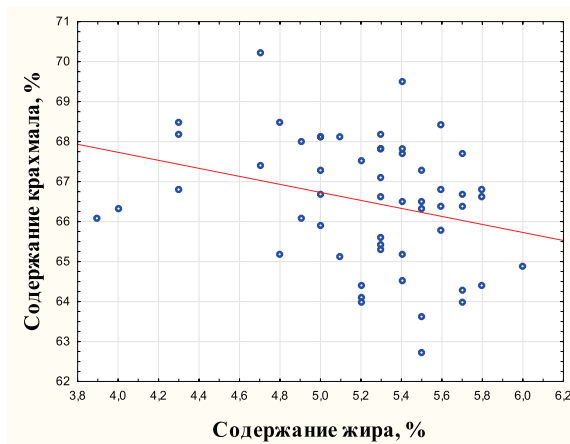
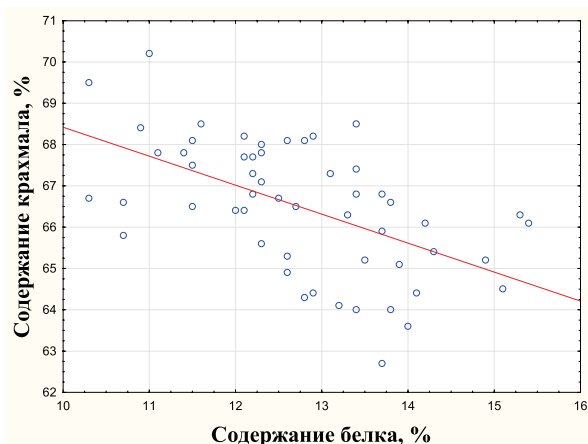


Рис. 3. Связь между содержанием в зерне крахмала, белка и жира у восковидной кукурузы (2019–2020 гг.)
Fig. 3. Correlation among starch, protein, and oil in waxy maize grain (2019–2020)

При создании и выделении высококрахмалистого исходного материала целесообразен отбор образцов с пониженным содержанием белка и жира в зерне восковидной кукурузы.

На следующих графиках наблюдается тенденция к увеличению содержания крахмала с ростом урожайности и початков на одном растении у образцов восковидной кукурузы (рис. 4).

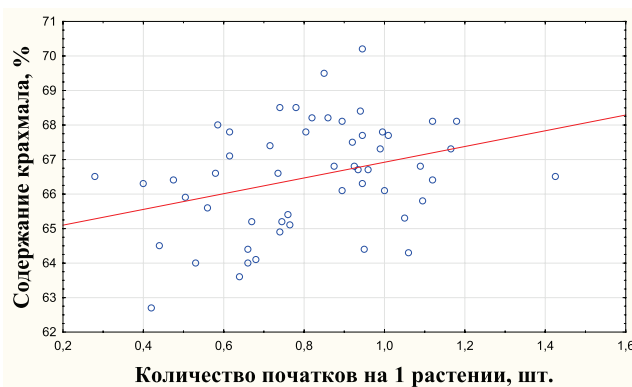
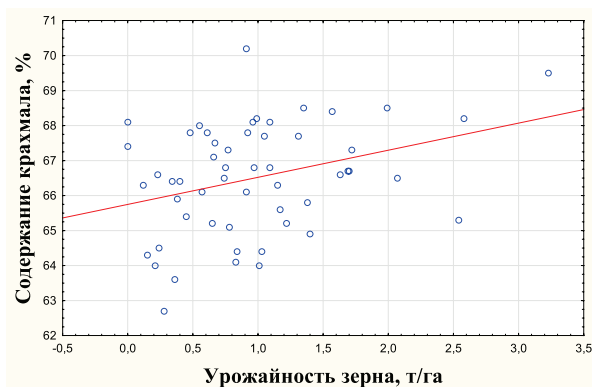


Рис. 4. Связь между количеством початков на растении, урожаем зерна и содержанием крахмала в зерне восковидной кукурузы (2019–2020 гг.)
Fig. 4. Correlation among number of cobs per 1 plant, grain productivity and starch percentage in waxy maize grain (2019–2020)

Позитивный отбор образцов по урожайности и количеству початков на растении может иметь положительный эффект при создании линий восковидной кукурузы с повышенным содержанием крахмала.

Выводы. Содержание амилопектинового крахмала в зерне новых самоопыленных линий кукурузы составило 62,7–70,2 %.

Выделены новые самоопыленные линии 24/5, 24/18, 24/95(5), 24/78, 25/2(3), 26/8 с содержанием амилопектинового крахмала 68,1–70,2 %. Они не полегли либо имели небольшое количество полегших растений (0–3,6%), отсутствие либо слабое поражение

пузырчатой головней (0–0,6 %), низкую и среднюю уборочную влажность зерна (13,5–16,6 %). Семенная продуктивность линий составила 0,91–1,75 т/га.

Формирование высокого урожая зерна обуславливалось различными признаками продуктивности, не выявлено элемента структуры урожая зерна, который у восковидной кукурузы имеет первостепенное значение.

Установлено, что между содержанием крахмала в зерне восковидной кукурузы, с одной стороны, и содержанием белка, жира – с другой, имеется отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,55$ и $r = -0,29$ соответствен-

но). Положительная связь выявлена между содержанием крахмала и урожайностью зерна ($r = 0,33$), количеством початков на одном растении ($r = 0,33$). Выявленные закономерности

следует учитывать при отборе в процессе создания новых самоопыленных линий восковидной кукурузы.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.
2. Вакула С. И., Орловская О. А., Хотылева Л. В., Кильчевский А. В. SSR-локусы, потенциально ассоциированные с высоким содержанием амилопектина в эндосперме зерна кукурузы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 6. С. 640–647. DOI: 10.18699/VJ18.405.
3. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Селекционная ценность образцов подвита восковидной кукурузы (*Zea mays l. ceratina*) // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 1. С. 39–43.
4. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.
5. Хатефов Э. Б., Матвеева Г. В., Хачидогов А. В., Кагермазов А. М., Казмахов А. В. Ресурсный потенциал коллекции кукурузы ВИР как источник амилопектинового крахмала // АПК России. 2018. Т. 25. С. 244–248.
6. Хатефов Э. Б., Аппаев С. П., Коцева А. Р. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 57–62.
7. Edy, Takdir A., Numba S., Ibrahim B. Heritability of agronomic characters of Srikandi Putih x local waxy corn // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 484. Iss. 119. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012027>.
8. Feng X., Pan T., Xiong H., Wang Q., Li J., Zhang X., Hu E., Lin H., Zheng H., Lu Y. Investigation on Important Target Traits and Breeding Potential of 120 Sweet and Waxy Maize Inbred Lines in the South of China // Scientia Agricultura Sinica. 2022. Vol. 55. Iss. 5. P. 856–873. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2022.05.003.
9. Hussanun S., Suriarn B., Lertrat K. Yield and early maturity response to four cycles of modified mass selection in purple waxy corn // Turkish Journal of Field Crops. 2014. Vol. 19. P. 84–89. DOI: 10.17557/tjfc.70781.
10. Khamkoh W., Ketthaisong D., Lomthaisong K., Lertrat K., Suriarn B. Recurrent selection method for improvement of lutein and zeaxanthin in orange waxy corn populations // Australian Journal of Crop Science. 2019. Vol. 13. Iss. 4. P. 566–573. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.04.p1507.
11. Sukto S., Lomthaisong K., Sanitchon J., Chankaew S., Falab S., Lübbertstedt T., Lertrat K., Suriarn B. Breeding for prolificacy, total carotenoids and resistance to downy mildew in small-ear waxy corn by modified mass selection // Agronomy. 2021. Vol. 11. 1793. DOI: 10.3390/agronomy11091793.
12. Zhang C., Yu T., Wen S., Zhang W., Chen L. A New Waxy Corn Cultivar 'Jinnuo 2' // Acta Horticulturae Sinica. 2021. Vol. 48. P. 2867–2868. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2021-0017.

References

1. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
2. Vakula S. I., Orlovskaya O. A., Khotyleva L. V., Kil'chevskii A. V. SSR-lokusy, potentsial'no assotsiirovannye s vysokim soderzhanie amilopektina v endosperme zerna kukuruzy [SSR-loci which are potentially associated with high levels of amylopectin in maize endosperm] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. T. 22, № 6. S. 640–647. DOI: 10.18699/VJ18.405.
3. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Seleksionnaya tsennost' obraztsov podvida voskovidnoi kukuruzy (*Zea mays l. seratina*) [Breeding value of the samples of the waxy maize subspecies (*Zea mays l. ceratina*)] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. № 1. S. 39–43.
4. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s ku-kuruzoi [Methodical recommendations for conducting field trials with maize]. Dnepropetrovsk: VNII kukuruzy, 1980. 54 s.
5. Khatefov E. B., Matveeva G. V., Khachidogov A. V., Kagermazov A. M., Kazmakhov A. V. Resursnyi potentsial kollektzii kukuruzy vir kak istochnik amilopektinovogo krakhmala [Resource potential of the VIR collection of maize as a source of amylopectin starch] // APK Rossii. 2018. T. 25. S. 244–248.
6. Khatefov E. B., Appaev S. P., Kotseva A. R. Sozdanie i otsenka novykh istochnikov amilopektinovogo krakhmala na osnove linii voskovidnoi kukuruzy (*Zea mays ceratina*) iz kollektzii VIR [Development and estimation of new sources of amylopectin starch based on waxy maize (*Zea mays ceratina*) lines from the VIR collection] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 1. S. 57–62.
7. Edy, Takdir A., Numba S., Ibrahim B. Heritability of agronomic characters of Srikandi Putih x local waxy corn // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 484. Iss. 119. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012027>.
8. Feng X., Pan T., Xiong H., Wang Q., Li J., Zhang X., Hu E., Lin H., Zheng H., Lu Y. Investigation on Important Target Traits and Breeding Potential of 120 Sweet and Waxy Maize Inbred Lines in the South of China // Scientia Agricultura Sinica. 2022. Vol. 55. Iss. 5. P. 856–873. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2022.05.003.
9. Hussanun S., Suriarn B., Lertrat K., Yield and early maturity response to four cycles of modified mass selection in purple waxy corn // Turkish Journal of Field Crops. 2014. Vol. 19. P. 84–89. DOI: 10.17557/tjfc.70781.

10. Khamkoh W., Ketthaisong D., Lomthaisong K., Lertrat K., Suriharn B. Recurrent selection method for improvement of lutein and zeaxanthin in orange waxy corn populations // Australian Journal of Crop Science. 2019. Vol. 13. Iss. 4. P. 566–573. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.04.p1507.

11. Sukto S., Lomthaison K., Sanitchon J., Chankaew S., Falab S., Lübberstedt T., Lertrat K., Suriharn K. Breeding for prolificacy, total carotenoids and resistance to downy mildew in small-ear waxy corn by modified mass selection // Agronomy. 2021. Vol. 11. 1793. DOI: 10.3390/agronomy11091793.

12. Zhang C., Yu T., Wen S., Zhang W., Chen L. A New Waxy Corn Cultivar 'Jinnuo 2' // Acta Horticulturae Sinica. 2021. Vol. 48. P. 2867–2868. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2021-0017.

Поступила: 13.07.22; доработана после рецензирования: 01.08.22; принята к публикации: 1.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРИЗНАКУ «МАССА 1000 ЗЕРЕН» К ЗАСУШЛИВЫМ УСЛОВИЯМ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Н. А. Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции зерновых культур, директор ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

И. В. Самсонов, заведующий лабораторией селекции ячменя, ivan_samsonov.84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

Н. А. Панкратова, младший научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, nata.pankratova.1967@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

Прикумская опытно-селекционная станция – филиал

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,

356803, Ставропольский край, Буденновский р-он, г. Буденновск, ул. Вавилова, 4;

e-mail: fgupposs@mail.ru

Необходимым условием для стабильного роста зернового производства ячменя в стране является расширение посевов, наиболее адаптированных к условиям региона сортов, способных обеспечить высокий и стабильный уровень продуктивности в изменяющихся условиях среды. Продуктивность – это сложный количественный показатель, который складывается за счет различных элементов структуры урожая, одним из которых является масса 1000 зерен. Целью данного исследования была оценка образцов ячменя различного географического происхождения на адаптивность по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края и их дальнейшее использование в селекционной работе. Материалом для исследования послужили 60 образцов ячменя. Для определения стабильности использовали коэффициент вариации (V %), экологическую пластичность (bi), гомеостатичность (Hom) и стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$). В среднем за 2016–2021 гг. исследования масса 1000 зерен по сортам колебалась от 35 до 50 г. Максимальные значения признака «масса 1000 зерен» отмечены у сортов Виктор (Россия) – 50,1 г (+5,0 % к стандарту) и Нутанс 74840 (Россия) – 49,7 г (+4,2 % к стандарту). Высокой стабильностью ($V = 5,9-9,8$ %), стрессоустойчивостью ($Y_{min}-Y_{max} = -8-11$) и гомеостатичностью ($Hom = 43,1-101,2$) характеризовались сорта экстенсивного типа ($bi = 0,49-0,86$): Нутанс 74840 (Россия), Прикумский 22 (Россия), Прикумский 14 (Россия) и стандарт Странник. Сорта Адапт (Украина), Водограй (Украина) и Новониколаевский (Россия) в большей степени отзывались на улучшение среды ($bi = 1,21-1,59$), но значительно снижали массу 1000 зерен при ее ухудшении ($Y_{min}-Y_{max} = -17-21$). Для засушливых условий Ставропольского края лучшим селекционным материалом являются наиболее адаптивные сорта Нутанс 74840 и Странник.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, масса 1000 зерен, адаптивность, пластичность, гомеостатичность, стрессоустойчивость.

Для цитирования: Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Оценка адаптивности ячменя по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21.



ESTIMATION OF SPRING BARLEY ADAPTABILITY TO THE ARIDITY OF THE STAVROPOL TERRITORY ACCORDING TO THE TRAIT “1000-GRAIN WEIGHT”

N. A. Morozov, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of grain crop breeding, director, ORCID ID: 0000-0002-9065-6390;

I. V. Samsonov, head of the laboratory for barley breeding, ivan_samsonov.84@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

N. A. Pankratova, junior researcher of the department of grain crop breeding, nata.pankratova.1967@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

FSEP “Prikumskaya Experimental Breeding Station”,

356803, Russia, Stavropol Area, Budyonnovsky district, Budennovsk, Vavilov Str., 4;

e-mail: fgupposs@mail.ru

A necessary condition for the stable improvement of barley production in the country is the extension of crops, varieties which are most adapted to the conditions of the region, capable of providing a high and stable level of productivity under changing climatic conditions. Productivity is a complex quantitative indicator, which is formed by various yield structure elements, one of which is ‘1000-grain weight’. The purpose of the current study was to estimate adaptability of the spring barley samples of various geographical origins to the arid conditions of the Stavropol Territory according to the trait ‘1000-grain weight’ and their further use in breeding work. The objects of the study were 60 spring barley samples. In order to determine stability, there has been used a coefficient of variation (V %), ecological adaptability (bi), homeostaticity (Hom), and stress tolerance ($Y_{min}-Y_{max}$). On average, during 2016–2021, the trait ‘1000-grain weight’ among the varieties ranged from 35 to 50 grams. The maximum values of the trait ‘1000-grain weight’ were identified in the varieties ‘Victor’ (Russia) with 50.1g (+5.0% to the standard) and ‘Nutans 74840’ (Russia) with 49.7g (+4.2%). The varieties of the extensive type ($bi = 0.49-0.86$) ‘Nutans 74840’ (Russia), ‘Prikumsky 22’ (Russia), ‘Prikumsky 14’ (Russia) and the standard variety ‘Strannik’ were characterized with high stability ($V = 5.9-9.8$ %), stress

tolerance ($Y_{min}-Y_{max} = -8-11$) and homeostaticity ($Hom = 43.1-101.2$). The varieties 'Adapt' (Ukraine), 'Vodogray' (Ukraine) and 'Novonikolaevsky' (Russia) responded to the weather improvement to a greater extent ($bi = 1.21-1.59$), but significantly reduced 1000-grain weight when it worsened ($Y_{min}-Y_{max} = -17-21$). The varieties 'Nutans 74840' and 'Strannik' turned to be the most adaptive ones for the aridity of the Stavropol Territory, and therefore the best breeding material.

Keywords: spring barley, variety, 1000-grain weight, adaptability, homeostasis, stress resistance.

Введение. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) занимает одно из ведущих мест в сельскохозяйственном производстве России. Его урожай существенно лимитируют неблагоприятные почвенно-климатические условия (Абдуллаев и др., 2019). Необходимым условием для стабильного роста зернового производства ячменя является расширение посевов наиболее адаптированных к условиям регионов сортов, способных обеспечить высокий и стабильный уровень продуктивности в изменяющихся условиях среды (Ерошенко и др., 2022).

Продуктивность – это комплексный показатель, формирующийся за счет различных элементов структуры урожая, которые находятся в сложной корреляции как между собой, так и с урожаем зерна. К одним из наиболее значимых элементов структуры урожая относится масса 1000 зерен. Она является надежным индикатором, отражающим реакцию генотипа на изменения условий среды при селекционной работе на адаптивность и продуктивность (Кинчаров и др., 2020; Шоева и др., 2021).

Крупность зерна показывает семенную и продовольственную значимость сорта. Определяет запас питательных веществ, всхожесть, пищевые и кормовые достоинства сорта (Дубинина и др., 2016). И в то же время она ограничена сортовыми особенностями растения, продолжительностью его развития, то есть сортовой спецификой в сочетании с условиями среды. Недостаток продуктивной влаги и повышенные температуры в период налива зерна приводят к значительному снижению крупности зерна (Аниськов и др., 2020).

Следовательно, необходимость определения адаптивного потенциала генофонда ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» путем экологического испытания с использованием различных статических методов оценки является актуальной задачей для селекции (Юсова и др., 2020).

Цель исследования – выявить генотипы ярового ячменя, устойчивые к засушливым условиям Ставропольского края, по признаку «масса 1000 зерен» для дальнейшего их использования в селекционной работе.

Материалы и методы исследований. Исследование проводили в период с 2016 по 2021 г. на опытном поле Прикумской опытно-селекционной станции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенной в засушливой зоне Ставропольского края. Количество осадков, выпадающих в течение года, варьирует от 300 до 550 мм. Почвы опытного участка каштановые, с содержанием гумуса менее 2,0 %. Содержание подвижного

фосфора колеблется от 32 до 49 мг/кг, калия – 320–450 мг/кг.

Погодные условия вегетационного периода ярового ячменя в годы исследования (2016–2021 гг.) были контрастными и в полной мере отражали особенности засушливой зоны Ставропольского края.

Количество выпавших осадков по годам колебалось от 31,9 до 211,1 мм. Среднесуточная температура воздуха варьировала от 15,9 до 18,5 °С. По количеству осадков типичность данной зоны отражал 2019 год. За период апрель–июнь выпала среднемноголетняя норма осадков – 133,2 мм. Среднесуточная температура была выше среднемноголетнего значения (17,2 °С) на 1,3 °С. 2018 г. характеризовался как острозасушливый. Существенный недостаток осадков (104,2 мм) сопровождался более высокими среднесуточными температурами – 18,5 °С. В 2020 г. при оптимальном температурном режиме (17,4 °С), осадков выпало на 18 % ниже среднемноголетней нормы (136,1 мм). Наиболее благоприятные по влагообеспеченности были 2016, 2017 и 2021 годы. Количество выпавших осадков составило от 158,4 до 211,1 мм. По температурному режиму более прохладным был 2017 г. – 15,9 °С, жарким 2021 г. – 18,2 °С.

Особое воздействие на формирование крупности зерна оказывает температурный режим в период налива зерна. В засушливой зоне Ставропольского края он, как правило, начинается в третьей декаде мая и заканчивается в конце июня. За годы исследования средняя температура в период формирования зерна была выше нормы на 1,2–2,6 °С в 2018–2020 годах. Близко к среднемноголетнему значению температура воздуха сложилась в 2017 и 2021 гг. – 22,1–22,8 °С. Наиболее благоприятный температурный режим в период налива зерна отмечен в 2017 г. – 20,1 °С.

Объектом для исследования послужили 60 образцов ярового ячменя различного географического происхождения. В качестве стандарта высевали сорт Странник (Прикумская ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»). Посев проводили сеялкой ССФК-7 по предшественнику чистый пар. Повторность однократная, площадь делянок 1 м², норма высева – 2,7 млн всхожих семян на 1 га.

Расчет показателей адаптивности и стабильности сортов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» проводили по: коэффициент вариации ($V\%$) по Б. А. Доспехову (2014), гомеостатичность (Hom) по методике В. В. Хангильдина и Н. А. Литвиненко (1981), стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$) по уравнениям А. А. Rosielle и J. Hamblin в изложе-

нии А. А. Гончаренко (2005), экологическую пластичность (bi) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатина (1984).

Результаты и их обсуждение. Масса 1000 зерен – это сортовой признак, но в значительной степени зависит от условий возделывания. За годы исследования (2016–2021) наиболее благоприятные условия для формирования крупного зерна сложились в 2017 г. ($I_j = +8,49$), когда масса 1000 зерен у большинства образцов (68,6 %) составила от 51 до 59 г.

Худшие условия для налива зерна отмечались в 2018, 2019 и 2021 годах. Индекс среды имел отрицательное значение ($I_j = -3,92; -3,54; -4,53$ соответственно). Средний показатель массы 1000 зерен варьировал от 39,7 до 40,1 г. В эти годы от 14,5 до 22,7 % образцов сформировали массу 1000 зерен менее 35 г 2016 и 2020 гг. характеризовались как умеренно благоприятные ($I_j = +2,66$ и $+0,85$). Средняя величина изучаемого признака составила 46,2–44,3 г соответственно и варьировала по сортам от 36,4 до 54,8 г (рис. 1).

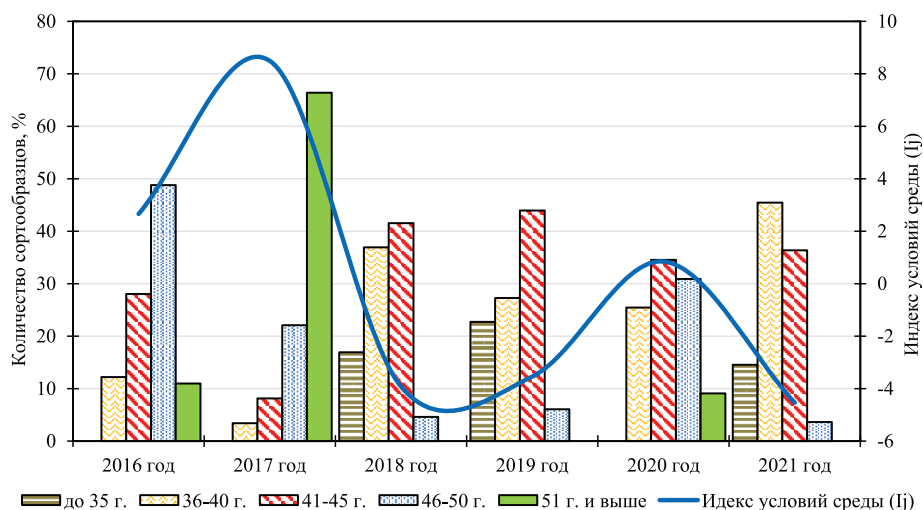


Рис. 1. Распределение признака «масса 1000 зерен» у сортов ярового ячменя в зависимости от условий года (2016–2021 гг.)

Fig. 1. Distribution of the trait '1000-grain weight' of the spring barley varieties depending on the conditions of the year (2016–2021)

В засушливых регионах России ужесточение гидротермического режима в период налива зерна (май–июнь) является основной проблемой при получении крупного зерна. Средние величины признака «масса 1000 зерен» за годы исследования (2016–2021) позволили определить, что у 23,4 % образцов гене-

тический потенциал по изучаемому признаку не превышает 40 г. Большинство сортов (30 %) имели абсолютный вес зерна, равный 44–45 г. На долю более крупнозерных сортов (49–50 г) приходилось лишь 3,4 % от общего количества исследуемых образцов (рис. 2).

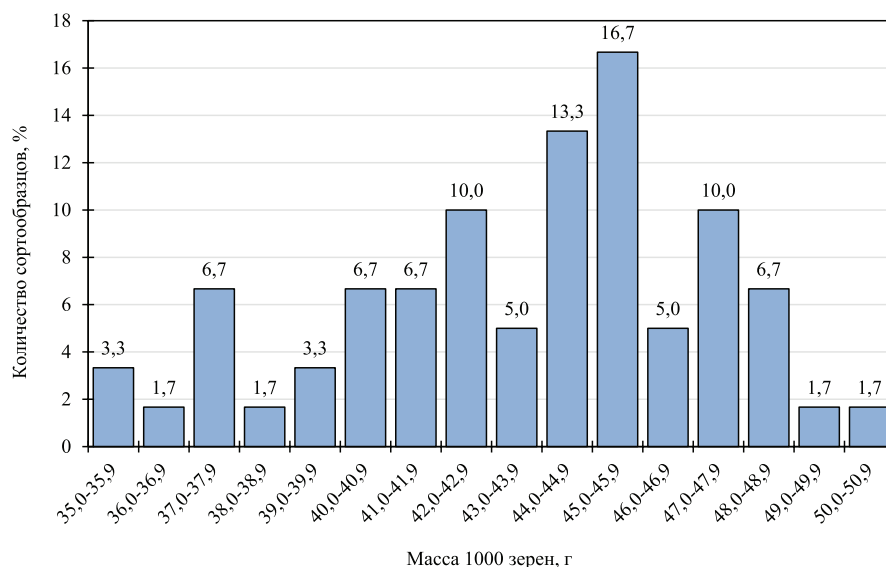


Рис. 2. Распределение сортов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в среднем за 2016–2021 гг.

Fig. 2. Distribution of the spring barley varieties according to the trait '1000-grain weight', mean in 2016–2021

Для оценки адаптивности сортов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» нами было выделено 14 сортов ярового ячменя различного географического происхождения, сформировавшие за годы исследования (2016–2021) в засушливой части Ставропольского края наиболее крупное зерно.

В среднем за шесть лет исследований масса 1000 зерен у выделенных образцов варьировала от 46,0 до 50,1 г. Максимальные значения признака «масса 1000 зерен» отмечены у сортов российской селекции Виктор – 50,1 г и Нутанс 74840 – 49,7 г.

Выше среднего значения по опыту (47,8 г) имели сорта: Прикумский 14 (Россия) – 47,9 г; Волгоградский 12 (Россия) – 48,1 г; Новониколаевский (Россия) – 48,3 г; Эней УА

(Россия) – 48,8 г и Адапт (Украина) – 48,7 г. Величина изучаемого показателя у стандартного сорта Странник в среднем составила 47,7 г.

Следует отметить, что среди выделенных сортов в наиболее неблагоприятные 2018, 2019 и 2021 гг. высоким абсолютным весом зерна характеризовались российские сорта Нутанс 74840 – 45,7–46,3 г, Виктор – 46,0–47,0 г и стандартный сорт Странник – 45,1–47,2 г. В благоприятном 2017 г. – Виктор (Россия) – 59,2 г и Водограй (Украина) – 59,7 г. В умеренно благоприятном 2016 г. – Нутанс 74840 (Россия) – 53,6 г, Водограй (Украина) – 53,9 г и Адапт (Украина) – 54,8 г. В 2020 г. – Новониколаевский (Россия) – 51,0 г, Нутанс 74840 (Россия) – 51,7 г и Прикумский 14 (Россия) – 52,1 г (табл.1).

Таблица 1. Масса 1000 зерен образцов ярового ячменя за 2016–2021 годы
Table 1. '1000-grain weight' of the spring barley samples in 2016–2021

Сортообразец, страна	Масса 1000 зерен, г						
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Странник (стандарт)	46,7	53,1	46,2	47,2	48,1	45,1	47,7
Прикумский 14, Россия	48,1	52,9	45,9	45,9	52,1	42,2	47,9
Прикумский 22, Россия	50,4	54,2	44,1	44,7	49,0	42,9	47,6
Прикумский юбилейный, Россия	49,4	56,8	45,9	43,2	47,7	41,8	47,5
Нутанс 74840, Россия	53,6	55,1	45,7	45,9	51,7	46,3	49,7
Виктор, Россия	52,8	59,2	46,0	47,0	49,0	46,4	50,1
Белгородец, Россия	48,4	56,0	41,9	41,8	46,3	41,7	46,0
Безенчукский 2, Россия	46,9	56,3	43,2	42,3	48,2	42,4	46,6
Волгоградский 12, Россия	48,9	56,3	45,8	46,4	48,2	43,2	48,1
Новониколаевский, Россия	52,1	58,1	40,6	43,2	51,0	44,8	48,3
Биос 1, Россия	46,9	57,8	43,9	44,3	49,9	40,4	47,2
Эней УА, Россия	52,5	58,1	43,8	45,2	48,5	44,9	48,8
Адапт, Украина	54,8	58,5	43,5	47,0	46,7	41,8	48,7
Водограй, Украина	53,9	59,7	41,2	38,6	49,5	41,8	47,5
Zechtaler, Германия	52,1	52,9	41,1	41,8	44,4	43,9	46,0
Среднее	50,5	56,3	43,9	44,3	48,7	43,3	47,8
Индекс условий среды (Ij)	2,66	8,49	–3,92	–3,54	0,85	–4,53	

Значительные колебания погодных факторов в годы исследования (2016–2021) способствовали существенному варьированию у изучаемых генотипов признака «масса 1000 зерен» (от 5,9 до 18,1 %). Наибольшее варьирование имел сорт Водограй (Украина) – 18,1 %. Слабой

изменчивостью характеризовался стандартный сорт Странник – 5,9 %, а также образцы Нутанс 74840 (Россия) – 8,6 %, Прикумский 14 (Россия) – 9,5 % и Прикумский 22 – 9,8 %, что говорит о высокой стабильности признака «масса 1000 зерен» у данных сортов (табл. 2).

Таблица 2. Параметры адаптивности образцов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» (в среднем за 2016–2021 гг.)
Table 2. Adaptability parameters of the spring barley samples varieties according to the trait '1000-grain weight' (mean in 2016–2021)

Сортообразец	Масса 1000 зерен, г		Коэффициент вариации, (V%)	Стрессоустойчивость, (Ymin–Ymax)	Гомеостатичность, (Hom)	Экологическая пластичность, (bi)
	min	max				
Странник (стандарт)	45,1	53,1	5,9	–8	101,2	0,49
Прикумский 14	42,2	52,9	9,5	–11	47,0	0,68
Прикумский 22	42,9	54,2	9,8	–11	43,1	0,86
Прикумский юбилейный	41,8	56,8	12,4	–15	25,5	1,02
Нутанс 74840	45,7	55,1	8,6	–9	61,9	0,80
Виктор	46,0	59,2	11,0	–13	34,3	0,99
Белгородец	41,7	56,0	13,4	–14	24,0	1,11
Безенчукский	42,3	56,3	12,9	–14	25,8	1,03
Волгоградский 12	43,2	56,3	10,4	–13	35,5	0,85
Новониколаевский	40,6	58,1	14,6	–18	19,0	1,34
Биос 1	40,4	57,8	14,4	–17	18,8	1,13
Эней УА	43,8	58,1	12,0	–14	28,5	1,08
Адапт	41,8	58,5	13,4	–17	21,8	1,21
Водограй	38,6	59,7	18,1	–21	12,4	1,59
Zechtaler	41,1	52,9	10,3	–12	38,0	0,91

Одним из важных показателей адаптивности сортов к неблагоприятным факторам среды является стрессоустойчивость. На основании проведенного исследования было установлено, что самую высокую устойчивость к стрессу имели сорт Нутанс 74840 (Россия) и стандарт Странник. Разница между минимальной и максимальной массой 1000 зерен составила менее 10 г. Наибольший стресс к внешним факторам среды испытывал сорт Водограй (Украина) $Y_{min}-Y_{max} = -21$, а также Новониколаевский (Россия) $Y_{min}-Y_{max} = -18$, Биос 1 (Россия) $Y_{min}-Y_{max} = -17$ и Адапт (Украина) $Y_{min}-Y_{max} = -17$.

Для определения в генотипе признаков адаптивности большой интерес представляет оценка гомеостатичности – способности организма сводить к минимуму последствия неблагоприятных условий среды. Согласно полученным данным высокой гомеостатичностью по признаку «масса 1000 зерен» отличались сорта, характеризовавшиеся наибольшей стабильностью и стрессоустойчивостью, – Странник $Hom = 101,2$ и Нутанс 74840 (Россия) $Hom = 61,9$. Низкой гомеостатичностью отличались сорта Водограй (Украина) $Hom = 12,4$, Биос 1 (Россия) $Hom = 18,8$ и Новониколаевский (Россия) $Hom = 19,0$.

В условиях со значительными колебаниями климата возникает необходимость определения пластичности или степени адаптации сорта к условиям выращивания. Методика, разработанная S. A. Eberhart, W. A. Russell и основанная на расчете коэффициента линейной регрессии (b_i), позволяет выявить реакцию генотипа на изменение условий выращивания и определить его пластичность.

Широкие пределы варьирования коэффициента регрессии ($b_i =$ от 0,49 до 1,59) за 2016–2021 гг. исследования позволили разделить сорта на три группы пластичности. Первая группа включала в себя образцы, которые в меньшей степени снижали массу 1000 зерен в экстремальной среде и являлись более адаптивными к ухудшению условий произрастания. Это сорта экстенсивного типа ($b_i = 0,49-0,91$): Прикумский 14 (Россия), Прикумский 22 (Россия), Нутанс 74840 (Россия),

Волгоградский 12 (Россия), Zechtaler (Германия) и стандартный сорт Странник.

Во второй группе находились пластичные сорта ($b_i = 0,99-1,08$): Прикумский юбилейный (Россия), Виктор (Россия), Безенчукский (Россия), Эней УА (Россия). Изменение изучаемого признака у данных образцов соответствовало изменяющимся условиям выращивания.

В третью группу входили сорта интенсивного типа, характеризовавшиеся высокой отзывчивостью на улучшение среды ($b_i = 1,11-1,59$): Белгородец (Россия), Новониколаевский (Россия), Биос 1 (Россия), Адапт (Украина) и Водограй (Украина). Такие сорта менее приспособлены к неблагоприятной среде и способны формировать крупное зерно только в лучших условиях возделывания.

Выводы. Проведенные за 2016–2021 гг. исследования позволили выделить 14 образцов ярового ячменя с массой 1000 зерен более 45 г и дать им комплексную оценку на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края.

Среди выделенных образцов более крупное зерно сформировал сорт Виктор (Россия). Масса 1000 зерен в среднем за шесть лет составила 50,1 г (+5,0 % к стандарту). Сорт пластичен ($b_i = 0,99$) и способен поддерживать постоянство изучаемого признака ($V = 11\%$) в изменяющихся условиях среды. Рекомендуется для селекционных программ в засушливых и влагообеспеченных регионах страны.

Для регионов с жесткими климатическими условиями селекционную ценность представляют сорта экстенсивного типа ($b_i = 0,49-0,80$) Странник и Нутанс 74840 (Россия), сочетающие в себе по признаку «масса 1000 зерен» высокую стабильность ($V = 5,9-8,6\%$), стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max} = -8; -9$) и гомеостатичность ($Hom = 101,2-61,9$).

Максимально отзывчивые на улучшение среды ($b_i = 1,21-1,59$) образцы – Адапт (Украина), Новониколаевский (Россия) и Водограй (Украина) в большей степени испытывали стресс к внешним факторам среды ($Y_{min}-Y_{max} = -17-21$). Такие сорта способны реализовать свой потенциал в благоприятных условиях и могут служить источником крупнозерности в селекции интенсивных сортов.

Библиографические ссылки

1. Абдуллаев Р. А., Яковлева О. В., Косарева И. А., Радченко Е. Е., Баташева Б. А. Скрининг резистентных к мучнистой росе образцов ячменя из Эфиопии по устойчивости к абиотическим стрессорам // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(4). С. 152–158. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-152-158.
2. Анисков Н. И., Сафонова И. В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен» // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(3). С. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63.
3. Гончаренко А. А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005 № 6. С. 49–53.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Дубинина О. А., Самофалова Н. Е., Вожжова Н. Н. Адаптивный потенциал сортов озимой твердой пшеницы по признаку «масса 1000 зерен» // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6(48). С. 3–7.
6. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В., Болдырев М. А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в ус-

ловиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(1). С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.

7. Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю., Демина Е. А., Чекмасова К. Ю. Селекционная оценка признака масса 1000 зерен в засушливых условиях [Электронный ресурс] // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 7–12. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37384> (дата обращения: 05.05.2022).

8. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. Т. 4. С. 109–113.

9. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Науч.-техн. бюл. Всесоюз. селекцион.-генет. ин-та. Одесса, 1981. Вып. 1 (39). С. 8–14.

10. Шоева О. Ю., Глаголева А. Ю., Кукоева Т. В. Влияние локуса B1p1, контролирующего синтез меланина в колосе ячменя, на размер и вес зерна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(2). С. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95.

11. Юсова О. А., Николаев П. Н., Анисков Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.

References

1. Abdullaev R. A., Yakovleva O. V., Kosareva I. A., Radchenko E. E., Batasheva B. A. Skrining rezistentnykh k muchnistoi rose obraztsov yachmenya iz Efiopii po ustoichivosti k abioticheskim stressoram [Screening of powdery mildew resistant barley samples from Ethiopia according to abiotic stressors' tolerance] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2019. № 180(4). S. 152–158. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-152-158.

2. Anis'kov N. I., Safonova I. V. Sravnitel'naya otsenka pokazatelei plastichnosti, stabil'nosti i gomeostatichnosti sortov ozimoi rzhii selektsii VIR po priznaku «massa 1000 zeren» [Comparative estimation of indicators of adaptability, stability, and homeostasis of winter rye varieties of VIR breeding according to the trait '1000-grain weight'] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. № 181(3). S. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63.

3. Goncharenko A. A. Ob adaptivnoi sposobnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptive capacity and environmental sustainability of grain varieties] // Vestnik RASKhN. 2005. № 6. S. 49–53.

4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

5. Dubinina O. A., Samofalova N. E., Vozhzhova N. N. Adaptivnyi potentsial sortov ozimoi tvrdoi pshenitsy po priznaku «massa 1000 zeren» [Adaptive potential of winter durum wheat varieties according to the trait '1000-grain weight'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6(48). S. 3–7.

6. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romakhina V. V., Boldyrev M. A. Urozhainost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostatichnost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nечерноземной зоны [Productivity, adaptability, stability, and homeostasis of spring barley varieties in the conditions of the Nonchernozem zone] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. № 183(1). S. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.

7. Kincharov A. I., Taranova T. Yu., Demina E. A., Chekmasova K. Yu. Seleksionnaya otsenka priznaka «massa 1000 zeren» v zasushlivykh usloviyakh [Breeding evaluation of the trait '1000-grain weight' in arid conditions] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2020. № 5. S. 7–12. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37384> (data obrashcheniya: 05.05.2022).

8. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Estimation of ecological adaptability and stability of crop varieties] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 1984. Т. 4. С. 109–113.

9. Khangil'din V. V., Litvinenko N. A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoi pshenitsy [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties] // Nauch.-tekhn. byul. Vsesoyuz. selekcion.-genet. in-ta. Odessa, 1981. V. 1 (39). S. 8–14.

10. Shoeva O. Yu., Glagoleva A. Yu., Kukoeva T. V. Vliyanie lokusa B1p1, kontroliruyushchego sintez melanina v kolose yachmenya, na razmer i ves zerna. Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii [The effect of the B1p1 locus, which controls melanin synthesis in the barley ear, on grain size and weight]. 2021. № 182(2). S. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95.

11. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «Massa 1000 zeren» v usloviyakh lesostepi Omskoi oblasti [Adaptability of barley varieties according to the trait '1000-grain weight' in the forest-steppe of the Omsk region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Т. 34, № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.

Поступила: 28.06.22; доработана после рецензирования: 04.08.22; принята к публикации: 05.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Морозов Н. А., Самсонов И. В. – концептуализация исследования; Панкратова Н. А. – подготовка опыта; Панкратова Н. А. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Самсонов И. В. – анализ данных и их интерпретация; Самсонов Иван Владимирович – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПОЛУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАНТНЫХ ЛИНИЙ РИСА МЕТОДОМ КУЛЬТУРЫ ПЫЛЬНИКОВ

Н. Г. Черткова, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, tycik17082012@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4005-9771;

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

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

В. Ю. Донцова, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0003-1083-9881;

О. В. Шумская, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-7285-5580

ФГБНУ «АНЦ «Донской»,

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

В процессе создания сорта наряду с классическими методами выведения сортов все чаще стали применять биотехнологические и молекулярно-генетические. К этим методам относится технология культивирования изолированных пыльников, основанная на феномене андрогенеза. В статье представлены результаты работы по получению андрогенетических линий риса из 7 гибридов первого поколения. Цель работы – изучение способности гибридов риса к каллусообразованию на искусственных питательных средах и получению растений-регенерантов с последующей визуальной оценкой пloidности. Получение дигаметоидных гомозиготных линий позволит ускорить селекционный процесс. Отбор метелок риса проводили в поле на стадии одноядерной пыльцы в фазу трубкования. В общей сложности культивировали 7218 пыльников, из которых получили 259 каллусов. Наиболее отзывчивыми к образованию каллусов были комбинации Акустик x Nerica 1, Nerica 1 x Акустик, Капитан x Акустик. Частота регенерации от количества каллусов составила 9,13 %. Получено в общей сложности 794 новообразования, из которых сформировалось 46 растений, в том числе 26 альбиносных и 20 зеленых. Наибольшее количество растений образовалось у гибрида из комбинации Капитан x Акустик – 22 шт. (из них зеленых 14 шт.). Из выживших зеленых растений-регенерантов по комплексу морфологических признаков 2 растения оказались гаплоидами, имевшими мелкие стерильные цветки и пыльники, тонкие и узкие листья, 5 – дигаметоидами с хорошо озерненными метелками и средними по размерам листьями и 2 – тетраплоидами, которые имели широкий лист, большую метелку с очень крупными цветками, имеющими низкую фертильность. Растения и семена переданы селекционерам для дальнейшей работы.

Ключевые слова: рис (*Oryza sativa* L.), пыльник, андрогенез, каллус, регенерация, гаплоид, дигаметоид.

Для цитирования: Черткова Н. Г., Костылев П. И., Калинина Н. В., Донцова В. Ю., Шумская О. В. Получение регенерантных линий риса методом культуры пыльников // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 22–27. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-22-27.



DEVELOPING REGENERATED RICE LINES BY THE ANTHER CULTURE METHOD

N. G. Chertkova, junior researcher of the laboratory for cell breeding, tycik17082012@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4005-9771;

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

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

V. Yu. Dontsova, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0003-1083-9881;

O. V. Shumskaya, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-7285-5580

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

When developing a variety, along with the classical breeding methods, there are increasingly being used biotechnological and molecular genetic methods. These methods include a cultivation technology of isolated anthers, based on the phenomenon of androgenesis. The current paper has presented the results of developing androgenetic rice lines from 7 hybrids of the first generation. The purpose of the work was to study the ability of rice hybrids to form callus on artificial nutrient media and develop regenerated plants followed by a visual estimation of ploidy. Developing dihaploid homozygous lines will speed up the breeding process. The selection of rice panicles was carried out in the field in the shooting phase at the stage of mononuclear pollen. There were cultivated 7218 anthers, of which there were obtained 259 calli. The combinations 'Akustik x Nerica 1', 'Nerica 1 x Akustik c', 'Kapitan x Akustik' were the most responsive to callus formation. The regeneration frequency to the number of calli was 9.13 %. There were identified 794 new formations, from which there were formed 46 plants, including 26 albino and 20 green. The largest number of plants was formed in the hybrid 'Kapitan x Akustik' (22 pcs., 14 of which are green). Among the survived green re-

generated plants, according to a complex of morphological traits, two plants turned out to be haploids with small sterile flowers and anthers, thin and narrow leaves; five plants were dihaploids with well-grained panicles and medium-sized leaves; two plants were tetraploids that had a wide leaf, a large panicle with very large flowers, but with low fertility. Plants and seeds were handed over to breeders for further work.

Keywords: rice (*Oryza sativa* L.), anther, androgenesis, callus, regeneration, haploid, dihaploid.

Введение. Рис является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Растения риса часто подвергаются воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как засуха, засоление, низкие и высокие температуры, фитопатогены, тяжелые металлы и др. Рост этих абиотических и биотических факторов вынуждает селекционеров создавать улучшенные сорта, имеющие более высокий потенциал по урожайности, хозяйственно-ценным свойствам и вкусовым качествам.

В процессе создания сорта наряду с классическими методами выведения сортов все чаще стали применять биотехнологические и молекулярно-генетические. К этим методам относится технология культивирования изолированных пыльников, основанная на феномене андрогенеза *in vitro* (Головки и др., 2019). Метод культивирования изолированных тканей и клеток на искусственных питательных средах в стерильных условиях используют для сохранения и размножения ценных генотипов, оздоровления посевного материала и, самое главное, ускорения селекционного процесса (Илюшко и Ромашова, 2017).

Этот метод дает возможность получать гаплоиды и дигаплоиды, культивирование зародышей позволяет получать растения из нескрещиваемых гибридных семян, а также преодолевать нескрещиваемость некоторых растений. Культура пыльников и регенерация растений из микроспор значительно облегчают последующее получение рекомбинантов после программы гибридизации. Более того, культура пыльников сокращает время, необходимое для достижения гомозиготности, так как спонтанное индуцированное удвоение числа гаплоидных хромосом приводит к появлению гомозиготных диплоидных растений (Гученко, 2016). Андрогенез *in vitro* широко применяется во многих рисоводческих странах мира (Mishra et al., 2016; Ilyushko et al., 2019). Большая работа в данном направлении проводится в ФГБНУ «ФНЦ риса» (Гончарова, 2012; Савенко и др., 2020; Савенко и др., 2016).

Целью исследования являлось получение растений-регенерантов риса на искусственных питательных средах с оценкой плоидности по комплексу морфологических признаков.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлись гибриды первого поколения риса посевного *Oryza sativa* L. ssp. *japonica*, полученные в результате скрещивания лучших по хозяйственно-ценным признакам сортов. Отбор образцов проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства риса ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Пролетарске Ростовской области. Изучались следующие комбинации: Jukava

(591/20) x Кубояр, Корсика x Акустик, Капитан x Кубояр, Капитан x Акустик, Акустик x Nerica 1, Аргамак x Акустик и Дин Сян x Кубояр.

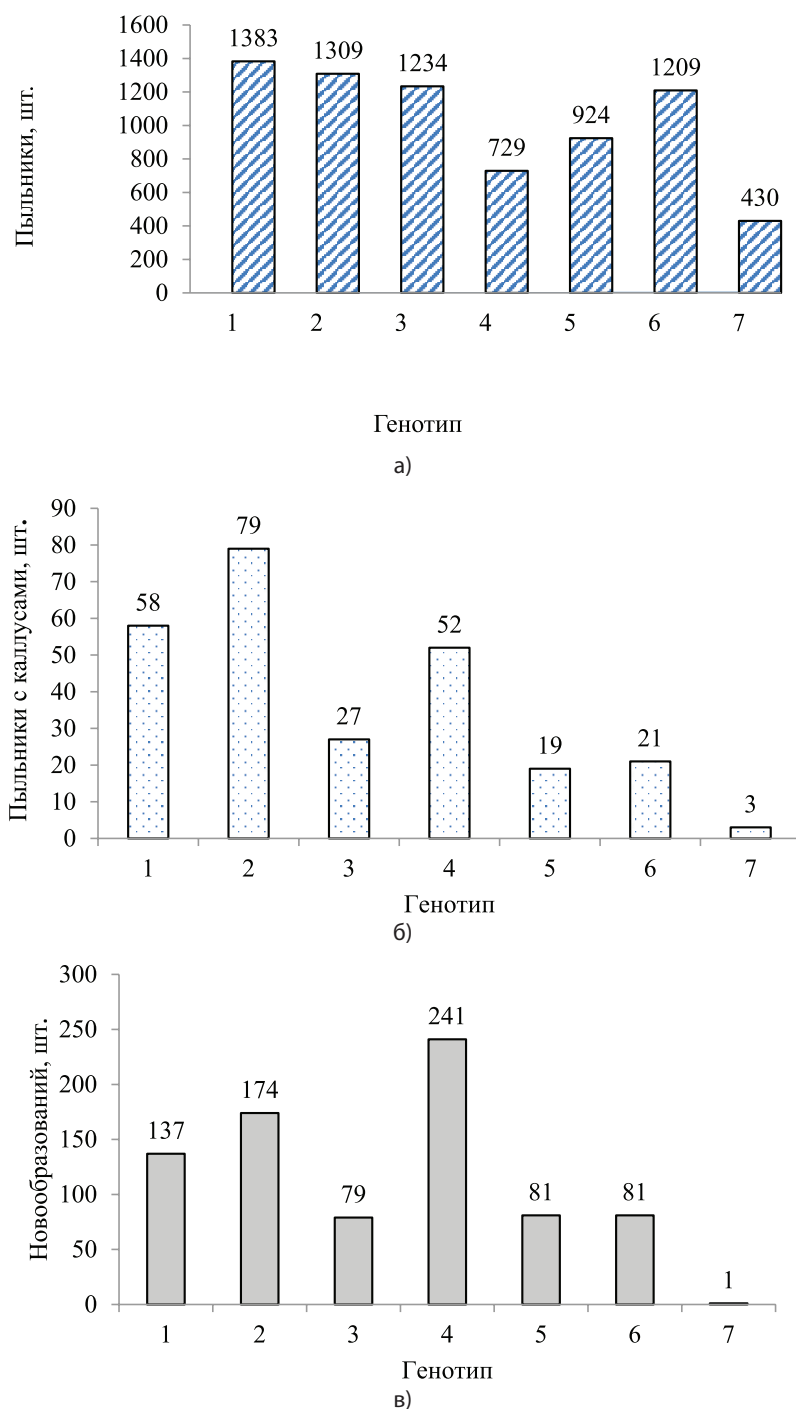
Отбор метелок риса (доноров пыльников) проводили в полевых условиях на стадии средней и поздней одноядерной пыльцы в фазу трубкования. Расстояние от ушка флагового листа до ушка следующего листа было, согласно методике, от 5 до 9 см. Отобранные метелки перед введением в культуру пыльников подвергали поверхностной стерилизации, то есть обработке 96%-м спиртом в течение 3 мин, которая удаляет наружную инфекцию. После этого метелки помещали в сосуды с водой и подвергали воздействию низких положительных температур (5 °C) в течение 7 дней. Затем проводили стерилизацию в 5%-м растворе гипохлорита натрия 10 мин. Далее метелки трижды промывали в стерильной дистиллированной воде. Необходимым условием работы с культурой изолированных тканей является соблюдение строгой стерильности, поэтому все манипуляции проводили в ламинарном боксе стерильными инструментами. Выделенные пыльники инокулировали на индукционную питательную среду Блейдса, которую предварительно автоклавировали при температуре 121 °C в течение 15 мин.

Культивирование пыльников проводили в термостате при температуре 27–28 °C до образования каллусов. Пробирки с пыльниками находились в полной темноте. Каждую неделю делали осмотр пробирок под микроскопом для фиксации появившихся каллусов и их количества, а также браковку зараженных пробирок. Культивирование пыльников продолжалось 5–6 недель до появления новообразований (каллусов или эмбрионов). При достижении размеров 1 мм и более каллусы переносили на питательную среду Мурасиге и Скуга для регенерации растений (Бушман и Верещагина, 2013). Пробирки с эксплантами инкубировали в освещенной ростовой комнате с контролем температуры 25±2 °C, освещенностью 2000 Лк и фотопериодом 15 ч / 9 ч. Ежедневно фиксировали образование зеленых побегов, браковали пробирки с потемневшими каллусами и заражением. Пересадку зеленых побегов для укоренения проводили при образовании 2–3 листьев и корешков. Растения с хорошо развитой корневой системой пересаживали в стерилизованный грунт в горшки и 25 дней выращивали в условиях световой комнаты. Полив растений осуществляли дистиллированной водой. После этого растения-регенеранты переносили в теплицу, где они развивались до цветения и созревания.

Результаты и их обсуждение. В 2021 г. на индукционную питательную среду Блейдса было высажено 7218 пыльников гибридов F1

по семи комбинациям. Максимальное количество пыльников было высажено в комбинации

Nerica 1 x Акустик (1383 шт.), а минимальное – Jukava (591/20) x Кубояр (430 шт.) (рис. 1, а).



1 (Nerica 1x Акустик); 2 (Акустик x Nerica 1); 3 (Корсика x Акустик); 4 (Капитан x Акустик); 5 (Капитан x Кубояр); 6 (Аргамак x Акустик); 7 (Jukava (591/20) x Кубояр).

Рис. 1. Показатели андрогенной способности в культуре пыльников *in vitro* гибридов первого поколения разных генотипов риса: а) количество высаженных пыльников, шт.; б) количество пыльников с каллусами, шт.; в) количество новообразований, шт.

Fig. 1. Indicators of androgenic ability in the anther culture *in vitro* of hybrids of the first generation of different rice genotypes: а) number of planted anthers, pcs.; б) number of anthers with calluses, pcs.; в) number of new formations, pcs.

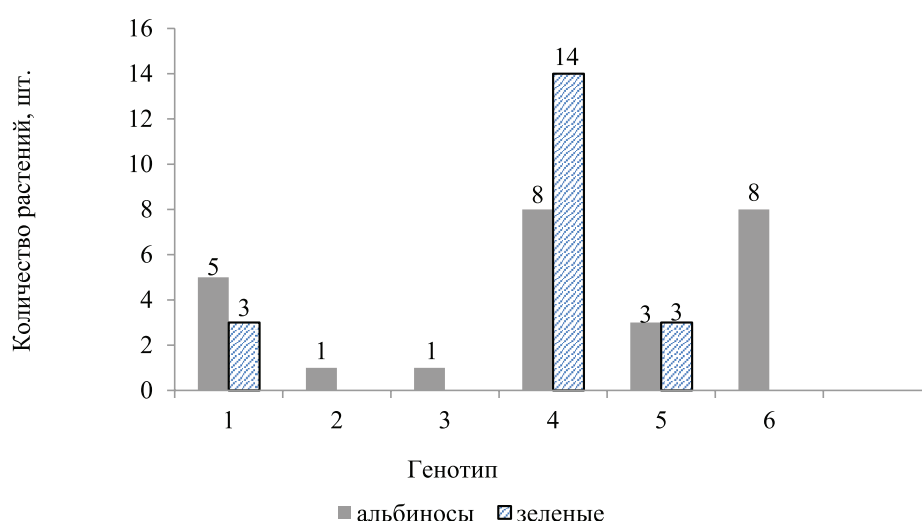
Каллусообразование началось на 30–33-й день с момента посадки пыльников на питательную среду. Все комбинации оказались с разной степенью отзывчивости, что связа-

но с генетическими различиями способности генотипов риса по образованию каллусов в культуре пыльников (Miah, 1985). Самым отзывчивым к формированию каллусов был ги-

брид Акустик х Nerica 1 – 79 шт. с частотой образования 6,04 %, а комбинация Jukava (591/20) х Кубояр почти не сформировала каллусов – 3 шт. с частотой образования 0,7 % (рис. 1, б).

Степень отзывчивости к формированию каллусов определяли отношением числа новообразований к числу культивируемых пыльников в пересчете на 100 %. В общей сложности было получено 794 новообразования (эмбриоида), максимальное у гибрида Капитан х Акустик – 241 шт. с частотой формирования – 33,06 %, а минимальное у Jukava (591/20) х Кубояр – 1 шт. (0,23 %) (рис. 1, в). В прямой и обратной комбинации скрещивания сортов Акустик и Nerica 1 также наблюдали большое количество новообразований (137; 174 шт.).

У гибрида Jukava (591/20) х Кубояр формирования растений не произошло. В других комбинациях из новообразований сформировались растения, среди которых были и зеленые, и альбиносы. Было получено 46 растений, из них 20 зеленых и 26 альбиносов. Растения альбиносы погибли на ранних стадиях развития из-за отсутствия хлорофилла. Наибольшее количество растений образовалось из комбинации Капитан х Акустик – 22 шт. (из них зеленых 14 шт.) (рис. 2), а частота регенерации от количества каллусов составила 9,13 %. Это указывает на то, что у сорта Акустик имеются гены, способствующие формированию каллусов и регенерантов. Поэтому в дальнейшей работе нужно использовать гибриды с его участием.



1 (Nerica 1 х Акустик); 2 (Акустик х Nerica 1); 3 (Корсика х Акустик); 4 (Капитан х Акустик); 5 (Капитан х Кубояр); 6 (Аргамак х Акустик).

Рис. 2. Выход растений-регенерантов риса в культуре пыльников *in vitro*
Fig. 2. Number of rice regenerated plants in anther culture *in vitro*



1 – тетраплоид; 2 – дигаплоид; 3 – гаплоид

Рис. 3. Морфологические признаки метелок растений-регенерантов риса различной пloidности

Fig. 3. Morphological traits of panicles of rice regenerated plants of different ploidy

Оценка зеленых растений-регенерантов риса по уровню пloidности проводили косвенным методом, а именно по комплексу морфологических признаков. Выжившие зеленые растения разделили следующим образом: к первой группе (гаплоиды) относили 2 растения, ко второй (дигаплоиды) – 5 растений, к третьей (тетраплоиды) – 2 растения (рис. 3).

1) гаплоиды – растения с мелкими цветками и пыльниками, с тонким и узким листом, не имеют семян;

2) дигаплоиды – растения со средними листьями и хорошо озерненными метелками;

3) тетраплоиды – растения с широким листом, большой метелкой с очень крупными цветками, имеющими низкую фертильность.

На формирование растений-регенерантов большое влияние оказали генотипы гибридов, способные образовывать каллусы и эмбриониды из пыльников. Корреляционный анализ взаимосвязи между выходом растений-регенерантов риса и количеством эмбрионидов показывает тесную положительную связь между этими признаками ($r = 0,81 \pm 0,09$). График

регрессии (рис. 4) отображает тенденцию зависимости выхода растений-регенерантов от количества эмбриоидов. Если провести перпендикуляр из значения 100 на оси абсцисс, то он пересечет линию регрессии в точке, гори-

зонтальная проекция которой на ось ординат составит около семи. Это видно в уравнении регрессии, то есть при увеличении количества эмбриоидов на 100 штук количество растений-регенерантов повышалось на 7 штук.

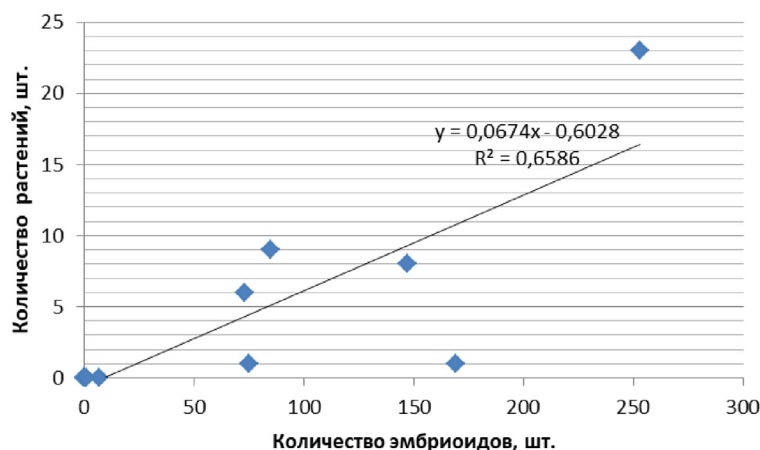


Рис. 4. Зависимость выхода растений-регенерантов риса от количества эмбриоидов
Fig. 4. Correlation between a number of rice regenerated plants and a number of embryoids

Общее количество полученных взрослых регенерантов составило 9 растений, все они сформировали метелки и дали побеги кушения. Восемь растений относились к комбинации Капитан х Акустик и одно растение – Капитан х Кубояр. Цветение растений началось в первой половине апреля 2022 г., они различались по морфотипу и относились

к двум разновидностям по окраске колосковых чешуй: *italica* и *nigro-apiculata*. Колосковые чешуи различались по длине от 5 до 8 мм. Некоторые колоски данных растений несли недоразвитые пыльники и были стерильными.

Характеристики этих растений представлены в таблице.

Морфологические особенности растений-регенерантов риса Morphological features of rice regenerated plants

№	Высота растений, см	Кустистость, шт./раст.	Длина метелки, см	Длина листа-флага, см	Количество колосков, шт.
гаплоиды					
6	44	7	8	16,5	70
8	49	4	8	15,5	75
среднее	46,5	5,5	8	16,0	72,5
диплоиды					
1	58	6	11,5	9,5	100
2	56	5	10	15	90
3	59	6	8,5	10	70
4	72	4	12	18	120
7	67	3	12,5	19,5	80
среднее	62,4	4,8	10,9	14,4	92
тетраплоиды					
5	67	3	15	23,5	65
9	65	2	13	16,5	85
среднее	66,0	2,5	14	20,0	75

Примечание. № 6 – гибрид Капитан х Кубояр, остальные №№ – Капитан х Акустик.

Высота растений гаплоидов (46,5 см) в среднем была ниже, чем у диплоидов (62,4 см), а у тетраплоидов – выше (66,0 см). Такая же тенденция отмечена и по длине метелки. Большее количество колосков формировалось у диплоидов, при этом у них была высокая фертильность. У тетраплоидов формировались более длинные флаговые листья и более крупные колоски. У гаплоидов колоски были мелкими и стерильными.

Исследование продолжается, поскольку у гаплоидных растений-регенерантов не сформировались семена, и необходимо их обрабатывать колхицином для удвоения числа хромосом и дальнейшего использования в селекционном процессе. Растения-регенеранты пересажены в рисовый чек в ОП «Пролетарское» для дальнейшей работы. С тепличных растений дигаметоидов, у которых произошло спонтанное

удвоение хромосом, были собраны семена и высеяны в поле для размножения.

Выводы. Получены регенерантные линии на основе 7 гибридных комбинаций риса. Наиболее отзывчивые к методу культуры пыльников *in vitro* комбинации Акустик х Nerica 1, Nerica 1 х Акустик, Капитан х Акустик. По всем

изученным комбинациям сформировалось 46 растений, из них 26 альбиносов и 20 зеленых. В результате оценки плоидности выживших растений по морфологическим признакам было выявлено гаплоидов 2 шт., дигаплоидов – 5 шт. и тетраплоидов – 2 шт.

Библиографические ссылки

1. Бушман Н. Ю., Верещагина С. А. Эффективность питательных сред для индукции каллусообразования у гибридов риса // Рисоводство. 2013. № 1(22). С. 13–16.
2. 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.
3. Гончарова, Ю. К. Использование метода культуры пыльников в селекции риса. Краснодар: ВНИИ риса, 2012. 91 с.
4. Гученко, С. С. Сравнительная характеристика и отбор дигаплоидных линий риса по хозяйственно ценным признакам // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 1. С. 10–15.
5. Илюшко М. В., Ромашова М. В. Создание регенерантных линий методом культуры пыльников *in vitro* для селекции риса на российском Дальнем Востоке // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4(44). С. 1–9.
6. Савенко Е. Г., Коротенко Т. Л., Глазырина В. А., Шундрин Л. А. Ускоренное получение генетически стабильных (гомозиготных) форм риса на основе селекционно ценных образцов с целевыми генами устойчивости к пирикулярнозу методом культуры пыльников *IN VITRO* // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 85. С. 220–226.
7. Савенко Е. Х., Королева С. В., Мухина Ж. М., Глазырина В. А., Шундрин Л. А. Использование метода культуры пыльников для создания исходного материала сельскохозяйственных культур // Рисоводство. 2016. № 1–2(30–31). С. 76–79.
8. Ilyushko M. V., Romashova M. V. Seasonality of androgenetic responses in the anther culture *IN VITRO* in rice (*Oryza Sativa* L.) // Agricultural Biology. 2019. Т. 54, № 3. P. 557–565.
9. Mishra R., Rao G. In-vitro Androgenesis in Rice: Advantages, Constraints and Future Prospects // Rice Science. 2016. 23(2). P. 57–68.

References

1. Bushman N. Yu., Vereshchagina S. A. Effektivnost' pitatel'nykh sred dlya induktsii kallusobrazovaniya u gibridov risa [Efficiency of nutrient media for the induction of callus formation in rice hybrids] // Risovodstvo. 2013. № 1(22). S. 13–16.
2. Golovko S. G., Kalinina N. V., Yatsyna A. A., Vozhzhova N. N., Ionova E. V. Izuchenie sposobnosti k androgenezu v kul'ture pyl'nikov ozimoi myagkoi pshenitsy [The study of the ability to androgenesis in the anther culture of winter bread wheat] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 6 (66). S. 41–45.
3. Goncharova Yu. K. Ispol'zovanie metoda kul'tury pyl'nikov v selektsii risa. [Use of the anther culture method in rice breeding] Krasnodar: VNII risa, 2012. 91 s.
4. Guchenko S. S. Sravnitel'naya kharakteristika i otbor digaploidnykh linii risa po khozyaistvenno tsennym priznakam [Comparative characteristics and selection of dihaploid rice lines according to economically valuable traits] // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. 2016. № 1. S. 10–15.
5. Ilyushko M. V., Romashova M. V. Sozdanie regenerantnykh linii metodom kul'tury pyl'nikov *in vitro* dlya selektsii risa na rossiiskom Dal'nem Vostoke [Development of regenerative lines by anther culture *in vitro* for rice breeding in the Russian Far East] // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. 2017. № 4(44). S. 1–9.
6. Savenko E. G., Korotenko T. L., Glazyrina V. A., Shundrina L. A. Uskorennoe poluchenie geneticheskii stabil'nykh (gomozigotnykh) form risa na osnove selektsionno tsennykh obraztsov s tselevymi genami ustoychivosti k pirikulyariozu metodom kul'tury pyl'nikov *IN VITRO* [Accelerated production of genetically stable (homozygous) forms of rice based on breeding valuable samples with targeted blast resistance genes by the anther culture method *IN VITRO*] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 85. S. 220–226.
7. Savenko E. X., Koroleva S. V., Mukhina Zh. M., Glazyrina V. A., Shundrina L. A. Ispol'zovanie metoda kul'tury pyl'nikov dlya sozdaniya iskhodnogo materiala sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Use of the anther culture method to develop initial material of agricultural crops] // Risovodstvo. 2016. № 1–2(30–31). S. 76–79.
8. Ilyushko M. V., Romashova M. V. seasonality of androgenetic responses in the anther culture *IN VITRO* in rice (*Oryza Sativa* L.) // Agricultural Biology. 2019. Т. 54, № 3. P. 557–565.
9. Mishra R., Rao G. In-vitro Androgenesis in Rice: Advantages, Constraints and Future Prospects // Rice Science. 2016. 23(2). P. 57–68.

Поступила: 24.06.22; доработана после рецензирования: 25.07.22; принята к публикации: 27.07.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – постановка цели и задач, формирование методологии исследования и концепции статьи, Калинина Н. В. – сбор и анализ литературных данных, Черток-ва Н. Г. – написание текста статьи, Донцова В. Ю., Шумская О. В. – лабораторные опыты, посадка пыльников, выращивание регенерантов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕСТА ИЗ ЦЕЛЬНОСМОЛОТОГО БИОАКТИВИРОВАННОГО ЗЕРНА ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО В СМЕСИ С ПШЕНИЧНОЙ МУКОЙ

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

С. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, директор, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797.

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Для повышения биологической ценности хлебных изделий, потребительских свойств новых продуктов используют технологические добавки, функциональные ингредиенты. К таким относится биоактивированный голозерный овес. Цель работы – оценить физические, реологические, хлебопекарные показатели теста смесей, полученных при смешивании овсяной муки (цельносмолотая из биоактивированного зерна) с высококачественной пшеничной мукой, по результатам фаринографического и хлебопекарного анализов. Установлено, что поведение теста зависит от типа ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации) и доли продуктов переработки овса (10, 20 %) в смесях: уменьшаются по отношению к пшеничной муке стойкость теста – на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и существенно растет разжижение теста. Реологические параметры теста (кроме разжижения) при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются соответственно на 0,5–1,0 мин и на 1–7 е. вал. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания. В ходе испытаний установлено преимущество по общей хлебопекарной оценке в вариантах с использованием биоактивированного зерна овса, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста. Повышение объема хлеба (625 см³) и улучшение хлебопекарного качества (4,4 балла) в данном случае объясняются эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы. Сорта голозерного овса Багет и Бекас по сравнению с пленчатым сортом Конкур в композиционных смесях показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста и хлебопекарное качество: преимущество по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению – на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке – на 4–17 е. вал., максимальный объем хлеба – 625 см³, хлебопекарная оценка – 4,4; после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Ключевые слова: голозерный овес, процесс прорастания, пшенично-овсяные смеси, фаринограф Бранднера, хлебопекарная выпечка.

Для цитирования: Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Результаты исследований реологических и хлебопекарных показателей теста из цельносмолотого биоактивированного зерна овса голозерного в смеси с пшеничной мукой // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 28–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-28-33.



STUDY RESULTS OF RHEOLOGICAL AND BAKING PARAMETERS OF DOUGH FROM WHOLEMEAL BIOACTIVATED GRAIN OF HULLESS OATS MIXED WITH WHEAT FLOUR

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

S. N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician of RAS, head of the SamRC RAS, ORCID ID: 0000-0002-7605-9864;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory for technical and analytical service, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797

Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov,

a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS

446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

In order to improve the biological value of bakery products and consumer properties of new products, there are used the technological additives and functional ingredients, which include bioactivated hulless oats. The purpose of the current work was to estimate the physical, rheological, baking parameters of the dough mixtures obtained by mixing oat flour (wholemeal flour from bioactivated grain) with high-quality premium wheat flour according to the farinographic results and baking analysis. There has been experimentally established that the indicators characterizing the behavior of the dough varied depending on the type of ingredients (wholemeal grain before and after bioactivation) and the proportion of oat processing products (10, 20 %) in the composite mixtures. Dough resistance has decreased on 3.0–7.0 min to wheat flour, valorigraphic estimation at 19–40 u.v. and dough dilution increases significantly

on 60–160 u.f. The physical properties of the dough when used in mixtures of bioactivated grains slightly have deteriorated compared to non-bioactivated grains: dough resistance and valorigraphic estimation reduced on 0.5–1.0 min and 1–7 u.v., respectively, except for the dough dilution, which improved on 22.0–29.0 %. These processes can be explained by the very high amylolytic activity of the grain after germination. During the trials, there was found an advantage in the general baking assessment in the options using bioactivated oat grain, even though the farinograph recorded a slight deterioration in the physical parameters of the dough. Volume yield was 425–625 cm³ (420–563 cm³ with non-bioactivated grain) and a baking assessment of 2.6–4.4 points versus 2.7–4.3 points. Volume yield increase and baking quality improvement in this case can be explained by the effect of the compensation ability of the mixing strength of wheat. The studied hullless oat varieties 'Baget' and 'Bekas' in comparison with the chaffy variety 'Konkur' in mixtures have shown the best values characterizing the physical properties of the dough and baking quality. They possess better advantage in dough resistance on 1.0–3.0 min., dough dilution on 10–40 u.f. and valorigraphic estimation on 4–17 u.v. They produced 625 cm³ of maximum volume yield, their baking assessment was 4.4 and the tendency remains the same after bioactivation of oat grain.

Keywords: hullless oats, germination process, wheat-oat mixtures, Brabender farinograph, bakery products.

Введение. Бурное развитие научно-технического прогресса, вызывающего техногенные и природные катастрофы, ведет к ухудшению экологии на планете и здоровья населения. Оптимизация питания является основой здорового образа жизни и необходимым условием для полноценной и плодотворной деятельности человека. В настоящее время увеличивается спрос на продукты, содержащие полезные ингредиенты с оздоравливающим и общеукрепляющим эффектом, – функциональные, к таким относится овес. Крупнейшими производителями и потребителями овса являются Россия, страны Евросоюза, Китай, Канада, США, где на государственном уровне поддерживаются программы по возделыванию и переработке овса, доказавшие результатами биологическую, пищевую ценность и крупяные достоинства культуры.

Данный злак благодаря своим лечебным и диетическим свойствам обладает огромным потенциалом: полноценный набор аминокислот, содержание в зерне овса пищевых волокон (β-глюкан-растворимая клетчатка), витаминов, антиоксидантов, минеральных веществ (Полонский и др., 2020; Полонский и др., 2019). Употребление продуктов переработки овса, а также изделий с долей овсяных ингредиентов нормализует уровень сахара в крови, холестерина, работу желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы человека (Лоскутов и Полонский, 2017; Stewart and McDougall, 2014). Перед современной пищевой индустрией стоит задача расширить производство продуктов нового поколения (хлебобулочные изделия, мюсли, йогурты, каши, макароны, десерты) с заданными функциональными свойствами.

Стремление человечества к здоровому образу жизни делает овес неотъемлемой частью повседневного питания – особенно голозерные сорта с ценным по качеству зерном. Содержание белка у них превосходит белковость пленчатых сортов на 4,0–4,8 %, аминокислотный состав близкий к физиологической норме (эталон по данным ФАО/ВОЗ), благоприятный липидный жирно-кислотный состав зерна (Баталова и др., 2016; Баталова и др., 2018).

Товаропроизводители, представители перерабатывающих отраслей проявляют заинтересованность к овсу голозерному не только из-за качества зерна, но и экономически

более выгодного технологического процесса обработки, что делает продукты переработки из овса перспективным сырьем в хлебопекарной промышленности. Цельнозерновое зерно – один из самых простых продуктов и в производстве, и в использовании, и поэтому в хлебопечении получил широкое применение. Отмечено, что в овсяной муке отсутствуют белки, формирующие клейковинный каркас, и поэтому при проведении хлебопекарной выпечки добавлять к пшеничной муке необходимо не более 50 % овсяной (Чалдаев и Зимичев, 2012; Шаболкина и др., 2019). При использовании в смесях цельнозернового зерна овса (51,0 %) количество растворимой клетчатки (β-глюкана) составляет 1,3 г в 100 г хлеба, а добавление лишь 11,0 % значительно увеличивает в готовых изделиях содержание железа, марганца, селена, биологически активных соединений (Flander, 2007).

Качество хлебобулочных изделий, содержащих овсяные ингредиенты, зависит и от типа компонентов, и от их соотношения в смесях, и от рецептуры выпечки, и, конечно, от способа и процесса тестоведения, на который влияют реологические показатели теста. Специальные приборы регистрируют поведение теста (образование, устойчивость, разжижение) при механической нагрузке в виде диаграмм, и их расшифровка дает возможность корректировать процесс тестоведения, что очень актуально и важно в хлебопечении.

Для повышения биологической ценности хлебных изделий, потребительских свойств новых продуктов используют технологические добавки, функциональные ингредиенты; к таким относится биоактивированный голозерный овес. Данная культура перспективна для биоактивации, в процессе которой происходит обогащение зерна ценными аминокислотами, фитогормонами, витаминами, полисахаридами (Бутенко и Лигай, 2013). Исследования, связанные с изучением влияния пророщенного зерна овса голозерного, из которого производят муку, на поведение и физические свойства теста при выпечке, на хлебопекарную оценку изучены недостаточно и в настоящее время актуальны, так как овес является неотъемлемой составляющей здорового питания.

Цель исследований – оценить физические, реологические, хлебопекарные показатели теста смесей, полученных при смешивании овся-

ной муки (цельносмолотая из биоактивированного зерна) с высококачественной пшеничной мукой, по результатам фаринографического и хлебопекарного анализов.

Материалы и методы исследований.

Исследовательская работа проводилась в течение 2019–2021 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ, изучались сорта: пленчатый овес Конкур и голозерный овес Багет и Бекас. Размол зерна до и после биоактивации проводили на мельнице Mill-3100. При проращивании (биоактивации) зерна овса использовали разработки ученых Самарского ГАУ по данному направлению (Дулов и Дулова, 2019). Зерно (фракции 1,8×20; 2,5×20), очищенное предварительно от сорной и зерновой примеси, прогретое при температуре 45 °С в шкафу течение 30 мин, промывали в воде 5–7 раз. Затем его замочили в воде на 6 ч при температуре 22±0,5 °С. Проращивание (биоактивацию) овса проводили при температуре 22±0,5 °С в течение 30 ч в климокамере до появления ростков размером 1,0–1,5 мм у не менее 80 % зерен, влажность зерна поддерживали в пределах 40–42 %. После биоактивации сушили зерно исследуемых сортов овса при температуре 45 °С до влажности 12,0 %.

Композиционные смеси с пшеничной мукой в/с «Макфа» готовили по массе при различном соотношении ингредиентов (90 : 10, 80 : 20). Физические и реологические свойства теста смесей до и после биоактивации зерна овса определяли в соответствии с ГОСТ Р 51404-99 (ИСО 5530-1-97) на фаринографе Брабендера. Лабораторные выпечки хлеба

были выполнены по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур безопасным способом с интенсивным замесом теста с улучшителями: аскорбиновой кислотой и броматом калия. Эффективность смешивания цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с оценивали по результатам хлебопекарного анализа по пятибалльной шкале. Статистическая обработка полученных данных проведена по Б. А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Процесс тестоведения, занимающий одно из центральных мест при проведении хлебопекарной выпечки, зависит от реологических показателей теста. Физические свойства, поведение теста (образование, устойчивость, разжижение) при механической нагрузке регистрируют в виде диаграмм специальные приборы (фаринограф Брабендера), и их расшифровка дает возможность корректировать методику тестоведения. Использование продуктов переработки овса (цельносмолотое зерно) в композиционных смесях с пшеничной мукой в/с влияет на структурно-механические свойства теста, улучшая или ухудшая некоторые из них.

Экспериментально установлено, что показатели, характеризующие поведение теста, изменяются от типа ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации) и доли продуктов переработки овса (10, 20 %) в композиционных смесях: уменьшается по отношению к пшеничной муке стойкость теста на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и существенно растет разжижение теста – на 60–160 е. ф. (табл. 1).

Таблица 1. Оценка физических свойств теста смесей цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 1. Estimation of the physical properties of the dough from wholemeal oat flour mixed with premium wheat flour before and after bioactivation (2019–2021)

Сорт	Вариант	Фаринограф			
		Стойкость теста, мин	Разжижение теста, е. ф.	Валориметрическая оценка, е.вал.	Водопоглощительная способность муки, %
Пшеничная мука, в/с		10,0	60	78	70,0
Цельносмолотое зерно					
Конкур	90 : 10	4,0	160	47	68,0
	80 : 20	3,5	180	43	71,0
	70 : 30	3,0	180	40	71,0
Багет	90 : 10	6,0	130	59	68,0
	80 : 20	4,5	170	52	70,0
	70 : 30	4,0	180	44	71,5
Бекас	90 : 10	7,0	120	64	68,0
	80 : 20	5,5	160	55	71,0
	70 : 30	4,5	180	47	72,5
НСР _{0,05}		0,9	24,0	6,0	1,1
Биоактивированное цельносмолотое зерно					
Конкур	90 : 10	4,5	200	50	67,5
	80 : 20	3,5	210	46	70,5
	70 : 30	3,5	220	39	70,5
Багет	90 : 10	5,5	200	55	69,0
	80 : 20	4,5	220	45	69,0
	70 : 30	3,5	220	38	69,0
Бекас	90 : 10	6,5	190	58	68,0
	80 : 20	4,5	210	49	70,0
	70 : 30	4,0	220	42	70,0
НСР _{0,05}		0,7	9,0	2,0	Ff < Ft

Ухудшение показателей физических свойств теста объясняется: уменьшением доли пшеничной муки в/с в композиционных смесях и соответственно снижением содержания клейковины, а также невозможностью овсяных белков (авенины и глютелины) образовывать клейковинное соединение из-за препятствующих агрегации водорастворимых пентозанов.

Результаты исследований показывают, что варианты с 10 % цельносмолотого зерна овса до и после биоактивации характеризуются лучшими фаринографическими значениями, сохраняется упругость и пластичность теста. Дальнейшее увеличение массы овса в смесях ведет к ухудшению данных параметров (разжижение теста увеличивается в 3,0–3,6 раза). Физические свойства теста при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются соответственно на 0,5–1,0 мин и на 1–7 е. вал., кроме разжижения теста, которое увеличивается на 22,0–29,0 %. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания: максимальная вязкость на амилографе Брабендера у испытуемых сортов овса составила 60–110 а. а., число падения 65–76 с. Реологические показатели ухудшаются не так сильно, возможно, за счет большого количества размолотых ростков (1,0–1,5 мм), сдерживающих ухудшение вязко-упругих свойства теста.

Изучаемые сорта голозерного овса Багет и Бекас по сравнению с пленчатым сортом Конкур в смесях показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста: преимущество по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению – на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке на 4–17 е. вал., после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Существенных различий между сортами овса голозерного по влиянию на показатели, определяемые на фаринографе Брабендера в смесях, не выявлено, в вариантах с цельносмолотой овсяной мукой до и после активации происходит ухудшение реологических свойств теста относительно пшеничной муки, различия достоверны практически по всем параметрам.

При проведении фаринографического анализа и лабораторной выпечки хлеба важным показателем, который характеризует крепость и густоту теста и от которого зависит объемный выход выпеченного изделия, является водопоглотительная способность муки (ВПС, %). Внесение в композиционные смеси цельносмолотой муки овса до биоактивации в количестве 20, 30 %, содержащей большое количество плодовых оболочек, увеличивает водопоглощение относительно ВПС пшеничной муки на 1,0–3,0 %. В вариантах с биоактивированным зерном овса (20, 30 %), когда мука в смесях обладала высокой амилолитической активностью и вследствие этого высоким разжижением, способность муки поглощать воду была на уровне стандарта (пшеничная мука, в/с).

Эффективность использования в хлебопечении цельносмолотой муки биоактивированного зерна пленчатого и голозерного овса оценивали после проведения лабораторных выпечек хлеба из смесей с пшеничной мукой высшего сорта при разном соотношении компонентов (90 : 10, 80 : 20). Цельносмолотая мука овса, состоящая из отрубистых частиц, в композиционных смесях является причиной уменьшения объема выпеченного хлеба (снижается газодерживающая способность теста) и изменения органолептических показателей, а именно цвета мякиша, так как появляются сероватые вкрапления. В вариантах 90 : 20 с цельносмолотой мукой до и после активации объем хлеба упал по сравнению с вариантом 90 : 10 на 70–105 см³ и соответственно на 125–150 см³, хлебопекарная оценка ухудшилась на 0,5–0,6 и соответственно на 0,2–1,7 балла. Увеличение доли биоактивированного зерна в композиционных смесях ведет к снижению данных показателей.

При проведении лабораторной выпечки установлено, что варианты с добавлением биоактивированного зерна овса характеризуются более высокой хлебопекарной оценкой, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста: объем хлеба 425–625 см³ (420–563 см³ с небиоактивированным зерном) и хлебопекарная оценка 4,4 балла против 4,3 балла (табл. 2).

Таблица 2. Хлебопекарная оценка смесей цельносмолотого зерна овса с пшеничной мукой в/с до и после биоактивации (2019–2021 гг.)
Table 2. Bakery estimation of wholemeal oat flour mixed with premium wheat flour before and after bioactivation (2019–2021)

Хлебопекарная оценка	Пшеничная мука	Цельнозерновая мука голозерного овса, %			
		до биоактивации		после биоактивации	
		10	20	10	20
Сорт Конкур					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 85,7	935	490	420	550	425
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,33	4,7	4,3	2,7	4,3	2,6
Сорт Багет					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 80,3	935	560	455	605	450
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,44	4,7	4,4	3,8	4,4	4,2
Сорт Бекас					
Объем хлеба, см³/100 г муки НСР _{0,05} = 78,0	935	563	468	625	475
Общая хлебопек. оценка, балл НСР _{0,05} = 0,43	4,7	4,3	3,8	4,4	3,6

Не всегда общая хлебопекарная оценка подтверждается реологическими показателями теста, полученными с помощью специальных приборов, не во всех случаях прослеживается четкая зависимость между полученными параметрами.

Повышение объема хлеба, улучшение хлебопекарного качества в данном случае объясняется эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы. При добавлении к пшеничной муке высшего сорта (с хорошей газодерживающей способностью и сильной клейковиной) цельносмолотой муки зерна овса после биоактивации, обладающей после прорастания, как уже было отмечено, высокой амилолитической активностью (более слабая мука), прослеживается эффект улучшения, то есть качество хлеба зависит от качества смешиваемых компонентов.

В ходе испытаний установлено, что в вариантах 90 : 20 и 90 : 10 с биоактивированным зерном объем хлеба у сорта Конкур увеличился на 5–60 см³, у сорта Багет – на 5–45 см³, у сорта Бекас – на 7–62 см³, хлебопекарная оценка улучшилась на 0,1–0,4 балла по сравнению с зерном до биоактивации. Голозерные сорта овса Багет и Бекас характеризовались лучшим хлебопекарным качеством до и после биоактивации (максимальный объем хлеба 625 см³, хлебопекарная оценка 4,4) по сравнению с пленчатым сортом Конкур (550 см³, хлебопекарная оценка 4,3). Результаты пробной лабораторной выпечки позволяют провести хлебопекарную оценку пшенично-овсяного хлеба и увидеть положительный эффект от использования биоактивированного зерна овса – более объемный хлеб с золотистой корочкой, со светлым быстро восстанавливающимся мякишем, приятным ароматом и вкусом. В вариантах с долей

овса в смесях 20 % у мякиша появляется легкий сероватый оттенок.

Выводы. Экспериментально установлено, что в композиционных смесях на реологические свойства и поведение теста влияют доля (10,20 %) и тип ингредиентов (цельносмолотое зерно до и после биоактивации): по отношению к пшеничной муке уменьшается стойкость теста на 3,0–7,0 мин, валориметрическая оценка – на 19–40 е. вал. и увеличивается разжижение теста.

Физические свойства теста при использовании в смесях биоактивированного зерна незначительно ухудшаются по сравнению с небиоактивированным зерном: стойкость и валориметрическая оценка уменьшаются, кроме разжижения теста, которое увеличивается на 22,0–29,0 %. Данные процессы можно объяснить очень высокой амилолитической активностью зерна после прорастания.

В ходе испытаний установлено преимущество по объему хлеба (625 см³) и общей хлебопекарной оценки (4,4 балла) в вариантах с использованием биоактивированного зерна овса, несмотря на то, что фаринограф фиксировал небольшое ухудшение физических параметров теста. Повышение объема хлеба, улучшение хлебопекарного качества в данном случае объясняется эффектом компенсационной способности смесительной силы пшеницы.

В композиционных смесях сорта голозерного овса Багет и Бекас показывают лучшие значения, характеризующие физические свойства теста (по стойкости на 1,0–3,0 мин, разжижению на 10–40 е. ф. и валориметрической оценке – на 4–17 е. вал.) и хлебопекарное качество (максимальный объем хлеба 625 см³, хлебопекарная оценка 4,4) по сравнению с пленчатым сортом Конкур; после биоактивации зерна овса эта тенденция сохраняется.

Библиографические ссылки

1. Баталова Г. А., Красильников В. Н., Попов В. С., Сергеева С. С. Жирно-кислотный состав голозерного овса отечественной селекции // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 4. С. 13–15. DOI: 10.31857/S250026270000549-8.
2. Баталова Г. А., Шевченко С. Н., Тулякова М. В., Русакова И. И., Железникова В. А., Лисцин Е. М. Селекция голозерного овса, ценного по качеству зерна // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 6–9.
3. Бутенко Л. И., Лигай Л. В. Исследование химического состава проросших семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.
4. Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание β-глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 4. С. 646–657.
5. Полонский В. И., Лоскутов И. Г., Сумина А. В. Оценка генотипов овса на содержание β-глюканов в зерне на основании его физических характеристик // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 42–52.
6. Полонский В. И., Суринов Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.
7. Чалдаев П. А., Зимичев А. В. Использование овса и продуктов его переработки в хлебопечении // Хлебопечение России. 2012. № 2. С. 22–23.
8. Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Шевченко С. Н., Баталова Г. А., Бишарев А. А. Использование зерна овса голозерного в хлебопечении // Достижения науки и техники. 2019. № 11(33). С. 74–77. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11116.
9. Flander L. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality // LWT. 2007. N 5. Vol. 40. P. 860–870. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.05.004.

10. Stewart D., McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // *British Journal of Nutrition*. 2014. 112. P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.

References

1. Batalova G. A., Krasil'nikov V. N., Popov V. S., Sergeeva S. S. Zhirno-kislotnyi sostav golozernogo ovsa otechestvennoi selektsii [Oil-acid composition of hulles oats of domestic breeding] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2018. № 4. S. 13–15. DOI: 10.31857/S250026270000549-8.
2. Batalova G. A., Shevchenko S. N., Tulyakova M. V., Rusakova I. I., Zheleznikova V. A., Lisitsin E. M. Seleksiya golozernogo ovsa, tsennogo po kachestvu zerna [Breeding of hulles oats, valuable in grain quality] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2016. № 5. S. 6–9.
3. Butenko L. I., Ligai L. V. Issledovanie khimicheskogo sostava prorosshikh semyan grechikhi, ovsa, yachmenya i psheynitsy [The study of the chemical composition of germinated buckwheat, oats, barley and wheat seeds] // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. № 4. S. 1128–1133.
4. Loskutov I. G., Polonskii V. I. Seleksiya na sodержanie β -glyukanov v zerne ovsa kak perspektivnoe napravlenie dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya, syr'ya i furazha [Breeding for the content of β -glucan? in oat kernels as a promising direction for obtaining healthy food products, raw materials, and fodder] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2017. T. 52, № 4. S. 646–657.
5. Polonskii V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. Otsenka genotipov ovsa na sodержanie β -glyukanov v zerne na osnovanii ego fizicheskikh kharakteristik [Estimation of oat genotypes for the content of β -glucans in grain based on its physical characteristics] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2020. T. 55, № 1. S. 42–52.
6. Polonskii V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zyute S. Izuchenie sortov ovsa (*Avena sativa* L.) razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya po kachestvu zerna i produktivnosti [The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of different geographical origin according to grain quality and productivity] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2019. № 23(6). S. 683–690. DOI: 10.18699/VJ19.541.
7. Chaldae P. A., Zimichev A. V. Ispol'zovanie ovsa i produktov ego pererabotki v khlebopechenii [The use of oats and products of its processing in bakery] // *Khlebopechenie Rossii*. 2012. № 2. S. 22–23.
8. Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Shevchenko S. N., Batalova G. A., Bisharev A. A. Ispol'zovanie zerna ovsa golozernogo v khlebopechenii [The use of hulles oat grain in bakery] // *Dostizheniya nauki i tekhniki*. 2019. № 11(33). S. 74–77. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11116.
9. Flander L. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality // *LWT*. 2007. N 5. Vol. 40. P. 860–870. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.05.004.
10. Stewart D., McDougall G. Oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health // *British Journal of Nutrition*. 2014. 112. P. 50–57. DOI: 10.1017/S0007114514002736.

Поступила: 24.05.22; доработана после рецензирования: 30.06.22; принята к публикации: 30.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ НА ОСМОТИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ

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

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

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

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

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

Создание засухоустойчивых сортов ярового ячменя – одно из важных направлений селекции на устойчивость к абиотическим стрессовым факторам. Для успешного решения этой задачи необходимо использовать в гибридизации сорта и линии, имеющие наиболее высокую устойчивость. Основная цель исследования – выявить влияние осмотического стресса разной концентрации на прорастание семян и оценить относительную засухоустойчивость сортов и линий ярового ячменя. Исследования были проведены в лаборатории физиологии растений в 2018–2020 годах. Оценку засухоустойчивости образцов ярового ячменя проводили на 26 сортах и линиях селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в начальный период развития. Лабораторные исследования по способности семян ярового ячменя прорасти на растворе сахарозы (имитация недостатка влаги в почве) позволяют оценить засухоустойчивость образцов на ранних этапах развития растений. Изучалось действие раствора сахарозы с осмотическим давлением 3, 8, 10, 12, 14 атмосфер на способность прорастания семян. При увеличении концентрации раствора отмечено уменьшение всхожести семян у всех генотипов. В результате проведенных исследований при концентрации осмотического раствора сахарозы 8 атмосфер наблюдались наибольшие статистически значимые различия ($P < 0,05$) образцов по сравнению с вариантами 3, 10, 12 и 14 атмосфер. В результате изучения получены данные относительной засухоустойчивости сортов и линий ярового ячменя. Максимальные показатели всхожести семян при осмотическом стрессе давлением 8 атмосфер в сравнении со стандартным сортом Ратник (43,6 %) зафиксированы у образцов: Зерноградский 1716 (91,1 %), Зерноградский 1717 (85,9 %), Зерноградский 1719 (84,1 %), 12545/18 (80,2 %), Зерноградский 1701 (78,9 %), 12551/18 (72,9 %), 12487/18 (72,4 %), Зерноградский 1724 (70,6 %), Зерноградский 1721 (69,8 %), 12525/18 (69,2 %). Выделившиеся образцы можно использовать для дальнейшего изучения засухоустойчивости в полевых условиях.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, линия, относительная засухоустойчивость, осмотический раствор, атмосфера.

Для цитирования: Газе В. Л., Лобунская И. А., Костылев П. И., Филиппов Е. Г. Оценка засухоустойчивости образцов ярового ячменя в начальный период развития на растворе осмотиков // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 34–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-34-38.



ESTIMATION OF DROUGHT TOLERANCE OF SPRING BARLEY SAMPLES IN THEIR INITIAL PERIOD OF DEVELOPMENT ON AN OSMOTIC SOLUTION

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

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

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

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

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

Development of drought-tolerant spring barley varieties is one of the important breeding directions for resistance to abiotic stress factors. In order to solve this problem successfully, it is necessary to use in hybridization the varieties and lines with the highest tolerance. The main purpose of the current study was to estimate the effect of osmotic stress of different concentrations on seed germination and to evaluate the relative drought tolerance of spring barley varieties and lines. The study was carried out in the laboratory for plant physiology in 2018–2020. The estimation of drought tolerance of spring barley samples was carried out on 26 varieties and lines, bred in the ARC "Donskoy", in the initial period of development. The laboratory experiments on the ability of spring barley seeds to germinate on a sucrose solution (imitation of a lack of moisture in the soil) make it possible to estimate drought tolerance of samples at the early stages of their development. There was studied an effect of a sucrose solution with an osmotic pressure of 3, 8, 10, 12, 14 atmospheres on the ability of seed germination. When increasing a concentration of the solution, there was a seed germination decrease in all genotypes. As a result of the study, there were the largest statistically significant differences ($P > 0.05$) of the samples under the concentration of the osmotic sucrose solution of 8 atmospheres, in comparison with the options of 3, 10, 12 and 14 atmospheres. There have been obtained the data on the relative drought

tolerance of spring barley varieties and lines. The maximum indicators of seed germination under osmotic pressure of 8 atmospheres were registered among the samples 'Zernogradsky 1716' (91.1 %), 'Zernogradsky 1717' (85.9 %), 'Zernogradsky 1719' (84, 1%), '12545/18' (80.2 %), 'Zernogradsky 1701' (78.9 %), '12551/18' (72.9%), '12487/18' (72.4%), 'Zernogradsky 1724' (70.6 %), 'Zernogradsky 1721' (69.8 %), '12525/18' (69.2 %) in comparison with the standard variety 'Ratnik' (43.6 %). The identified samples can be used for further study of drought tolerance in the field.

Keywords: *spring barley, variety, line, relative drought tolerance, osmotic solution, atmosphere.*

Введение. В России площади под посев ярового ячменя, в основном, находятся в зонах с неравномерным распределением тепла и влаги, как по годам, так и в течение вегетационного периода. Главным источником почвенной влаги являются осадки, которые используются растениями для транспирации и формирования урожая (Донцова и др., 2016). Дефицит влаги в нашей климатической зоне в период вегетации зерновых – частое явление. В условиях засухи цветение растений ярового ячменя начинается перед выходом колоса из влагалища листа и заканчивается после колошения, что ведет к увеличению числа бесплодных колосков (Юсова и др., 2020).

Засухоустойчивость – это наследственная способность растений противостоять периодическому дефициту влаги без существенных последствий для роста, развития и снижения продуктивности (Macholdt J., 2017). Яровой ячмень считается засухоустойчивой, жаростойкой и скороспелой культурой, которая плохо переносит весеннюю засуху из-за слабо развитой первичной корневой системы (Кокина и др., 2018).

На сегодняшний день внедрение в производство засухоустойчивых сортов – это одно из главных средств в борьбе с засухой. Наступление продолжительной весенне-летней засухи в период активного роста является одной из основных причин снижения продуктивности для всех групп спелости зерновых, но скороспелые сорта в большей степени уязвимы, так как действие этой засухи застает их в период появления и вызревания колоса. В связи с этим селекция ярового ячменя должна быть направлена на поиск засухоустойчивых генотипов как источников исходного материала (Морозов и др., 2021).

Для сокращения селекционного процесса определение относительной засухоустойчивости проводят с помощью лабораторных физиологических методов оценки. Метод оценки относительной засухоустойчивости – это определение способности прорастания семян в условиях осмотического стресса с высоким давлением (имитации почвенной влаги). Это позволяет понять общий физиолого-биохимический процесс прорастания семени в стрессовых условиях и дает представление об устойчивости взрослого растения (Елисеев и др., 2016; Газе и др., 2018; Sallam et al., 2019). Образцы, семена которых способны прорасти в условиях почвенной засухи и на ранних этапах органогенеза формировать развитую первичную корневую систему, в дальнейшем можно использовать в качестве исходного материала с высокой засухоустойчивостью. Осмотические растворы должны быть такой концентрации, при кото-

рой различия в оценке устойчивости изучаемых сортов имеют наибольшее отклонение друг от друга и позволяют более точно представить относительную засухоустойчивость сортов (Marthandan et al., 2020).

Основная цель исследования – выявить влияние осмотического стресса разной концентрации на прорастание семян и оценить относительную засухоустойчивость сортов и линий ярового ячменя.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2018–2020 гг. в лаборатории физиологии растений, в ходе которых изучалось 26 сортов и линий ярового ячменя селекции Федерального государственного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Изучение засухоустойчивости сортов и линий проводили поэтапно: 1) оценка действия осмотического раствора разных концентраций; 2) определение всхожести образцов при концентрации раствора, дающей наилучшую дифференциацию по степени прорастания семян.

Для оценки относительной засухоустойчивости ярового ячменя применяли методику Н. Н. Кожушко (1988). В качестве осмотического раствора использовали сахарозу 3, 8, 10, 12 и 14 атмосфер.

Семенной материал проращивали в чашках Петри – по 50 семян каждого сорта между слоем фильтровальной бумаги в четырехкратной повторности. В опыте – раствор сахарозы (имитация почвенной засухи), а в контроле – дистиллированная вода.

Результаты фиксировали на седьмые сутки. Всхожесть определяли и выражали в процентах от среднего количества семян, давших корешок минимальной длины, в условиях недостатка влаги, в сравнении с числом проросших семян в дистиллированной воде. Семена образцов, способные развивать большую сочную силу, чем сочная сила внешнего раствора, характеризуются как устойчивые к стресс-фактору. Высокий процент проросших семян говорит об их способности прорасти в почве при недостатке влаги. Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова (2014) и компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. При изучении засухоустойчивости 26 образцов ярового ячменя (прорастание семян на растворах осмотика 3, 8, 10, 12 и 14 атмосфер) определена зависимость всхожести семян от условий и сорта (рис. 1).

По результатам статистического анализа выявлены достоверные различия по степени всхожести семян (фактор А – концентрация раствора осмотика, фактор В – сорт).

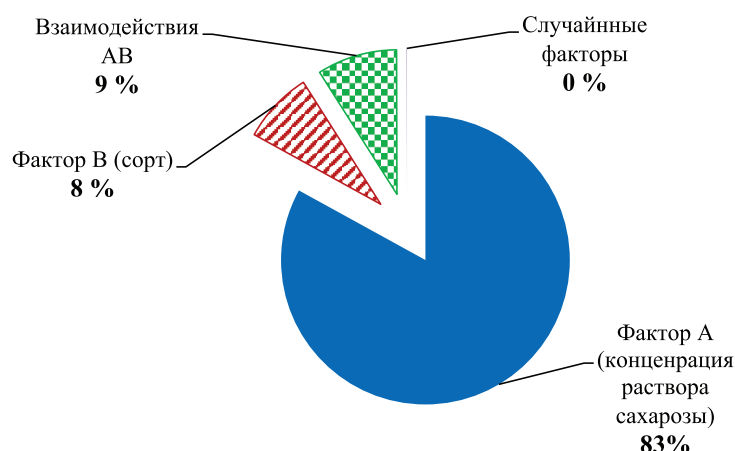


Рис. 1. Доля влияния факторов А и В на относительную засухоустойчивость семян ярового ячменя (2018–2020 гг.)

Fig. 1. The share of the effect of A and B factors on the relative drought tolerance of spring barley seeds (2018–2020)

На количество проросших семян в большей мере оказывала влияние концентрация раствора сахарозы – $\eta^2 = 0,84$, чем фактор сорт $\eta^2 = 0,08$ и их взаимодействие – $\eta^2 = 0,09$. При усилении стрессовой нагрузки (высокая концентрация осмотических растворов) наблюдалось резкое снижение всхожести семян ярового ячменя.

Первый этап изучения относительной засухоустойчивости образцов ярового ячменя проводили путем проращивания на растворах

осмотиков разной концентрации. Получены экспериментальные данные всхожести семян при разных условиях водного дефицита, показатели которых находились в пределах от 3,1 до 99,8 %.

Среди изучаемых сортов и линий средние значения всхожести семян за период изучения по всем концентрациям составили: 3 атм. – 89,6 %, 8 атм. – 59,2 %, 10 атм. – 34,1 %, 10 атм. – 17,7 %, 14 атм. – 11,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Статистические показатели изменчивости признака «проращивание семян ярового ячменя» (2018–2020 гг.)
Table 1. Statistical indicators of the variability of the trait 'germination of spring barley seeds' (2018–2020)

Статистические показатели		Осмотический раствор (сахароза)				
		3 атм.	8 атм.	10 атм.	12 атм.	14 атм.
Среднее по опыту	Среднее значение признака ($\bar{x}$)	89,6	59,2	35,4	17,4	11,8
	Размах вариации (R)	28,7	76,5	60,2	41,1	24,9
	Стандартное отклонение (σ)	7,0	20,6	16,3	8,6	6,0

Наибольший разброс показателя всхожести семян среди изученных концентраций зафиксирован при концентрации осмотического раствора с давлением 8 атм. По статистическим показателям изменчивости признака при этих условиях зафиксированы наиболее широкая амплитуда вариации ($R = 76,5$ %) и стандартное отклонение ($\sigma = 20,6$ %).

Всхожесть семян при концентрации раствора (8 атм.) имела статистически значимые отличия ($P > 0,95$) по сравнению с вариантами 3, 10, 12 и 14 атм. При 8 атмосферах максимальные значения диапазона вариации и стандартного отклонения указывают на большую изменчивость признака. Разница в проращивании между 3 ($R = 28,7$ и $\sigma = 7,0$ %) и 14 ($R = 24,9$ и $\sigma = 6,0$ %) атмосферами статистически незначима. Поэтому при проведении косвенной оценки относительной засухоустойчивости использовали раствор сахарозы с осмотическим давлением 8 атм.

На втором этапе исследований была проведена оценка устойчивости сортообразцов. Процент всхожести семян использовали в качестве критерия, и по этим результатам образцы были разделены на 3 группы (слабоустойчивые, среднеустойчивые, высокозасухоустойчивые) (рис. 2).

К группе слабозасухоустойчивые (0–39 %) относятся 4 генотипа, что составило 15,4 %, со всхожестью семян от 14,6 (Зерноградский 1685) до 33,3 % (Зерноградский 1781).

Среднеустойчивые (40–69 %) составили 53,8 % (14 образцов), всхожесть которых была от 43,6 (Ратник) до 69,8 % (Зерноградский 1721).

Высокозасухоустойчивых (70–100 %) выявлено 8 образцов, что составило 30,8 %, всхожесть семян которых варьировала от 70,6 (Зерноградский 1724) до 91,1 % (Зерноградский 1716) (рис. 3).

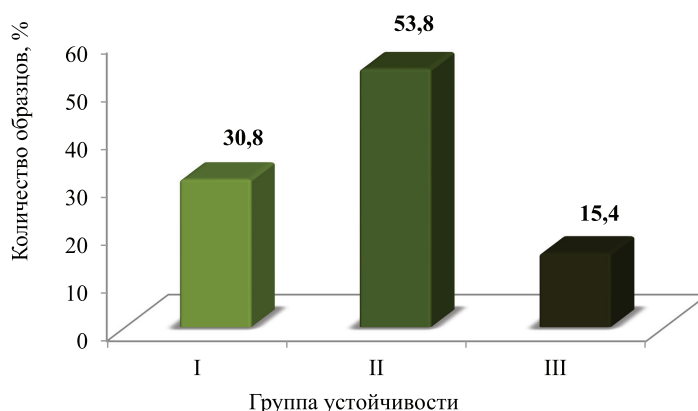


Рис. 2. Распределение образцов ярового ячменя по группам засухоустойчивости (2018–2020 гг.)
Fig. 2. Distribution of spring barley samples according to drought tolerance groups (2018–2020)

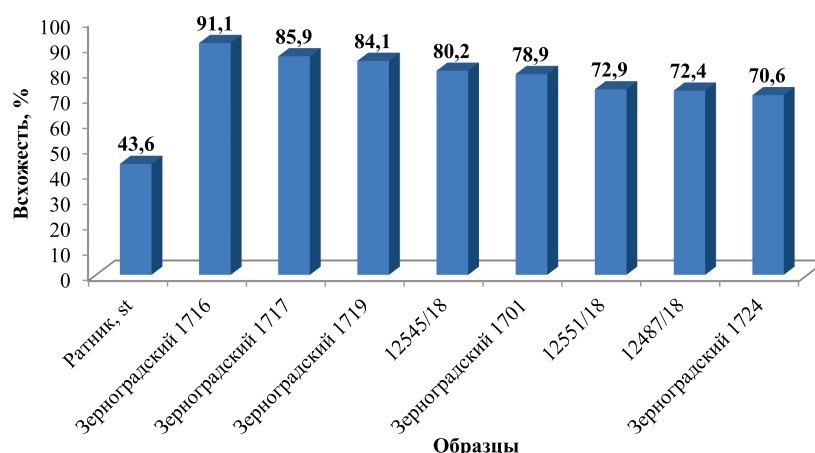


Рис. 3. Выделившиеся образцы ярового ячменя по относительной засухоустойчивости (2018–2020 гг.)
Fig. 3. Identified spring barley samples according to relative drought tolerance (2018–2020)

Максимальные значения всхожести семян ярового ячменя при осмотическом стрессе давлением 8 атмосфер в сравнении со стандартным сортом Ратник (43,6 %) зафиксированы у образцов Зерноградский 1716 (91,1 %), Зерноградский 1717 (85,9 %) и Зерноградский 1719 (84,1 %). Выделенные генотипы характеризуются способностью переносить неблагоприятные условия среды, связанные с недостатком поступления воды в клетки растений за счет более высокой поглотительной способности семян, обусловленной генетическими факторами.

Выводы. В ходе изучения засухоустойчивости сортов и линий ярового ячменя установлено, что при концентрации раствора сахарозы 8 атм. наблюдался наиболее широкий диапазон варьирования всхожести семян.

Проведенные исследования позволили распределить сорта и линии ярового ячме-

ня по группам устойчивости в соответствии с отработанной методикой. Среднеустойчивые к водному стрессу генотипы: 12477/18 (67,9 %), 12523/18 (65,4 %), 12512/18 (64,1 %), Зерноградский 1723 (59,2 %), Зерноградский 1628 (58,0 %), Зерноградский 1686 (54,5 %), Зерноградский 1726 (52,7 %), Леон (51,9 %), 12515/18 (51,7 %), 12489/18 (45,5 %), Ратник (43,6 %). Высокой засухоустойчивостью характеризуются образцы Зерноградский 1716 (91,1 %), Зерноградский 1717 (85,9 %), Зерноградский 1719 (84,1 %), 12545/18 (80,2 %), Зерноградский 1701 (78,9 %), 12551/18 (72,9 %), 12487/18 (72,4 %), Зерноградский 1724 (70,6 %), Зерноградский 1721 (69,8 %), 12525/18 (69,2 %).

Семена обозначенных сортов и линий могут прорасти в условиях слабо доступной влаги, так как они развивают большую поглотительную способность, чем способность внешнего раствора препятствовать проникновению воды.

Библиографические ссылки

1. Газе В. Л., Лиховидова В. А., Ионова Е. В. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямыми и косвенными методами // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2(56). С. 25–28.
2. Донцова А. А., Филиппов Е. Г., Донцов Д. П., Терновая Е. А. Производство ячменя в мире и России // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6. С. 7–13.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Елисеев С. Л., Яркова Н. Н., Ашихмин Н. В., Батуева И. В. Изменение лабораторной всхожести семян зерновых культур в зависимости от метеорологических и агротехнических условий // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1 (13). С. 3–7.
5. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Л.: ВИР, 1988. С. 10–24.
6. Кокина Л. П., Щенникова И. Н., Зайцева И. Ю. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 66, № 5. С. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
7. Морозов Н. А., Самсонов И. В., Панкратова Н. А. Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 29–34. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-29-34.
8. Юсова О. А., Николаев П. Н., Бендина Я. Б., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 4. С. 44–45.
9. Macholdt J., Honermeier B. Yield Stability in Winter Wheat Production: A Survey on German Farmers' and Advisors' Views // Agronomy. 2017. Vol. 7(3). P. 45. DOI: 10.3390/agronomy7030045.
10. Marthandan V., Geetha R., Kumutha K., Renganathan VG., Karthikeyan A., Ramalingam J. Seed Priming: A Feasible Strategy to Enhance Drought Tolerance in Crop Plants // International Journal of Molecular Sciences. 2020. Vol. 21(21). P. 8258. DOI: 10.3390/ijms21218258.
11. Sallam Ahmed, Alqudah Ahmad M., Mona F. A. Dawood, Baenziger P. Stephen, Börner Andreas. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research // International Journal of molecular science. 2019. Vol. 20. P. 3137. DOI: 10.3390/ijms20133137.

References

1. Gaze V. L., Likhovidova V. A., Ionova E. V. Opredelenie urovnya zasukhoustoichivosti obraztsov ozimoi myagkoi pshenitsy pryamym i kosvennymi metodami [Identification of drought resistance level of winter bread wheat samples by direct and indirect methods] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 2(56). S. 25–28.
2. Dontsova A. A., Filippov E. G., Dontsov D. P., Ternovaya E. A. Proizvodstvo yachmenya v mire i Rossii [Barley production in the world and Russia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6. S. 7–13.
3. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. Izd. 5-e., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Eliseev S. L., Yarkova N. N., Ashikhmin N. V., Batueva I. V. Izmenenie laboratornoi vskhozhesti semyan zernovykh kul'tur v zavisimosti ot meteorologicheskikh i agrotekhnicheskikh uslovii [Change in the laboratory germination of grain crop seeds depending on weather and agrotechnical conditions] // Permskii agrarnyi vestnik. 2016. № 1 (13). S. 3–7.
5. Kozhushko N. N. Otsenka zasukhoustoichivosti polevykh kul'tur. // Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozddeistviyam: metodicheskoe rukovodstvo [Diagnosis of plant resistance to stress: a methodological recommendation]. L.: VIR, 1988. S. 10–24.
6. Kokina L. P., Shchennikova I. N., Zaitseva I. Yu. Otsenka kollektsionnykh obraztsov yachmenya na ustoichivost' k osmoticheskomu stressu [Estimation of barley collection samples for resistance to osmotic stress] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. Т. 66, № 5. S. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
7. Morozov N. A., Samsonov I. V., Pankratova N. A. Otsenka iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya na adaptivnost' k zasushlivym usloviyam Stavropol'skogo kraia [Estimation of spring barley initial material for adaptability to aridity of the Stavropol Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 5(77). S. 29–34. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-29-34.
8. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Bendina Ya. B., Safonova I. V., Anis'kov N. I. Stressoustoichivost' sortov yachmenya razlichnogo agroekologicheskogo proiskhozhdenie dlya uslovii rezko-kontinental'nogo klimata [Stress resistance of barley varieties of different agro-ecological origin for conditions of sharply continental climate] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. Т. 181, № 4. S. 44–45.
9. Macholdt J., Honermeier B. Yield Stability in Winter Wheat Production: A Survey on German Farmers' and Advisors' Views // Agronomy. 2017. Vol. 7(3). P. 45. DOI: 10.3390/agronomy7030045.
10. Marthandan V., Geetha R., Kumutha K., Renganathan VG., Karthikeyan A., Ramalingam J. Seed Priming: A Feasible Strategy to Enhance Drought Tolerance in Crop Plants // International Journal of Molecular Sciences. 2020. Vol. 21(21). P. 8258. DOI: 10.3390/ijms21218258.
11. Sallam Ahmed, Alqudah Ahmad M., Mona F. A. Dawood, Baenziger P. Stephen, Börner Andreas. Drought Stress Tolerance in Wheat and Barley: Advances in Physiology, Breeding and Genetics Research // International Journal of molecular science. 2019. Vol. 20. P. 3137. DOI: 10.3390/ijms20133137.

Поступила: 21.06.22; доработана после рецензирования: 03.08; принята к публикации: 5.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Газе В. Л. – концептуализация исследования, проведение лабораторных опытов; Лобунская И. А. – сбор данных и подготовка рукописи; Костылев П. И., Филиппов Е. Г. – анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ОСНОВНЫМ КРИТЕРИЯМ КАЧЕСТВА

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;

М. М. Копусь, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033;

Н. Г. Игнатьева, техник-исследователь лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

И. М. Олдырева, техник-исследователь лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0001-6845-0874;

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

Изучение качества зерна на всех этапах создания сорта, начиная с подбора родительских пар, – важнейшее условие результативности селекции. Цель исследований заключалась в оценке образцов озимой пшеницы по основным критериям качества зерна и отборе перспективных для дальнейшего использования в селекционном процессе. Исследования проводили в 2019–2021 годах. Изучались новые сорта и перспективные линии озимой мягкой пшеницы из основного конкурсного сортоиспытания по предшественнику сидеральный пар. Критерии, характеризующие качество зерна, определяли в лабораторных условиях в соответствии с методическими указаниями и ГОСТами. На основании проведенных исследований были выявлены источники, характеризующиеся высокой выраженностью признаков качества зерна. По натуре зерна выделены сорта: Матрица, Рубин Дона и линии 1043/17 и 1582/166. По общей стекловидности выделились образцы Матрица, Приазовье и 1582/16. Большинство образцов соответствовало хорошему качеству по SDS-седиментации: Ермак, Раздолье, Рубин Дона, Матрица, Приазовье, 1582/16, 1043/17, 1295/18, 1431/18, 1463/18, 1518/18, 1612/18 и 1895/18. Высоким содержанием белка в зерне характеризовался образец в 1463/18 (15,02 %). Также были изучены: количество и качество клейковины, число падения и хлебопекарные свойства. Наилучшей выраженностью изучаемых признаков качества характеризовались сорта Рубин Дона, Матрица, Приазовье и линии 1582/16 и 1463/18, эти генотипы могут быть использованы в селекционном процессе в качестве источников высокого содержания белка и клейковины в зерне и хороших хлебопекарных свойств.

Ключевые слова: содержание белка, клейковина, натура зерна, стекловидность, число падения, SDS-седиментация, хлебопекарные свойства.

Для цитирования: Кравченко Н. С., Копусь М. М., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М., Подгорный С. В. Изучение селекционного материала озимой мягкой пшеницы по основным критериям качества // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 39–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-39-45.



THE STUDY OF BREEDING MATERIAL OF WINTER BREAD WHEAT ACCORDING TO THE MAIN CRITERIA OF QUALITY

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;

M. M. Kopus, leading researcher of the laboratory of biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033;

N. G. Ignatieva, technician-researcher of the laboratory of biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

I. M. Oldyreva, technician-researcher of the laboratory of biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID ID: 0000-0001-6845-0874;

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

FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The study of grain quality at all stages of a variety development, starting with the selection of parental pairs, is the most important condition for the efficiency of breeding. The purpose of the current paper was to estimate winter wheat samples according to the main criteria of grain quality and to select promising ones for further use in the breeding process. The study was carried out in 2019–2021. There were studied new varieties and promising lines of winter bread wheat from the main Competitive Variety Testing, according to green manure fallow. Criteria characterizing grain quality were determined in the laboratory conditions in accordance with methodology and GOSTs. Based

on the conducted study, there were identified sources that were characterized by a high severity of grain quality traits. According to 'grain unit', there were distinguished such varieties as 'Matritsa', 'Rubin Dona' and the lines '1043/17' and '1582/166'. According to the general kernel hardness there were identified such samples as 'Matritsa', 'Priazovie' and the line '1582/16'. The samples and lines 'Ermak', 'Razdolie', 'Rubin Dona', 'Matritsa', 'Priazovie', '1582/16', '1043/17', '1295/18', '1431/18', '1463/18', '1518/18', '1612/18' and '1895/18' corresponded to good quality according to SDS-sedimentation. The sample '1463/18' was characterized by a high protein percentage in grain (15.02 %). There were also studied a quantity and quality of gluten, falling number and baking properties. The varieties 'Rubin Dona', 'Matritsa', 'Priazovie' and the lines '1582/16', '1463/18' were characterized by the best expression of the studied traits of quality. These genotypes can be used in the breeding process as sources of high protein and gluten percentage in grain and good baking properties.

Keywords: protein percentage, gluten, grain unit, kernel hardness, falling number, SDS-sedimentation, baking properties.

Введение. Основной зерновой продовольственной культурой, возделываемой в Ростовской области, является озимая мягкая пшеница. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, под урожай 2022 г. было посеяно 2 881,9 тыс. га озимых культур, что на 110 тыс. га выше уровня прошлого года.

В Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации на 2022 год по Северо-Кавказскому региону, к которому относится Ростовская область, допущено к использованию 208 сортов озимой мягкой пшеницы, это предоставляет широкие возможности сельхозпроизводителям в подборе сортов для различных агроклиматических зон.

По мнению Г.А. Филенко (2016), росту урожайности и повышению качества произведенной продукции будут способствовать правильный подбор сорта с учетом особенностей каждой почвенно-климатической зоны Ростовской области и внедрение сортовых технологий.

Одним из способов получения более продуктивных сортов с высоким уровнем качества зерна является целенаправленный отбор наиболее перспективных сортообразцов с обязательным контролем качества с ранних этапов селекции (Барковская и др., 2021).

Качество зерна определяется как наследственными особенностями, так и условиями

возделывания и включает в себя более 20 признаков, которые изучаются от подбора родительских форм для скрещивания до передачи сорта на государственное испытание.

Проведение достоверной поэтапной оценки биохимических и технологических свойств зерна на всех этапах является одним из важнейших условий результативности селекционного процесса создания сорта с высоким качеством зерна (Лихенко и др., 2007).

Цель исследований заключалась в оценке образцов озимой пшеницы по основным критериям качества зерна и отборе перспективных для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Материал и методы исследований.

Изучались 4 новых сорта и 12 перспективных линий озимой мягкой пшеницы, которые выращивали в основном конкурсном сортоиспытании лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы в течение 2019–2021 гг. по предшественнику сидеральный пар. Сорт Ермек использовали в качестве стандарта. Научный севооборот находится в южной зоне Ростовской области, которая характеризуется как зона с неустойчивым и недостаточным увлажнением. Климатические условия вегетационных периодов существенно отличались. Наблюдалось неравномерное выпадение осадков по сезонам и месяцам (рис. 1).

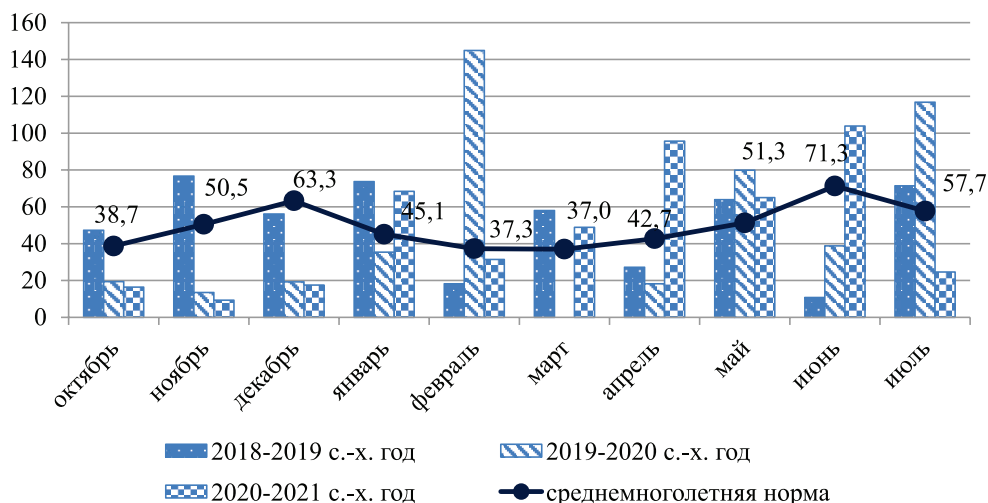


Рис. 1. Сумма осадков за вегетационный период 2019–2021 годов
Fig. 1. Amount of precipitation during a vegetation period of 2019–2021

Основное влияние на качество урожая оказывают погодные условия с мая по июль, которые совпадают с фазами «колошение – полная спелость зерна». В мае во все годы исследований количество осадков превышало среднемноголетние нормы (51,3 мм). В июне 2019

и 2020 гг. налив и созревание зерна протекали в условиях почвенной засухи и недоборе осадков.

Среднесуточные температуры воздуха превышали среднемноголетние значения по всем сезонам и месяцам (рис. 2).

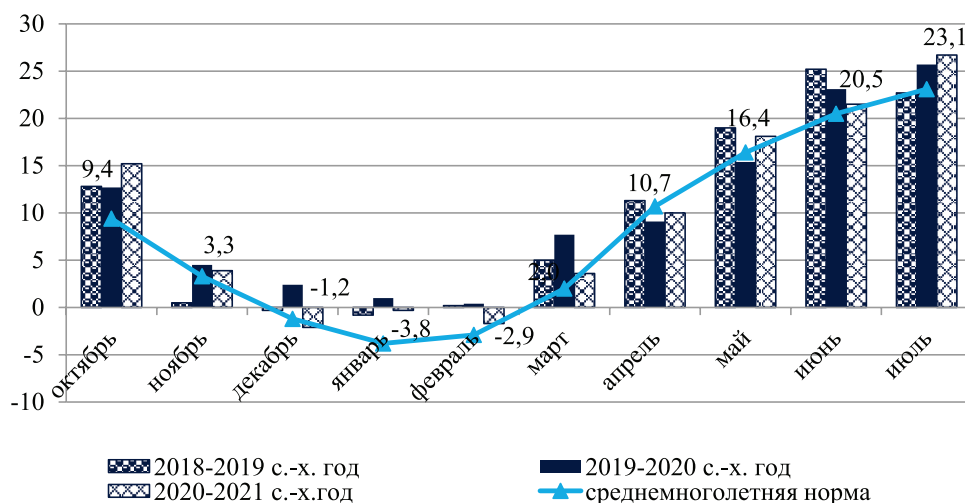


Рис. 2. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период 2019–2021 годов
Fig. 2. Mean daily air temperature during a vegetation period of 2019–2021

Отличительной особенностью вегетационного периода 2020 г. являются возвратные весенние заморозки, что отрицательно сказалось на росте и развитии растений пшеницы и в дальнейшем на формировании урожайности. Предуборочный период (первая декада июля 2020 г.) характеризовался выпадением ливневых осадков, что привело к снижению качества зерна.

Осенью 2020 г. наблюдалась засуха, посев озимой пшеницы был произведен практически в сухую почву, всходы были получены через 2 месяца после посева. В 2021 г. за период «колошение – созревание» (май–июнь) выпало 168,9 мм осадков, что на 39,9 мм выше среднемноголетних значений. Это повлияло на снижение стекловидности и натурной массы зерна (произошло обесцвечивание и стекание).

Признаки, характеризующие качество зерна, определяли в лабораторных условиях в соответствии с методическими указаниями и ГОСТ. Количество и качество клейковины в зерне определяли по ГОСТ Р 54478-2011, натурную массу – по ГОСТ 10840-2017. Стекловидность зерна определяли с помощью электронного диафаноскопа «Янтарь-Блик». Содержание белка в зерне устанавливали по методу Къельдаля по ГОСТ 10846-91. Величину SDS-седиментации определяли в соответствии с методическими рекомендациями (Самоефалова и др., 2014). Число падения устанавливали согласно ГОСТ ISO 3093-2016. Хлебопекарные свойства определяли с помощью пробной лабораторной выпечки.

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 ($CV > 20,0\%$).

Результаты и их обсуждение. Создание сортов озимой пшеницы с высокими хлебопекарными свойствами невозможно без учета качества зерна на всех этапах селекционного процесса, начиная с самых ранних.

На первых этапах особое внимание уделяется отбору образцов по внешнему виду, выравненности и крупности зерна. Натура в совокупности с массой 1000 зерен является характеристикой крупности и выполненности зерна.

Погодно-климатические условия вегетационных периодов 2020 и 2021 гг. оказали отрицательное влияние на формирование этого признака. В среднем за изучаемый период максимальная выраженность натурной массы отмечена у сортов Матрица (787 г/л), Рубин Дона (783 г/л) и линий 1043/17 (789 г/л) и 1582/166 (788 г/л) (табл. 1).

Все изучаемые образцы, за исключением линии 1724/18, соответствовали требованиям, предъявляемым к 1 классу качества (не менее 750 г/л). Расчет коэффициента вариации показал, что варьирование было низким – от 2,9 (1463/18) до 6,1 % (1724/18), то есть образцы были стабильными по этому признаку.

Таблица 1. Натура и общая стекловидность зерна сортов и линий мягкой озимой пшеницы (2019–2021 гг.)**Table 1. Grain unit and general kernel hardness of the winter bread wheat varieties and lines (2019–2021)**

Сорт/линия	Натура зерна, г/л	CV, %	Общая стекловидность зерна, %	CV, %
Ермак, стандарт	769	4,5	56	17,6
Раздолье	772	3,6	54	12,3
Рубин Дона	783	3,7	58	18,5
Матрица	787	4,0	61	23,3
Приазовье	775	3,1	61	22,8
1582/16	788	3,6	64	25,0
1043/17	789	3,7	56	19,5
1533/17	782	3,2	55	14,2
1762/17	781	4,2	57	20,7
1076/18	772	3,4	54	12,3
1295/18	775	2,6	53	10,8
1431/18	772	4,0	55	15,2
1463/18	781	2,9	54	12,8
1518/18	778	4,5	56	17,6
1612/18	779	3,3	56	9,3
1724/18	745	6,1	56	17,0
1895/18	797	3,0	54	9,1
Среднее	778	3,7	56	16,4
НСР ₀₅	7,3	–	2,1	–

Общая стекловидность, наряду с натурой, характеризует мукомольные свойства сорта. Условия вегетационного периода 2020 и 2022 гг. отрицательно повлияли на выраженность общей стекловидности. В ходе исследований установлено, что в среднем за изучаемый период основное количество сортов и линий характеризовались общей стекловидностью ниже 60 %, что позволяет отнести их к 3 классу (не менее 40 %). Выделены образцы Матрица (61 %), Приазовье (61 %) и 1582/16 (64 %), которые, несмотря на неблагоприятные условия, сформировали значения признака на уровне требований 1 класса качества (не менее 60 %). Варьирование признака зафиксировано в значительных пределах: от низкого – 9,1 % (1895/18) до среднего – 25,0 % (1582/16).

К одному из наиболее информативных признаков на ранних этапах отбора на качество

зерна относится SDS-седиментация, которая является косвенным показателем количества белка и клейковины в зерне. Эффективность этого метода научно обоснована отечественными и иностранными учеными, и его широко используют для оценки различий по количеству и качеству белка и клейковины (Фадеева и др., 2022; Kaaya and Akcura, 2014; Kibkalo, 2022). Этот признак не нормируется ГОСТ 9353-2016, но широко применяется в селекционных программах для отбора образцов с высоким содержанием клейковины в зерне, начиная с селекционного питомника F 4-7.

Значения SDS-седиментации варьировали от 53 (1076/18) до 70 мл (1533/18). Согласно классификации М. М. Копусь, лучшая выраженность признака отмечена у линий 1533/17 (70 мл) и 1762/17 (66 мл), что соответствовало отличному качеству (табл. 2).

Таблица 2. SDS-седиментация и массовая доля белка в зерне сортов и линий мягкой озимой пшеницы (2019–2021 гг.)**Table 2. SDS-sedimentation and mass fraction of protein in grain of the winter bread wheat varieties and lines (2019–2021)**

Сорт/линия	SDS-седиментация, мл	CV, %	Массовая доля белка в зерне, %	CV, %
Ермак, стандарт	59	2,0	13,12	2,4
Раздолье	62	3,3	12,24	5,7
Рубин Дона	58	3,6	13,42	4,7
Матрица	59	5,1	12,68	5,0
Приазовье	62	4,1	13,30	3,0
1582/16	63	5,7	13,59	4,9
1043/17	65	6,4	12,87	6,8
1533/17	70	0,8	13,95	5,3
1762/17	66	3,5	13,74	3,9
1076/18	53	5,4	13,24	2,8
1295/18	57	4,4	13,08	2,5
1431/18	60	5,1	13,23	8,2
1463/18	57	5,3	15,02	6,4
1518/18	58	1,0	13,14	11,1
1612/18	60	2,6	13,68	11,3
1724/18	56	6,2	13,04	3,4
1895/18	61	1,6	13,78	1,6
Среднее	60	3,9	13,36	5,2
НСР ₀₅	2,5	–	0,52	–

Большинство образцов соответствовало хорошему качеству: Ермак (59 мл), Раздолье (62 мл), Рубин Дона (58 мл), Матрица (59 мл), Приазовье (62 мл), 1582/16 (63 мл), 1043/17 (65 мл), 1295/18 (57 мл), 1431/18 (60 мл), 1463/18 (57 мл), 1518/18 (58 мл), 1612/18 (мл) и 1895/18 (61 мл).

К образцам с удовлетворительным качеством зерна по SDS-седиментации относилась линия 1076/18 (53 мл).

Расчет коэффициента вариации показал низкие значения и варьирование от 0,8 (1533/17) до 6,4 % (1043/17), что свидетельствует о стабильности признака по сортам и годам исследований.

Отбор образцов по количеству белка в зерне начинается с F4-7, что позволяет выделить для дальнейшей работы материал с высокими значениями признака.

По данному критерию выделен образец 1463/18 с содержанием белка 15,02 %, что соответствует 1 классу качества. Основное количество образцов соответствовало 2 и 3 классу качества.

Значения коэффициента вариации также были низкими, что свидетельствует о стабильности признака.

При создании сортов озимой мягкой пшеницы большое внимание уделяют количеству и качеству клейковины в зерне, так как выраженность этих признаков влияет на реологические, физические и хлебопекарные свойства.

По количеству клейковины в зерне отмечено варьирование значений от 25,6 % (Ермак) до 31,7 % (1463/18), что соответствует 2–3 классу качества (не менее 25,0 %) (табл. 3).

Таблица 3. Количество и качество клейковины в зерне сортов и линий мягкой озимой пшеницы (2019–2021 гг.)
Table 3. Quantity and quality of gluten in grain of the winter bread wheat varieties and lines (2019–2021)

Сорт/линия	Количество клейковины в зерне, %	CV, %	Качество клейковины, ИДК, единиц прибора	CV, %
Ермак, стандарт	25,6	7,6	69	5,1
Раздолье	25,9	4,9	66	6,3
Рубин Дона	29,2	1,2	72	7,9
Матрица	27,2	2,3	76	6,0
Приазовье	28,2	6,5	70	8,7
1582/16	30,2	6,1	71	9,5
1043/17	27,0	7,6	76	10,8
1533/17	29,7	5,7	70	10,3
1762/17	28,1	4,3	71	6,1
1076/18	27,1	7,1	81	12,4
1295/18	27,7	7,5	74	6,2
1431/18	26,0	5,1	71	2,4
1463/18	31,7	10,7	86	7,9
1518/18	25,7	2,2	75	7,6
1612/18	26,1	2,9	66	20,3
1724/18	29,0	8,4	67	10,0
1895/18	28,9	8,3	74	15,0
Среднее	27,9	5,8	73	9,0
НСР ₀₅	0,81	—	3,6	—

Индекс деформации клейковины характеризует реологические свойства клейковины и теста. В соответствии с ГОСТ 9353-2016 для 1–2 класса требования предъявляются на уровне 43–77 единиц прибора ИДК. Однако для получения хлеба хорошего качества, наилучшими значениями мы считаем 70–90 единиц, так как такие образцы обладают клейковиной с хорошей упругостью и растяжимостью.

Выраженность индекса деформации клейковины у образцов основного конкурсного сортоиспытания варьировала от 66 единиц (Раздолье) до 86 единиц прибора (1463/18). Значения признака у большинства изученных образцов соответствовали 1 классу качества по ИДК. Линии 1463/18 (86 единиц прибора) и 1076/18 (81 единица прибора) соответствовали 3 классу.

Значения коэффициента вариации изменялись от низких – 5,1 % (Ермак) до средних – 20,3 % (1612/18).

Признаком, выраженность которого в значительной степени влияет на хлебопекарные свойства, является число падения.

В среднем за изучаемый период значения числа падения варьировали от 414 (1895/18) до 467 с (1295/18) (табл. 4).

Все изучаемые образцы характеризовались значениями числа падения выше 200 с и соответствовали требованиям, предъявляемым к 1 классу качества, и низкой активностью α -амилазы.

Значения объемного выхода хлеба и общей хлебопекарной оценки не нормируются ГОСТ, но эти показатели учитываются Государственной комиссией по сортоиспытанию. Пробная лабораторная выпечка хлеба – прямой метод определения хлебопекарных свойств сортов. Ее проводят с этапа, когда зерна достаточно для выполнения данного исследования.

Значения объемного выхода хлеба варьировали от 610 (1612/18) до 757 см³ (1463/18) (табл. 5).

Таблица 4. Число падения сортов и линий мягкой озимой пшеницы (2019–2021 гг.)
Table 4. Falling number of the winter bread wheat varieties and lines (2019–2021)

Сорт/линия	Число падения, с	CV, %
Ермак, стандарт	453	13,0
Раздолье	444	4,7
Рубин Дона	456	11,9
Матрица	441	4,2
Приазовье	459	8,6
1582/16	453	10,4
1043/17	489	17,3
1533/17	447	9,8
1762/17	451	8,5
1076/18	453	7,0
1295/18	467	7,7
1431/18	455	7,7
1463/18	421	8,1
1518/18	444	9,2
1612/18	435	1,9
1724/18	436	3,6
1895/18	414	6,4
Среднее	448,3	8,2
НСР ₀₅	10,2	–

Таблица 5. Объемный выход и общая оценка хлеба сортов и линий мягкой озимой пшеницы (2019–2021 гг.)
Table 5. Volume yield and general baking assessment of the winter bread wheat varieties and lines (2019–2021)

Сорт/линия	Объемный выход хлеба, см ³	CV, %	Общая хлебопекарная оценка, балл	CV, %
Ермак, стандарт	697	7,4	4,5	9,9
Раздолье	657	14,1	4,2	19,2
Рубин Дона	737	14,1	4,4	11,8
Матрица	677	14,8	4,1	17,3
Приазовье	650	21,2	3,9	20,5
1582/16	737	7,5	4,5	5,9
1043/17	687	12,4	4,2	9,5
1533/17	680	19,1	4,0	18,9
1762/17	697	23,6	4,0	23,8
1076/18	687	9,7	4,3	4,9
1295/18	720	15,5	4,4	9,5
1431/18	637	22,0	3,9	22,4
1463/18	757	15,3	4,5	9,0
1518/18	710	23,4	4,2	22,7
1612/18	610	15,0	3,7	16,4
1724/18	683	17,0	3,9	16,8
1895/18	683	27,2	4,1	21,1
Среднее	688	16,4	4,2	15,3
НСР ₀₅	25,3	–	0,15	–

Выделены образцы, которые сформировали максимальную выраженность объема хлеба: 1463/18 (757 см³), Рубин Дона, 1582/16 (737 см³), 1295/18 (720 см³) и 1518/18 (710 см³) и соответствовали классу сильных пшениц согласно требованиям Государственной комиссии по сортоиспытанию.

Значения коэффициента вариации свидетельствуют о низкой и средней изменчивости признака – от 7,4 (Ермак) до 27,2 % (1895/18). Стабильностью и низкой вариабельностью признака характеризовались сорта Ермак (7,4 %), 1582/16 (7,5 %).

Общая хлебопекарная оценка является итогом проведенного анализа, при ее расчете учитывают объемный выход хлеба (переведенный в баллы в соответствии с методикой), оценку по форме хлеба, пористости и эластичности мякиша.

Значения общей оценки варьировали от 3,7 (1612/18) до 4,5 балла (Ермак, 1582/16, 1463/18). Выделены образцы, соответствующие клас-

су сильных пшениц по этому признаку, с максимальной выраженностью: Ермак (4,5 балла), 1582/16 (4,5 балла), 1463/18 (4,5 балла), Рубин Дона (4,4 балла), 1295/18 (4,4 балла) и 1076/18 (4,3 балла).

Варьирование значений коэффициента вариации свидетельствует о средней изменчивости признака – от 4,9 (1076/18) до 23,8 % (1762/18). Выделены образцы с низкой изменчивостью общей оценки хлеба: Ермак (9,9 %), 1582/16 (5,9 %), 1043/17 (9,5 %), 1076/18 (4,9 %), 1595/18 (9,5 %) и 1463/18 (9,0 %).

По результатам лабораторной выпечки выделены перспективные образцы с наилучшими хлебопекарными свойствами: 1582/16, 1463/18, 1295/18 и Рубин Дона.

Выводы. По комплексу основных критериев качества были выделены образцы Рубин Дона и линии 1582/16 и 1463/18, которые характеризовались наилучшей выраженностью изучаемых признаков качества.

Выделенные образцы могут быть использованы в селекционном процессе в качестве источников высокого содержания белка и клейковины в зерне и хороших хлебопекарных свойств.

Библиографические ссылки

1. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Оценка потребительских свойств зерна селекционных линий яровой мягкой пшеницы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. № 22(2). С. 204–211. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.204-211.
2. Дзюба В. А. Теоретическое и прикладное растениеводство: на примере пшеницы, ячменя и риса. Научно-методическое пособие. Краснодар, 2010. 475 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Лихенко И. Е. Некоторые проблемы качества зерна пшеницы и направления селекционной работы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2007. № 6 (174). С. 108–110.
5. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Иличкина Н. П., Гричаникова Т. А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна. Научно-практические рекомендации. Ростов н/Д., 2014. 32 с.
6. Фадеева И. Д., Игнатьева И. Ю., Хакимова А. Г., Митрофанова О. П. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна в условиях севера Среднего Поволжья // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. №183(1). С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
7. Филенко Г. А., Фирсова Т. И., Марченко Д. М. Посевная площадь и урожайность озимой пшеницы // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 6 (148). С. 61–69.
8. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotypes and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.) // *Food Science and Technology (Campinas)*. 2014. Vol. 34. P. 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041.
9. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes // *Plants*. 2022. Vol. 11, № 13. P. 1640. DOI: 10.3390/plants11131640.

References

1. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G. Otsenka potrebitel'skikh svoistv zerna selektsionnykh linii yarovoi myagkoi pshenitsy [Estimation of consumer properties of grain of breeding lines of spring bread wheat] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(2). S. 204–211. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.204-211.
2. Dzyuba V. A. Teoreticheskoe i prikladnoe rastenievodstvo: na primere pshenitsy, yachmenya i risa [Theoretical and applied crop production: on the example of wheat, barley, and rice]. Nauchno-metodicheskoe posobie. Krasnodar, 2010. 475 s.
3. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. Izd. 5-e., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Likhenko I. E. Nekotorye problemy kachestva zerna pshenitsy i napravleniya selektsionnoi raboty [Some problems of wheat grain quality and the direction of breeding work] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki*. 2007. № 6(174). S. 108–110.
5. Samofalova N. E., Kopus' M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Ilichkina N. P., Grichanikova T. A. SDS-sedimentatsiya v po etapnoi otsenke selektsionnogo materiala ozimoi pshenitsy po kachestvu zerna [SDS-sedimentation in the stepwise rating of winter wheat breeding material for grain quality]. Nauchno-prakticheskie rekomendatsii. Rostov n/D., 2014. 32 s.
6. Fadeeva I. D., Ignat'eva I. Yu., Khakimova A. G., Mitrofanova O. P. Iskhodnyi material dlya selektsii ozimoi myagkoi pshenitsy na kachestvo zerna v usloviyakh severa Srednego Povolzh'ya [Initial material for winter bread wheat breeding for grain quality in the north of the Middle Volga region] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2022. № 183(1). S. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
7. Filenko G. A., Firsova T. I., Marchenko D. M. Posevnaya ploshchad' i urozhainost' ozimoi pshenitsy [Sown area and productivity of winter wheat] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2016. № 6(148). S. 61–69.
8. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotypes and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.) // *Food Science and Technology (Campinas)*. 2014. Vol. 34. P. 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041.
9. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes // *Plants*. 2022. Vol. 11, № 13. P. 1640. DOI: 10.3390/plants11131640.

Поступила: 20.07.22; доработана после рецензирования: 04.08.22; принята к публикации: 04.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кравченко Н. С. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Подгорный С. В. – подготовка и проведение полевого опыта по изучению сортов и перспективных линий в 2019–2021 гг.; Копусь М. М., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М. – проведение лабораторных исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОРГО ЗЕРНОВОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НОВЫХ СОРТОВ

В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;
Н. Н. Сухенко, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, nadeshdasuchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;
О. А. Лушпина, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, ORCID ID: 0000-0002-0325-1521;
Ю. В. Репешко, агроном лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Ценные биологические особенности и большие потенциальные возможности в использовании имеет культура сорго. Сорго зерновое отличается исключительной пластичностью, хорошей устойчивостью к воздушным и почвенным засухам и высоким температурам, поэтому может стать одной из перспективных культур в севооборотах. Создаваемые сорта должны быть раннеспелыми, крупнозерными и хорошо озерненными. В статье представлены результаты исследований коллекционного питомника сорго зернового образцов мировой селекции. Опыты проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской». По результатам исследований установлено, что раннеспелые формы в зависимости от года составляют 39,6–74,4 % изученной коллекции. Образцы № 2–13, Д 577/19, F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя и сорта Кинельское 63, Камышинское 64, Камышинское 75 характеризовались коротким вегетационным периодом (до 90 дней). В 2021 г. доля образцов из коллекции с количеством зерен в метелке от 1001 до 1500 шт. составила 44,8 %. При сравнении со стандартом Зерноградское 88 (1532 шт.) выделены восемь образцов, превышающие его по озерненности метелки. Выяснено, что наибольшая часть коллекции (64,1–72,4 % и 16,8–25,5 % соответственно) характеризуется средней и большой массой 1000 зерен. Очень большая масса 1000 зерен (>40 г) в среднем за три года отмечена у образцов Аванс, Атлант, № 61–13, Spur Feterita, Redhull Feterita, Feterita. Отобраны формы с комплексом ценных признаков для дальнейшего их использования в селекционной работе. Цель исследований – изучить коллекционный материал различной селекции по признакам: количество семян в метелке, масса 1000 зерен, вегетационный период, которые в большей степени оказывают влияние на урожайность зерна сорго, и выделить источники по данным признакам.

Ключевые слова: сорго зерновое, исходный материал, раннеспелость, количество зерен в метелке, масса 1000 зерен.

Для цитирования: Ковтунов В. В., Сухенко Н. Н., Лушпина О. А., Репешко Ю. В. Оценка коллекционных образцов сорго зернового для селекции новых сортов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-46-51.



ESTIMATION OF THE COLLECTION GRAIN SORGHUM SAMPLES FOR BREEDING OF NEW VARIETIES

V. V. Kovtunov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;
N. N. Sukhenko, Candidate of Agricultural Sciences, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, nadeshdasuchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0856-6661;
O. A. Lushpina, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0325-1521;
Yu. V. Repeshko, agronomist of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, repeshko@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-7470-6338
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Sorghum has valuable biological features and great potential for use. Grain sorghum is characterized with super adaptability, good resistance to air and soil droughts and high temperatures, therefore it can become one of the promising crops in crop rotations. The developed varieties should be early-maturing and large-kernelled. The current paper has presented the study results of the collection nursery of grain sorghum samples of the world breeding. The trials were carried out in the laboratory for grain sorghum breeding and seed production of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” in 2019–2021. According to the study results, there was established that, depending on the year, early-maturing forms made up 39.6–74.4 % of the studied collection. The samples ‘No.2-13’, ‘D577/19’, ‘F7 Pioneer 88 x 412 Feterita rannaya’ and the varieties ‘Kinelskoe 63’, ‘Kamyshinskoe 64’, ‘Kamyshinskoe 75’ were characterized by a short vegetation period (up to 90 days). In 2021, there were 44.8 % of the collection samples with ‘number of kernels per panicle’ from 1001 to 1500 pcs. When compared with the standard variety ‘Zernogradskoe 88’ (1532 pcs.), there

were identified eight samples exceeding it in 'kernel percentage per panicle'. There was found out that the largest part of the collection samples was characterized by a mean and large '1000-kernel weight' (64.1–72.4 % and 16.8–25.5 %, respectively). A very large '1000-kernel weight' (>40 g) through three years was established for the samples 'Avans', 'Atlant', 'No.61–13', 'Spur Feterita', 'Redhull Feterita', 'Feterita'. There have been selected the forms with a complex of valuable traits for their further use in breeding work. The purpose of the current study was to research the collection material of various breeding according to such traits as 'number of kernels per panicle', '1000-kernel weight', 'length of a vegetation period', which have a greater effect on grain sorghum productivity and to identify valuable sources due to these traits.

Keywords: grain sorghum, initial material, early maturity, number of kernels per panicle, 1000-kernel weight.

Введение. Сорго зерновое как сельскохозяйственная культура имеет высокие кормовые достоинства и в нашей стране обладает большими потенциальными возможностями. Оно считается одной из наиболее жаростойких и засухоустойчивых сельскохозяйственных культур в мировом земледелии, может произрастать на почвах разного гранулометрического состава и является солеустойчивой, поэтому имеет широкий ареал возделывания (Мохова, 2020; Kibalnik и др., 2021; Kovtunov, Kovtunova, 2021; Abreha и др., 2022; Nekrasova и др., 2022). Широкое внедрение сорго в производство сдерживается недостаточным количеством скороспелых сортов и гибридов (Алабушев и др., 2016). Также важной проблемой остается повышение урожайности сортов. Основными признаками, определяющими величину урожайности у сорго, являются масса 1000 зерен и число зерен в метелке. Актуальная задача в селекции сорго зернового – это создание новых высокоурожайных сортов с коротким вегетационным периодом, хорошо озерненной метелкой и большой массой 1000 зерен (Kovtunov, Kovtunova, 2021). Важным этапом в решении этой задачи являются всесторонняя оценка генофонда мировой коллекции, поиск продуктивных форм в данных почвенно-климатических условиях и выявление источников ценных признаков для дальнейшего целенаправленного их использования в селекционном процессе (Kovtunov и др., 2021). Цель исследований – изучить коллекционный материал различной селекции по признакам: количество семян в метелке, масса 1000 зерен, вегетационный период, которые в большей степени оказывают влияние на урожайность зерна сорго, и выделить источники по данным признакам.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследования использованы коллекционные образцы, поступившие из различных научных учреждений России и других стран. В 2019 г. в изучении находились 368 образцов различного эколого-географического происхождения, в 2020 г. – 308, а в 2021 г. – 286 образцов.

Участок коллекционного питомника был расположен в 6-польном селекционном севообороте ФГБНУ «АНЦ «Донской». Опыты проводили в соответствии с Методикой полевого опыта (Доспехов, 2014), Методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989) и Методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго

и крупяных культур (1968). Посев питомника сорго зернового выполняли селекционной сеялкой Клен-4,2 в оптимальные сроки. Учет урожая сорго зернового проводили в фазе полной спелости зерна согласно методике. Анализ количественных признаков сорго зернового осуществляли с учетом Широкого унифицированного классификатора СЭВ и международного классификатора СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench.

Метеорологические условия. Гидротермические показатели существенно варьировали в зависимости от года исследований (2019–2021 гг.) Максимальное значение по осадкам за вегетационный период (май–сентябрь) было в 2021 г. (273,1 мм), а два предыдущих года характеризовались недостаточной влажностью (среднегодовые значения 267,8 мм). ГТК за период май–сентябрь в 2019 г. составило 0,63, в 2020 г. – 0,68, в 2021 г. – 0,82. Неравномерное распределение осадков наблюдалось во весь период вегетации. В мае положительное воздействие на полевую всхожесть сорго оказала достаточная увлажненность почвенного слоя (2019 г. – +12,6 мм, 2020 г. – +28,6 мм, 2021 г. – +13,7 мм при норме 51,3; 71,3 и 57,7 соответственно). Однако пониженная температура воздуха (–1,1 °С к норме 16,5 °С) в 2020 г. отрицательно сказалась на темпах начального роста. Недостаточное количество осадков (ниже среднегодового (57,7 мм) на 33,1 мм) в июле 2021 г. снизило озерненность метелки и массу 1000 зерен сорго зернового.

Результаты и их обсуждение. В результате анализа распределения изученных коллекционных образцов сорго зернового установлено, что раннеспелые формы (период вегетации «всходы – полная спелость» ≤100 дней) в зависимости от года исследования составляют 39,6–74,4 %, а в среднеспелую группу входит 22,1–58,4 % образцов. На долю позднеспелых (вегетационный период >120 дней) образцов приходилось 5,2 % в 2019 г. и 2,0–2,1 % в последующие два года опытов (рис. 1).

По итогам научно-исследовательской работы за 2019–2021 гг. выделены раннеспелые образцы: Эритрея (90 дней), Венец (90 дней), № 2–13 (к-10990) (89 дней), Камышинское 64 (88 дней), Д 577/19 (84 дня), Камышинское 75 (84 дня), F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя (к-141) (83 дня), Кинельское 63 (83 дня), которые созревали на 3–10 дней раньше стандартного сорта Зерноградское 88 (93 дня) (табл. 1).

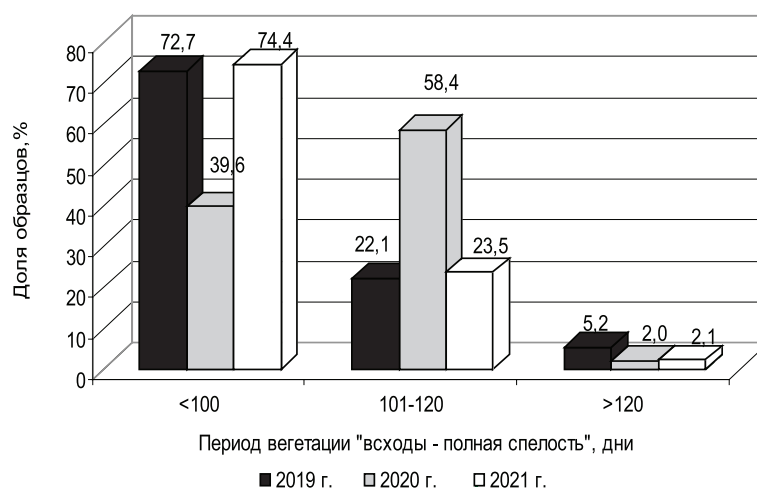


Рис. 1. Распределение образцов сорго зернового по продолжительности вегетационного периода (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Distribution of the grain sorghum samples according to the trait 'length of a vegetation period' (2019–2021)

Таблица 1. Характеристика раннеспелых образцов сорго зернового (2019–2021 гг.)
Table 1. Characteristics of the early-maturing grain sorghum samples (2019–2021)

Название	Происхождение	Вегетационный период, дни	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в метелке, шт.	Урожайность зерна, г/м ²
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	93	27,3	1532	517
F7 Пионер 88 x 412 Фетерита ранняя (к-141)	Украина (ВИГРР)	83	23,8	604	165
Кинельское 63	Россия (Поволжский НИИСС)	83	23,1	1394	340
Д 577/19	Россия	84	35,4	565	301
Камышинское 75	Россия (Нижне-Волжский НИИССХ)	84	23,9	1030	319
Камышинское 64	Россия (Нижне-Волжский НИИССХ)	88	23,8	1283	366
№ 2–13 (к-10990)	Украина (ВИГРР)	89	20,2	1261	306
Эритрея	Украина	90	27,0	1442	449
Вінець	Украина	90	28,4	687	214
Среднее значение		98	27,3	1376	443
Стандартное отклонение		9	5,4	475	144

Так же раннеспелые образцы Кинельское 63, Камышинское 64, Камышинское 75, Вінець, Эритрея и Д 577/19 являлись низкорослыми (97–117 см). Кроме того, образец Д 577/19 имел крупные семена (35,4 г). Рекомендуется вовлекать в селекционный процесс отмеченные образцы в качестве источников с комплексом ценных признаков.

У сорго зернового к одним из основных элементов, которые обуславливают урожайность, относят число зерен в метелке и массу 1000 зерен. Наибольший вклад в урожайность зерна вносит признак «количество зерен в метелке». В зависимости от года исследований коэффициент корреляции варьировал от $0,36 \pm 0,05$ до $0,54 \pm 0,04$.

График распределения образцов сорго зернового по количеству зерен в метелке показал, что основная доля образцов (50,3 %, или 185 шт.) в 2019 г. находилась в группе с озерненностью метелки 501–1000 шт. В результате браковки в 2019 г. низкопродуктивных образцов в 2020 и 2021 гг. увеличилась доля образцов с числом зерен в метелке от 1001 до 2000 шт. (рис. 2).

Превышение количества зерен в метелке на величину стандартного отклонения (475 шт.) по сравнению со стандартом Зерноградское 88 (1532 шт.) отмечено у образцов Одесский 205, № 93-23-13, Степняк, Майло 168/Combeine 7078, Quadron GC 1681, F16 BC1 Хегари 2259 x K-924, KX № 8, Zoria (табл. 2).

Высокоозерненные образцы Майло 168/Combeine 7078, №93-23-13, Степняк, Zoria характеризовались раннеспелостью (96–98 дней), а образцы №93-23-13, F16 BC1 Хегари 2259 x K-924, Майло 168/Combeine 7078, Одесский 205 были низкорослыми (97–119 см). По урожайности зерна источники высокой озерненности метелки превысили стандарт Зерноградское 88 на 19–229 г/м².

По массе 1000 зерен изученные коллекционные образцы охватили все классы: очень малая (<15 г), малая (15–20 г), средняя (21–30 г), большая (31–40 г), очень большая (>40 г). Наибольшая доля образцов (64,1–72,4 % и 16,8–25,5 % соответственно) характеризовалась средней и большой массой 1000 семян. Наибольшая масса 1000 семян установлена у 1,7–3,9 % образцов (рис. 3).

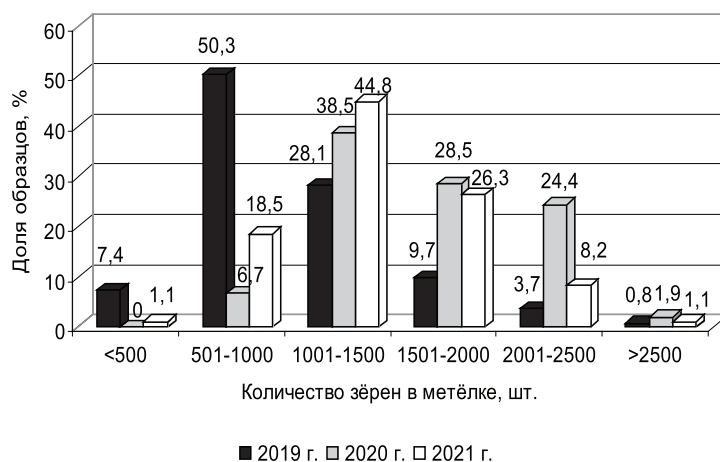


Рис. 2. Распределение образцов сорго зернового по признаку количество зерен в метелке (2019–2021 гг.)
Fig. 2. Distribution of the grain sorghum samples according to the trait 'number of kernels per panicle' (2019–2021)

Таблица 2. Характеристика коллекционных образцов сорго зернового с высокой озерненностью метелки (2019–2021 гг.)
Table 2. Characteristics of the collection grain sorghum samples with a high kernel percentage per panicle (2019–2021)

Название	Происхождение	Количество зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Вегетационный период, дни	Урожайность зерна, г/м ²
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	1532	27,3	93	517
Одесский 205	Украина (ВИГРР)	2061	25,7	100	645
№ 93-23-13(к-11012)	Украина (ВИГРР)	2094	26,6	98	652
Степняк	Украина (ВИГРР)	2141	27,4	98	698
Майло 168/Combeine 7078 (к-10920)	Украина (ВИГРР)	2157	20,0	96	536
Quadroon GC 1681	Эфиопия (ВИГРР)	2174	26,4	105	678
F16 BC1 Хегари 2259 x K-924	Россия (ВИГРР)	2478	27,8	105	746
KX № 8(к-10880)	Китай (ВИГРР)	2431	23,2	108	701
Zoria	Сирия (ВИГРР)	2502	19,4	98	592
Среднее значение		1376	27,3	98	443
Стандартное отклонение		475	5,4	9	144

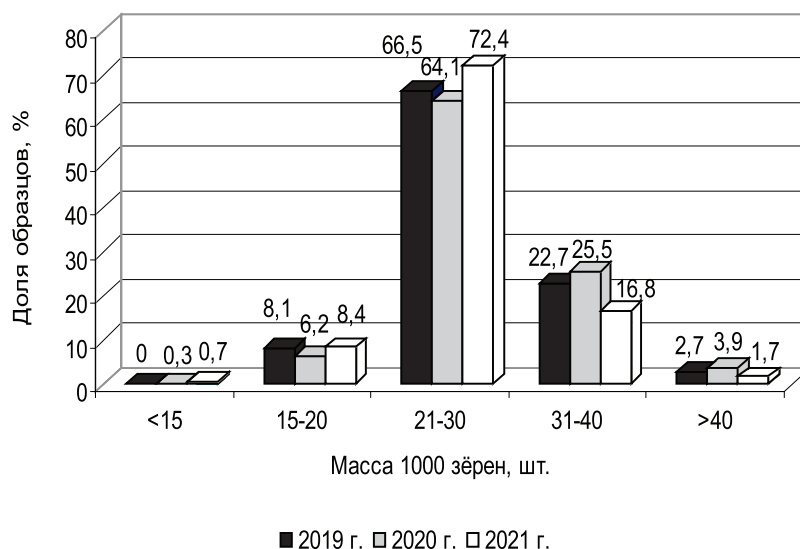


Рис. 3. Распределение образцов сорго зернового по признаку «масса 1000 зерен» (2019–2021 гг.)
Fig. 3. Distribution of the grain sorghum samples according to the trait '1000-kernel weight' (2019–2021)

В среднем за три года очень большая масса 1000 зерен отмечена у образцов: Аванс (40,1 г), Атлант (40,1 г), № 61–13 (40,2 г), SpurFeterita (41,0 г), RedhullFeterita (41,6 г), Feterita (44,0 г). Выделенные образцы превышали стандарт Зерноградское 88 (27,3 г)

по массе 1000 зерен на 12,8–16,7 г и поэтому крупнозерности в селекции на получение перспективных гибридов и сортов (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика источников крупнозерности сорго зернового (2019–2021 гг.)
Table 3. Characteristics of sources of large-kernelled grain sorghum (2019–2021)

Название	Происхождение	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в метелке, шт.	Вегетационный период, дни	Урожайность зерна, г/м ²
Зерноградское 88, ст.	Россия (АНЦ «Донской»)	27,3	1532	93	517
Feterita(к-682)	США (ВИГРР)	44,0	1182	99	564
RedhullFeterita	США (ВИГРР)	41,6	1105	102	602
Spur Feterita	США (ВИГРР)	41,0	1096	101	548
№61-13	Украина (ВИГРР)	40,2	968	101	486
Атлант	Украина	40,1	1169	98	512
Аванс	Россия (Россорго)	40,1	605	87	329
Среднее значение		27,3	1376	98	443
Стандартное отклонение		5,4	475	9	144

Среди крупнозерных образцов выделился сорт Аванс, который характеризовался раннеспелостью (вегетационный период 87 дней) и низкорослостью (108 см). По урожайности зерна превышение на 31–85 г/м² по сравнению со стандартным сортом Зерноградское 88 отмечено у образцов Spur Feterita (548 г/м²), Feterita (564 г/м²) и Redhull Feterita (602 г/м²). Данные образцы изменяются на величину стандартного отклонения (144 г/м²).

Выводы. По результатам проведенного анализа выделено восемь образцов с коротким

вегетационным периодом – 83–90 дней. Также отмечены формы с большим количеством зерен в метелке, характеризующиеся раннеспелостью и низкорослостью. В качестве источников крупнозерности отобрано шесть образцов с высокой массой 1000 зерен (более 40 г). Аванс и Д 577/19 характеризуются комплексом ценных признаков: раннеспелость, низкорослость, крупнозерность. Выделенный исходный материал может быть использован в селекционной работе для создания высокопродуктивных сортов и гибридов сорго зернового.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Горпиниченко С. И. Семеноводство сорго зернового в Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1. С. 12–15.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.
4. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.
5. Мохова В. И. Устойчивость к разнокачественному засолению зернового сорго сорта Рось, выращенного на фоне минерального удобрения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 7. С. 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77.
6. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motilhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255. 20. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.
7. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // Agronomy Research. 2021. Vol. 19, № 4. P. 1781-1790. DOI: 10.15159/AR.21.120.
8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental. 2021. Science 843. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
9. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. 13009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.
10. Nekrasova O. A., Ionova E. V., Kravchenko N. S., Ignateva N. G., Kovtunov V. V. Biochemical indicators of grain sorghum varieties in the Rostov region // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. 2022. № w/n. P. 217–225. DOI: 10.1007/978-981-16-8731-0-22.

References

1. Alabushev A.V., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Gorpichenko S. I. Seme-novodstvo sorgo zernovogo v Rostovskoy oblasti [Grain sorghum seed production in the Rostov region] // Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2016. № 1. S. 12–15.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obra-botki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans. 2014. 351 s.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk vtoroy. Zernov-yye, krupyan-yye, zernobobovyye, kukuruza i kormov-yye kul'tury. M.: 1989. 194 s.

4. Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu kollektсионnykh obraztsov kukuruzy, sorgo i krupyanykh kul'tur [Methodical recommendations on the study of collection samples of maize, sorghum, and cereals]. L.: VIR. 1968. 51 s.
5. Mokhova V.I. Ustoychivost' k raznokachestvennomu zasoleniyu zernovogo sor-go sorta Ros', vyrashchennogo na fone mineral'nogo udobreniya [The resistance to different quality salting of cereal sorghum variety Ros grown against the background of mineral fertilizer] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 7. S. 72–77. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-7-72-77.
6. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S., Vetukuri R. R., Feyissa T., Motlhaodi T., Ng'uni D., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2022. № 255. 20. DOI: 10: 1007/s00425-021-03799-7.
7. Kibalnik O. P., Kukoleva S. S., Semin D. S., Efremova I. G., Starchak V. I. Evaluation of the combining ability of cms lines in crosses with samples of grain sorghum and sudan grass // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. № 4. P. 1781-1790. DOI: 10.15159/AR.21.120.
8. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental. 2021. Science 843. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
9. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. 13009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.
10. Nekrasova O. A., Ionova E. V., Kravchenko N. S., Ignateva N. G., Kovtunov V. V. Biochemical indicators of grain sorghum varieties in the Rostov region // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. 2022. № w/n. P. 217–225. DOI: 10.1007/978-981-16-8731-0-22.

Поступила: 31.07.22; доработана после рецензирования: 05.08.22; принята к публикации: 09.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ РИСА НА ОСМОТИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ САХАРОЗЫ

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

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Засуха является существенным абиотическим стресс-фактором для с.-х. культур, в том числе и риса, поскольку в мире увеличивается дефицит пресной воды. В статье приводятся результаты лабораторных опытов по изучению влияния растворов с повышенным осмотическим давлением на способность прорастания семян и роста проростков риса. Цель исследования – оценка сортов и образцов риса по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков. Объектами исследования выступили 67 сортов и образцов риса из ВИР, ФНЦ риса и АНЦ «Донской». Семена проращивали в термостате на фильтровальной бумаге в чашках Петри на растворах сахарозы 8, 12 и 16 атм. В результате исследования установлено, что оптимальным вариантом было проращивание семян риса на растворе сахарозы 8 атм., при котором образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте, так и на контроле. Всхожесть семян на контроле составила 96,6 %, а в опыте существенно снизилась – до 60,9 %, варьируя от 20 до 100 %. Преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 % образцов со всхожестью в опыте более 80 %. Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. По соотношению длины ростка в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением, однако выделилось 4,5 % образцов с максимальным соотношением О/К – 35–40 %. Длина корешка в опыте колебалась от 0,1 до 4 см. Распределение частот было асимметричным, преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см. Соотношение О/К по корешку было правосторонне асимметричным, большинство образцов (74,6 %) имели низкое соотношение – от 0 до 15 %. Выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %: это № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Данные образцы используют в селекционном процессе для создания засухоустойчивых сортов риса.

Ключевые слова: рис, сорт, селекция, засухоустойчивость, осмотик.

Для цитирования: Костылев П. И., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости проростков риса на осмотическом растворе сахарозы. 2022. Т. 14, № 4. С. 52–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-52-61.



ESTIMATION OF DROUGHT RESISTANCE OF RICE SAMPLES ON AN OSMOTIC SUCROSE SOLUTION

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

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

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Drought is a significant abiotic stress factor for agricultural crops, including rice, as freshwater shortage is increasing in the world. The current paper has presented the results of laboratory trials to study the effect of solutions with high osmotic pressure on the ability of seeds to germinate and on the growth of rice sprouts. The purpose of the study was to estimate rice varieties and samples for drought resistance at the initial stages of ontogenesis using osmotic agents. The objects of the study were 67 rice varieties and samples from the VIR, the FRC of Rice and the ARC "Donskoy". Seeds were germinated in a thermostat on filter paper in Petri dishes in 8, 12, and 16 atm sucrose solutions. As a result of the study, there was found that the best option was rice seeds' germination in a sucrose solution of 8 atmospheres, in which the samples varied significantly in germination, length of sprouts and roots, both in the trial and in the control. Seed germination on the control was 96.6 %, and in the trial, it significantly decreased to 60.9 %, varying from 20 to 100 %. There were 50.8 % of samples with germination from 60–80 %. At the same time, 4.5 % of the samples were isolated with a germination rate of more than 80 % in the trial. In the trial, a sprout length among the samples varied from 0.2 to 1.4 cm. There were identified 13.5 % of the samples, which had a sprout length more than 1 cm. According to the ratio of a sprout length in the trial to the control, the samples were distributed asymmetrically, there were more samples with a low ratio, however, there were identified 4.5 % of samples with a maximum O/K ratio (35–40 %). In the trial, a root length ranged from 0.1 to 4 cm. The frequency distribution was asymmetric, there were 61.2 % samples with a very short root, up to 1 cm. The O/K ratio according to a root was right-sided asymmetric, 74.6 % of the samples had a low ratio from 0 to 15 %. There were identified 3 % of samples with the ratio of more than 50 %. They were No. 39 (ZULK 1) and No. 50 (ZULK 12). These samples are used in the breeding process to develop drought-tolerant rice varieties.

Keywords: rice, variety, breeding, drought resistance, osmotic.

Введение. Рис – это одна из основных пищевых культур в мире. Повышение продуктивности риса является сложной задачей, поскольку на его развитие влияют различные абиотические стрессы и участвовавшие экстремальные погодные условия. Среди многочисленных абиотических стрессов засуха или дефицит воды считаются наиболее важными ограничениями в производстве риса во многих районах его выращивания (Pandey and Shukla, 2015).

Рис, как и другие культуры, потенциально может противостоять стрессу от засухи, используя четыре различных стратегии: уход от засухи, предотвращение засухи, устойчивость к засухе и восстановление после засухи. Правильный выбор времени жизненного цикла, приводящий к завершению наиболее чувствительных стадий развития при избытке воды, считается стратегией ухода от засухи (Kostylev et al., 2021).

Избегание стресса из-за дефицита воды с помощью корневой системы, способной извлекать воду из глубоких слоев почвы, или за счет снижения суммарного испарения без ущерба для урожайности считается средством предотвращения засухи. Более быстрое развитие корневой системы риса, обеспечивающее преимущество по интенсивности поглощения минеральных веществ, скорости формирования фотосинтетического аппарата, увеличивает адаптивность к засолению и засухе (Харитонов и др., 2015).

Такой процесс, как осмотическая регуляция, при которой растение поддерживает тургорное давление клеток при пониженном водном потенциале почвы, классифицируется как механизм устойчивости к засухе (Roy et al., 2021).

Когда растение обнаруживает дефицит воды, оно может накапливать различные осмотически активные соединения, такие как аминокислоты, сахара и ионы внутри своих клеток, что приводит к снижению осмотического потенциала клетки. Вода, присутствующая в межклеточных пространствах, затем течет внутрь этих клеток. Этот процесс, названный осмотической регуляцией (ОР), был предложен в качестве потенциального фактора, который мог бы позволить растениям поддерживать тургор и лучше выживать при низком водном статусе. Однако было доказано, что осмотическая регуляция, вероятно, не позволяет растению извлекать много дополнительной воды из почвы, и это может привести к потере урожайности (Masud et al., 2021).

Осмотическая адаптация может способствовать повышению засухоустойчивости за счет накопления осмолитов (низкомолекулярные органические вещества) в корнях,

что будет поддерживать или усиливать развитие корней в более глубоких слоях почвы, тем самым увеличивая количество доступной воды для использования сельскохозяйственными культурами (Swapna and Shylaraj, 2017).

Для достижения производственных целей на богарных землях необходимы засухоустойчивые сорта риса, а генетическое улучшение засухоустойчивости должно стать приоритетной темой исследований в будущем (Debabrata et al., 2021).

В АНЦ «Донской» работа по селекции засухоустойчивого риса ведется с 2003 года. За основу были взяты суходольные маньчжурские образцы из коллекции ВИР, которые были скрещены с отечественными сортами (Костылев и др., 2016, 2020, 2021, 2022). Однако, кроме полевых оценок, необходимы и быстрые лабораторные методы изучения засухоустойчивости.

Цель исследования – оценка сортов и образцов риса по засухоустойчивости на начальных этапах онтогенеза с помощью осмотиков.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования выступили 67 сортов и образцов риса из ВИР, ФНЦ риса и АНЦ «Донской». В качестве стандарта использовали сорт Вирасан.

Опыт проводили в трехкратной повторности в лаборатории физиологии Центра фундаментальных исследований «АНЦ «Донской». В качестве осмотика использовали сахарозу. Семена риса проращивали на двойной фильтровальной бумаге в чашках Петри. Чашки предварительно хорошо мыли и прогревали вместе с бумагой в течение 2 ч в термостате при 150 °С. При проращивании семян в термостате постоянно поддерживали оптимальную для этого температуру – 24 °С.

Для приготовления раствора сахарозы брали мерные и термостойкие колбы вместимостью 0,5–1 л, для разлива раствора осмотика и воды в чашки Петри – мерные цилиндры или пипетки на 10 мл. Для работы также использовали пинцеты, ножницы, линейки, аналитические весы.

Для получения раствора сахарозы определенной концентрации на технических весах отвешивали нужное ее количество, растворяли в необходимом объеме дистиллированной воды и кипятили 5 мин.

Выбор концентрации раствора зависит от особенностей культуры и качества семян. Необходимо, чтобы сорта четко дифференцировались, и высокоустойчивый сорт снижал сухую массу проростков очень слабо (до 10 %), а слабоустойчивый сорт – на 40–50 % и более. Для подбора оптимальной концентрации проверили три варианта (табл. 1).

Таблица 1. Концентрация раствора сахарозы и осмотическое давление
Table 1. Concentration of a sucrose solution and osmotic pressure

Концентрация раствора сахарозы, %	Соответствующее осмотическое давление, атм
10,0	8
13,8	12
17,6	16

Подготовленные семена одной репродукции проращивали в воде на фильтровальной бумаге в чашке Петри (по 50 шт. в каждой) в термостате. В чашки Петри опытного варианта добавляли раствор сахарозы (по 10 мл), контрольного – дистиллированную воду (по 10 мл) и ставили их в термостат. На 10-й день подсчитывали количество проросших семян, измеряли длину ростков и корешков.

Степень засухоустойчивости (ЗУ) определяли по формуле:

$$ЗУ = О/К \cdot 100\%,$$

где О – количество проросших семян в растворе сахарозы из каждой чашки, К – количество проросших семян в воде на контроле (Кожушко, Царевская, 1988).

Анализ данных проводили с помощью программы Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. В опыте по проращиванию семян на растворе сахарозы первоначально были изучены различные концентрации: 16, 12 и 8 атмосфер. В результате исследований было установлено, что концентрация в 16 атм является слишком высокой для прорастания семян. В этих условиях смогли прорасти четыре образца: № 3 (АН-Юн-Хо, Китай), 44 (ЗУЛК 6), 51 (Командор х Маловодотребовательный), 64 (Скомс белый х Кубань 3). При этом росток у них не формировался, а наблюдалось лишь появление корешков длиной от 0,1 до 0,5 см. Из 50 высеванных семян проросли от 1 до 6 шт.

Эти образцы неплохо показали себя и при более низких концентрациях сахарозы.

При концентрации 12 атм общий результат был лучше, в этих условиях проросло 38 из 67 образцов, при этом ростков не было, а появились только корешки. Количество проросших растений из 50 варьировало от 1 до 17, длина корешков варьировала от 0,1 до 1,0 см. Максимальная длина корешков была у образцов № 3 (АН-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 51 (Командор х Маловодотребовательный), 55 (Командор х Чан-Чунь-Ман), 64 (Скомс белый х Кубань 3). Наибольшее количество проросших семян отмечено у образцов № 37 (ЗУЛК 4), 44 (ЗУЛК 6).

Оптимальной оказалась концентрация сахарозы в опыте в 8 атм в результате чего проросли все образцы, сформировавшие и корешки, и ростки, однако с различной степенью их развития. Поэтому дальнейшее обсуждение результатов опыта относится только к этому варианту.

В результате проведения опыта с осмотиками по проращению семян риса на растворе сахарозы 8 атм было установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте, так и на контроле.

При проращивании на дистиллированной воде всхожесть семян на контроле была близка к 100 %. 82,1 % образцов имели высокую всхожесть – 95–100 % и лишь 3 образца – от 70 до 85 % (рис. 1).

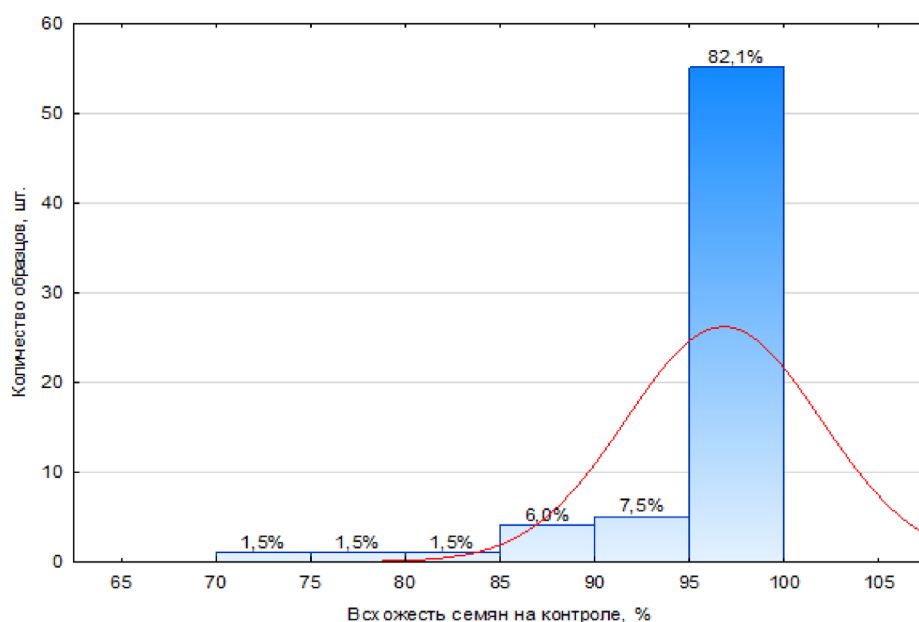


Рис. 1. Распределение по всхожести образцов риса на контроле
Fig. 1. Distribution according to rice samples' germination on the control

Однако в опыте всхожесть существенно снизилась. Она варьировала от 20 до 100 %, преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 %

образцов со всхожестью в опыте более 80 % (рис. 2). Это образцы 3 (АН-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 62 (Скомс белый х Кубань 3). У сорта Суходол она была равна 80 %.

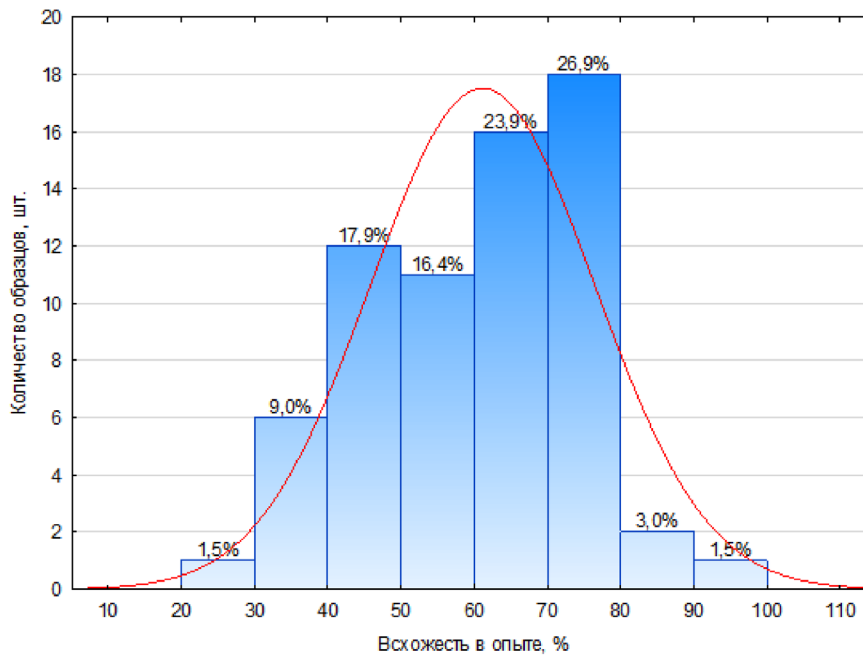


Рис. 2. Распределение по всхожести образцов риса в опыте
Fig. 2. Distribution according to rice samples' germination in the trial

Длина ростка в опыте у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см (рис. 3). Максимальное количество образцов имели длину ростка 0,9–1 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых дли-

на ростка в опыте была больше 1 см. Это такие образцы, как № 50 (ЗУЛК 12), № 64 (Скомс белый х Кубань 3), №35 (Дин-Сян х Боярин), №41 (ЗУЛК 3) и др.

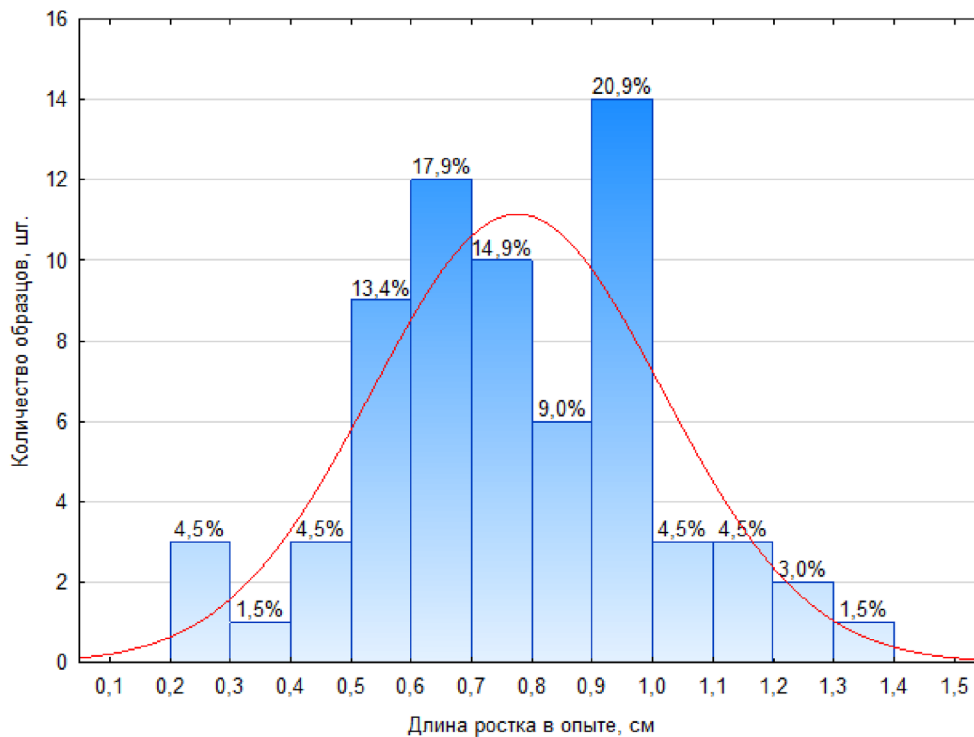


Рис. 3. Распределение по длине ростков образцов риса в опыте
Fig. 3. Distribution according to a length of sprouts of the rice samples in the trial

При этом на контроле длина ростка была значительно выше – до 11 см, и варьировала в более широких пределах – от 1 до 11 см (рис. 4). Основная масса образцов (65,6 %) име-

ла длину ростка от 4 до 8 см. Однако выделилось 12 % образцов с длиной ростка более 8 см. Это образцы № 18 (Сталинградский), № 40 (ЗУЛК 2), № 37 (ЗУЛК 4) и др.

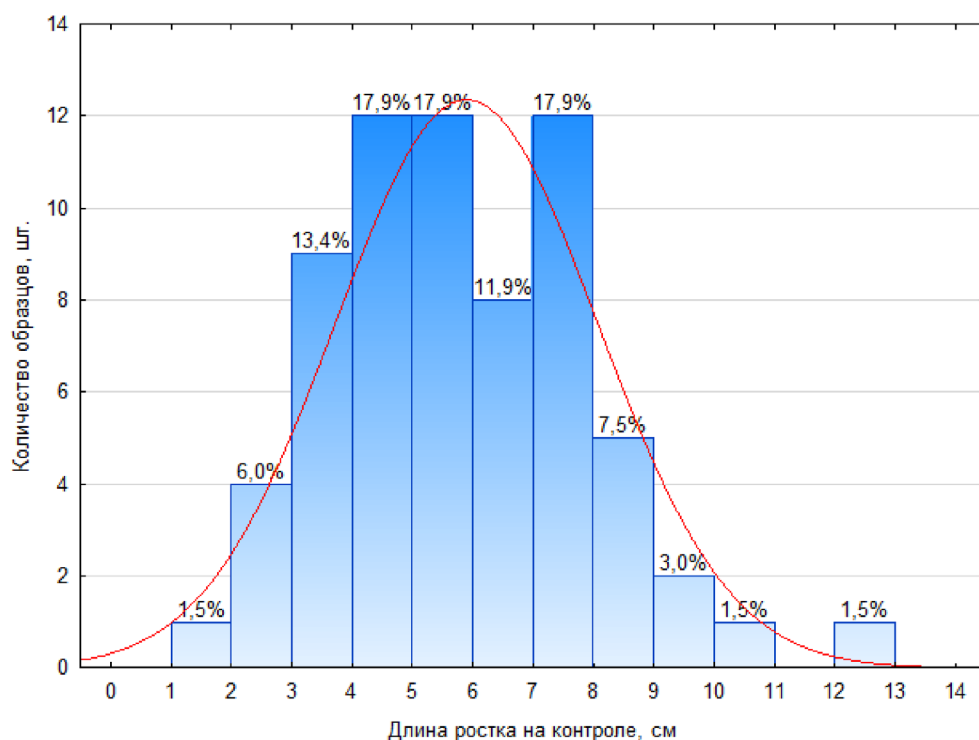


Рис. 4. Распределение по длине ростков образцов риса на контроле
Fig. 4. Distribution according to a length of sprouts of the rice samples on the control

По соотношению длины роста в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением О/К: 28,4 % имели от 5 до 10 % и 25,4 % – от 10 до 13 %. Тем не менее выде-

лилось 4,5 % образцов, которые имели максимальное соотношение О/К – от 35–40 %: № 64 (Скомс белый х Кубань 3), № (ЗУЛК 10), № 26 (Суходольный 554 х Раздольный) (рис. 5).

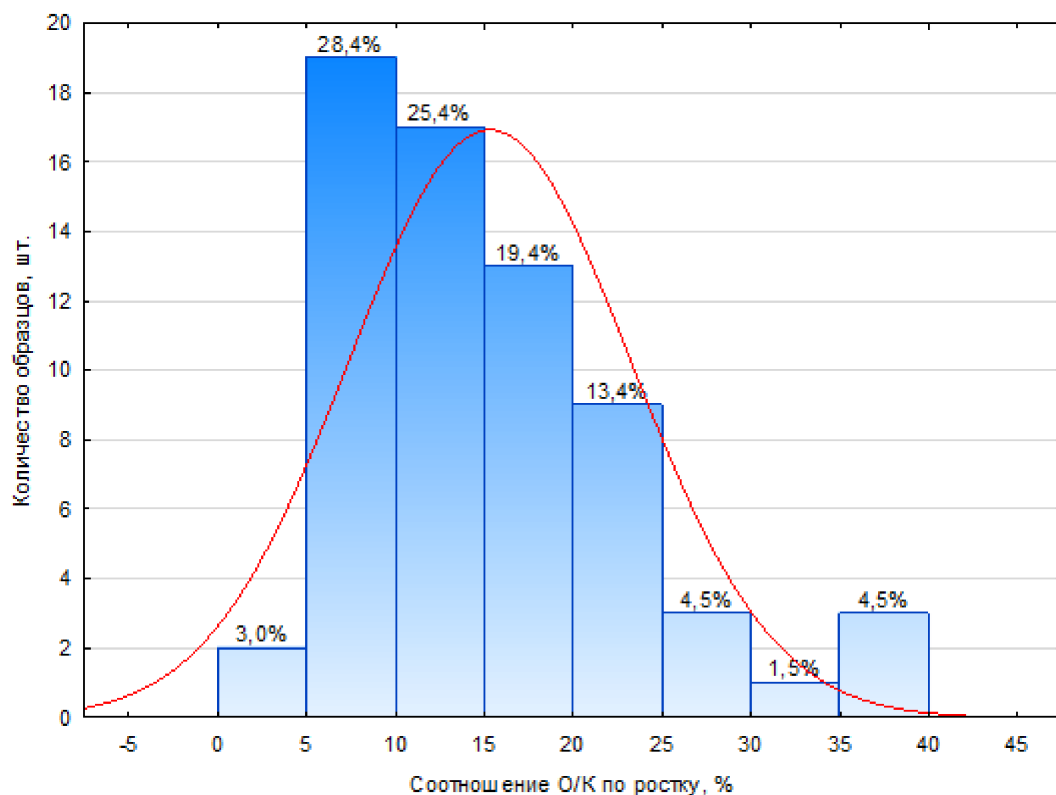


Рис. 5. Распределение по соотношению О/К по ростку
Fig. 5. Distribution according to the O/K ratio by a sprout

По длине корешка в опыте длина корешка варьировала от 0,1 до 4 см. Распределение частот было асимметричным, преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см (рис. 6).

На контроле длина корешков варьировала от 3–14 см, преобладали образцы с длинной от 9–12 см. Распределение было двухвершинным и представляло собой две группы: малая вершина и большая вершина (рис. 7).

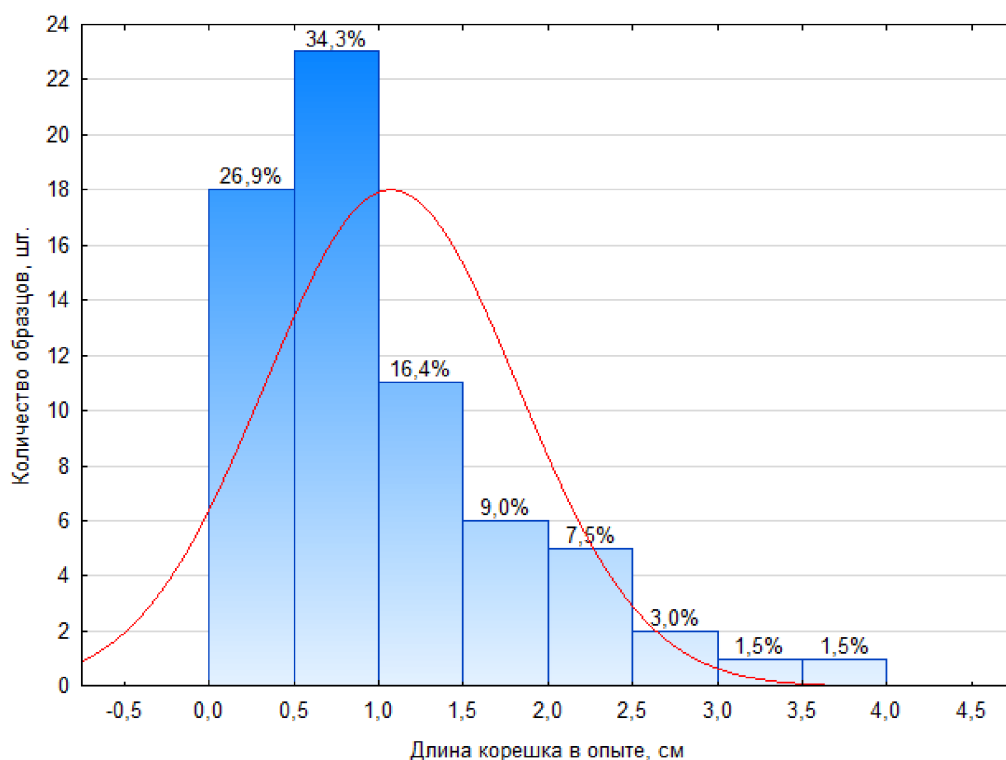


Рис. 6. Распределение по длине корешков образцов риса в опыте
Fig. 6. Distribution according to a length of roots of the rice samples in the trial

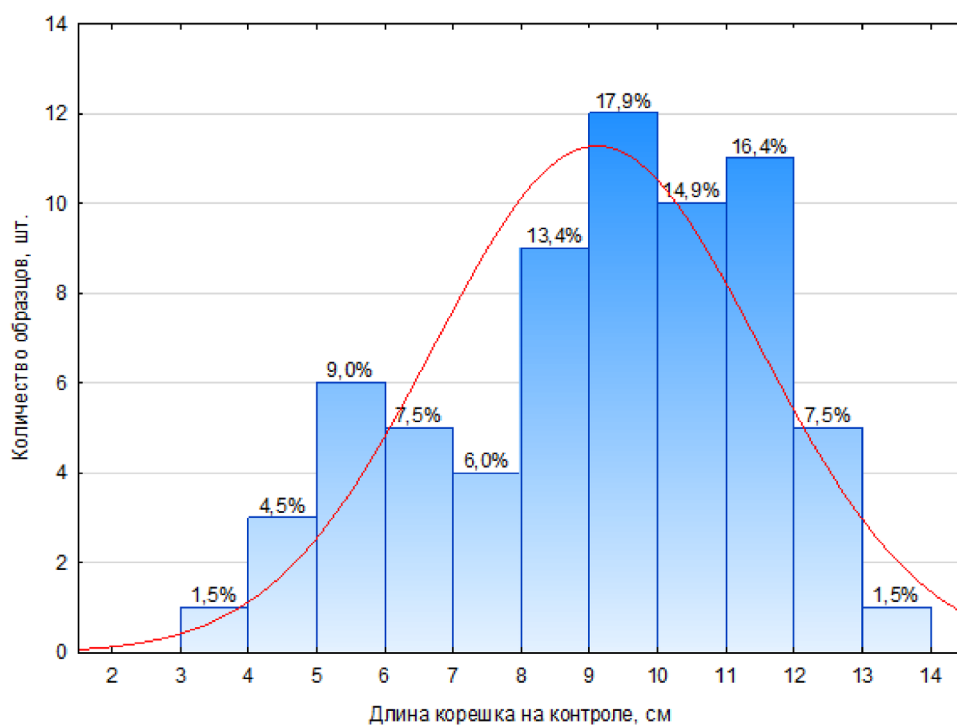


Рис. 7. Распределение по длине корешков образцов риса в контроле
Fig. 7. Distribution according to a length of roots of the rice samples on the control

Соотношение О/К по корешку характеризовалось значительной правосторонней асимметрией, которая указывает на то, что большинство образцов имели низкое соотношение – от 0 до 15 %, их было в общей сложности 74,6 % то есть примерно три четвер-

ти образцов (рис. 8). Тем не менее выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %, это такие образцы, как № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Неплохое соотношение показали также образцы 2 (ЗУЛК 10) – 43,6 %, 1 (Суходол) – 36,2 %, 47 (ЗУЛК 11) – 35,5 %.

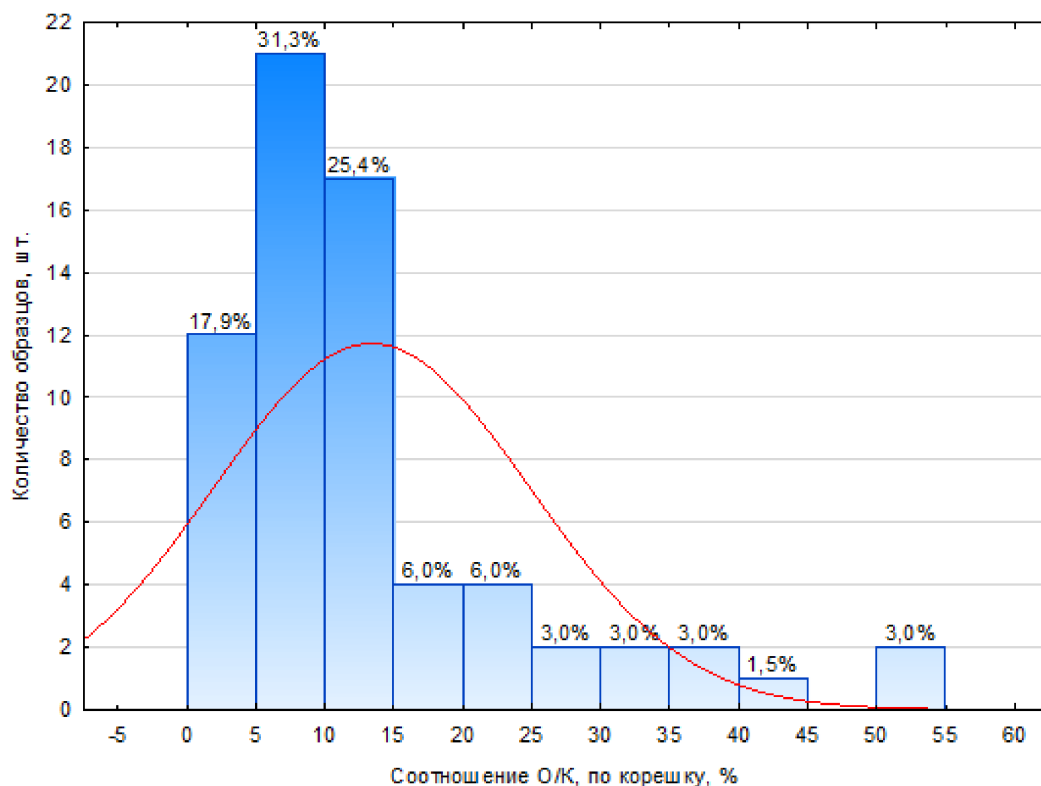


Рис. 8. Распределение по соотношению О/К по корешку
Fig. 8. Distribution according to the O/K ratio by a root

Таким образом, в результате проведенного исследования удалось выявить значительную вариабельность признака засухоустойчивости по показателю осмотической силы корней и отобрать несколько образцов с высо-

кими значениями размеров ростков и корешков, а также с высоким соотношением величин признаков О/К. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выделившиеся на растворе сахарозы образцы риса
Table 2. Rice samples identified on a sucrose solution

№	Образец	Контроль			Опыт, 8 атм			О/К, росток, %	О/К, корешок, %
		Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо-жесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо-жесть, %		
30	Вирасан, стандарт	5,97	8,33	100,0	0,54	2,17	76,0	9,1	26,0
1	Суходол	3,57	8,17	98,0	0,66	2,96	80,0	18,4	36,2
2	ЗУЛК 10	1,77	3,57	96,0	0,64	1,56	64,0	36,5	43,6
3	Ан-Юн-Хо	2,30	6,60	100,0	0,74	0,68	80,7	32,4	10,3
25	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	6,97	8,47	100,0	0,69	2,06	68,0	9,9	24,3
26	Суходольный 554 х Раздольный	2,80	5,93	82,0	1,01	1,32	73,3	36,1	22,3
27	Чан-Чунь-Ман х Раздольный	3,60	11,30	98,0	0,71	3,01	79,3	19,8	26,6
28	(Ламро х Вираз) х Боярин	4,70	9,60	98,0	0,84	2,09	79,3	18,0	21,8
35	Дин-Сян х Боярин	5,97	10,33	100,0	1,26	1,89	78,0	21,0	18,3
37	ЗУЛК 4	9,73	11,13	94,0	1,13	1,27	78,7	11,6	11,4
38	ЗУЛК 5	7,13	11,77	98,0	1,12	2,22	74,0	15,7	18,9
39	ЗУЛК 1	4,57	4,83	98,0	0,96	2,56	78,7	20,9	52,9
40	ЗУЛК 2	10,50	13,03	98,0	0,72	0,74	64,0	6,9	5,7

Продолжение табл. 2

№	Образец	Контроль			Опыт, 8 атм			О/К, % росток, %	О/К, % корешок, %
		Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо- жесть, %	Длина ростка, см	Длина корешка, см	Всхо- жесть, %		
41	ЗУЛК 3	7,57	12,30	98,0	1,17	0,71	63,3	15,4	5,8
44	ЗУЛК 6	8,87	8,07	98,0	1,20	1,74	43,3	13,5	21,6
47	ЗУЛК 11	3,07	6,13	96,0	0,79	2,18	24,0	25,7	35,5
50	ЗУЛК 12	6,47	7,13	98,0	1,31	3,71	100,0	20,3	52,0
51	Командор х Маловодотребовательный	4,10	9,60	98,0	0,86	1,36	42,7	20,9	14,2
55	Командор х Чан-Чунь-Ман	5,50	6,07	96,0	1,06	0,71	68,7	19,2	11,7
62	Скомс белый х Кубань 3	4,50	8,17	100,0	1,10	0,80	80,1	24,4	9,8
64	Скомс белый х Кубань 3	3,30	5,87	92,0	1,29	0,44	51,3	39,1	7,6
	Стандартное отклонение	2,16	2,37	5,1	0,24	0,74	15,2	7,9	11,4

Эти образцы используются в селекционном процессе для создания засухоустойчивых сортов риса, способных расти и формировать полноценный урожай при значительно меньших затратах поливной воды, чем обычно. Их можно выращивать в богарных условиях на периодическом поливе.

Корреляционный анализ показал, что длина ростков в опыте средне положительно коррелировала с длиной корешков

в опыте ($r = 0,32 \pm 0,05$), со всхожестью в опыте ($r = 0,46 \pm 0,06$) и соотношением опыт/контроль (О/К) по ростку ($r = 0,54 \pm 0,06$) (табл. 3). Длина корешка в опыте положительно коррелировала со всхожестью в опыте ($r = 0,47 \pm 0,06$), с соотношением О/К по ростку ($r = 0,28 \pm 0,07$) и соотношением О/К по корешку ($r = 0,88 \pm 0,06$). При этом соотношения О/К по ростку и корешку коррелировали между собой со средней величиной ($r = 0,44 \pm 0,06$).

Таблица 3. Корреляционный анализ признаков у образцов риса
Table 3. Correlation analysis of the traits of the rice samples

Коррелируемые признаки	Длина ростка на контроле	Длина корешка на контроле	Масса проростков на контроле	Всхожесть семян на контроле	Длина ростка в опыте	Длина корешка в опыте	Всхожесть в опыте	Соотношение о/к по ростку	Соотношение о/к, по корешку
Длина ростка на контроле	1,00	0,64	0,32	-0,24	0,05	-0,20	-0,10	-0,71	-0,38
Длина корешка на контроле	0,64	1,00	0,36	-0,12	0,00	-0,17	-0,16	-0,56	-0,53
Масса проростков на контроле	0,32	0,36	1,00	0,32	0,02	-0,02	0,12	-0,38	-0,17
Всхожесть семян на контроле	-0,24	-0,12	0,32	1,00	-0,15	0,04	0,18	-0,04	0,07
Длина ростка в опыте	0,05	0,00	0,02	-0,15	1,00	0,32	0,46	0,54	0,23
Длина корешка в опыте	-0,20	-0,17	-0,02	0,04	0,32	1,00	0,47	0,28	0,88
Всхожесть в опыте	-0,10	-0,16	0,12	0,18	0,46	0,47	1,00	0,31	0,41
Соотношение О/К по ростку	-0,71	-0,56	-0,38	-0,04	0,54	0,28	0,31	1,00	0,44
Соотношение О/К, по корешку	-0,38	-0,53	-0,17	0,07	0,23	0,88	0,41	0,44	1,00

На контроле отмечена средняя положительная корреляция между длиной ростка и длиной корешка ($r = 0,64 \pm 0,06$), длиной ростка и массой проростков ($r = 0,32 \pm 0,06$), длиной корешка и массой проростков ($r = 0,36 \pm 0,06$).

Выводы

1. Сравнение различных по осмотическому давлению концентраций сахарозы показало, что оптимальным вариантом для определения засухоустойчивости образцов риса является 8 атмосфер.

2. При проращивании семян риса на растворе сахарозы было установлено, что образцы значительно варьировали по всхожести, длине ростков и корешков как в опыте с осмотическим давлением 8 атм, так и на контроле.

3. Всхожесть семян на контроле составила 96,6 %, а в опыте (8 атм) существенно снизилась – до 60,9 %, варьируя от 20 до 100 %. Преобладали образцы со всхожестью от 60–80 %, их было 50,8 %. В то же время выделилось 4,5 % образцов со всхожестью в опыте (8 атм) более 80 %. Это образцы 3 (Ан-Юн-Хо), 50 (ЗУЛК 12), 62 (Скомс белый х Кубань 3), Суходол.

4. Длина ростка в опыте (8 атм) у образцов варьировала от 0,2 до 1,4 см. Выделилось 13,5 % образцов, у которых длина ростка в опыте была больше 1 см. По соотношению длины ростка в опыте к контролю образцы распределились асимметрично, преобладали образцы с низким соотношением, однако выделилось 4,5 % образцов с максимальным соотношением О/К – 35–40 %: 2 (ЗУЛК 10),

26 (Суходольный 554 х Раздольный), 64 (Скомбелый х Кубань 3).

5. Длина корешка в опыте (8 атм) колебалась от 0,29 до 3,71 см. Преобладали образцы (61,2 %) с очень коротким корешком – до 1 см. Соотношение О/К по корешку было правосторонне асимметричным, боль-

шинство образцов (74,6 %) имели низкое соотношение – от 0 до 15 %. Выделилось 3 % образцов, у которых соотношение было более 50 %, это № 39 (ЗУЛК 1) и № 50 (ЗУЛК 12). Их можно считать засухоустойчивыми и использовать в селекционном процессе.

Библиографические ссылки

1. Кожушко Н. Н., Царевская В. М. Определение засухоустойчивости зерновых культур по депрессии роста проростков в растворах осмотиков: Методические указания. Л., ВИР. 1984. 9 с.
2. Костылев П. И., Редькин А. А., Краснова Е. В., Калиевская Ю. П. Перспективы использования суходольного риса в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6(48). С. 13–19.
3. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // Аграрная наука, 2020. № 11–12. С. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.
4. Костылев П. И., Краснова Е. В., Аксенов А. В. Селекционная работа по маловодотребовательному рису в АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
5. Костылев П. И., Аксенов А. В. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 15–22.
6. Костылев П. И., Аксенов А. В., Краснова Е. В. Изучение устойчивости риса к водному дефициту // Аграрный вестник Урала. 2022. № 1(216). С. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.
7. Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К., Малиученко Е. А. Генетика признаков, определяющих адаптивность риса (*Oryza sativa* L.) к абиотическим стрессам // Экологическая генетика. 2015. Т. 13, № 4. С. 37–54. DOI: 10.17816/ecogen13437-54.
8. Debabrata P., Swati S. M., Prafulla K. B. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // Rice Science. 2021. Vol. 28. Is. 2. P. 119–132.
9. Kostylev P., Aksenov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and optimal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. P. 022116. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022116.
10. Masud A., Matin M. N., Fatamat U., Ahamed S., Chowdhury R., Paul S. K., Karmakar S., Kang S. G., Hossain S. Screening for drought tolerance and diversity analysis of Bangladeshi rice germplasms using morphophysiology and molecular markers // Biologia. 2021. DOI: 10.1007/s11756-021-00923-6.
11. Pandey V., Shukla A. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress // Rice Science. 2015. Vol. 22. P. 147–161. DOI: 10.1016/j.rsci.2015.04.001.
12. Roy S., Verma B. C., Banerjee A., Kumar J., Ray U. S., Mandal N. P. Genetic diversity for drought and low-phosphorus tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and donors adapted to rainfed drought-prone ecologies // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-021-93325-2.
13. Swapna S., Shylaraj K. S. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition // Rice Science. 2017. Vol. 24(5). P. 253–263. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.04.004.

References

1. Kozhushko N. N., Tsarevskaya V. M. Opredelenie zasukhoustoichivosti zernovykh kul'tur po depressii rosta prorostkov v rastvorakh osmotikov [Determination of drought resistance of grain crops by the depression of seedling growth in osmotic solutions]: Metodicheskie ukazaniya. L., VIR. 1984. 9 s.
2. Kostylev P. I., Red'kin A. A., Krasnova E. V., Kalievskaya Yu. P. Perspektivy ispol'zovaniya sukhodol'nogo risa v Rostovskoi oblasti [Prospects for the use of upland rice in the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6(48). S. 13–19.
3. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Otsenka zasukhoustoi-chivosti obraztsov risa po izmeneniyu urozhainosti pri nekhvatke vlagi [Estimation of drought resistance of rice samples according to the productivity change under a lack of moisture supply] // Agrarnaya nauka, 2020. № 11–12. S. 56–59. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-56-59.
4. Kostylev P. I., Krasnova E. V., Aksenov A. V. Selektionnaya rabota po malovodotrebivatel'nomu risu v ANT's «Donskoi» [Breeding work on low-water-consuming rice in the ARC "Donskoy"] // Zernovoe kho-zyaistvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58.
5. Kostylev P. I., Aksenov A. V. Selektsiya sukhodol'nogo risa na zasukhoustoichivost' (obzor) [Upland rice breeding for drought tolerance (review)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 4(76). С. 15–22.
6. Kostylev P. I., Aksenov A. V., Krasnova E. V. Izuchenie ustoychivo-sti risa k vodnomu defitsitu [The study of rice resistance to water deficit] // Agrarnyi vestnik Urala, 2022. № 1(216). S. 12–20. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-216-01-12-20.
7. Kharitonov E. M., Goncharova Yu. K., Malyuchenko E. A. Genetika pri-znakov, opredelyayushchikh adaptivnost' risa (*Oryza sativa* L.) k abioticheskim stressam [Genetics of traits that determine rice adaptability (*Oryza sativa* L.) to abiotic stresses] // Ekologicheskaya genetika. 2015. T. 13. № 4. S. 37–54. DOI: 10.17816/ecogen13437-54.
8. Debabrata P., Swati S. M., Prafulla K. B. Drought Tolerance in Rice: Focus on Recent Mechanisms and Approaches // Rice Science. 2021. Vol. 28. Is. 2. P. 119–132.
9. Kostylev P., Aksenov A., Krasnova E. Study of morpho-biological characteristics of rice samples grown under conditions of insufficient and op-timal water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. P. 022116. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022116.

10. Masud A., Matin M. N., Fatamat U., Ahamed S., Chowdhury R., Paul S. K., Karmakar S., Kang S.G., Hossain S. Screening for drought tolerance and diversity analysis of Bangladeshi rice germplasms using morpho-physiology and molecular markers // *Biologia*. 2021. DOI: 10.1007/s11756-021-00923-6.
11. Pandey V., Shukla A. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress // *Rice Science*. 2015. Vol. 22. P. 147–161. DOI: 10.1016/j.rsci.2015.04.001.
12. Roy S., Verma B. C., Banerjee A., Kumar J., Ray U. S., Mandal N. P. Genetic diversity for drought and low-phosphorus tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and donors adapted to rainfed drought-prone ecologies // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. P. 1–9. DOI: 10.1038/s41598-021-93325-2.
13. Swapna S., Shylaraj K. S. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition // *Rice Science*. 2017. Vol. 24(5). P. 253–263. DOI: 10.1016/j.rsci.2017.04.004.

Поступила: 08.07.22; доработана после рецензирования: 04.08.22; принята к публикации: 04.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П. И. – постановка цели и задач, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ литературных данных, написание текста, Аксенов А. В. – лабораторные опыты, проращивание семян, сбор биометрической информации.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СОПРЯЖЕННОСТЬ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА, КРУПКИ И МАКАРОН У ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ ОЗИМОЙ

Н. Е. Самофалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, vniizk30@mail.ru, 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;

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;

А. С. Иванисова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой; ORCID ID: 0000-0003-1466-250x;

Н. В. Кабанова, агроном лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0001-8060-7512;

О. А. Дубинина, агроном лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935

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

Высокие требования, предъявляемые современными перерабатывающими предприятиями по изготовлению макаронных изделий, к качеству зерна *Triticum durum* как яровой, так и озимой, диктуют необходимость разработки новых методов, подходов по оценке селекционного материала и отбору высококачественных генотипов. Одним из них является корреляционный анализ, который позволяет выявить на практике положительные и отрицательные факторы, минимизировать наиболее неблагоприятные, ускоряет и повышает эффективность селекционного процесса.

Цель нашей работы – изучить корреляционные взаимосвязи между признаками качества у пшеницы твердой озимой и определить наиболее доступные и информативные для использования в качестве критериев отбора в процессе селекции.

Полевые и лабораторные (определение параметров качества зерна, реологических свойств теста и макарон) исследования проводили на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской» с 2014 по 2020 годы. Материалом для исследований послужили сорта и линии конкурсного сортоиспытания ($n = 35$).

Представлены результаты корреляционного анализа по сопряженности признаков качества зерна, крупки, макарон у пшеницы твердой озимой. Установлены наиболее доступные информативно значимые признаки – содержание белка, качество клейковины (ИДК), активность альфа-амилазы (ЧП), оказывающие определяющее влияние на прочность, варочные свойства макарон, реологические свойства теста, которые можно использовать как критерии отбора в процессе селекции, в том числе и на ранних этапах. Так, содержание белка положительно коррелировало с прочностью макарон ($r = 0,73$), стойкостью и эластичностью теста ($r = 0,86$ и $r = 0,61$), валориметрической оценкой ($r = 0,55$); ИДК и ЧП – с прочностью макарон ($r = 0,69$ и $r = 0,57$), стойкостью ($r = 0,92$ и $r = 0,57$), эластичностью ($r = 0,75$ и $r = 0,50$). Взаимосвязь варочных свойств макарон с вышеуказанными признаками носила отрицательный характер (позитивная зависимость): разваримость по весу и объему с белком ($r = -0,60$ и $r = -0,71$), ИДК – ($r = -0,49$ и $r = 0,47$), ЧП – ($r = -0,48$ и $r = -0,56$), потери сухого вещества, соответственно, $r = -0,87$, $r = -0,85$, $r = -0,78$. Содержание каротиноидов и цвет макаронных изделий сопряжены средней положительной связью ($r = 0,46$). Выявлено, что информативно значимые признаки качества (белок, ИДК, ЧП, каротиноиды) позитивно сопряжены между собой от умеренных (белок с каротиноидами $r = 0,36$) до сильных (белок с ЧП $r = 0,94$) связей, но отрицательно с такими важными для озимой твердой пшеницы параметрами, как масса 1000 зерен и натура зерна. Поэтому при отборе селекционных форм и линий с повышенными значениями основных признаков нужно контролировать массу 1000 зерен и натуру или хотя бы один из них.

Ключевые слова: твердая пшеница, качество, зерно, макароны, корреляционный анализ, взаимосвязь, признак.

Для цитирования: Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Безуглая Т. С., Кравченко Н. С., Иванисова А. С., Кабанова Н. В., Дубинина О. А. Сопряженность признаков качества зерна, крупки и макарон у пшеницы твердой озимой // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 4. С. 62–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-62-69.



CORRELATION BETWEEN QUALITY TRAITS OF KERNELS, HARD SEMOLINA, PASTA OF DURUM WINTER WHEAT

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;

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

A. S. Ivanisova, junior researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production; ORCID ID: 0000-0003-1466-250x;

N. V. Kabanova, agronomist of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-8060-7512;

O. A. Dubinina, agronomist of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-2768-4935

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The high requirements imposed by modern pasta processing enterprises on the grain quality of both spring and winter *Triticum durum* dictate the necessity to develop new methods, approaches for estimating breeding material and selecting high-quality genotypes. Correlation analysis, which makes it possible to identify practically positive and negative factors, minimize the most unfavorable ones, accelerate, and increase the efficiency of the breeding process, is one of them.

The purpose of the current work was to study the correlation between quality traits of winter durum wheat and to determine the most accessible and informative ones as selection criteria in the breeding process.

The field and laboratory (determination of grain quality parameters, rheological properties of dough and pasta) study was carried out on the basis of the FSBSI "ARC "Donskoy", from 2014 to 2020. The material for the study were the varieties and lines of Competitive Variety Testing ($n = 35$).

There have been presented the analysis results of a correlation between quality traits of kernels, hard semolina, pasta of winter durum wheat. There have been identified the most accessible, informative and significant traits, such as protein percentage, gluten quality (GDI), alpha-amylase (FN) activity, which have a decisive effect on the strength, cooking properties of pasta, rheological properties of the dough, which can be used as selection criteria in the breeding process, including at the early stages. Thus, protein percentage has positively correlated with pasta strength ($r = 0.73$), dough durability and elasticity ($r = 0.86$ and $r = 0.61$), valorimetric estimation ($r = 0.55$); GDI and FN have correlated with pasta strength ($r = 0.69$ and $r = 0.57$), durability ($r = 0.92$ and $r = 0.57$), elasticity ($r = 0.75$ and $r = 0.50$). The correlation between cooking properties of pasta and the above-mentioned traits was negative (positive correlation): digestibility by weight and volume with protein percentage ($r = -0.60$ and $r = -0.71$), GDI ($r = -0.49$ and $r = 0.47$), FN ($r = -0.48$ and $r = -0.56$), dry matter losses, respectively, $r = -0.87$, $r = -0.85$, $r = -0.78$. The content of carotenoids and the color of pasta are characterized with a mean positive correlation ($r = 0.46$). There has been found that informatively significant quality traits (protein, GDI, FN, carotenoids) are positively correlated with each other from moderate (protein with carotenoids $r = 0.36$) to strong (protein with FN $r = 0.94$) links, but negatively with such important parameters for winter durum wheat as 1000-kernel weight and grain unit. Therefore, when selecting breeding forms and lines with increased values of the main traits, it is necessary to control 1000-kernel weight and grain unit, or at least one of them.

Keywords: durum wheat, quality, grain, pasta, correlation analysis, relationship, trait.

Введение. Высокие требования, предъявляемые современными перерабатывающими предприятиями по изготовлению макаронных изделий, к качеству зерна *Triticum durum* как яровой, так и озимой, диктуют необходимость разработки новых методов, подходов по оценке селекционного материала и отбору высококачественных генотипов. Один из таких методов, занявший в современной селекции и генетике растений важное место, – это генетико-корреляционный анализ.

Корреляционный анализ позволяет выявить на практике положительные и отрицательные факторы и обратить внимание на минимализацию наиболее неблагоприятных из них, упрощает отбор, ускоряет и повышает эффективность селекционного процесса. Кроме того, определение сопряженности признаков

нужно для уточнения направления отбора. Позитивная величина коррелируемых признаков свидетельствует о совместимости возрастающих величин, негативная – о противоположной связи (Кротова, 2015). Положительные корреляции дают возможность с помощью отбора по одному признаку вывести на новый уровень другие сопряженные величины (Владимирова, 2020).

В практических исследованиях в области селекции растений генетико-корреляционный анализ выполняет две группы задач: прогнозирование зависимости одних признаков от других и выделение наиболее существенных, легко измеряемых, но гарантированно информативных (Тороп, 2019). Анализ коэффициентов корреляционных плеяд дает возможность определять диагностические признаки

для раннего и менее трудоемкого отбора, оценивать связи между разнообразными параметрами на генотипическом и фенотипическом уровнях, изучать их взаимодействие с условиями среды, выявлять закономерности передачи признаков родительских форм потомству (Пушкарев и др., 2018).

Селекция на улучшение какого-либо одного признака может сопровождаться ограничением на изменение других (не менее ценных). Задача селекционера – найти такое сочетание, чтобы сохранить их или хотя бы не ухудшить в связи с усилением других. Поэтому необходимо знать и учитывать в практической работе характер и тесноту генотипических взаимосвязей между контролируемыми в процессе селекции характеристиками. Это касается и такого сложного свойства, состоящего из большого количества признаков, как качество зерна.

Цель исследований. Изучить корреляционные взаимосвязи между признаками качества у пшеницы твердой озимой и определить наиболее доступные и информативные для использования в качестве критериев отбора в процессе селекции.

Материалы и методы исследований.

Исследования были выполнены в 2014–2020 гг. на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области.

Материалом для исследований послужили сорта и линии озимой твердой пшеницы собственной селекции ($n = 35$), изучаемые в конурсных испытаниях.

Полевые опыты размещали по предшественнику сидеральный пар. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – шестикратная, норма высева – 5 млн. всхожих семян на 1 га. Учеты, наблюдения и оценки в период вегетации проводили по Методике государственного сортоиспытания (2019). Пробы зерна для определения параметров качества отбирали после уборки урожая с трех несмежных повторений. Показатели качества зерна (стекловидность, натура, содержание белка и клейковины, качество клейковины, число падения) и макарон (цвет, прочность, разваримость, потери сухого вещества при варке) определяли по методикам, изложенным в изданиях «Методы оценки технологических качеств зерна» (1971, 1977), SDS-седиментацию – по методике Васильчука (2009) для яровой твердой пшеницы с градацией для озимой твердой пшеницы (Самофалова и др., 2014). Каротиноиды выполняли путем экстрагирования сатурированным Н-бутанолом с последующим колориметрированием на ФЭК-60, их содержание – по общепринятому методу с дополнениями и изменениями, разработанными в «АНЦ «Донской» (1987). Реологические свойства теста – по методике НИИСХ Юго-Востока (Васильчук, 2009).

Корреляционный анализ между признаками качества зерна, крупки, макарон проводили по Б. А. Доспехову (2014): $r < 0,3$ – корреляционная зависимость между величинами слабая, $r = 0,3–0,7$ – средняя, $r = > 0,7$ – сильная.

Годы проведения исследований характеризовались различными метеоусловиями в период от колошения до уборки, что способствовало более объективной и разносторонней оценке селекционного материала по комплексу признаков качества и определению общих закономерностей по направлению и силе взаимодействия их между собой. Так, условия среды 2014 г. были благоприятными для формирования качества зерна (среднесортное содержание белка составило 13,65 %, клейковины – 24,4 %, SDS-седиментация – 36 мл, число падения – 395 с, урожайность – 8,28 т/га) и обеспечивались оптимальными температурами и осадками (ГТК = 1,08), отсутствием полегания и болезней.

Условия вегетации в мае–июне 2015 и 2016 гг. практически были идентичными как по температурному режиму (19,2 и 19,1 °C), так и повышенному количеству осадков в сравнении со среднемноголетней на 61,1 и 58,0 мм, что привело к значительному полеганию большинства сортов и линий озимой твердой пшеницы, щуплости зерна, снижению некоторых показателей качества. Среднесортное содержание белка было на уровне 15,40 и 14,20 %, клейковины – 25,5 и 22,8 %, SDS-седиментация – 33 и 33 мл, число падения – 391 и 405 с, урожайность – 7,50 и 6,70 т/га.

В 2017 г. периоды формирования, налива и созревания зерна проходили при пониженных температурах и повышенном количестве осадков (18,3 °C и 142,9 мм, среднемноголетняя – 18,5 °C и 122,6 мм, ГТК – 1,28), что позволило по большинству признаков качества получить хорошие показатели. Среднесортное содержание белка составило 14,30 %, клейковины – 24,2 %, SDS-седиментация – 40 мл, число падения – 405 с, урожайность – 9,6 т/га.

На фоне сильнейшей засухи не только в период колошения – созревание, но и активной вегетации в 2018 г. отмечалось резкое снижение качества зерна. Среднесортное содержание белка понизилось до 12,6 %, клейковины – до 24,1 %, SDS-седиментация – до 30 мл, число падения до 379 с. Лимитирующими факторами снижения показателей качества были: отсутствие осадков (май–июнь 16,9 мм, норма 122,6 мм); высокие температуры (22,1 °C, норма 18,5 °C); ГТК – 0,13.

Формирование качества в 2019 г. произошло в условиях недостаточного увлажнения, особенно в июне (10,8 мм, норма 71,3 мм) и повышенных температур (в мае на 2,5 °C, в июне на 4,7 °C) в сравнении со среднемноголетними. Среднесортное содержание белка было 15,01 %, клейковины – 25,7 %, SDS-седиментация – 34 мл, число падения – 414 с, урожайность – 5,56 т/га.

Период формирования качества зерна в 2020 г. характеризовался большим количеством осадков в мае (155,7 % к норме) и оптимальной температурой (15,4 °C), которые были благоприятными для роста и развития твердой озимой пшени-

цы до уборки, несмотря на недобор осадков (54,4 % к норме) и повышенный температурный режим на 2,6 °C в июне. Среднесортное содержание белка в зерне – 14,52 %, клейковины – 26,8 %, SDS-седиментация – 38 мл, число падения – 440 с, урожайность – 7,18 т/га.

Результаты и их обсуждение. Качество озимой, как и яровой твердой пшеницы складывается из целого ряда признаков, которые можно подразделить на физико-химические

свойства зерна, реологические свойства крупки (теста) и потребительские свойства макарон. В связи с тем, что главное назначение зерна пшеницы durum – производство макарон, за основные селекционные признаки качества приняты их потребительские свойства: цвет, прочность, разваримость, потери сухого вещества, которые объединяются в один результирующий (интегральный) – «общая оценка макарон» (табл. 1).

Таблица 1. Макароны свойства сортов и линий озимой твердой пшеницы с 2014 по 2020 г. (средние значения)

Table.1. Pasta properties of winter durum wheat varieties and lines from 2014 to 2020 (mean values)

Признак	Единица измерения	Годы							
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее
Цвет	балл	4,2	4,3	4,2	4,5	4,5	4,2	4,3	4,3
Прочность	г	945	813	830	704	670	820	815	799
Разваримость по весу	коэффициент	3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,2	3,1	3,3
Разваримость по объему	коэффициент	3,9	4,3	4,4	4,9	4,8	3,9	4,2	4,3
Сухой остаток	%	5,4	6,2	6,8	6,6	8,0	6,3	5,5	6,4
Общая оценка	балл	4,4	3,7	3,4	2,9	2,5	4,0	4,1	3,6

Макароны свойства в среднем за годы исследований соответствуют критериям, определенным Государственной комиссией по испытанию и охране селекционных достижений: хорошая прочность у макарон с сопротивлением на излом от 800 до 899 г, отличная – от 900 г; лучший коэффициент разваримости – 3–4,5; потери сухих веществ – от 5,9 до 7,0 % (по данным мирового рынка не должны превышать 7 %); цвет макарон по 5-балльной шкале – 5 баллов (лимонно-желтый), 4 – кремовый, 3 – светло-кремовый с буроватым оттенком, 2 – желтый

с коричневым оттенком, 1 – белый с сероватым оттенком. Плохое качество макарон в период исследований отмечалось в 2017 и 2018 гг., хорошее – в 2014, 2019 и 2020 гг., удовлетворительное – в 2015 и 2016 гг. с общей оценкой 2,9; 2,5; 4,4; 4,0; 4,1; 3,7 и 3,4 баллов соответственно.

Корреляционный анализ показал, что селекционные признаки вносят равноценный вклад (с некоторым преобладанием варочных свойств) в результирующий признак «общая оценка макарон» (рис. 1).

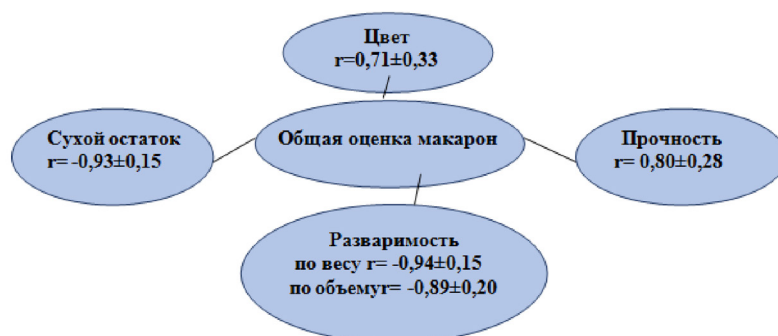


Рис. 1. Взаимосвязь признаков макаренных свойств с их общей оценкой
Fig.1. Correlation between pasta traits and their general cooking assessment

Между общей оценкой макарон и этими признаками установлена высокая как положительная, так и отрицательная позитивная корреляционная связь: с прочностью ($r = 0,80$), цветом ($r = 0,71$), разваримостью ($r = -0,94$ и $-0,89$), потерями сухого вещества при варке ($r = -0,93$).

Признаки качества макарон также находятся в тесной сильной значимой корреляционной связи и между собой. С прочностью макарон связаны варочные свойства: разваримость

по весу ($r = -0,79$), по объему ($r = -0,92$); потери сухого вещества ($r = -0,72$), то есть с повышением прочности макарон улучшаются варочные свойства. Разваримость по весу и объему положительно коррелирует с сухим остатком и цветом ($r = 0,79$, $r = 0,72$ и $r = 0,52$) и т. д.

Макароны свойства, и в первую очередь варочные, в значительной степени определяются реологическими свойствами теста, что доказывается коэффициентами корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Взаимосвязь (r) макаронных свойств с реологическими показателями теста
Table. 2. Correlation (r) between pasta traits and rheological properties of dough

Коррелируемые признаки	Цвет	Прочность	Коэффициент разваримости		Сухой остаток после варки
			весовой	объемный	
ВПС	0,14±0,48	-0,23±0,45	0,37±0,42	0,45±0,40	0,42±0,40
Устойчивость теста к замесу	-0,64±0,35	0,82±0,26	-0,77±0,29	-0,73±0,30	-0,98±0,09
Разжижение теста	0,02±0,50	-0,18±0,46	0,61±0,35	0,46±0,40	0,60±0,37
Валориметрическая оценка	0,07±0,49	0,25±0,45	-0,64±0,35	-0,52±0,39	-0,61±0,37
Эластичность	-0,20±0,45	0,40±0,42	0,07±0,49	0,10±0,49	-0,45±0,40

Сильные и средние взаимосвязи варочных свойств (разваримости по весу, объему, сухому остатку после варки) выявлены с устойчивостью теста к замесу ($r = -0,77$ / $r = -0,73$ и $r = -0,98$), разжижением теста ($r = 0,61$ / $r = 0,46$ и $r = 0,60$), валориметрической оценкой ($r = -0,64$ / $r = -0,52$ и $r = -0,61$). Высокая положительная связь прослеживается между прочностью макарон и устойчивостью теста к замесу ($r = 0,82$).

Каждый из вышеуказанных признаков «реологических свойств», оказывающих влияние на основные признаки макарон, можно использовать как критерии отбора. Однако определение как макаронных, так и реологических свойств трудоемко, затратно, требует дорогостоящего оборудования, наличия большого ко-

личества зерна и возможно только на последних этапах селекции. Для более раннего диагностического прогнозирования качества макарон лучше подойдут качественные характеристики зерна (физико-химические свойства).

Учитывая, что набор признаков качества зерна большой, нашей задачей в ходе исследований по культуре озимая твердая пшеница являлось выявление наиболее информативных, значимых.

Расчеты корреляционных связей макаронных свойств с показателями качества зерна показали, что к признакам, оказывающим определяющее действие на прочность и варочные свойства, относятся содержание белка в зерне, его качество, амилолитическая активность (ЧП) (табл. 3).

Таблица 3. Взаимосвязь (r) макаронных свойств с признаками качества зерна
Table. 3. Correlation (r) between pasta traits and quality traits of kernels

Коррелируемые признаки	Макаронные свойства				
	цвет	прочность	разваримость, коэффициент		потери сухого вещества при варке
			весовой	объемный	
Масса 1000 зерен	0,61±0,35	-0,76±0,29	0,48±0,39	0,73±0,30	0,60±0,37
Стекловидность	0,07±0,49	-0,19±0,44	-0,44±0,40	-0,29±0,43	-0,67±0,34
Натура	0,53±0,38	-0,68±0,34	0,67±0,34	0,69±0,34	0,62±0,35
Белок	-0,54±0,38	0,73±0,30	-0,60±0,37	-0,71±0,32	-0,87±0,25
Клейковина	0,19±0,41	-0,14±0,47	-0,01±0,50	-0,14±0,47	0,04±0,50
Качество клейковины (ИДК)	-0,52±0,39	0,69±0,34	-0,49±0,39	-0,47±0,39	-0,85±0,25
SDS-седиментация	0,15±0,47	0,05±0,50	-0,20±0,45	0,08±0,49	-0,63±0,35
Число падения	-0,40±0,42	0,57±0,38	-0,48±0,39	-0,56±0,38	-0,78±0,29
Каротиноиды	0,46±0,39	0,04±0,50	-0,15±0,46	0,01±0,50	-0,16±0,47

Так, прочность макарон находилась в прямой средней и сильной взаимосвязи с содержанием белка ($r = 0,73$), ИДК ($r = 0,69$), ЧП ($r = 0,57$). Разваримость по весовому и объемному коэффициенту, сухой остаток после варки – в обратной (положительная зависимость): с белком – $r = -0,60$; $r = -0,71$ и $r = -0,87$; с ИДК – $r = -0,49$; $r = -0,47$ и $r = -0,85$; с ЧП – $r = -0,48$; $r = -0,56$ и $r = -0,78$ соответственно.

Негативная, как отрицательная, так и положительная корреляционная связь наблюдалась между вышеуказанными показателями макаронных свойств и крупностью зерна (масса 1000), его выполненностью (натурный вес): с прочностью макарон – $r = -0,76$ и $r = -0,68$;

разваримостью по весу – $r = 0,48$ и $r = 0,73$ и объему – $r = 0,67$ и $r = 0,69$; сухим остатком – $r = 0,60$ и $r = 0,62$, то есть с увеличением массы 1000 зерен варочные свойства макарон ухудшаются.

Практически те же закономерности по направлению и силе корреляционных связей сохраняются между содержанием белка, качеством клейковины, числом падения с такими признаками реологических свойств, как стойкость, эластичность теста. А вот разжижение теста, валориметрическая оценка, водопоглотительная способность больше зависимы от содержания клейковины, чем от ее качества (табл. 4).

Таблица 4. Корреляционные связи реологических свойств сортов и линий озимой твердой пшеницы с признаками качества зерна
Table 4. Correlation between rheological properties of winter durum wheat varieties and lines and quality traits of kernels

Коррелируемые признаки	Водопоглощательная способность	Разжижение теста	Валориметрическая оценка	Стойкость	Эластичность
Масса 1000 зерен	0,51±0,39	0,35±0,42	-0,42±0,40	-0,65±0,35	-0,62±0,35
Стекловидность	-0,78±0,29	-0,76±0,29	0,63±0,35	0,50±0,39	0,08±0,49
Натура	0,04±0,50	0,41±0,40	-0,55±0,38	-0,65±0,35	-0,34±0,42
Белок	-0,66±0,35	-0,54±0,34	0,55±0,38	0,86±0,25	0,61±0,35
Клейковина	-0,85±0,25	-0,61±0,36	0,56±0,38	-0,17±0,47	-0,22±0,45
Качество клейковины (ИДК)	-0,06±0,49	-0,12±0,48	0,14±0,47	0,92±0,18	0,75±0,28
SDS-седиментация	0,03±0,50	-0,27±0,43	0,21±0,45	0,59±0,37	0,38±0,41
Число падения	-0,77±0,29	-0,53±0,38	0,47±0,40	0,75±0,28	0,50±0,49
Каротиноиды	0,06±0,49	0,15±0,47	-0,13±0,48	0,15±0,47	0,49±0,39

Цвет макаронных изделий по данным ряда исследователей по яровой твердой пшенице (Безуглая и др., 2022; Гапонов и др., 2018; Дорохова, 2018; Мальчиков, 2020) в значительной степени определяется содержанием каротиноидных пигментов. В наших исследованиях по озимой твердой пшенице связь между ними характеризовалась как средняя положительная ($r = 0,46$). Это означает, что цвет макарон зависит не только от содержания каротиноидов, но и других генетических систем, одна из которых контролирует синтез желтого пигмента, другая – активность окислительных ферментов. Было установлено, что главная роль в процессе окисления фенольных соединений

каротиноидов, вызывающих потемнение макарон, принадлежит пероксидазе. Между активностью пероксидазы и цветом макарон наблюдалась отрицательная связь ($r = -0,63$). Поэтому в селекции на улучшение цвета макарон с повышенным содержанием каротиноидов требуется контролировать и активность пероксидазы.

Выявленные информативные признаки, вносящие основной вклад в формирование конечного продукта (макарон), взаимосвязаны с другими качественными характеристиками зерна корреляциями различной степени – от слабых до средних и сильных, прямых и обратных (рис. 2).

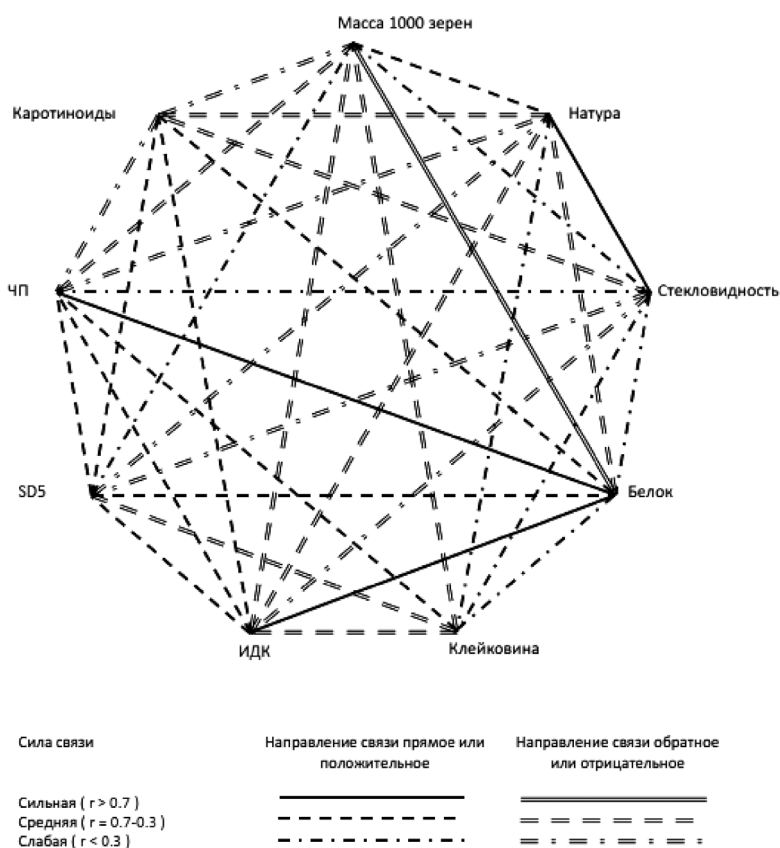


Рис. 2. Плеяда корреляционных связей признаков качества зерна у сортов и линий озимой твердой пшеницы
Fig. 2. A number of correlations between quality traits of kernels, hard semolina, pasta of durum winter wheat

Анализ плеяд корреляционных связей, представленных на рисунке 2, свидетельствует о том, что информативно значимые признаки качества (белок, качество клейковины, число падения, каротиноиды) положительно коррелируют между собой от умеренных (белок с каротиноидами – $r = 0,36$) до сильных (белок с числом падения – $r = 0,94$) связей. А вот с массой 1000 зерен, натурой у них прослеживалась негативная отрицательная связь. Коэффициенты корреляции составили: белок с массой 1000 зерен – $r = -0,86$, с натурой – $r = -0,53$; качество клейковины (ИДК) – $r = -0,53$ и $r = -0,48$; ЧП – $r = -0,65$ и $r = -0,21$; каротиноиды – $r = -0,26$ и $r = -0,58$ соответственно.

Следовательно, при отборе селекционных форм и линий озимой твердой пшеницы по содержанию белка, его качеству, амилолитической активности, каротиноидным пигментам нужно учитывать и эти признаки (масса 1000 зерен, натура) или хотя бы один из них. Кроме этого, селекция озимой твердой пшеницы на повышенное содержание белка, улучшение его качества, число падения сопряжена с трудностью преодоления отрицательной зависимости с урожайностью. В наших исследованиях коэффициенты корреляции урожайности с вышеуказанными признаками были следующими: с белком – $r = -0,71$, с ИДК – $r = -0,75$, с ЧП – $r = -0,64$.

Исходя из этого, дальнейшая селекционная работа по озимой твердой пшенице должна быть направлена на сохранение всех признаков на приемлемом уровне, обеспечивающем высокое качество макаронных изделий в процессе селекции высокопродуктивных сортов.

Выводы. Проведенные исследования по изучению качества макарон, крупки (теста) и зерна у пшеницы твердой озимой и корреляционных связей между ними позволили выявить

информативно значимые и доступные в определении признаки, которые можно использовать в качестве критериев отбора в процессе селекции, в том числе и на ранних этапах. К таким признакам, вносящим основной вклад в формирование конечного продукта – макарон, относятся содержание белка в зерне, его качество, амилолитическая активность (ЧП), содержание каротиноидов. Прочность макарон положительно коррелировала с содержанием белка в зерне ($r = 0,73$), ИДК ($r = 0,69$), ЧП ($r = 0,57$). Варочные свойства – отрицательно (позитивная зависимость): разваримость по весовому и объемному коэффициенту с белком ($r = -0,60$ и $r = -0,71$), ИДК ($r = -0,49$ и $r = -0,47$), ЧП ($r = -0,48$ и $r = -0,56$), сухой остаток – $r = -0,87$; $r = -0,85$ и $r = -0,78$ соответственно. Между цветом макарон и содержанием каротиноидов отмечалось средняя положительная корреляция ($r = 0,46$).

Корреляционный анализ информативно значимых признаков качества показал, что они положительно коррелируют между собой от умеренных (белок с каротиноидами $r = 0,36$) до сильных (белок с числом падения $r = 0,94$) связей. В то же время установлена негативная отрицательная взаимосвязь их с массой 1000 зерен, натурой. Коэффициенты корреляции составили: с белком – $r = -0,86$, с массой 1000 зерен, ИДК – $r = -0,53$, ЧП – $r = -0,65$, с натурой – $r = -0,53$, $r = -0,48$ и $r = -0,21$ каротиноидами – $r = -0,26$ и $r = -0,58$ соответственно. Поэтому при отборе селекционных форм и линий озимой твердой пшеницы на повышенное содержание белка, его качество, ЧП, каротиноидов необходимо контролировать признаки «масса 1000 зерен» и «натура зерна» или хотя бы один из них, сохраняя их на приемлемом уровне, обеспечивающем высокое качество макаронных изделий.

Библиографические ссылки

1. Безуглая Т. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Иванисова А. С., Кабанова Н. В., Копусь М. М. Перспективные сорта пшеницы твердой озимой и их семеноводство // Зерновое хозяйство России. 2022. № 2(14). С. 17–23. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-80-2-17-23>.
2. Васильчук Н. С., Гапонов С. Н. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf) // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3. С. 34–40.
3. Владимирова Е. С. Корреляционный анализ исходного материала для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Центральной Якутии // Вестник Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5(85). С. 31–37. DOI: 10.37670/2073–0853-2020-85-5-31-37.
4. Гапонов С. Н., Попова В. М., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Паршикова Т. М., Шукин С. А. 25 лет сорту Саратовская золотистая // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5(59). С. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56.
5. Дорохова Д. П., Копусь М. М. Исходный материал и достижения в селекции озимой твердой пшеницы по содержанию каротиноидов в зерне сортов ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 3–5. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-55-1-3-5.
6. Кротова Л. А., Белецкая Е. А. Отбор в популяциях озимо-яровых гибридов пшеницы на основе фенотипических корреляций // Актуальные проблемы биологии и методики ее преподавания в школе и вузе: Материалы III междунар. науч.-практич. заоч. конф. М., 2015. С. 26–30.
7. 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. 2020. № 24(5). С. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642.
8. Пушкарев Д. В., Чурсин А. С., Кузьмин О. Г., Краснова Ю. С., Каракоз И. И., Шаманин В. П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 26–35.
9. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Иличкина Н. П., Гричанникова Т. А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна. Ростов: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.

10. Тороп Е. А., Тороп А. А., Чайкин В. В. Анализ корреляций между урожайностью озимой ржи и ее элементами // Селекция, семеноводство и генетика. 2019. № 4(28). С. 20–23.

References

1. Bezuglaya T. S., Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Ivanisova A. S., Kabanova N. V., Kopus' M. M. Perspektivnye sorta pshenitsy tverdoi ozimoi i ikh semenovodstvo [Promising winter durum wheat varieties and their seed production // Grain Economy of Russia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 2(14). S. 17–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-17-23.
2. Vasil'chuk N. S., Gaponov S. N. Otsenka prochnosti kleikoviny v protsesse selektsii tverdoi pshenitsy (Triticum durum Desf) [Estimation of the gluten strength in the process of durum wheat breeding (Triticum durum Desf)] // Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka. 2009. № 3. S. 34–40.
3. Vladimirova E. S. Korrelyatsionnyi analiz iskhodnogo materiala dlya selektsii myagkoi yarovoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'noi Yakutii [Correlation analysis of the basic material for spring soft wheat selection under conditions of Central Yakutia] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo Agrarnogo universiteta. 2020. № 5(85). S. 31–37. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-31-37.
4. Gaponov S. N., Popova V. M., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Parshikova T. M., Shchukin S. A. 25 let sortu Saratovskaya zolistaya [The variety 'Saratovskaya zolistaya' is 25] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56.
5. Dorokhova D. P., Kopus' M. M. Iskhodnyi material i dostizheniya v selektsii ozimoi tverdoi pshenitsy po sodержaniyu karotinoidov v zerne sortov FGBNU «ANTs «Donskoi» [The initial material and the achievements in winter durum wheat breeding in a content of carotenoids in the grain of ARC "Donskoy"] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 3–5. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-55-1-3-5.
6. Krotova L. A., Beletskaya E. A. Otbor v populyatsiyakh ozimo-yarovykh gibridov pshenitsy na osnove fenotipicheskikh korrelyatsii [Selection in the populations of winter-spring wheat hybrids based on phenotypic correlations] // Aktual'nye problemy biologii i metodiki ee prepodavaniya v shkole i vuze: Mater. III mezhdunar. nauch.-praktich. zaoch. konf. M., 2015. S. 26–30.
7. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. Soderzhanie zheltых pigmentov v zerne tverdoi pshenitsy (Triticum durum Desf.): biosintez, geneticheskii kontrol', markernaya selektsiya [The content of yellow pigments in durum wheat (Triticum durum Desf.) grains: biosynthesis, genetic control, marker selection] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2020. № 24(5). S. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642.
8. Pushkarev D. V., Chursin A. S., Kuz'min O. G., Krasnova Yu. S., Karakoz I. I., Shamanin V. P. Korrelyatsiya urozhainosti s elementami produktivnosti sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh stepnoi zony Omskoi oblasti [Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3. S. 26–35.
9. Samofalova N. E., Kopus' M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Ilichkina N. P., Grichannikova T. A. SDS-sedimentatsiya v poetapnoi otsenke selektsionnogo materiala ozimoi pshenitsy po kachestvu zerna [SDS-sedimentation in the stage-by-stage estimation of winter wheat breeding material for grain quality]. Rostov: ZAO «Kniga», 2014. 32 s.
10. Torop E. A., Torop A. A., Chaikin V. V. Analiz korrelyatsii mezhdru urozhainost'yu ozimoi rzhii i ee elementami [Analysis of correlations between winter rye productivity and its yield structure elements] // Seleksiya, semenovodstvo i genetika. 2019. № 4(28). S. 20–23.

Поступила: 03.08.22; доработана после рецензирования: 06.08.22; принята к публикации: 09.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Самофалова Н. Е. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Н. П. Иличкина, Т. С. Безуглая, Н. В. Кabanова, А. С. Иванисова – подготовка и проведение полевых опытов, обработка данных, Н. Е. Самофалова – общее руководство, финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТЫХ МЕЖЛИНЕЙНЫХ И ТРЕХЛИНЕЙНЫХ 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. Игнатев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatv1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

Д. Р. Лупинога, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;

Ю. Б. Арженовская, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Отечественные межлинейные гибриды кукурузы по структуре преимущественно трехлинейные, зарубежные селекционно-семеноводческие фирмы отдают предпочтение простым межлинейным гибридам. Для повышения конкурентоспособности отечественной селекции необходима переориентация на простые гибриды, а это, в свою очередь, требует информации, имеют ли преимущество простые гибриды кукурузы в конкретных почвенно-климатических зонах. Цель исследования – провести сравнительное изучение новых простых межлинейных и трехлинейных гибридов кукурузы по урожайности зерна и выравненности хозяйственно-ценных признаков в условиях неустойчивого увлажнения. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле научного севооборота лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «АНЦ Донской». Объектом исследования послужили 10 простых и 10 трехлинейных новых отечественных гибридов кукурузы, полученных методом полных топкроссов. Закладка полевых опытов, учеты, биометрические измерения и фенологические наблюдения выполнены согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой. Установлено, что урожайность простых гибридов (3,49–4,65 т/га) оказалась существенно выше, чем урожайность трехлинейных (2,84–3,70 т/га), превышение в среднем составило 0,78 т/га, или 23,6 %. Простые гибриды отличались лучшей выравненностью по продолжительности вегетационного периода ($V = 0,58–2,13$ %), высоте прикрепления початка ($V = 5,0–11,3$ %), высоте растений ($V = 2,8–4,8$ %), а следовательно, и лучшей технологичностью при уборке. Между урожайностью зерна и варьированием признаков по созреванию, высоте растений и высоте прикрепления початка выявлена отрицательная связь средней силы ($r = -0,49 \dots -0,69$). Не выявлено зависимости между структурой межлинейных гибридов кукурузы и признаками: уборочная влажность зерна, устойчивость к полеганию, устойчивость к поражению пузырчатой головней. По комплексу признаков выделен новый простой межлинейный гибрид кукурузы Зерноградский 367.

Ключевые слова: кукуруза (*Zea Mays* L.), простые гибриды, трехлинейные гибриды, самоопыленные линии, коэффициент вариации, размах варьирования.

Для цитирования: Кривошеев Г. Я., Игнатев А. С., Лупинога Д. Р., Арженовская Ю. Б. Сравнительное изучение простых межлинейных и трехлинейных гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 70–77. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-70-77.



COMPARATIVE STUDY OF SIMPLE INTERLINE AND THREE-WAY CROSS MAIZE HYBRIDS

G. Y. 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, ignatv1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

D. R. Lupinoga, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;

Y. B. Arzhenovskaya, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Domestic interline maize hybrids are predominantly three-way cross hybrids in structure, and foreign breeding and seed companies prefer simple interline hybrids. In order to improve the competitiveness of domestic breeding, it is necessary to reorient to simple hybrids, which, in turn, requires information on whether simple maize hybrids have an advantage in specific soil and climatic areas. The purpose of the current study was to conduct a comparative study of new simple interline and three-way cross maize hybrids according to grain productivity and uniformity of economically valuable traits under unstable moisture supply. The study was carried out on the experimental field of crop rotation of the laboratory for maize breeding and seed production of the FSBSI "ARC Donskoy" in 2019–2021. The objects of the study were 10 simple and 10 three-way cross new domestic maize hybrids developed by the method of complete topcrosses. The establishment of field trials, records, biometric measurements and phenological observations were conducted in accordance with the methodological recommendations for conducting field trials with maize. There has been found that productivity of simple hybrids (3.49–4.65 t/ha) turned out to be significantly larger than that of three-way

cross hybrids (2.84–3.70 t/ha), the mean excess was 0.78 t/ha or 23.6 %. Simple hybrids were characterized with the best uniformity in a length of a vegetation period ($V = 0.58$ – 2.13 %), height of maize ear attachment ($V = 5.0$ – 11.3 %), plant height ($V = 2.8$ – 4.8 %), and, consequently, better harvesting adaptability. There has been found a negative mean correlation ($r = -0.49$... -0.69) between grain productivity and variation of traits in terms of maturation, plant height and height of maize ear attachment. There has been found no correlation between the structure of interline maize hybrids and such traits as grain harvest moisture, resistance to lodging and smut "virus". Due to a set of traits there has been identified a new simple interline maize hybrid 'Zernogradsky 367'.

Ключевые слова: кукуруза (*Zea Mays* L.), простые гибриды, трехлинейные гибриды, самоопыленные линии, коэффициент вариации, размах варьирования.

Введение. Отечественные межлинейные гибриды кукурузы по структуре преимущественно трехлинейные, материнская форма у которых простой гибрид, а отцовская – линия (Тютюнов и др., 2015). Зарубежные селекционно-семеноводческие фирмы отдают предпочтение простым межлинейным гибридам кукурузы, состоящим из двух самоопыленных линий.

Для создания простых гибридов методом топкроссов в качестве тестеров используют самоопыленные линии, а для создания трехлинейных тестерами служат простые гибриды (Лемешев и др., 2019).

Простые межлинейные гибриды, по сведениям зарубежных (Macías, 2019) и отечественных исследователей (Панфилова и др., 2016), более урожайны.

Широкому распространению в производстве простых гибридов кукурузы препятствует их низкая семенная продуктивность (Кривошеев, Игнатьев и др., 2015). Поэтому их модифицируют, то есть вместо самоопыленной линии (материнской формы) используют сестринский гибрид, что позволяет увеличить выход семян с участков гибридизации.

Повысить конкурентоспособность отечественных гибридов возможно именно благодаря созданию и внедрению в производство простых межлинейных гибридов кукурузы. Требуется создание нового исходного материала и усиление работ по этому направлению исследований. Для перехода от более сложных к простым по структуре гибридам кукурузы российским селекционерам необходимо знать, в каких почвенно-климатических зонах России это оправдано, то есть в каких зонах простые гибриды имеют преимущество по сравнению с другими типами гибридов. Есть сведения, что простые гибриды урожайнее в условиях Воронежской области (Орлянский и др., 2016), но при этом семеноводство их необходимо вести на орошении. Подобные результаты получены в условиях Волгоградской области (Панфилова и др., 2018). Однако не ясно, сохраняется ли преимущество простых гибридов в сравнении с более сложными в других зонах.

Практический интерес представляют не только высокие значения хозяйственно-ценных признаков, но и выравненность этих признаков у гибрида кукурузы. От выравненности некоторых признаков зависит технологичность уборки. Даже визуально простые межлинейные гибриды кукурузы чаще выглядят более выравненными по высоте растений, высоте прикрепления початка, созрева-

нию, чем гибриды более сложной структуры. Однако в научной литературе недостаточно сведений об этом.

Цель исследований – провести сравнительное изучение новых простых межлинейных и трехлинейных гибридов кукурузы по урожайности зерна и выравненности хозяйственно-ценных признаков в условиях неустойчивого увлажнения.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле научного севооборота лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «АНЦ Донской».

Объект исследования – новые среднеспелые простые гибриды кукурузы: Зерноградский 361, Зерноградский 362, Зерноградский 363, Зерноградский 364, Зерноградский 365, Зерноградский 366, Зерноградский 367, Зерноградский 368, Зерноградский 369 и новый простой гибрид Сапсан МВ, изучаемый на госсортоиспытании, использованный в качестве стандарта. В качестве объекта исследований также взяты новые среднеспелые трехлинейные гибриды кукурузы: Зерноградский 350, Зерноградский 351, Зерноградский 353, Зерноградский 354, Зерноградский 355, Зерноградский 356, Зерноградский 357, Зерноградский 358, Зерноградский 359, Зерноградский 360 и стандарт – районированный трехлинейный гибрид Зерноградский 354 МВ.

Простые и трехлинейные гибриды различаются по структуре (составу родительских форм). Простые гибриды получены по схеме скрещивания: $A \times B$, где A – материнская форма (самоопыленная линия), B – отцовская форма (самоопыленная линия). Трехлинейные гибриды получены по схеме скрещивания: $(A \times B) \times C$, где $(A \times B)$ – материнская форма (простой гибрид), C – отцовская форма (самоопыленная линия).

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощность плодородного слоя до 140 см. Содержание гумуса в пахотном слое 3,6–4,0 % (по Тюрину), азота – 75–105 мг/кг (ГОСТ 26107-84), подвижного фосфора 20–23 мг/кг, обменного калия 300–400 мг/кг (по Мачигину).

Климат умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением ($ГТК = 0,7$). Среднегодовое количество осадков за период вегетации растений кукурузы (май – август) составляет 225,5 мм, за год – 582,4 мм. Метеорологические условия в годы проведения эксперимента оказались контрастными.

Погодные условия 2019 г. в целом были не очень благоприятны для роста и развития растений кукурузы. За период вегетации растений (с 1 мая по 1 сентября) выпало 129,7 мм атмосферных осадков, что составляет 70,8 % от среднемноголетней нормы. В 2020 г. за период вегетации кукурузы выпало 224,1 мм атмосферных осадков, что на уровне среднемноголетней нормы, однако распределение их в течение вегетации было крайне неравномерным. В 2021 г. в период вегетации кукурузы осадков выпало 244,6 мм, что составляет 108,5 % от среднемноголетней нормы. Большая часть их выпала в первой половине вегетации, а во второй половине вегетации, в критический период развития растений (цветение, опыление, завязывание семян), осадков было недостаточно.

Закладку опытов, учеты, биометрические измерения и фенологические наблюдения проводили согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кукурузой (Агафонов, 1999). Фазу полной спелости у растений кукурузы отмечали по появлению черного слоя в точке прикрепления зерновки к стержню початка. Простые и трехлинейные гибриды кукурузы были получены методом полных топкроссов (Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой, 1980). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по Б. А. Доспехову (2014).

Результаты и их обсуждение. Урожайность зерна простых гибридов кукурузы составила 3,49–4,65 т/га, средняя урожайность – 4,08 т/га. Уровень урожайности трехлинейных гибридов был значительно ниже: 2,84–3,70 т/га, в среднем – 3,30 т/га. Средняя урожайность десяти простых гибридов оказалась выше средней урожайности десяти трехлинейных гибридов на 0,78 т/га, или на 23,6 %. Стандарт (простой гибрид Сапсан МВ) сформировал урожай зерна 3,88 т/га. Существенное превышение над стандартом (0,50–0,77 т/га, или на 12,9–19,8 %) имели новые простые гибриды Зерноградский 361, Зерноградский 364 и Зерноградский 367. Стандарт (трехлинейный гибрид Зерноградский 354 МВ) сформировал урожай зерна 3,19 т/га, только один новый трехлинейный гибрид (Зерноградский 353) характеризовался существенной прибавкой (0,51 т/га) к стандарту.

Среди выделившихся гибридов наибольший практический интерес представляет новый простой гибрид Зерноградский 367. Урожайность зерна у него составила 4,53 т/га, что выше, чем у стандарта, на 0,65 т/га (16,7 %). Новый гибрид характеризовался низкой уборочной влажностью зерна (15,0 %), устойчивостью к полеганию (1,1 % полегших растений), не поражался на естественном фоне пузырчатой головней (табл. 1).

Таблица 1. Хозяйственно-ценные признаки простых и трехлинейных гибридов кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 1. Economically valuable traits of simple interline and three-way cross maize hybrids (2019–2021)

Гибрид	Урожайность зерна при 14 % влажности, %	± к стандарту		Уборочная влажность зерна, %	Полегание растений, %	Поражение пузырчатой головней, %
		т/га	%			
простые гибриды						
Сапсан МВ, стандарт	3,88			16,0	2,8	2,0
Зерноградский 361	4,65	+0,77	19,8	16,4	1,7	2,2
Зерноградский 362	4,27	+0,39	10,1	18,2	0	1,1
Зерноградский 363	3,49	−0,39	−10,1	18,2	4,4	2,8
Зерноградский 364	4,38	+0,50	12,9	17,2	5,0	1,1
Зерноградский 365	4,05	+0,17	4,4	15,9	1,1	4,9
Зерноградский 366	3,54	−0,34	−8,8	16,0	3,3	1,7
Зерноградский 367	4,53	+0,65	16,8	15,0	1,1	0
Зерноградский 368	4,04	+0,16	4,1	19,3	5,6	2,8
Зерноградский 369	4,00	+0,12	3,1	14,9	1,1	2,2
Среднее	4,08			16,7	2,6	2,1
трехлинейные гибриды						
Зерноградский 354 МВ	3,19			17,1	2,2	5,5
Зерноградский 350	2,84	−0,35	−11,0	16,8	1,1	5,0
Зерноградский 351	3,26	0,07	2,2	17,4	4,4	5,6
Зерноградский 353	3,70	0,51	16,0	17,2	2,2	3,6
Зерноградский 355	3,51	0,32	10,5	15,7	1,7	2,2
Зерноградский 356	3,35	0,16	5,0	15,0	3,3	4,4
Зерноградский 357	2,88	−0,31	−9,7	15,4	1,7	2,8
Зерноградский 358	3,16	−0,03	−0,94	17,4	0	2,2
Зерноградский 359	3,54	0,35	11,0	17,0	1,1	0,6
Зерноградский 360	3,53	0,34	10,7	17,4	2,8	5,0
Среднее	3,30			16,6	2,1	3,7
НСР _{0,5}	0,49					

Практический интерес представляет выявление различий между гибридами разной структуры по другим важнейшим хозяйственно ценным признакам, в том числе по уборочной влажности зерна. У простых гибридов она составила 14,9–18,2 %, у трехлинейных – 15,0–17,4 %, то есть значительных различий не было. Не выявлено различий между гибридами разной структуры по признаку «устойчивость к полеганию». У простых гибридов полегание составило 0–5,6 %, трех-

линейных – 0–4,4 %. Подобные результаты получены по устойчивости к пузырчатой головне (пораженных растений у простых гибридов от 0 до 4,9 %, у трехлинейных – от 0,6 до 5,6 %).

Выравненность некоторых признаков не менее важна, чем абсолютные их значения, в том числе и выравненность по созреванию. Продолжительность вегетационного периода простых гибридов кукурузы составила 114–116 дней, трехлинейных – 115–118 дней (табл. 2).

Таблица 2. Статистические параметры признака «продолжительность вегетационного периода» простых и трехлинейных гибридов кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 2. Statistical parameters of the trait 'length of a vegetation period' of simple interline and three-way cross maize hybrids (2019–2021)

Гибрид	Продолжительность вегетационного периода, дней			S	V, %	$X_{\max} - X_{\min}$
	среднее	min	max			
простые гибриды						
Сапсан МВ, стандарт	114	111	118	2,36	2,07	7
Зерноградский 361	114	113	116	0,82	0,72	3
Зерноградский 362	114	112	117	1,66	1,45	5
Зерноградский 363	115	111	118	2,44	2,18	6
Зерноградский 364	115	114	117	1,05	0,91	3
Зерноградский 365	115	113	116	1,07	0,04	3
Зерноградский 366	114	111	118	2,42	2,12	7
Зерноградский 367	115	114	116	0,67	0,58	2
Зерноградский 368	116	114	118	1,31	1,14	4
Зерноградский 369	115	113	116	0,91	0,80	3
Среднее	115					
трехлинейные гибриды						
Зерноградский 354 МВ	116	112	119	2,29	1,99	7
Зерноградский 350	115	112	118	2,07	1,79	6
Зерноградский 351	115	112	118	1,89	1,64	6
Зерноградский 353	115	111	120	3,13	2,71	9
Зерноградский 355	115	112	119	2,50	2,17	7
Зерноградский 356	118	114	121	2,46	2,09	7
Зерноградский 357	116	112	120	2,58	2,22	8
Зерноградский 358	116	113	120	2,22	1,91	7
Зерноградский 359	116	113	120	2,16	1,86	7
Зерноградский 360	116	113	119	1,90	1,63	6
Среднее	116					

Простые гибриды характеризовались высокой выравненностью по созреванию. Коэффициент вариации по признаку «продолжительность вегетационного периода» в зависимости от гибридной комбинации составил от 0,58 до 2,18 %, размах варьирования ($X_{\max} - X_{\min}$) – от 2 до 7 дней. Высокую выравненность по созреванию имели и трехлинейные гибриды, однако показатели у них были хуже, чем у простых гибридов: коэффициенты вариации – от 1,63 до 2,71 %, размах варьирования – от 6 до 9 дней.

Наилучшие показатели отмечены у нового простого гибрида Зерноградский 367 ($V = 0,58$ %; $X_{\max} - X_{\min} = 2$ дня). Следует отметить, что выравненность (одновременность)

созревания очень важна для проведения механизированной уборки и является одной из составляющих технологичности гибрида при проведении уборки. Гибриды одной группы спелости с одинаковой продолжительностью вегетационного периода, но различной выравненностью имеют различные сроки готовности к уборке. В этом плане преимущество имели простые гибриды кукурузы.

Другой признак, характеризующий технологичность гибридов, – высота прикрепления початка. Значения признака у простых гибридов составили 75–84 см, среднее – 77 см, у трехлинейных гибридов 67–86 см, среднее – 80 см (табл. 3).

Таблица 3. Статистические параметры признака «высота прикрепления початка» простых и трехлинейных гибридов кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 3. Statistical parameters of the trait 'height of maize ear attachment' of simple interline and three-way cross maize hybrids (2019–2021)

Гибрид	Высота прикрепления початка, см			S	V, %	$X_{\max} - X_{\min}$
	среднее	min	max			
простые гибриды						
Сапсан МВ, стандарт	75	63	88	8,50	11,33	25
Зерноградский 361	77	66	86	5,98	7,77	20
Зерноградский 362	79	69	89	5,28	6,68	20
Зерноградский 363	73	60	86	8,11	11,10	26
Зерноградский 364	81	72	90	6,48	8,00	18
Зерноградский 365	68	60	75	4,51	6,63	15
Зерноградский 366	84	73	94	8,30	9,88	21
Зерноградский 367	82	75	89	4,12	5,02	14
Зерноградский 368	69	61	78	7372	5,33	17
Зерноградский 369	80	69	89	8,14	6,51	20
Среднее	77					
трехлинейные гибриды						
Зерноградский 354 МВ	67	54	81	8,9	13,28	27
Зерноградский 350	78	66	88	7,92	10,15	22
Зерноградский 351	84	75	94	8,01	9,54	19
Зерноградский 353	83	67	97	10,19	12,28	30
Зерноградский 355	75	64	86	7,15	9,53	22
Зерноградский 356	85	70	100	9,91	11,66	30
Зерноградский 357	86	72	101	8,80	10,20	29
Зерноградский 358	74	67	83	6,45	8,70	16
Зерноградский 359	83	74	92	6,30	7,59	18
Зерноградский 360	84	75	93	6,18	7,36	18
Среднее	80					

Коэффициент вариации признака у простых гибридов составил 5,0–11,3 %, размах варьирования – 14–26 см. Трехлинейные гибриды характеризовались более высокими коэффициентами вариации ($V = 7,4\text{--}13,3\%$) и размаха варьирования (16–30 см). Как простые, так и трехлинейные гибриды различались по выравненности признака «высота прикрепления початка», и у некоторых трехлинейных гибридов этот показатель был даже лучше, чем у простых. Однако в целом коэффициенты вариации и размах варьирования были меньше у простых гибридов, самые низкие значения отмечены

у простого гибрида Зерноградский 367 (5,02 % и 14 см соответственно), самые высокие – у трехлинейного гибрида Зерноградский 354 МВ (13,3 % и 30 см соответственно). Коэффициент вариации у пяти трехлинейных гибридов превысил уровень 10 %, то есть изменчивость признака у этих гибридов следует характеризовать как среднюю, и лишь у двух простых гибридов коэффициент вариации был выше 10 %.

Высота растений простых гибридов составила 179–196 см, среднее значение – 188 см, трехлинейных – от 186 до 201 см, средняя высота растений – 193 см (табл. 4).

Таблица 4. Статистические параметры признака «высота растений» простых и трехлинейных гибридов кукурузы (2019–2021 гг.)
Table 4. Statistical parameters of the trait 'plant height' of simple interline and three-way cross maize hybrids (2019–2021)

Гибрид	Высота растений, см			S	V, %	$X_{\max} - X_{\min}$
	среднее	min	max			
простые гибриды						
Сапсан МВ, стандарт	186	174	204	9,21	4,95	30
Зерноградский 361	190	182	202	6,83	3,59	20
Зерноградский 362	189	181	199	5,30	2,80	18
Зерноградский 363	185	170	201	8,84	4,78	31
Зерноградский 364	196	183	208	6,14	3,13	25
Зерноградский 365	179	172	198	5,15	2,88	17
Зерноградский 366	195	183	206	7,94	4,07	23
Зерноградский 367	193	182	203	5,94	3,08	21
Зерноградский 368	178	166	194	8,25	4,63	28
Зерноградский 369	187	183	196	4,71	2,52	13
Среднее	188					

Продолжение табл. 4

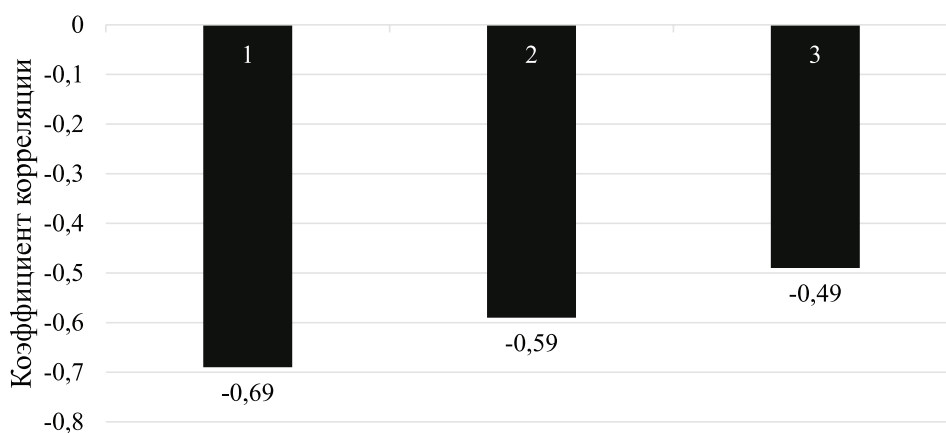
Гибрид	Высота растений, см			S	V, %	X _{max} – X _{min}
	среднее	min	max			
трехлинейные гибриды						
Зерноградский 354 МВ	188	167	202	11,67	6,20	35
Зерноградский 350	191	174	204	8,76	4,59	30
Зерноградский 351	196	187	210	6,94	3,54	23
Зерноградский 353	195	171	216	12,80	6,56	45
Зерноградский 355	186	163	194	10,10	5,43	31
Зерноградский 356	195	174	221	13,10	6,72	47
Зерноградский 357	201	191	219	9,76	4,86	28
Зерноградский 358	189	178	200	7,01	3,71	22
Зерноградский 359	196	184	211	9,88	5,04	27
Зерноградский 360	194	183	208	8,08	4,16	25
Среднее	193					

Значения коэффициентов вариации у простых гибридов равнялись 2,8–4,8 %, размах варьирования – 13–30 см, у трехлинейных соответственно 3,7–6,7 % и 22–47 см. То есть выравненность по высоте растений в целом у простых гибридов была также лучше, чем у трехлинейных.

Показатель выравненности растений по высоте менее значим для технологичности гибрида при уборке, чем показатель выравненности по созреванию и высоте прикрепления початка. Тем не менее, посевы простых гибридов

из-за лучшей выравненности по высоте растений выглядят привлекательнее (эстетичнее), на что обращают внимание сельхозпроизводители.

Результаты корреляционного анализа свидетельствуют, что урожайность зерна гибридов кукурузы зависела от их выравненности и отрицательно коррелировала с коэффициентами вариации по продолжительности вегетационного периода ($r = -0,69 \pm 0,17$), высоте прикрепления початка ($r = -0,59 \pm 0,19$), высоте растений ($r = -0,49 \pm 0,21$) (см. рисунок).



Коэффициенты вариации: 1 – продолжительность вегетационного периода, 2 – высота прикрепления початка, 3 – высота растений

Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и варьированием количественных признаков простых и трехлинейных гибридов кукурузы (2019–2021 гг.)

Correlation coefficients between grain productivity and variation of quantitative traits of simple interline and three-way cross maize hybrids (2019–2021)

Полученные результаты подтверждают, что более урожайные простые гибриды кукурузы отличаются лучшей выравненностью по сравнению с трехлинейными.

Выводы. Сравнительное изучение простых и трехлинейных гибридов кукурузы позволило установить, что простые гибриды сформировали более высокий урожай зерна (4,08 т/га), чем трехлинейные (3,30 т/га). В среднем они превысили по урожайности трехлинейные на 0,78 т/га, или на 23,6 %.

Простые гибриды характеризовались лучшими показателями выравненности по про-

должительности вегетационного периода ($V = 0,58$ – $2,13$ %; $X_{\max} - X_{\min} = 2$ – 7 дней), высоте прикрепления початка ($V = 5,0$ – $11,3$ %; $X_{\max} - X_{\min} = 14$ – 26 см), высоте растений ($V = 2,8$ – $4,8$ %; $X_{\max} - X_{\min} = 13$ – 30 см). Урожайность зерна отрицательно коррелировала с выравненностью по созреванию, высоте растений и высоте прикрепления початка ($r = -0,49 \dots -0,69$).

Не выявлено зависимости между структурой междоузлий гибридов кукурузы и значениями признаков: «уборочная влажность зерна», «устойчивость к полеганию», «устой-

чивость к поражению пузырчатой головней».

Среди выделившихся гибридов наибольший практический интерес представляет

новый простой гибрид Зерноградский 367 с урожайностью зерна 4,53 т/га, высокими значениями других важнейших признаков и выравненностью по ним.

Библиографические ссылки

1. Агафонов Е. В., Полуэктов Е. В. Почвы и удобрения Ростовской области. Учебное пособие. Персиановка, 1999. 90 с.
2. Вольф В. Г., Литун П. П. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности. Харьков, 1980. 76 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Шевченко Н. А. Среднеспелые гибриды кукурузы Зерноградский 354 МВ и Гефест МВ // Зерновое хозяйство России. 2015. № 6. С. 53–61.
5. Лемешев Н. А., Новичихин А. П., Гульняшкин А. В. Оценка новых линий кукурузы на комбинационную способность по признаку «уборочная влажность зерна» // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 77. С. 117–121. DOI: 10.21515/1999-1703-77-117-121.
6. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.
7. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Маслиев С. В. Сравнительное изучение урожайности и эффективности семеноводства трехлинейных и простых модифицированных гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4. С. 14–17.
8. Панфилова О. Н., Сергеев С. Ю., Чугунова Е. В., Авилова Ю. А., Дерунова С. Н. Влияние отцовских форм на уборочную влажность зерна у простых гибридов кукурузы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (58). С. 54–61.
9. Панфилова О. Н., Чугунова Е. В., Васильева Е. И. Селекционная оценка простых межлинейных гибридов кукурузы по комплексу хозяйственно ценных признаков на богаре и при орошении в условиях Волгоградской области // Кукуруза и сорго. 2016. № 1. С. 14–18.
10. Тютюнов С. И., Воронин А. Н., Хорошилов С. А., Журба Г. М., Клименко М. В., Бирюкова Т. В. Новые гибриды кукурузы для условий Центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 10. С. 69–71.
11. Macías M. S., Montalvo F.A.R., Calderón A. E., Robledo M.T., Montiel N. O. G., Carrillo M. G. V., Acosta F. J. U., Freyre S. B., Del Rosario Arellano J. L., Ovalle O. R. L., Lagunes R. S., Meza P. A. Seed yield of simple and tri-linear corn (Zeamays L.) hybrids for the mexican humid tropics // Acta Agronomica. 2021. Vol. 70, Is. 2. P. 180–188. DOI: 10.15446/acag.v70n2.93761.

References

1. Agafonov E. V., Poluektov E. V. Pochvy i udobreniya Rostovskoi oblasti [Soil and fertilizers of the Rostov region]. Uchebnoe posobie. Persianovka, 1999. 90 s.
2. Vol'f V. G., Litun P. P. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniiyu matema-ticheskikh metodov dlya analiza eksperimental'nykh dannyykh po izucheniiyu kombinatsionnoi sposobnosti [Methodical recommendations on the use of mathematical methods to analyze experimental data on the study of combining ability]. Khar'kov, 1980. 76 s.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a fields trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Shevchenko N. A. Srednespelye gibridy kukuruzy Zernogradskii 354 MV i Gefest MV [Middle-maturing maize hybrids 'Zernogradsky 354 MV' and 'Gefest MV'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2015. № 6. S. 53–61.
5. Lemeshev N. A., Novichikhin A. P., Gul'nyashkin A. V. Otsenka novykh linii kuku-ruzy na kombinatsionnuyu sposobnost' po priznaku «uborochnaya vlazhnost' zerna» [Evaluation of new corn lines for combination ability by the «grain cleaning humidity» sign] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 77. S. 117–121. DOI: 10.21515/1999-1703-77-117-121.
6. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniiyu polevykh opytov s kukuruzoi [Methodological recommendations for conducting field trials with maize]. Dnepropetrovsk: VNII kukuruzy. 1980. 54 s.
7. Orlyanskii N. A., Orlyanskaya N. A., Masliev S. V. Sravnitel'noe izuchenie uro-zhainosti i effektivnosti semenovodstva trekhlineinykh i prostykh modifitsirovannykh gibridov kukuruzy [Comparative study of productivity and efficiency of seed-growing of the three-way cross and the single-cross modified hybrids of maize] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 4. S. 14–17.
8. Panfilova O. N., Sergeev S. Yu., Chugunova E. V., Avilova Yu. A., Derunova S. N. Vliyanie otsovskikh form na uborochnuyu vlazhnost' zerna u prostykh gibridov kukuruzy [Male parent forms influence on the harvesting moisture of grain of single-cross corn hybrids] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (58). S. 54–61.
9. Panfilova O. N., Chugunova E. V., Vasil'eva E. I. Selektionnaya otsenka prostykh mezhlineinykh gibridov kukuruzy po kompleksu khozyaistvenno tsennykh priznakov na bogare i pri oroshenii v usloviyakh Volgogradskoi oblasti [Breeding estimation of common interline maize hybrids according to a complex of economically valuable traits on rainfed and irrigated lands in the conditions of the Volgograd region] // Kuku-ruza i sorgo. 2016. № 1. S. 14–18.

10. Tyutyunov S. I., Voronin A. N., Khoroshilov S. A., Zhurba G. M., Klimenko M. V., Biryukova T. V. Novye gibridy kukuruzy dlya uslovii Tsentral'nogo Chernozem'ya // Do-stizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29, № 10. S. 69–71.

11. Macías M. S., Montalvo F. A. R., Calderón A. E., Robledo M. T., Montiel N. O. G., Carrillo M. G. V., Acosta F. J. U., Freyre S. B., Del Rosario Arellano J. L., Ovalle O. R. L., Lagunes R. S., Meza P. A. Seed yield of simple and tri-linear corn (*Zea mays* L.) hybrids for the mexican humid tropics // ActaAgronomica. 2021. Vol. 70, Is. 2.P. 180–188. DOI: 10.15446/acag.v70n2.93761.

Поступила: 29.07.22; доработана после рецензирования: 04.08.22; принята к публикации: 09.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11; 631.8; 631.55; 631.153

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-78-83

ВОЗМОЖНОСТЬ ПЛАНИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. В. Овсянникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

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

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

В статье представлены результаты исследований, проведенных в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. на черноземе обыкновенном. В качестве объекта исследований был взят сорт мягкой озимой пшеницы Лидия. Предшественник – подсолнечник. В вариантах, где планировалось получение урожайности 5,0; 6,0 и 7,0 т/га, вносили минеральные удобрения (аммиачная селитра, аммофос и калийная соль) в дозах (среднее за годы) $N_{66}P_{66}K_{43}$, $N_{79}P_{79}K_{52}$ и $N_{92}P_{92}K_{61}$ соответственно. На контрольном варианте удобрения не вносили. Цель исследований – выяснить возможность получения планируемой урожайности зерна мягкой озимой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области при внесении минеральных удобрений. Сумма осадков за сельскохозяйственный год и вегетацию озимой пшеницы составила 520,3 и 431,6 мм при норме 582,4 и 446,3 мм соответственно. В зависимости от складывающихся гидротермических условий, сумма дефицитов влажности воздуха за период с сентября по июнь колебалась по годам от 1034,1 до 1278,2 мм, а потребность растений в воде – от 672,2 до 830,8 мм. Коэффициенты обеспеченности осадками и влагообеспеченности озимой пшеницы по годам были одинаковыми – в интервале 0,53–0,67. Гидротермические условия, сложившиеся в годы исследований, определяли обеспеченность влагой озимой пшеницы в течение вегетации и способствовали получению урожайности зерна разного уровня. В сложившихся гидротермических условиях получение планируемой урожайности сорта мягкой озимой пшеницы Лидия не было возможным. Однако все применяемые дозы минеральных удобрений были экономически эффективными и получены достоверные прибавки урожайности – 1,28–2,03 т/га (урожайность на контроле – 3,52 т/га). Отмечено, что при планировании урожайности и эффективного использования минеральных удобрений рекомендуется учитывать условия влагообеспеченности зоны возделывания.

Ключевые слова: мягкая озимая пшеница, сорт, осадки, минеральные удобрения, влагообеспеченность, планируемая урожайность.

Для цитирования: Овсянникова Г. В., Попов А. С., Сухарев А. А. Возможность планирования урожайности зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 78–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-78-83.



THE POSSIBILITY OF PLANNING WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

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

A. A. Sukharev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchnyy Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the results of study conducted at the Agricultural Research Center "Donskoy" in 2019–2021. The winter bread wheat variety 'Lidiya' was taken as the object of study. The forecrop was sunflower. In the variants where it was planned to yield 5.0; 6.0 and 7.0 t/ha, there were used mineral fertilizers (ammonium nitrate, ammophos and potassium salt) in doses (mean through the years) of $N_{66}P_{66}K_{43}$, $N_{79}P_{79}K_{52}$ and $N_{92}P_{92}K_{61}$, respectively. In the control variant, there were used on fertilizers. The purpose of the study was to find out the possibility obtaining the planned winter wheat grain productivity in the southern part of the Rostov region under the use of mineral fertilizers. The amount of precipitation during the agricultural year and a vegetation period of winter wheat was 520.3 and 431.6 mm, while the norm was 582.4 and 446.3 mm, respectively. Depending on the hydrothermal conditions, the sum of air humidity deficits from September to June varied from 1034.1 to 1278.2 mm over the years, and water need for plants ranged from 672.2 to 830.8 mm. The coefficients of precipitation and moisture availability for winter wheat were in the range of 0.53–0.67 over the years. The hydrothermal conditions during the years of study determined winter wheat moisture supply during a vegetation period and contributed to obtaining grain productivity of different levels.

Under the prevailing hydrothermal conditions, it was not possible to obtain the planned productivity of the winter bread wheat variety 'Lidiya'. However, all applied doses of mineral fertilizers were cost-effective and there were obtained a significant yield increase of 1.28–2.03 t/ha (the yield on the control was 3.52 t/ha). There has been recommended to take into account the conditions of moisture supply in the cultivation zone when planning productivity and effective use of mineral fertilizers.

Keywords: winter bread wheat, variety, precipitation, mineral fertilizers, moisture supply, planned productivity.

Введение. Производство пшеницы в мире превышает другие зерновые, поскольку она является одной из основных культур, используемых в производстве таких продуктов питания, как хлеб, крупа и макаронные изделия. Она также выступает в качестве основного ингредиента в кормах для животных. В связи с этим мировое производство пшеницы ежегодно увеличивается на 0,9 % (Cauvain, 2012; Каренгина и Байкин, 2017).

Основной оценкой эффективности агроприемов возделывания полевых культур сельскохозяйственного производства является урожайность.

Урожайность озимой пшеницы зависит в основном от уровня агрофона и научно обоснованного внесения минеральных удобрений, что способствует получению высоких урожаев качественного зерна. (Агафонов и Максименко, 2012; Ториков, 2012; Алабушев и др., 2015, 2018).

Нестабильность производства зерна в России вызвана не только низким уровнем использования минеральных удобрений, но и неустойчивостью выпадения осадков (Zhao, 2020). С изменением климата связаны значительные потери урожая из-за снижения уровня урожайности зерновых культур (Ray et al., 2015; Wittich and Liedtke, 2015; Najafi et al., 2018).

Современные климатические изменения коснулись Ростовской области, и данный регион в последние годы стал зоной климатической уязвимости. Здесь наблюдается тенденция к повышению среднегодовой температуры воздуха и уменьшению среднегодового количества осадков, последние в свою очередь динамично изменяются независимо от года (Алабушев и др., 2017; Жидкова и Ковярова, 2020).

Цель и задачи исследований – выяснить возможность получения планируемой урожайности зерна мягкой озимой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области при внесении минеральных удобрений.

Материалы и методы исследований. Исследования провели в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. на черноземе обыкновенном по общепринятым методикам. При характеристике погодно-климатических условий были использованы данные метеостанции «Зерноград». Объектом исследований был сорт мягкой озимой пшеницы Лидия. Изучаемый сорт высевали по предшественнику подсолнечник.

На контрольном варианте удобрения не вносили. В вариантах, где планировалось получение урожайности 5,0; 6,0 и 7,0 т/га, вносили минеральные удобрения (аммиачная селитра, аммофос и калийная соль) в дозах (среднее за годы) – $N_{66}P_{66}K_{43}$, $N_{79}P_{79}K_{52}$ и $N_{92}P_{92}K_{61}$ соответственно. Дозы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом с использованием поправочных коэффициентов, исходя из содержания NPK в слое почвы 0–40 см (Бельтюков, 2007).

Результаты и их обсуждение. В зоне проведения исследований (2019–2021 гг.) средняя сумма осадков за сельскохозяйственный год составила 520,3 мм при норме 582,4 мм. Сумма осадков по годам от всходов мягкой озимой пшеницы и до полной ее спелости (включая осенне-зимние месяцы) составила от 358,3 до 493,5 мм. В среднем за годы исследований сумма осадков за этот период составила 431,6 мм, что было на уровне среднеемноголетнего количества – 446,3 мм (табл. 1).

Таблица 1. Влагообеспеченность растений мягкой озимой пшеницы за вегетационный период
Table 1. Moisture supply of winter bread wheat plants during a vegetation period

Год опыта	Запас влаги в слое почвы 0–100 см к севу, мм	Сумма дефицитов влажности воздуха, мм	Потребность в воде, мм	Осадки, мм	Коэффициент обеспеченности осадками (K _о), ед.	Коэффициент влагообеспеченности, (K), ед.	ГТК
2019	9,2	1278,2	830,8	442,9	0,53	0,54	0,70
2020	0,0	1034,1	672,2	358,3	0,53	0,53	0,86
2021	0,0	1099,7	714,8	493,5	0,67	0,67	1,84
Среднее	3,1	1137,4	739,3	431,6	0,58	0,58	1,13

В засушливых условиях сумма дефицитов влажности воздуха за весь вегетационный период озимой пшеницы (сентябрь–июнь) колебалась по годам от 1034,1 до 1278,2 мм, а в среднем составила 1137,4 мм. В зависимости от складывающихся гидротермических условий потребность растений в воде изменялась от 672,2 до 830,8 мм.

Коэффициенты обеспеченности осадками и влагообеспеченности по годам были одинаковыми – в интервале 0,53–0,67. В среднем обеспеченность осадками и влагообеспеченность составила 58 %.

Перед посевом озимой пшеницы по изучаемому предшественнику (подсолнечник) про-

дуктивной влаги практически не было как в посевном слое, так и в слое почвы 0–100 см. В фазу всходов количество продуктивной влаги характеризовалось как недостаточное и составило в слоях 0–30 см и 0–100 см – 1,1–17,1 и 11,0–21,8 мм соответственно. Появление всходов, а также рост и развитие растений в течение вегетации обеспечивали выпадающие осадки.

В зимний период благодаря выпадающим осадкам происходит увеличение в почве содержания продуктивной влаги. В слое 0–100 см почвы к началу весенней вегетации озимой пшеницы на всех вариантах опыта они оценивались как хорошие (более 140 мм) – 148,8–155,5 мм (2019 г.) или недостаточные (80–120 мм) – 110,8–119,1 мм (2020 и 2021 гг.). В весенне-летний период вегетации происходит интенсивное потребление почвенной влаги, и к созреванию озимой пшеницы во всем метровом слое она была на уровне влажности устойчивого завядания – 2,1–13,0 мм.

Содержание азота нитратного в пахотном слое почвы в период вегетации озимой пшеницы имело низкие показатели – 4–8 мг/кг почвы. Содержание фосфора подвижного и калия обменного в слое почвы 0–40 см в течение вегетации озимой пшеницы не опускалось ниже средних значений – 16 и 300 мг/кг почвы соответственно.

Гидротермические условия, сложившиеся в годы исследований, определяли обеспеченность влагой озимой пшеницы в течение вегетации и способствовали получению урожайности зерна разного уровня.

Надо отметить, что наименьшее количество осадков за вегетацию было одним из факторов формирования низкой урожайности зерна у сорта мягкой озимой пшеницы Лидия в 2020 г., что отразилось на средних данных за три года. Урожайность зерна в среднем за годы исследований (2019–2021) у сорта составила на контроле 3,52 т/га с варьированием по годам от 1,82 до 4,47 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние доз минеральных удобрений на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Лидия, т/га (2019–2021 гг.)
Table 2. Effect of the doses of mineral fertilizers on productivity of the winter bread wheat variety 'Lidiya', t/ha (2019–2021)

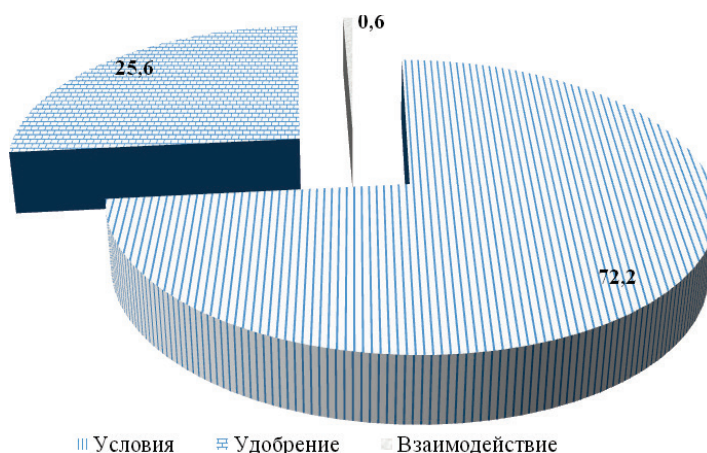
Год	Контроль (без удобрений), т/га	Внесение удобрений на запланированную урожайность						НСР ₀₅
		N ₆₆ P ₆₆ K ₄₃ – 5,0 т/га		N ₇₉ P ₇₉ K ₅₂ – 6,0 т/га		N ₉₂ P ₉₂ K ₆₁ – 7,0 т/га		
		урожайность	± к контролю	урожайность	± к контролю	урожайность	± к контролю	
2019	4,47	6,11	1,64	6,26	1,79	6,59	2,12	0,30
2020	1,82	3,05	1,23	3,29	1,47	3,68	1,86	0,15
2021	4,26	5,24	0,98	5,90	1,64	6,37	2,11	0,37
Среднее	3,52	4,80	1,28	5,15	1,63	5,55	2,03	–

Примечание. НСР₀₅ = 0,27 т/га. Доля влияния фактора А (год) – 72,2 %; доля влияния фактора В (удобрения) – 25,6 %; взаимодействие факторов АВ – 0,6 %.

В варианте, где планировалось получение 5,0 т/га, урожайность сорта мягкой озимой пшеницы Лидия составила 4,80 т/га, что выше контроля на 1,28 т/га, и была практически на уровне запланированной. При планировании урожайности 6,0 т/га у этого сорта уровень урожайности в среднем был равен 5,15 т/га, а прибавка к контролю составила 1,63 т/га. В 2019 и 2021 гг.

сорт Лидия формировал в этих вариантах (5,0 и 6,0 т/га) урожайность на уровне запланированной (несколько ниже или даже выше).

За три года изучения не было получено запланированной урожайности – 7,0 т/га, но при этом прибавки к контролю в данном варианте были самые высокие – 1,86–2,12 т/га, а в среднем 2,03 т/га.



Влияние условий возделывания и удобрений на урожайность зерна сорта озимой пшеницы Лидия, % (2019–2021 гг.)

Effect of cultivation conditions and fertilizers on productivity of the winter bread wheat variety 'Lidiya', % (2019–2021)

Внесение минеральных удобрений на всех вариантах опыта было эффективным при возделывании сорта мягкой озимой пшеницы Лидия, о чем свидетельствуют полученные прибавки урожайности – 1,28–2,03 т/га. Между вариантами опыта были выявлены существенные различия ($HC_{05} = 0,15–0,37$ т/га).

Складывающиеся погодные условия были основным фактором, определяющим урожайность озимой пшеницы (см. рисунок). Степень влияния гидротермических условий на урожайность озимой пшеницы по годам была равна 72,2 %. При недостаточной обеспеченности почвы продуктивной влагой внесение минеральных удобрений не оказывало решающего

значения, и степень их влияния на формирование планируемого урожая составила 25,6 %.

При достаточной влагообеспеченности возможно получение планируемой урожайности и полнее раскрываются возможности сорта.

Внесение минеральных удобрений способствовало повышению элементов структуры урожая, что отразилось на уровне урожайности озимой пшеницы. На контрольном варианте (без удобрений) у сорта Лидия отмечены минимальные показатели структуры урожая: масса зерна с колоса – 1,12 г, количество продуктивных стеблей – 326 шт./м², количество зерен в колосе – 28,7 (табл. 3).

Таблица 3. Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений сорта Лидия (2019–2021 гг.)
Table 3. Yield structure of the winter bread wheat variety 'Lidiya' depending on the doses of mineral fertilizers (2019–2021)

Вариант опыта	Высота растений, см	Длина колоса, см	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г
1. Контроль	72,4	4,6	326	28,7	1,12
2. N ₆₆ P ₆₆ K ₄₃ (5,0 т/га)	76,5	4,9	421	29,2	1,18
3. N ₇₉ P ₇₉ K ₅₂ (6,0 т/га)	78,4	5,2	447	29,6	1,22
4. N ₉₂ P ₉₂ K ₆₁ (7,0 т/га)	80,4	5,4	480	30,0	1,24

При внесении минеральных удобрений эти показатели увеличились по всем вариантам опыта, а наибольшими они были в варианте, где планировали получение урожайности 7 т/га и вносили большее количество удобрений. В данном варианте у сорта Лидия увеличились высота растений и длина колоса – на 8 и 0,8 см соответственно. Показатели структуры урожая у данного сорта повысились следующим образом: масса зерна с колоса – на 0,12 г, количество продуктивных стеблей –

на 154 шт./м², число зерен в колосе на 1,3 шт. соответственно. Таким образом, при внесении удобрений значительное увеличение отмечено по продуктивному стеблестоя.

Важным моментом при использовании удобрений является улучшение качества зерна. На контроле у сорта Лидия наблюдались самые низкие: содержание белка – 12,1 %, клейковина – 22,9 %; масса 1000 зерен – 42,2 г и натура зерна – 760 г/л (табл. 4).

Таблица 4. Влияние доз минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы сорта Лидия (2019–2021 гг.)
Table 4. Effect of the doses of mineral fertilizers on grain quality of the winter bread wheat variety 'Lidiya' (2019–2021)

Вариант опыта	Содержание в зерне, %		Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г
	белок	клейковина		
1. Контроль	12,1	22,9	760	42,2
2. N ₆₆ P ₆₆ K ₄₃ (5,0 т/га)	12,7	25,2	762	42,7
3. N ₇₉ P ₇₉ K ₅₂ (6,0 т/га)	12,6	25,6	763	42,9
4. N ₉₂ P ₉₂ K ₆₁ (7,0 т/га)	12,8	25,8	764	43,1

Благодаря применению минеральных удобрений повысились качественные показатели зерна.

В варианте, где планировали получение урожайности 7,0 т/га, у сорта Лидия отмечено наибольшее увеличение содержания белка – на 0,7 и 0,9 %, а также клейковины – на 2,9 и 3,3 % соответственно. С увеличением дозы удобрений по изучаемым вариантам по сравнению с контролем повышалась масса 1000 зерен на 0,2–2,1 % и натура зерна на 2–4 г/л.

Применение минеральных удобрений увеличивало затраты на производство зерна, но они окупались полученными прибавками урожайности. При этом снижалась себестоимость зерна, увеличивались условный чистый доход и рентабельность. Наименьшая рентабельность производства зерна мягкой озимой пшеницы сорта Лидия отмечена на контроле, где удобрения не вносили – 84,8 % (табл. 5). Себестоимость зерна при этом была наибольшая – 7776 рублей за тонну.

Таблица 5. Экономическая эффективность использования минеральных удобрений под мягкую озимую пшеницу сорта Лидия (2019–2021 гг.)
Table 5. Economic efficiency of the use of mineral fertilizers for the winter bread wheat variety 'Lidiya' (2019–2021)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Затраты, руб./га	Валовый сбор, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1. Контроль	3,52	27348	50531	23183	7776	84,8
2. Планируемая урожайность – 5,0 т/га	4,80	34128	68959	34831	7110	102,1
3. Планируемая урожайность – 6,0 т/га	5,15	35523	73999	38476	6897	108,3
4. Планируемая урожайность – 7,0 т/га	5,55	37305	79682	42377	6726	113,6

Наибольшие экономические показатели у этого сорта, такие как условный чистый доход (42377 руб./га) и рентабельность (113,6 %), были в варианте, где получена наибольшая прибавка урожайности при планировании получения 7 т/га. В этом варианте, даже при увеличении затрат, отмечена наименьшая себестоимость тонны зерна – 6726 руб.

Выводы. Коэффициенты обеспеченности осадками и влагообеспеченности при выращивании мягкой озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник по годам были одинаковыми (0,53–0,67). В среднем обеспеченность осадками и влагообеспеченность составила 58 %. Рост, развитие и формирование урожайности озимой пшеницы проходило в основном за счет выпадающих осадков. В сложившихся гидротермических условиях

получение планированной урожайности озимой пшеницы не было возможным. Однако применяемые дозы минеральных удобрений способствовали формированию достоверных прибавок урожая зерна и были экономически эффективными. Дополнительная урожайность зерна в вариантах с удобрениями у сорта мягкой озимой пшеницы Лидия составила от 1,28 до 2,03 т/га (урожайность на контроле – 3,52 т/га). Максимальная рентабельность производства зерна – 113,6 % получена при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 7 т/га. При планировании урожайности мягкой озимой пшеницы и эффективного использования минеральных удобрений рекомендуется учитывать условия влагообеспеченности зоны возделывания.

Библиографические ссылки

1. Агафонов Е. В., Максименко М. В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки в посевах озимой пшеницы // Земледелие. 2012. №7. С. 16–17.
2. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В., Попов А. С. Влияние удобрений на урожайность и водопотребление озимой пшеницы в полевом севообороте // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: Материалы межрегиональной науч.-практ. конференции. пос. Персиановский. 2015. С. 233–239.
3. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В. и др. Анализ погодных условий в южной зоне Ростовской области за 1930–2015 годы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 23–27.
4. Алабушев А. В., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Игнатьева Н. Г. Оптимизация системы удобрений под мягкую озимую пшеницу в южной зоне Ростовской области // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4. С. 9–17.
5. Бельтюков Л. П. Сорт, технология, урожай. Ростов н/Д: ООО «Терра Принт», 2007. 160 с.
6. Жидкова А. Ю., Ковярова В. А. Ростовская область – зона климатической уязвимости // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова. 2020. № 2. С. 124–129.
7. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л. Эффективность различных фонов питания при возделывании зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2017. № 1. С. 21–25.
8. Ториков В. Е., Мельникова О. В., Шпилев Н. С., Ториков В. В., Кириллов И. Г., Рыченков Д. И. Урожайность, адаптивный потенциал и качество зерна сортов озимой пшеницы // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т.34, № 2. С. 318–333.
9. Cauvain S. P. Breadmaking. Improving Quality. 2012. P. 9–31. DOI: 10.1533/9780857095695.9.
10. Najafi E., Devineni N., Khanbilvardi R. M., Kogan F. Understanding the Changes in Global Crop Yields Through Changes in Climate and Technology // Earth's Future. 2018. Vol. 6, № 3. P. 410–427. DOI:10.1002/2017EF000690.
11. Ray D. K., Gerber J. S., MacDonald G. K., West P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. Vol. 6, № 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.
12. Wittich K.-P., Liedtke M. Shifts in plant phenology: a look at the sensitivity of seasonal phenophases to temperature in Germany // International Journal of Climatology. 2015. Vol. 35, № 13. P. 3991–4000. <https://doi.org/10.1002/joc.4262>.
13. Zhao W., Liu L., Shen Q., Yang J., Han X., Tian F., Wu J. Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat // Water. 2020. Vol. 101, Is. 12. P. 2127. <https://doi.org/10.3390/w12082127>.

References

1. Agafonov E. V., Maksimenko M. V. *Primenenie kompleksnyh udobrenij i azotnoj podkormki v posevah ozimoy pshenicy* [The use of complex fertilizers and nitrogen fertilization in winter wheat crops] // *Zemledelie*. 2012. №7. S. 16–17.
2. Alabushev A.V., Yankovskij N. G., Ovsyannikova G. V., Popov A. S. *Vliyanie udobrenij na urozhajnost' i vodonapotreblenie ozimoy pshenicy v polevom sevooborote* [The effect of fertilizers on winter wheat productivity and water consumption in the field crop rotation] // *Innovacii v tekhnologiyah vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: Materialy mezhregional'noj nauch.-prakt. konferencii. pos. Persianovskii*. 2015. S. 233–239.
3. Alabushev A.V., Yankovskij N. G., Ovsyannikova G. V. i dr. *Analiz pogodnyh uslovij v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti za 1930–2015 gody* [The analysis of weather conditions in the southern part of the Rostov region through 1930–2015] // *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2017. № 1. S. 23–27.
4. Alabushev A.V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Suharev A. A., Ignat'eva N. G. *Optimizaciya sistemy udobrenij pod myagkuyu ozimuyu pshenicu v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti* [Optimization of the fertilizing system for winter bread wheat in the southern part of the Rostov region] // *Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki*. 2018. №4. S. 9–17.
5. Bel'tyukov L. P. *Sort, tekhnologiya, urozhaj*. [Variety, technology, yield]. Rostov n/D: OOO «Terra Print», 2007. 160 s.
6. Zhidkova A. YU., Kovyarova V. A. *Rostovskaya oblast' – zona klimaticheskoy uyazvimosti* [The Rostov region is an area of climate vulnerability] // *Vestnik Taganrogskogo instituta imeni A. P. Chekhova*. 2020. № 2. S. 124–129.
7. Karengina L. B., Bajkin YU. L. *Effektivnost' razlichnyh fonov pitaniya pri vozdel'yvanii zernovyh kul'tur* [Efficiency of various nutritional backgrounds in the grain crop cultivation] // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2017. № 1. S. 21–25.
8. Torikov V. E., Mel'nikova O. V., SHpilev N. S., Torikov V. V., Kirillov I. G., Rychenkov D. I. *Urozhajnost', adaptivnyj potencial i kachestva zerna sortov ozimoy pshenicy* [Productivity, adaptive potential, and grain quality of the winter wheat varieties] // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2012. T. 34, № 2. S. 318–333.
9. Cauvain S. P. *Breadmaking. Improving Quality*. 2012. P. 9–31 DOI:10.1533/9780857095695.9.
10. Najafi E., Devineni N., Khanbilvardi R. M., Kogan F. *Understanding the Changes in Global Crop Yields Through Changes in Climate and Technology* // *Earth's Future*. 2018. Vol. 6, № 3. P. 410–427. DOI:10.1002/2017EF000690.
11. Ray D. K., Gerber J. S., MacDonald G. K., West P. C. *Climate variation explains a third of global crop yield variability* // *Nature Communications*. 2015. Vol. 6. Article number: 5989. DOI:10.1038/ncomms6989.
12. Wittich K.-P., Liedtke M. *Shifts in plant phenology: a look at the sensitivity of seasonal phenophases to temperature in Germany* // *International Journal of Climatology*. 2015. Vol. 35, № 13. P. 3991–4000. <https://doi.org/10.1002/joc.4262>.
13. Zhao W., Liu L., Shen Q., Yang J., Han X., Tian F., Wu J. *Effects of Water Stress on Photosynthesis, Yield, and Water Use Efficiency in Winter Wheat* // *Water*. 2020. Vol. 101, Is. 12. P. 2127. <https://doi.org/10.3390/w12082127>.

Поступила: 27.05.21; доработана после рецензирования: 22.06.22; принята к публикации: 23.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попов А. С. – научное руководство, концептуализация исследований, проведение полевых опытов, анализ литературных данных, методология исследований, подготовка рукописи; Овсянникова Г. В. – анализ данных и их интерпретация, подсчеты, подготовка рукописи; Сухарев А. А. – проведение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И АЗОТА В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Т. В. Симатин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор, sim-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0229-3172;

Е. А. Бильдиева², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, bildieva@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-3049-8199;

Ф. В. Ерошенко², доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений, yer-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0238-3861;

А. А. Калашникова², аспирант отдела физиологии растений, anaskar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3422-2256

¹ООО «Агроплюс-Ставрополье»,

355030, Ставропольский край, г. Ставрополь, проезд 2-й Юго-Западный, д. 2Д, помещение 39;

²ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49

В статье представлены результаты исследований эффективности предпосевной обработки семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами Икар Сидс, Спринталга и Микрофол Комби, проведенными на опытном поле и в лаборатории отдела физиологии растений ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2018–2021 годах. Почва опытного участка – черноземы обыкновенные среднemosные малогумусные тяжелосуглинистые, с очень низкой обеспеченностью минеральным азотом, средней – подвижным фосфором, недостаточной – обменным калием. Погодно-климатические условия зоны проведения исследований отличаются большой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков. Погодные условия в 2018–2021 гг. различались как по сумме осадков, так и по температурному режиму. Исследования проводили с целью выявить физиологические особенности формирования урожая зерна при предпосевной обработке семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья. Для реализации поставленной цели определяли содержание хлорофилла в органах растений озимой пшеницы путем экстракции пигментов 96%-м этиловым спиртом, содержание азота в растениях, учет урожайности и изучение структуры урожая. Установлено, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами способствовала росту концентрации фотосинтетических пигментов в органах растений на 4,3–17,9 %, а также оказала влияние на потребление минеральных элементов, увеличив содержание азота в растениях в среднем на 15,6–42 % в зависимости от фазы развития пшеницы, что в конечном итоге привело к росту урожайности на 0,22–0,37 т/га. Стоимость препаратов, используемых для предпосевной обработки семян озимой пшеницы, увеличила производственные затраты на 167–349 руб./га, но за счет полученной прибавки урожая прибыль возросла на 3099–4905 руб./т, а рентабельность производства зерна – на 9,2–14,1 %.

Ключевые слова: полифункциональные препараты, предпосевная обработка семян, озимая пшеница, фотосинтетическая продуктивность, хлорофилл, азот.

Для цитирования: Симатин Т. В., Бильдиева Е. А., Ерошенко Ф. В., Калашникова А. А. Влияние предпосевной обработки семян полифункциональными препаратами на содержание хлорофилла, азота и фосфора в растениях озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 84–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-84-90.



THE EFFECT OF PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH MULTIFUNCTIONAL PREPARATIONS ON THE CONTENT OF CHLOROPHYLL AND NITROGEN IN WINTER WHEAT PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL CAUCASUS

T. V. Simatin¹, Candidate of Agricultural Sciences, General Director, sim-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0229-3172;

E. A. Bildieva², Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of the Laboratory of Assessment of the ecological state of Agrocenoses, bildieva@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-3049-8199;

F. V. Eroshenko², Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Plant Physiology, yer-sniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0238-3861;

A. A. Kalashnikova², Post-graduate student of the Department of Plant Physiology, anaskar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3422-2256

¹AGROPLUS-STAVROPOL LLC,

355030, Russia, Stavropol territory, Stavropol, passage 2 South-West, 2D, room 39;

²North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, 356241, Russia, Stavropol Territory, Mikhaylovsk, 49 Nikonov str.

The article presents the results of studies on the effectiveness of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with multifunctional preparations Icar Sids, Sprintalga and Microfol Combi, conducted at the experimental field and in the laboratory of the Department of Plant Physiology of the North Caucasian FNAC in 2018–2021. The soil of the experimental site is ordinary medium-sized low-humus heavy loamy black soil, with very low availability of mineral nitrogen, medium – mobile phosphorus, insufficient – exchange potassium. The weather of the research area characterized by large amplitude of annual fluctuations in air temperature and precipitation. Weather conditions in 2018–2021 differed, both in the amount of precipitation and in the temperature regime. Studies were carried out in order to identify the physiological features of grain harvest formation during pre-sowing treatment of winter wheat seeds with multifunctional preparations on ordinary black soil of the Central Caucasus. To achieve this goal, the chlorophyll content in the organs of winter wheat plants was studied by extracting pigments with 96 % ethyl alcohol, nitrogen content in plants, accounting for yield and studying the structure of the crop. It was found that pre-sowing treatment of winter wheat seeds with multifunctional preparations contributed to an increase in the concentration of photosynthetic pigments in plant organs by 4.3–17.9 %, and also influenced the consumption of mineral elements, increasing the nitrogen content in plants by an average of 15.6–42 %, depending on the phase of wheat development, which ultimately led to an increase in yield by 0.22–0.37 t/ha. The cost of preparations used for pre-sowing treatment of winter wheat seeds increased production costs by 167–349 rubles /ha, but due to the resulting crop increase, profit increased by 3099–4905 rubles /t, and the profitability of grain production by 9.2–14.1%.

Keywords: multifunctional preparations, pre-sowing seed treatment, winter wheat, photosynthetic productivity, chlorophyll, nitrogen.

Введение. Повышение урожайности и устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды основной зерновой культуры Ставропольского края – озимой пшеницы уже несколько десятилетий остается одним из главных вопросов сельскохозяйственной науки и производства (Вознесенская и Можарова, 2021; Калюта и др., 2021). С этой целью широко применяются различные физиологически активные вещества: стимуляторы роста растений, органоминеральные комплексы и удобрения, полифункциональные препараты (Захаренко, 2021). Применение агрохимикатов в современном земледелии должно не только повышать урожайность и качество продукции, но также обеспечивать экологическую безопасность сельскохозяйственного производства и его эффективность с экономической точки зрения (Репка и др., 2020).

Предпосевная обработка семян физиологически активными веществами стала практически неотъемлемой частью технологии возделывания сельскохозяйственных культур, так как этот прием позволяет активировать ростовые процессы, повысить адаптивность и устойчивость растений, а также снизить фитосанитарную напряженность (Obroucheva et al., 2017; Таланов и Гарифуллина, 2016). Несмотря на то что список пестицидов и агрохимикатов каждый год пополняется все новыми препаратами, которые производители рекомендуют как полифункциональные, с возможностью обработки в различные периоды вегетации и предпосевной обработки семян, установить их эффективность в тех или иных почвенно-климатических условиях определенного региона можно только изучив их влияние на физиологические особенности роста и развития растений (Шестакова и др., 2019; Юрина и др., 2021).

Цель исследований – выявить физиологические особенности формирования урожая зерна при предпосевной обработке семян озимой пшеницы полифункциональными препаратами на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в 2018–

2021 гг. на экспериментальном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Почва опытного участка – черноземы обыкновенные среднесиловые малогумусные тяжелосуглинистые. В слое 0–20 см содержание нитратного азота (по Грандваль-Ляжу) составляет 5,5 мг/кг, количество подвижного фосфора и калия (по Мачигину) – 23,0 и 236 мг/кг соответственно. Обеспеченность почвы минеральным азотом очень низкая, обменным калием – недостаточная, подвижным фосфором – средняя.

Объект исследований – сорт мягкой озимой пшеницы Багира (СНИИСХ). Предшественник – озимая пшеница. Агротехника возделывания культуры общепринятая. Внесение удобрений проводили в два этапа: перед посевом (нитроаммофоска) из расчета $N_{60}P_{60}K_{50}$ с последующей культивацией, ранней весной подкормка аммиачной селитрой – N_{60} .

Площадь учетных делянок 24 м². Повторность опыта – трехкратная. Предпосевную обработку семян рабочими растворами исследуемых препаратов проводили по схеме:

1. Контроль (дистиллированная вода).
2. Икар Сидс (0,4 л/т).
3. Икар Сидс (0,4 л/т) + Спринталга (0,5 л/т).
4. Икар Сидс (0,4 л/т) + Микрофол Комби (0,1 кг/т).

Икар Сидс (IKARFOSTOSeeds) – органоминеральный стимулятор корнеобразования, применяется для обработки семян озимых культур. Состав: азот – 9,5 %, фосфор – 37,5 %, магний – 2 %, марганец – 1,3 %, цинк – 0,7 %, аминокислоты – 9,2 %, цитокинины, полисахариды, фульвокислоты. Обеспечивает высокую полевую всхожесть и энергию прорастания семян, стимулирует развитие полноценной корневой системы озимых культур, усиливает поглощение питательных веществ из почвы. Является легкодоступным источником фосфора.

Микрофол Комби – комплексное удобрение с содержанием микроэлементов на хелатной основе, в состав которого входят магний – 9 %, железо – 4 %, цинк – 1,5 %, медь – 1,5 %, марганец – 4 %, бор – 0,5 %, молибден – 0,1 %. Препарат способствует ускорению развития

растения на начальных этапах, интенсифицирует рост корневой системы, повышает уровень толерантности к стресс-факторам.

Спринталга (Sprintalga) – биостимулятор корнеобразования на основе высококонцентрированных экстрактов водорослей (*Macrocystis*, *Ascophyllum nodosum* и *Sargassum*) и комплекса аминокислот. Стимулирует прорастание семян, образование и удлинение корней. Благодаря большому количеству биологически активных компонентов и быстродоступного азота этот препарат способен стимулировать первичный метаболизм и оптимизировать гормональный баланс в молодых корнях.

Учет биологического урожая и изучение его структуры проводили по общепринятой методике путем анализа снопового материала. Урожайность учитывали малогабарит-

ным комбайном «Сампо-130» с последующим пересчетом на стандартную влажность 14 %. Содержание хлорофилла определяли путем экстракции пигментов 96%-м этиловым спиртом (Ерошенко и Дуденко, 2016), содержание азота в растениях – по методике В. Т. Куркаева с соавторами (Куркаев и др., 1977). Анализ проводили в 3-кратной аналитической повторности. Результаты обрабатывали согласно методике Б. А. Доспехова (1985) с использованием программы AgCStat-Excel.

Погодно-климатические условия зоны проведения исследований отличаются большой амплитудой годовых колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков. В годы проведения исследований погодные условия различались как по сумме осадков, так и по температурному режиму (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Среднемесячная температура воздуха (г. Михайловск, 2018–2021 гг.)
Table 1. Averagemonthlyairtemperature (Mikhailovsk, 2018–2021)

Годы	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Среднее
Среднегодовое значение (1981–2010)	21,8	16,4	10	3,2	–0,6	–2,4	–2,4	2,3	9,5	14,9	19,2	22,3	9,5
2018–2019	22,6	18,1	12,3	2,2	–0,1	–0,5	0,3	3,8	9,5	17,1	23,8	21,5	10,9
2019–2020	22,5	16,3	12,8	4,3	1,8	–0,1	1,2	6,7	8,6	15,1	21,3	24,9	11,3
2020–2021	22,8	19,7	14,6	3,2	–1,4	0,4	–1,6	0,8	9,8	16,7	20,3	24,8	10,8

Из-за дефицита осадков в летний период 2018 г. сев проводили в сухую почву. Поэтому всходы появились несколько позже обычного, выпавшие в сентябре и октябре осадки (рис. 1)

несколько уменьшили дефицит влаги, а благоприятные условия зимнего периода способствовали развитию озимой пшеницы.

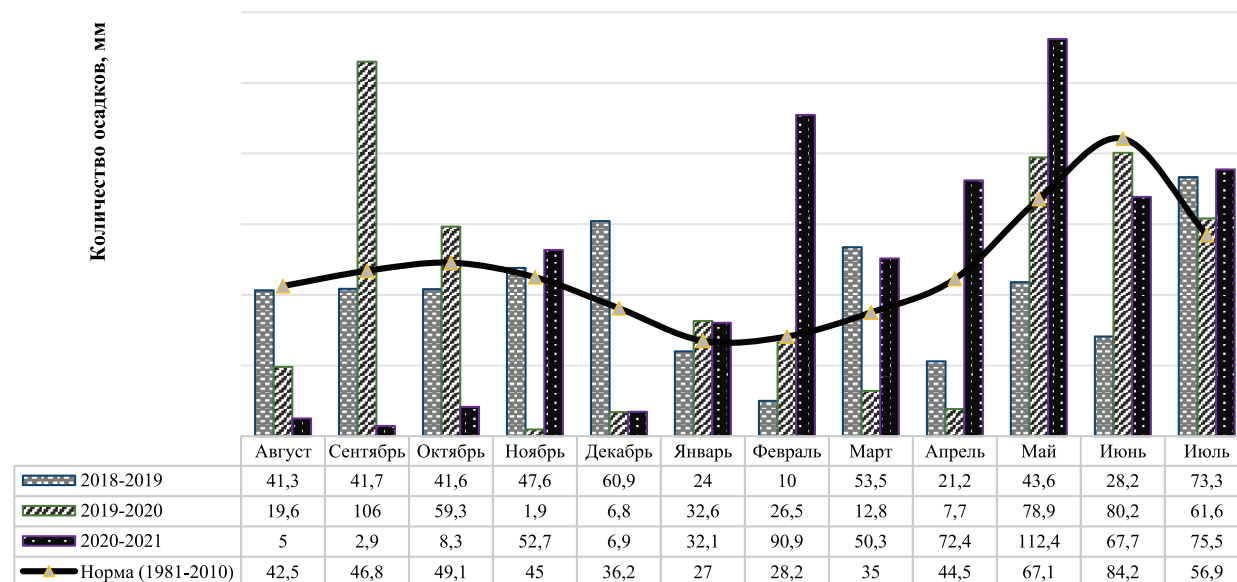


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков (г. Михайловск, 2018–2021 гг.)
Fig. 1. Average monthly precipitation (Mikhailovsk, 2018–2021)

Аномально высокие температуры июня 2019 г. (превышение среднемесячных температур составило 4,6 °C) отрицательно повлияли на процессы налива и созревания зерна

и привели к ускоренному созреванию озимой пшеницы, что не позволило реализовать сформированный к маю достаточно высокий потенциал урожайности.

Агрометеорологические условия 2019–2020 сельскохозяйственного года были весьма неоднозначными. Периоды с относительно хорошими условиями влагообеспеченности и благоприятным температурным режимом сменялись периодами с резким дефицитом осадков. Однако майские и июньские дожди вместе с умеренными температурами способствовали стабилизации ситуации, растения продолжили вегетировать и налив зерна прошел в относительно благоприятном режиме.

Погодные условия 2020–2021 сельскохозяйственного года существенно отличались от предыдущих лет, и в целом были нетипичными для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Предпосевной период 2020 г. характеризовался отсутствием осадков и повышенным температурным режимом. Существенные осадки (52,7 мм) выпали только в начале ноября, тогда же появились всходы

озимой пшеницы. Температурный режим зимнего периода положительно повлиял на общее состояние озимой пшеницы и ее развитие. Сложившиеся погодные условия 2021 г. были относительно благоприятными – без резкого нарастания температур и с достаточно хорошей влагообеспеченностью.

Результаты и их обсуждение. Одним из важнейших факторов, определяющих реакцию растительного организма на тот или иной агротехнологический прием, является интенсивность и продуктивность его фотосинтетической деятельности, которая, в свою очередь, зависит от концентрации хлорофилла в органах растений. Предпосевная обработка семян полифункциональными препаратами способствовала развитию мощного фотосинтетического аппарата озимой пшеницы, о чем свидетельствует более высокая концентрация хлорофилла в растениях (табл. 2).

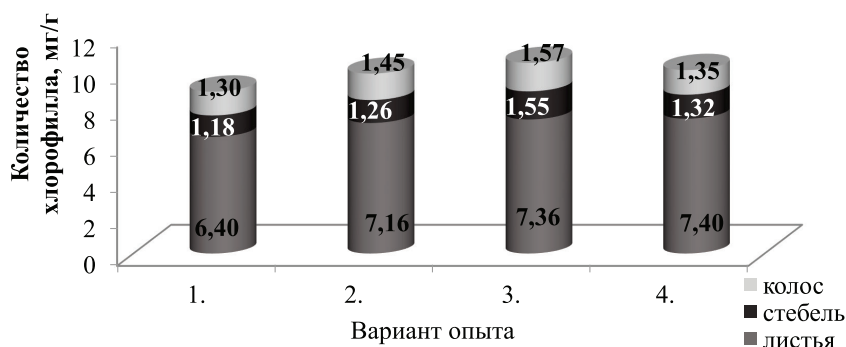
Таблица 2. Содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы в различные периоды вегетации, мг/г (2018–2021 гг.)
Table 2. Chlorophyll content in winter wheat plants during various periods of vegetation, mg/g (2018–2021)

Вариант	Этапы органогенеза (по Ф. М. Куперман)		
	VI	VIII	X
1. Контроль	9,13 ±0,24	8,88 ±0,29	0,63 ±0,09
2. Икар Сидс	9,52 ±0,39	9,88 ±0,32	0,84 ±0,03
3. Икар Сидс + Спринталга	9,93 ±0,75	10,47 ±0,08	0,85 ±0,05
4. Икар Сидс + Микрофол	9,56 ±0,70	10,07 ±0,16	0,90 ±0,09

При обработке семян препаратами Икар Сидс и Спринталга содержание зеленых пигментов в растениях превысило контрольный вариант на 0,8 мг/г (8,8 %) на VI этапе органогенеза и на 1,59 мг/г (17,9 %) – в колошение (VIII). Сочетание препаратов Икар Сидс и Микрофол привело к росту концентрации пигментов на 4,7 и 13,4 % соответственно, тогда как обработка Икар Сидс – на 4,3 и 11,3 % к контролю. В репродуктивный период развития озимой пшеницы содержание хлорофилла в растениях снижается. В наших опытах на вариантах с обработкой семян изучаемыми препаратами концентрация зеленых пигментов на X этапе орга-

ногенеза была выше контрольного значения на 33,3–42,9 %.

Основным фотосинтезирующим органом растений до начала колошения являются листья, в репродуктивный период возрастает доля участия в общем фотосинтезе стеблей и колосов. Анализ содержания хлорофилла в органах растений озимой пшеницы показал, что предпосевная обработка семян полифункциональными препаратами способствует росту концентрации фотосинтетических пигментов не только в листьях, но и в нелистовых органах (рис. 2).



1 – Контроль; 2 – Икар Сидс; 3 – Икар Сидс + Спринталга;
4 – Икар Сидс + Микрофол.

Рис. 2. Количество хлорофилла в органах растений озимой пшеницы в фазе колошения культуры (2018–2021 гг.)

Fig. 2. The amount of chlorophyll in the organs of winter wheat plants in the earing phase of the crop (2018–2021)

Так, обработка семян Икар Сидс увеличила содержание хлорофилла в листьях на 11,9 %, в колосьях – на 11,5 % и в стеблях – на 6,8 %. Сочетание Икар Сидс с препаратом Микрофол позволило увеличить концентрацию пигментов на 15,6 % в листьях, на 11,9 % в стеблях и на 3,8 % в колосьях. Комбинация же с препаратом Спринталга в большей степени повлияла на рост количества хлорофилла в нелистовых органах: на 31,4 % в стеблях

и на 20,8 % в колосе, тогда как в листьях – только на 15 %.

Достаточно важным показателем, описывающим физиологическое состояние растений, является потребление и накопление азота. Исследования показали, что применение полифункциональных препаратов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы практически на всех вариантах привело к росту содержания азота в растениях (табл. 3).

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян на содержание азота в растениях озимой пшеницы, % (2018–2021 гг.)

Table 3. The effect of pre-sowing seed treatment on the nitrogen content in winter wheat plants, % (2018–2021)

Вариант	Этапы органогенеза (по Ф. М. Куперман)		
	VI	VIII	X
1. Контроль	3,38 ± 0,16	4,37±0,24	0,59±0,03
2. Икар Сидс	4,52 ± 0,26	5,54±0,22	0,73±0,07
3. Икар Сидс + Спринталга	4,80 ± 0,37	6,20±0,67	0,78±0,07
4. Икар Сидс + Микрофол	4,77 ± 0,19	5,05±0,44	0,78±0,02

Обработка семян препаратом Икар Сидс способствовала повышению содержания азота в растениях озимой пшеницы в среднем на 23,7–33,7 % по сравнению с контрольным вариантом. Сочетание препаратов Икар Сидс и Спринталга значительно увеличило содержание этого элемента минерального питания в посевах озимой пшеницы, разница с контро-

лем в зависимости от периода развития растений варьировала от 32,2 до 42 %. Комбинация Икар Сидс с Микрофол позволила увеличить содержание азота на 15,6–41,1 %.

Эффективность любого агротехнического приема в конечном счете оценивается по урожайности исследуемой культуры (табл. 4).

Таблица 4. Влияние предпосевной обработки семян на элементы структуры урожая и урожайность озимой пшеницы (2018–2021 гг.)

Table 4. The effect of pre-sowing seed treatment on the elements of the crop structure and the yield of winter wheat (2018–2021)

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с 1 колоса, г	Биомасса, г/м ²	Урожайность	
					биологическая, г/м ²	комбайновая уборка, т/га
1. Контроль	578	33,79	1,05	1264	608,04	5,25
2. Икар Сидс	587	34,19	1,08	1357	632,10	5,48
3. Икар Сидс + Спринталга	614	34,66	1,07	1401	655,89	5,62
4. Икар Сидс + Микрофол	591	34,17	1,08	1369	636,25	5,52
НСР ₀₅	29,3	0,83	0,02	52,96	20,08	0,15

Применение полифункциональных препаратов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы не оказало существенного влияния на массу 1000 зерен, на количество продуктивных стеблей, за исключением варианта, где применялся комплекс Икар Сидс и Спринталга, но способствовало росту такого показателя зерновой продуктивности, как масса зерна с одного колоса. В среднем за годы исследований наибольший рост урожайности отмечен при обработке семян комплексом препаратов Икар Сидс и Спринталга – на 0,37 т/га (7 %), сочетание Икар Сидс с Микрофол Комби позволило получить прибавку на 0,27 т/га (5 %), а обработка только Икар Сидс – на 0,22 т/га (4 %).

Экономическая эффективность предпосевной обработки семян озимой пшеницы изучаемыми препаратами проявлялась в более высокой стоимости валовой продукции (на 3266–5254 руб./га) в сравнении с контрольным вариантом и в снижении себестоимости полученного зерна (на 217–326 руб./т) (табл. 5). Увеличение производственных затрат при применении комплекса препаратов Икар Сидс и Спринталга связано с высокой дозировкой препарата Спринталга (0,5 л/т), но несмотря на это, рентабельность производства озимой пшеницы на данном варианте превышала контроль на 14,1 %.

Таблица 5. Экономическая эффективность предпосевной обработки семян при производстве озимой пшеницы (2018–2021 гг.)
Table 5. Economic efficiency of pre-sowing seed treatment in the production of winter wheat (2018–2021)

Вариант	Урожайность с 1 га, т	Стоимость валовой продукции, руб./га*	Производственные затраты, руб./га	Прибыль, руб./га	Себестоимость продукции, руб./т	Рентабельность, %
1. Контроль	5,25	74550	30971	43579	5899	140,7
2. Икар Сидс	5,48	77816	31138	46678	5682	149,9
3. Икар Сидс + Спринталга	5,62	79804	31320	48484	5573	154,8
4. Икар Сидс + Микрофол	5,52	78384	31171	47213	5647	151,5

*Стоимость зерна озимой пшеницы 14,2 руб./кг.

Выводы. Применение полифункциональных препаратов для предпосевной обработки семян озимой пшеницы способствует росту концентрации хлорофилла в растениях озимой пшеницы на 4,3–8,8 % в фазу выхода в трубку и на 11,3–17,9 % – в колошение, а также увеличивает содержание азота в органах растений – в среднем на 15,6–42 %, в зависимости от фазы развития. Предпосевная обработка

семян изучаемыми препаратами обеспечила рост урожайности на 0,22–0,37 т/га. Несмотря на увеличение производственных затрат на 167–349 руб./га (за счет стоимости препаратов), благодаря полученной прибавке урожая прибыль возрастает на 3099–4905 руб./т, а рентабельность производства зерна – на 9,2–14,1 %.

Библиографические ссылки

1. Вознесенская Т. Ю., Можарова И. П. Влияние инновационных удобрительных комплексов на фотосинтез и продуктивность листового аппарата пшеницы озимой // Плодородие. 2021. № 6(123). С. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.14.
2. Ерошенко Ф. В., Дуденко Н. В. Основные показатели фотосинтетической продуктивности растений // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2016. № 8. С. 119–132.
3. Захаренко В. А. Современное состояние и перспективы экономики применения пестицидов в агроэкосистемах России // Агрохимия. 2021. № 5. С. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148.
4. Калюта Е. В., Мальцев М. И., Маркин В. И., Машкина Е. И. Влияние препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья, на ростовые процессы, урожайность и биохимические показатели зерна пшеницы // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 361–368. DOI: 10.14258/jcprtm.2021029732.
5. Куркаев В. Т., Ерошкина С. М., Пономарев А. Н. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии. М.: Колос, 1977. 239 с.
6. Репка Д. А., Бельтюков Л. П., Кувшинова Е. К., Потапов Е. А. Эффективность применения биопрепаратов на сортах озимой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-72-76.
7. Таланов И. П., Гарифуллина Л. Ф. Роль предпосевной обработки семян и удобрений в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы на серой лесной почве в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 2(40). С. 20–24. DOI: 10.12737/20628.
8. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Оганян Л. Р., Сторчак И. Г., Бильдиева Е. А. Влияние различных агротехнических приемов на урожай и качество зерна новых сортов озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10(189). С. 23–31. DOI: 10.32417/article_5db430aaa70e02.61022516.
9. Юрина Т. А., Дробин Г. В., Богословская О. А., Ольховская И. П., Глуценко Н. Н. Об эффективности предпосевной обработки семян озимой пшеницы наночастицами металлов // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 135–145. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.135rus.
10. Obroucheva N. V., Sinkevich I. A., Lityagina S. V., Novikova G. V. Water relations in germinating seeds // Russian journal of plant physiology. 2017. Vol. 64, № 4. P. 311–320. DOI: 10.7868/S0015330317030137.

References

1. Voznesenskaya T. Y., Mozharova I. P. Vliyaniye innovatsionnykh udobritel'nykh kompleksov na fotosintez i produktivnost' listovogo apparata pshenicy ozimoy [The influence of innovative fertilizer complexes on photosynthesis and productivity of the leaf apparatus of winter wheat] // Plodorodie. 2021. № 6(123). S. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.14.
2. Eroshenko F. V., Dudenko N. V. Osnovnye pokazateli fotosinteticheskoy produktivnosti rasteniy [The main indicators of photosynthetic productivity of plants] // Byulleten' Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo hozyajstva. 2016. № 8. S. 119–132.
3. Zakharenko V. A. Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy ekonomiki primeneniya pesticidov v agroekosistemah Rossii [The current state and prospects of the economy of the use

of pesticides in agroecosystems of Russia] // *Agrohimiya*. 2021. № 5. S. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148.

4. Kalyuta E. V., Maltsev M. I., Markin V. I., Mashkina E. I. Vliyanie preparatov, poluchennyh iz karboksimetilirovannogo rastitel'nogo syr'ya na rostovye processy, urozhajnost' i biohimicheskie pokazateli zerna pshenicy [Influence of preparations obtained from carboxymethylated vegetable raw materials on growth processes, yield and biochemical parameters of wheat grain] // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2021. № 2. S. 361–368. DOI: 10.14258/jcprm.2021029732.

5. Kurkaev V. T., Eroshkina S. M., Ponomarev A. N. Sel'skohozyajstvennyj analiz i osnovy biohimii [Agricultural analysis and fundamentals of biochemistry]. M.: Kolos, 1977. 239 s.

6. Repka D. A., Beltyukov L. P., Kuvshinova E. K., Potapov E. A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov na sortah ozimoy pshenicy v usloviyah Rostovskoj oblasti [The effectiveness of the use of biological products on winter wheat varieties in the conditions of the Rostov region] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. № 1(67). S. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-72-76.

7. Talanov I. P., Garifullina L. F. Rol' predposevnoj obrabotki semyan i udobrenij v povyshenii urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy na seroj lesnoj pochve v usloviyah Predkam'ya Respubliki Tatarstan [The role of pre-sowing treatment of seeds and fertilizers in increasing the yield and quality of winter wheat grain on gray forest soil in the conditions of the Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan] // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. T. 11, № 2(40). S. 20–24. DOI: 10.12737/20628.

8. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Oganyan L. R., Storchak I. G., Bildieva E. A. Vliyanie razlichnyh agrotekhnicheskikh priemov na urozhaj i kachestvo zerna novykh sortov ozimoy pshenicy selekcii Severo-Kavkazskogo FNAC [The influence of various agrotechnical techniques on the yield and grain quality of new varieties of winter wheat breeding of the North Caucasian FNAC] // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2019. № 10 (189). S. 23–31. DOI: 10.32417/article_5db430aaa70e02.61022516.

9. Yurina T. A., Drobin G. V., Bogoslovskaya O. A., Olkhovskaya I. P., Glushchenko N. N. Obeffektivnosti predposevnoj obrabotki semyan ozimoy pshenicy nanochasticami metallov [On the effectiveness of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with metal nanoparticles] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2021. T. 56, № 1. S. 135–145. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.135rus.

10. Obroucheva N. V., Sinkevich I. A., Lityagina S. V., Novikova G. V. Water relations in germinating seeds // *Russian journal of plant physiology*. 2017. Vol. 64, № 4. P. 311–320. DOI: 10.7868/S0015330317030137.

Поступила: 27.04.22; доработана после рецензирования: 23.06.22; принята к публикации: 27.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Симатин Т. В., Ерошенко Ф. В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, анализ данных; Калашникова А. А. – выполнение полевых и лабораторных опытов, сбор данных; Бильдиева Е. А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.174:631.5

OI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ, СПОСОБОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРГО ЗЕРНОВОГО СОРТА ЗЕРНОГРАДСКОЕ 88

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

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

В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCIDID: 0000-0002-7510-7705

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

В статье приведены результаты изучения элементов технологии возделывания (срок посева, способ посева, норма высева) сорго зернового в южной зоне Ростовской области. Полевые опыты были проведены в 2018–2020 годах. Объектом исследований является сорт зернового сорго Зерноградское 88, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений по 6 (Северо-Кавказскому) региону в 2013 году. В результате проведенных исследований выявлено, что наименьшие значения массы зерна с растения и массы 1000 зерен формировались при норме высева 0,9 млн шт. всх. семян/га. В этом же варианте опыта отмечалась наименьшая сохранность растений перед уборкой. Наибольшее влияние на густоту стояния растений оказывал способ посева (69,5 %), массу зерна с растения – норма высева (52,5 %), массу 1000 зерен – способ посева (23,8 %). В среднем за годы исследований при норме высева 0,4 и 0,5 млн шт. всх. семян/га получена максимальная урожайность – 4,14 и 4,12 т/га соответственно. Для зернового сорго наиболее приемлем посев с шириной междурядья 0,15 и 0,30 м, где получена урожайность на уровне 3,70 и 3,65 т/га. При посеве семян в 3-ю декаду мая (прогрев почвы на глубине заделки семян до 20–22 °С) отмечалась максимальная урожайность зерна сорго, которая составила 3,92 т/га. Наибольшее влияние на формирование урожайности оказали норма высева – 41,6 %, доля влияния срока посева – 24,8 %, способ посева – 3,6 %, метеоусловия – 7,7 %.

Ключевые слова: сорго зерновое, норма высева, способ посева, срок посева, урожайность.

Для цитирования: Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ковтунов В. В. Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88 // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96.



THE EFFECT OF SOWING DATES, METHODS AND SEEDING RATES ON PRODUCTIVITY OF THE GRAIN SORGHUM VARIETY 'ZERNOGRADSKOE 88'

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCIDID: 0000-0003-1587-2533;

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

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

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

The current paper has presented the study results of the elements of cultivation technology (sowing date, sowing method, seeding rate) of grain sorghum in the southern part of the Rostov region. Field trials were carried out in 2018–2020. The object of research was the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88', included in the State List of Breeding Achievements for the North Caucasus region in 2013. According to the study results there was established that the lowest values of grain weight per plant and 1000-grain weight were formed with a seeding rate of 0.9 million of germinating seeds per ha. In the same variant of the trial, there was determined the worst plants' preservation before harvesting. Sowing method had the greatest effect on plant density (69.5 %) and on 1000-grain weight (23.8 %); seeding rate had the greatest effect on grain weight per plant (52.5 %). On average, through the years of study, there was obtained the maximum productivity of 4.14 and 4.12 t/ha with a seeding rate of 0.4 and 0.5 million of germinated seeds per ha, respectively. For grain sorghum, the sowing method with a row spacing of 0.15 and 0.30 m was the most acceptable, where there was yielded 3.70 and 3.65 t/ha. When sowing seeds in the 3rd decade of May (20–22 °C of warming up the soil at a seeding depth), there was identified a maximum productivity of sorghum grain with 3.92 t/ha. The greatest effect on productivity formation (41.6 %) was produced by the seeding rate, the share of the effect of the sowing date was 24.8 %, that of the sowing method was 3.6 %, weather conditions affected on 7.7 %.

Keywords: grain sorghum, seeding rate, sowing method, sowing date, productivity.

Введение. Сорго зерновое – теплолюбивая культура, отличительной особенностью которой является способность легче, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, возделываемыми в РФ, переносить воздушную и почвенную засуху (Алабушев, 2020).

С начала XXI века в России отмечается сильное колебание посевных площадей под сорго. В среднем за период с 2001 по 2019 г. эта культура в стране высевалась на площади 91,3 тыс. га. В отдельные годы (2005, 2009 и 2010 гг.) посевные площади под ней снижались до очень низких значений – менее 30 тыс. га (АБ Центр, 2019). Однако культура сорго из-за высокой питательности зерна играет важную роль в кормопроизводстве (Kovtunov et al., 2021, Горпиниченко, 2017). Сорт сорго зернового Зерноградское 88 селекции АНЦ «Донской» имеет хорошие показатели технологичности (высота растений 80–90 см, компактная метелка, слабая кустистость), в результате чего улучшается механизированная уборка сорго (Kovtunov and Kovtunova, 2021).

Континентальный климат и постоянный дефицит влаги в зоне неустойчивого увлажнения Ростовской области заставляют осуществлять поиск адаптивных сортов сорго зернового, приспособленных к почвенно-климатическим условиям региона. Учеными-селекционерами России созданы новые сорта, сочетающие в себе высокую продуктивность, жаро- и засухоустойчивость. Для выявления потенциальной продуктивности сорта сорго зернового Зерноградское 88 необходимо определить реакцию на основные элементы технологии (срок и способ посева, норма посева).

Целью работы являлось определение влияния срока и способа посева, нормы посева на продуктивность сорта сорго зернового Зерноградское 88.

Материалы и методы исследования. Научные исследования проводили в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Аграрный научный центр «Донской» в 2018–2020 годах. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Агрохимические характеристики пахотного слоя следующие: содержание гу-

муса – 3,36 %; pH – 7,3; P_2O_5 – 24,4; K_2O – 360 мг/кг почвы. Исследования проводили на раннеспелом сорте сорго зернового Зерноградское 88 (внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений в 2013 г.).

В опытах сорго зерновое возделывалось по общепринятой технологии за исключением изучаемых элементов (Зональная система земледелия Ростовской области на период 2013–2020 гг.). Предшественником сорго зернового являлась озимая пшеница. Повторность опыта – четырехкратная, учетная площадь делянки – 50 м², расположение делянок систематическое.

Посевные и уборочные работы были механизированные, проводили их селекционными сеялками СС-11 и Клен 4,2 (с заделкой семян на глубину 5–6 см), а также с помощью комбайна Sampo 2010.

Статистическую обработку выполняли по методике Б. А. Доспехова (2014) с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2019, AgStat.

Схема опыта

Нормы посева, млн шт. всхожих семян/га:

- 1) 0,1;
- 2) 0,2;
- 3) 0,3;
- 4) 0,4;
- 5) 0,5;
- 6) 0,6;
- 7) 0,7;
- 8) 0,8;
- 9) 0,9.

Способы посева, ширина междурядья, м:

- 1) 0,15;
- 2) 0,30;
- 3) 0,45;
- 4) 0,70.

Срок посева, прогрев почвы на глубине заделки семян, оС:

- 1) 12–14;
- 2) 16–18;
- 3) 20–22.

В годы исследований отмечалось значительное варьирование количества атмосферных осадков в течение вегетационного периода – от 75,5 мм при посеве 30 мая 2018 г. до 195,5 мм при посеве 30 апреля 2020 г. (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода сорго зернового при различных сроках посева

Table 1. Weather conditions of the vegetation period of grain sorghum under various sowing dates

Год	Дата посева	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма активных температур, °С	ГТК
2018	27.04	88,2	23,6	2364,7	0,37
2018	17.05	75,5	24,4	2266,3	0,33
2018	30.05	76,5	25,0	2377,5	0,31
2019	30.04	141,7	22,9	2150,8	0,63
2019	16.05	137,1	23,5	2115,9	0,67
2019	30.05	90,3	23,6	2149,9	0,42
2020	30.04	195,5	22,8	2213,0	0,88
2020	14.05	165,8	23,7	2177,9	0,76
2020	28.05	125,7	24,5	2278,2	0,55

Наиболее засушливый вегетационный период наблюдался в 2018 г., где сумма атмосферных осадков за вегетационный период составляла от 75,5 до 88,2 мм.

Наибольшее количество осадков за вегетационный период было в 2020 г., оно составляло от 195,5 мм в первом сроке посева до 125,7 мм в третьем сроке посева.

Наиболее высокие среднесуточные температуры воздуха, а также самые низкие значения ГТК (0,31–0,37) фиксировали в 2018 г., что характеризовало погодные условия как острозасушливые.

Сумма активных температур, требуемая для формирования урожайности зерна сорго зернового, в годы исследований находилась в пределах 2115,9–2377,5 °С.

Результаты и их обсуждение. Изучаемые агроприемы оказывали влияние на густоту стояния растений сорго зернового перед уборкой и показатели зерновой продуктивности – массу зерна с растения и массу 1000 зерен.

При увеличении нормы высева отмечалось снижение сохранности растений к уборке, что связано с возрастанием количества растений на площади посева, в результате чего снижалось жизненное пространство, необходимое растениям для реализации потенциала продуктивности. Минимальная сохранность растений к уборке отмечалась при максимальной норме высева – 0,9 млн шт. всх. семян/га по всем способам посева (табл. 2).

Таблица 2. Влияние сроков, способов посева и норм высева на густоту стояния и показатели зерновой продуктивности (2018–2020 гг.)
Table 2. Effect of sowing dates, methods and seeding rates on plant density and grain productivity indicators (2018–2020)

Фактор В (способ посева, м)	Фактор С (норма высева, млн шт. всх. семян/га)	Фактор А (срок посева)								
		1			2			3		
		Г	МЗ	М1000	Г	МЗ	М1000	Г	МЗ	М1000
0,15	0,1	8,7	27,3	23,5	7,7	31,8	22,6	8,2	27,5	26,2
	0,2	9,7	27,1	23,4	15,0	26,1	22,0	13,5	22,7	25,9
	0,3	12,7	22,8	22,1	21,2	16,0	21,5	19,4	20,8	25,7
	0,4	15,7	20,2	22,0	27,9	13,5	21,2	24,8	19,7	25,5
	0,5	23,7	14,7	20,6	32,7	12,6	20,5	29,1	18,8	25,3
	0,6	26,7	14,7	20,5	36,2	12,3	19,8	31,1	18,3	25,1
	0,7	30,7	11,6	20,0	39,4	10,8	19,7	33,7	17,7	24,8
	0,8	32,7	9,7	19,8	44,2	8,2	19,6	36,8	17,1	24,5
	0,9	37,7	7,7	17,9	47,1	6,5	19,2	41,3	16,4	24,3
0,30	0,1	7,3	38,3	25,1	7,7	35,8	27,6	9,2	23,9	25,4
	0,2	11,7	25,1	24,7	13,6	28,4	25,5	15,4	23,9	25,3
	0,3	16,7	21,7	24,5	20,3	24,0	24,6	24,2	20,4	25,3
	0,4	21,7	18,6	24,3	23,3	20,1	23,7	27,4	19,6	25,2
	0,5	26,0	17,4	23,1	27,4	19,2	24,2	32,3	18,2	25,0
	0,6	32,3	11,8	21,9	33,2	16,8	23,5	41,2	17,2	25,0
	0,7	36,0	9,7	21,4	35,7	12,1	22,8	44,4	16,7	24,9
	0,8	38,0	8,9	21,3	39,5	10,7	22,3	52,3	16,2	24,8
	0,9	42,0	7,4	21,0	42,8	9,5	21,2	57,1	16,0	24,6
0,45	0,1	8,3	27,3	27,8	8,5	39,6	30,4	7,9	21,1	23,8
	0,2	13,0	25,2	27,7	13,3	31,8	28,9	15,3	20,1	23,4
	0,3	20,0	23,4	27,5	19,2	27,6	27,5	22,4	20,1	23,1
	0,4	22,7	20,2	26,9	23,5	21,9	27,2	29,1	18,5	22,8
	0,5	28,0	16,9	26,7	25,8	19,8	25,7	33,2	17,6	22,6
	0,6	31,3	15,5	25,8	28,7	16,6	25,1	39,3	16,5	22,4
	0,7	34,0	13,4	25,3	31,4	15,3	25,1	42,1	15,6	22,1
	0,8	36,0	11,7	24,9	34,2	13,4	24,2	47,3	14,9	21,7
	0,9	39,0	9,8	23,6	37,0	11,9	23,5	52,5	14,9	21,4
0,70	0,1	6,1	56,1	29,3	7,2	33,5	25,9	6,9	29,0	27,6
	0,2	9,9	41,1	28,7	11,1	27,0	25,1	12,3	26,2	27,1
	0,3	14,0	29,1	27,7	14,1	22,5	24,7	15,4	22,9	26,9
	0,4	15,7	26,1	26,3	18,2	18,0	24,6	19,9	19,6	26,6
	0,5	19,7	20,9	25,6	20,1	15,3	24,0	22,3	18,8	26,5
	0,6	21,7	19,3	25,0	21,8	13,4	23,8	24,3	17,8	26,3
	0,7	25,0	14,9	24,5	24,1	12,0	23,2	27,5	17,2	26,2
	0,8	28,3	13,7	23,7	27,0	9,5	23,0	31,3	16,5	26,0
	0,9	31,7	9,6	23,1	30,2	7,9	22,3	33,1	15,8	25,9

НСР₀₅ для частных различий: Г – 9,61 шт./м²; МЗ – 9,08 г.; М1000 – 6,17 г.

Примечание. Г – густота стояния растений перед уборкой, шт./м²; МЗ – масса зерна с растения, г; М1000 – масса 1000 зерен, г.

С увеличением нормы высева семян отмечали снижение массы зерна с растения. При нормах высева 0,1–0,2 млн шт. всх. семян/га зерно формировалось помимо основного стебля на подгонах. При высоких нормах высева наблюдалось снижение массы метелки и соответственно выхода зерна с метелки, что приводило к снижению массы зерна с растения. Подобная тенденция была распространена по всем способам и срокам посева.

Наиболее высокие значения показателя «масса 1000 зерен» фиксировали в нормах высева 0,1–0,3 млн шт. всх. семян/га. При максималь-

ной норме высева семян отмечали минимальные значения данного показателя зерновой продуктивности, что было связано с дефицитом влаги и элементов питания, необходимых для формирования зерна.

Проведенный дисперсионный анализ выявил существенные различия при оценке влияния факторов опыта на густоту стояния растений и показатели зерновой продуктивности. Так, на густоту стояния растений наибольшее влияние оказал способ посева (влияние фактора 69,5 %) (табл. 3).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа влияния сроков посева, способов посева и норм высева на густоту стояния растений к уборке и элементы зерновой продуктивности (2018–2020 гг.)

Table 3. Results of the analysis of variance of the effect of sowing dates, methods and seeding rates on plant density before harvesting and grain productivity elements (2018–2020)

Фактор опыта	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	F _{факт.}	F _{таб.095}	Влияние, %
Густота стояния растений, шт./м ²						
А (срок посева)	359,0	2	179,5	5,2	3,0	0,8
В (способ посева)	2057,7	3	685,9	19,7	2,6	4,3
С (норма высева)	33003,5	8	4125,4	118,5	2,0	69,5
Взаимодействие АВ	1094,4	6	182,4	5,2	2,1	2,3
Взаимодействие АС	106,7	16	6,7	0,2*	1,7	0,2
Взаимодействие ВС	813,4	24	33,9	1,0*	1,6	1,7
Взаимодействие ABC	374,2	48	7,8	0,2*	1,4	0,8
Масса зерна с растения, г						
А (срок посева)	58,7	2	29,3	0,9*	3,0	0,2
В (способ посева)	585,4	3	195,1	6,3	2,6	2,1
С (норма высева)	14583,1	8	1822,9	58,6	2,0	52,5
Взаимодействие АВ	1466,5	6	244,4	7,9	2,1	5,3
Взаимодействие АС	2138,1	16	133,6	4,3	1,7	7,7
Взаимодействие ВС	616,3	24	25,7	0,8*	1,6	2,2
Взаимодействие ABC	948,4	48	19,8	0,6*	1,4	3,4
Масса 1000 зерен, г						
А (срок посева)	7,4	2	3,7	0,3*	3,0	0,1
В (способ посева)	1335,1	3	445,0	31,0	2,6	23,8
С (норма высева)	768,4	8	96,0	6,7	2,0	13,7
Взаимодействие АВ	78,7	6	13,1	0,9*	2,1	1,4
Взаимодействие АС	12,5	16	0,8	0,1*	1,7	0,2
Взаимодействие ВС	19,7	24	0,8	0,1*	1,6	0,4
Взаимодействие ABC	57,2	48	1,2	0,1*	1,4	1,0

Примечание. * – не выявлены существенные различия вариантов.

Наибольшее влияние на показатель «масса зерна с растения» оказала норма высева (влияние фактора 52,5 %), на показатель «масса 1000 зерен» – способ посева (влияние фактора 23,8 %).

Изучаемые элементы технологии возделывания влияли на урожайность сорго зернового. Максимальная урожайность была при норме высева 0,4 млн шт. всх. семян/га – 4,14 т/га (табл. 4).

При нормах высева 0,3 и 0,5 млн шт. всх. семян/га не отмечалась существенная разница по урожайности с нормой высева 0,4 млн шт. всх. семян/га, и поэтому эти варианты опыта являются значимыми при возделывании сорго зернового.

Среди изучаемых способов посева наибольшую урожайность отмечали при рядовом способе с шириной междурядья 0,15 м. Она составила 3,70 т/га. При посеве с шириной междурядья 0,30 м достоверного увеличения урожайности не наблюдалось, и она составила 3,65 т/га.

Оптимальные погодные условия фиксировались в третьем сроке посева, что положительно влияло на урожайность, где она составляла 3,92 т/га, что значительно превышало ее по сравнению с первым и вторым срокам посева.

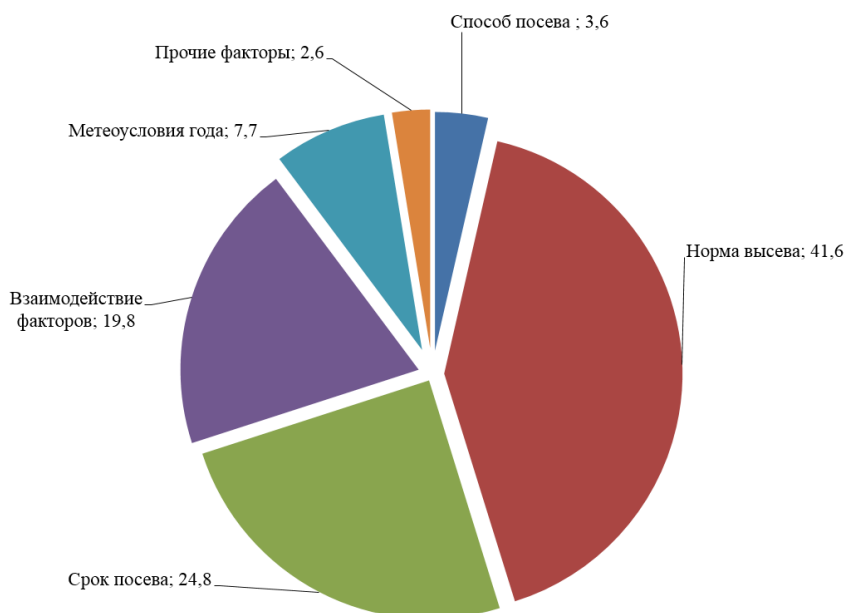
При оценке влияния изучаемых элементов технологии возделывания на урожайность зерна сорго определено, что наибольшее влия-

яние оказали норма высева – 41,6 % и срок посева – 24,8 %. Доля взаимодействия факторов составила 19,8 %. Способ посева оказывал не-

существенное влияние на урожайность зерна сорго – 3,6 % (см. рисунок).

Таблица 4. Влияние сроков посева, норм высева и способов посева на урожайность зерна сорго Зерноградское 88, т/га (2018–2020 гг.)
Table 4. Effect of sowing dates, methods and seeding rates on productivity of the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88', t/ha (2018–2020)

Факторы		Год			Среднее	НСР ₀₅ для факторов
		2018	2019	2020		
А (норма высева, млн шт. всх. семян/га)	0,1	2,20	2,47	2,70	2,46	0,10
	0,2	3,49	3,78	4,07	3,78	
	0,3	3,76	4,00	4,38	4,05	
	0,4	3,78	4,09	4,56	4,14	
	0,5	3,79	4,12	4,44	4,12	
	0,6	3,61	3,83	4,24	3,89	
	0,7	3,05	3,40	3,73	3,39	
	0,8	2,62	2,99	3,28	2,96	
	0,9	2,46	2,80	3,04	2,77	
В (способ посева, ширина междурядья, м)	0,15	3,31	3,73	4,06	3,70	0,09
	0,30	3,34	3,64	3,96	3,65	
	0,45	3,17	3,35	3,73	3,42	
	0,70	2,97	3,26	3,56	3,26	
С (срок посева)	1	2,60	2,81	3,17	2,86	0,11
	2	3,40	3,77	4,07	3,75	
	3	3,59	3,91	4,25	3,92	
НСР ₀₅ для частных различий		0,30				
НСР ₀₅ для взаимодействия АВ		0,18				
НСР ₀₅ для взаимодействия ВС		0,12				



Доля влияния факторов на урожайность зерна сорго зернового сорта Зерноградское 88, %
 The share of the effect of factors on productivity of the grain sorghum variety Zernogradskoe 88, %

Доля влияния метеорологических условий года составляла 7,7 %, что свидетельствует о значимых различиях в тепло- и влагообеспеченности посевов сорго зернового в годы изучения.

Выводы.

1. В зоне неустойчивого увлажнения Ростовской области нормы высева, сроки

и способы посева оказывали влияние на показатели зерновой продуктивности и густоту стояния растений сорго зернового к уборке. Наименьшие значения массы зерна с растения и массы 1000 зерен формировались при норме высева 0,9 млн шт. всх. семян/га. В этом же варианте опыта отмечали наименьшую сохранность растений перед уборкой.

2. Изучаемые элементы технологии оказали достоверное влияние на урожайность сорго, где наиболее высокие значения – 4,14 и 4,12 т/га – были при нормах высева 0,4 и 0,5 млн шт. всх. семян/га соответственно. Посевы с шириной междурядий 0,15 и 0,30 м за счет эффективного использования атмосферных осадков обеспечивали урожайность на уровне 3,70 и 3,65 т/га соответственно. Максимальная уро-

жайность зерна отмечалась в третьем сроке посева – 3,92 т/га.

3. Доля влияния фактора «норма высева» на урожайность составила 41,6 %, следующим по значимости был срок посева – 24,8 %, а доля влияния способа посева была наименьшей – 3,6 %, доля влияния метеорологических условий составила 7,7 %.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В. Достижения в селекционной работе по созданию сортов и гибридов сорго «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С.44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48.
2. Горпиниченко С. И., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Муслимов М. Г., Ермолина Г. М. Сорго – культура засушливых территорий // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т.31, № 3 (31). С. 5–10.
3. Зональные системы земледелия Ростовской области на период 2013–2020 гг. Ч. 2. Ростов н/Д., 2013. 272 с.
4. Посевные площади под сорго в России. Итоги 2019 года. АБ Центр. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadisorgo-v-rossii-itogi-2019-goda>.
5. Kovtunov V. V., Kovtunova, N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843(1). P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
6. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH. 2021. Rostov n/D., 2021. P. 13009. DOI: 10.1051/e3sconf/202127313009.

References

1. Alabushev A. V. Dostizheniya v selekcionnoj rabote po sozdaniyu sortov i gibridov sorgo «ANC «Donskoy» [Breeding achievements when developing sorghum varieties and hybrids of “ARC “Donskoy”] // Zernovoe hozayajstvo Rossii. 2020. № 2 (68). S. 44–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-44-48.
2. Gorpichenko S. I., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Muslimov M. G., Ermolina G. M. Sorgo – kul'tura zasushliviyyh territorij xъ [Sorghum – a crop of drylands] // Problemy razvitiya APK regiona. 2017. T. 31, № 3 (31). S. 5–10.
3. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na period 2013–2020 gg. [Zonal farming systems of the Rostov region during the period of 2013–2020] CH.2. Rostov n/D., 2013. 272 s.
4. Posevnye ploschadi pod sorgo v Rossii. Itogi 2019 goda. [Elektronnyj resurs] [Sown areas under sorghum in Russia. The result of 2019]. Rezhim dostupa: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadisorgo-v-rossii-itogi-2019-goda>.
5. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843(1). P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007.
6. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. The use of the Ugandan initial grain sorghum forms in the hybridization of the sorghum varieties for forage and food // 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH. 2021. Rostov n/D., 2021. P. 13009. DOI:10.1051/e3sconf/202127313009.

Поступила: 21.02.22; доработана после рецензирования: 20.06.22; принята к публикации: 21.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Васильченко С. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи. Метлина Г. В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи. Ковтунов В. В. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ И СРОКИ ПОСЕВА СОРТА МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЮБИЛЕЙ ДОНА В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Попов¹, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

Г. В. Овсянникова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

А. А. Сухарев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

И. К. Копман¹, агроном лаборатории технологии возделывания зерновых культур;

Д. М. Марченко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полунинтенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

А. П. Самофалов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий сотрудник отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

И. В. Фетюхин², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, fetuchin@yandex.ru ORCID ID: 0000-0003-4975-8085

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347730, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», 346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24

В данной работе отражены результаты исследований за 2019–2021 гг., проведенных в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель работы – выявить, как формируется урожайность зерна и его качественные показатели у сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона под влиянием сроков посева по различным предшественникам и дать оценку экономической эффективности этим элементам технологии возделывания. В опыте были следующие календарные сроки – 10 сентября, 20 сентября, 30 сентября, и 10 октября; по предшественникам: черный пар, сидеральный пар (горчица), горох (на зерно) и подсолнечник. При закладке и проведении опыта использовали общепринятые методики. Общая площадь делянки в опытах – 55 м², учетная – 41,25 м², повторность – четырехкратная. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумуса – 3,2 %; pH – 7,0; P₂O₅ – 18,5–20,0; K₂O – 342–360 мг/кг почвы. Сорт Юбилей Дона проявил пластичность к срокам посева по предшественнику черный пар. При этом отмечено положительное влияние сроков посева 20 и 30 сентября по данному предшественнику, где уровень урожайности сорта достигал 6,92–6,95 т/га, а также получается наибольший условно чистый доход – 62058–62732 руб./га. Выявлено, что при посеве сорта 30 сентября и 10 октября по предшественнику горох формируется наибольшая рентабельность производства 165,3–168,7 %. Проявилась высокая адаптивность к посеву сорта в конце оптимальных сроков посева по предшественникам сидеральный пар, горох и подсолнечник. Наименьшая рентабельность производства установлена по предшественникам подсолнечник (135,4–153,4 %) и сидеральный пар (127,5–139,2 %). Определяющим фактором при формировании урожайности был продуктивный стеблестой, который в зависимости от предшественников и сроков посева варьировал от 452 до 654 шт./м². Предшественники черный и сидеральный пар, горох способствовали получению зерна высокого качества.

Ключевые слова: мягкая озимая пшеница, сорт Юбилей Дона, предшественник, срок посева, урожайность.

Для цитирования: Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Копман И. К., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Фетюхин И. В. Предшественники и сроки посева сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103.



FORECROPS AND SOWING DATES OF THE WINTER BREAD WHEAT VARIETY 'YUBILEY DONA' IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

A. S. Popov¹, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

G. V. Ovsyannikova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

A. A. Sukharev¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

I. K. Kopman¹, agronomist of the laboratory for cultivation technology of grain crops;

D. M. Marchenko¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

A. P. Samofalov¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of winter wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

I. V. Fetukhin², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agriculture and grain crop storage technologies, fetukhin@yandex.ru ORCID ID: 0000-0003-4975-8085

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²FSBEI HE "Donskoy State Agricultural University",

346493, Russia, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovskiy, Krivosheynov Str., 24, e-mail: dongau@mail.ru

The current paper has presented the results of the study conducted in the southern part of the Rostov region by the Agricultural Research Center "Donskoy" in 2019–2021. The purpose of the work was to identify how grain productivity and its qualitative indicators of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' are formed under the influence of various sowing dates and after various forecrops and to estimate the economic efficiency of these elements of cultivation technology. There were used such dates in the trial as September 10, September 20, September 30, and October 10; such forecrops as peas (for grain), sunflower, black fallow, green-manured fallow (corn kale). When laying and conducting the trial, there were used conventional methods. The total area of the plots was 55 m², the accounting area was 41.25 m², with four-fold repetition. The seeding rate was 5 million germinated seeds per 1 ha. The soil of the experimental plot was ordinary calcareous heavy loamy blackearth (chernozem). The arable layer of the soil contained 3.2 % of humus; 7.0 of pH; 18.5–20.0 of P₂O₅; 342–360 mg/kg of K₂O. The variety 'Yubiley Dona' showed its adaptability to the sowing dates when sown in black fallow. At the same time, there was identified a positive effect of the sowing in black fallow on September 20 and 30, where the productivity level of the variety reached 6.92–6.95 t/ha, and there was obtained the largest conditionally net income of 62058–62732 rubles/ha. There was established that the highest production profitability was 165.3–168.7 % when the variety was sown after peas on September 30 and October 10. There was a high adaptability to the sowing of the variety at the end of the optimal sowing dates in green-manured fallow, after peas and sunflower. The lowest productive profitability was established when the variety was sown after sunflower (135.4–153.4 %) and in green-manured fallow (127.5–139.2 %). The determining factor in the productivity formation was a productive thick stand, which, depending on the forecrops and sowing dates, varied from 452 to 654 pcs/m². Black fallow, green-manured fallow and peas contributed to the production of high-quality grain.

Keywords: winter bread wheat, the variety 'Yubiley Dona', forecrop, sowing date, productivity.

Введение. Главной целью всех достижений науки и техники в сельскохозяйственном производстве является получение высокой урожайности выращиваемых сортов, без которых это производство просто невозможно (Ефремова и др., 1997).

Сорт будет востребован, если он отвечает конкретным требованиям производства и приносить прибыль, то есть его выращивание должно быть экономически эффективным (Алабушев и др., 2017).

Озимая пшеница является основной стратегически важной продовольственной культурой России и занимает наибольшие площади среди других злаковых культур (Фоменко и др., 2019; Шестакова и др., 2019).

Создаваемые сорта озимой пшеницы, как и других сельскохозяйственных культур, должны быть адаптированы к изменениям климата в современных условиях. Это одно из решений проблемы эффективности растениеводства.

В АНЦ «Донской» создаются сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного и полунинтенсивного типа для посева по парам и непаровым предшественникам со стабильной урожайностью и качеством зерна, что и обеспечивает их высокое производственное значение (Некрасова О. А. и др., 2020).

Срок посева озимой пшеницы – важный элемент агротехники, во многом определяющий продуктивность растений (Ren et al., 2019), (Алабушев А. В. и др., 2020). Однако сельхозтоваропроизводители не всегда могут выдержи-

вать сроки посева озимой пшеницы, сдвигая их на более поздний период из-за использования поздно убираемых предшественников или ожидая осадков, чтобы избежать сева в сухую почву (Manfron et al., 2017), (Попов А. С. и др., 2021). Кроме того, расширение площадей, отводимых под озимую пшеницу как одну из наиболее экономически значимых культур, не дает возможности высевать ее в оптимальные сроки, что также приводит к сдвиганию сроков посева (Flohr et al., 2018). Однако исследования (Shahab et al., 2020) показали, что каждый день задержки с посевом позже оптимальных для зоны сроков приводит к снижению урожайности зерна озимой пшеницы на 1 %. В связи с этим исследования по влиянию сроков посева по различным предшественникам на урожайность новых сортов мягкой озимой пшеницы являются актуальными и востребованными.

Цель работы – выявить, как формируется урожайность зерна и его качественные показатели у сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона под влиянием сроков посева по различным предшественникам и дать оценку экономической эффективности этим элементам технологии возделывания.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили с 2019 по 2021 г. в южной зоне Ростовской области (севооборот лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Объект исследования – сорт мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона. Данный сорт создан ФГБНУ «АНЦ

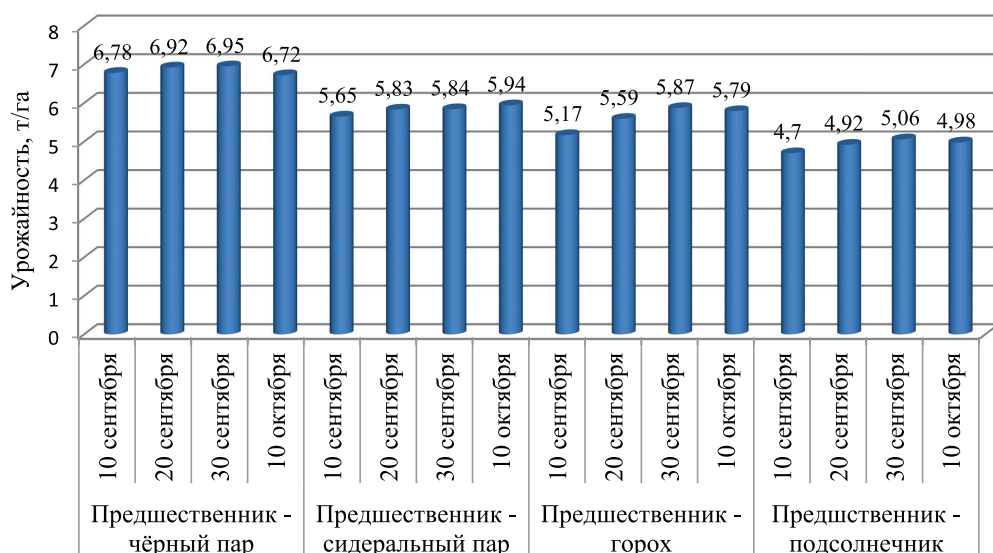
«Донской» методом внутривидовой сложной ступенчатой гибридизации. Материнская форма – 1638/05. Отцовская форма – Ростовчанка 3. Разновидность – лютеценс. Колос цилиндрический, средней длины и плотности. Масса 1000 зерен – 38–46 г. Низкостебельный, высота растений 88–102 см, устойчив к полеганию. Среднеранний, колосится и созревает в среднем на 1–2 дня позже стандарта Ермак. Мукомольные и хлебопекарные качества отличные, сильная пшеница. Отличается высокой морозостойкостью и засухоустойчивостью. Зона возделывания и уровень агрофона – рекомендуется для выращивания на высоком и среднем агрофоне в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах РФ.

В опыте использовались следующие календарные сроки – 10 сентября (1 срок посева), 20 сентября (2 срок посева), 30 сентября (3 срок посева), и 10 октября (4 срок посева) по предшественникам: черный пар, сидеральный пар (горчица), горох (на зерно) и подсолнечник.

При закладке и проведении опыта использовали общепринятые методики. Общая площадь делянки в опытах – 55 м², учетная – 41,25 м², повторность – четырехкратная. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумус – 3,2 %, pH – 7,0, P₂O₅ – 18,5–20,0, K₂O – 342–360 мг/кг почвы. Рельеф ровный.

Результаты и их обсуждение. По всем вариантам опыта в среднем за 2019–2021 гг. растения сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона проявили высокую устойчивость к полеганию (5 баллов).

Предшественник черный пар в среднем за 2019–2021 гг. обеспечил получение у сорта наибольшей урожайности зерна – 6,72–6,95 т/га, а наименьшая урожайность зерна (4,70–5,06 т/га) формировалась по предшественнику подсолнечник (см. рисунок). По таким предшественникам, как горох и сидеральный пар, урожайность составляла 5,17–5,87 т/га и 5,65–5,94 т/га соответственно.



НСР₀₅=0,28

Урожайность сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона в зависимости от предшественника и срока посева (2019–2021 гг.)
Productivity of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' depending on a forecrop and a sowing date (2019–2021)

Характеризуя реакцию сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона на сроки посева, можно сказать, что на высоком уровне агрофона по предшественнику черный пар сорт проявляет пластичность. Согласно дисперсионному анализу разницы между изучаемыми сроками посева установлено не было. Однако наблюдалась тенденция формирования наибольшего урожая с 20 по 30 сентября – 6,92 и 6,95 т/га соответственно. Данная урожайность превышала сроки посева 10 сентября и 10 октября на 2,1–3,3 %.

По предшественникам сидеральный пар (5,65 т/га), горох (5,17 т/га) и подсолнечник

(4,70 т/га) наименьшая урожайность формировалась при посеве 10 сентября. Урожайность других изучаемых сроков посева у данных предшественников согласно дисперсионному анализу была на одном уровне. По предшественнику сидеральный пар при посеве 20, 30 сентября и 10 октября урожайность находилась в пределах 5,83–5,94 т/га, по предшественнику горох – 5,59–5,87 т/га, а по предшественнику подсолнечник – 4,92–5,06 т/га.

Согласно исследованиям (Cao et al., 2019), из трех компонентов урожайности (число продуктивных стеблей, число зерен в колосе и масса 1000 зерен) только число продуктив-

ных колосьев влияет на урожайность озимой пшеницы в значимой степени. Этот факт подтверждают и наши исследования. При размещении сорта после черного пара продуктив-

ный стеблестой (609–654 шт./м²) был выше, чем по другим предшествующим культурам в опыте на 68–202 штук (табл. 1).

Таблица 1. Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Юбилей Дона в зависимости от сроков посева и предшественников (2019–2021 гг.)
Table 1. Yield structure of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' depending on a forecrop and a sowing date (2019–2021)

Срок посева	Число продуктивных стеблей, шт./ м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Высота растений, см	Длина колоса, см
Предшественник – черный пар					
10 сентября	630	29,6	1,12	79,6	5,4
20 сентября	641	30,8	1,13	80,7	5,5
30 сентября	654	31,1	1,14	83,7	5,6
10 октября	625	29,4	1,11	79,0	5,3
Предшественник – сидеральный пар					
10 сентября	479	30,0	1,18	74,7	5,2
20 сентября	518	30,2	1,19	75,7	5,3
30 сентября	520	31,2	1,20	76,2	5,6
10 октября	537	31,6	1,24	79,4	5,6
Предшественник – горох на зерно					
10 сентября	482	29,4	1,12	72,4	5,1
20 сентября	508	29,6	1,13	73,1	5,2
30 сентября	521	31,6	1,14	75,3	5,3
10 октября	518	30,3	1,12	74,2	5,1
Предшественник – подсолнечник					
10 сентября	452	26,4	1,00	71,4	4,7
20 сентября	487	26,9	1,05	72,0	4,7
30 сентября	525	27,9	1,06	74,6	5,1
10 октября	507	27,1	1,04	73,1	4,9

Большое число продуктивных стеблей по этому предшественнику способствовало снижению массы зерна с колоса по сравнению с предшественником сидеральный пар. По предшественнику черный пар масса зерна с колоса находилась в пределах от 1,11 до 1,14 г, а по предшественнику сидеральный пар – от 1,18 до 1,24 г. Наименьшая масса зерна с колоса сформировалась по предшественнику подсолнечник (1,00–1,06 г).

Количество зерен в колосе по предшественнику подсолнечник составило 26,4–27,9 шт., что было наименьшим относительно других предшественников. По предшественникам сидеральный пар, черный пар и горох количество зерен в колосе по срокам посева составило 29,4–31,6 шт., а разница между сроками посева была невелика – 0,2–1,6 шт. зерен в колосе.

По предшественнику подсолнечник отмечена наименьшая длина колоса – 4,7–5,1 см, а по другим изучаемым предшественникам она составляла по срокам посева от 5,1 до 5,6 см.

Максимальная высота растений отмечена по предшественнику черный пар, и составила от 79,0 до 83,7 см в зависимости от срока посева, а наименьшая по предшественнику подсолнечник – 71,4–74,6 см. Растения сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона проявили высокую устойчивость к полеганию (5 баллов) по всем изучаемым предшественникам.

Показатели качества, такие как содержание белка, клейковины, масса 1000 зерен сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона были наибольшим по таким предшественникам как горох, черный и сидеральный пар (табл. 2).

Таблица 2. Качественные показатели мягкой озимой пшеницы сорта Юбилей Дона при посеве по различным предшественникам в разные сроки (2019–2021 гг.)
Table 2. Qualitative indicators of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' when sown after various forecrops (2019–2021)

Срок посева	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %
Предшественник – черный пар				
10 сентября	788	40,2	13,7	27,3
20 сентября	797	40,5	14,4	27,7
30 сентября	800	41,2	14,6	27,8
10 октября	795	40,1	13,9	27,6
Среднее	795	40,5	14,2	27,6

Продолжение табл. 2

Срок посева	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %
Предшественник – сидеральный пар				
10 сентября	778	40,4	14,3	27,6
20 сентября	786	41,0	14,5	27,9
30 сентября	790	41,1	14,7	28,1
10 октября	795	42,6	15,2	28,0
Среднее	787	41,3	14,7	27,9
Предшественник – горох				
10 сентября	788	40,0	13,1	28,1
20 сентября	789	40,1	13,2	28,6
30 сентября	804	40,7	13,4	29,6
10 октября	803	40,4	13,2	29,3
Среднее	796	40,3	13,2	28,9
Предшественник – подсолнечник				
10 сентября	788	39,8	13,0	25,1
20 сентября	793	40,0	13,0	25,3
30 сентября	798	40,2	13,2	25,9
10 октября	795	40,0	13,1	25,3
Среднее	793	40,0	13,1	25,4

При размещении исследуемого сорта после предшественников черный и сидеральный пар, горох содержание клейковины и белка в зерне составило 27,3–29,6 и 13,1–14,7 %. По предшественнику подсолнечник качественные показатели зерна снижались, по содержанию белка в среднем по срокам посева до 13,1%, а клейковины – до 25,4 %, и они соответствовали продукции 3 класса.

Экономическая эффективность возделывания сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона напрямую зависела от уровня урожайности по срокам посева и различалась по предшественникам.

Максимальный условный чистый доход обеспечил предшественник черный пар при втором (20 сентября) и третьем (30 сентября) сроках посева – 62058 и 62732 руб./га соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Расчет производственной эффективности возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Юбилей Дона по различным предшественникам и срокам посева (2019–2021 гг.)

Table 3. Calculation of the production cultivation efficiency of the winter bread wheat variety 'Yubiley Dona' according to various forecrops and sowing dates (2019–2021)

Срок посева	Валовой доход, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Предшественник – черный пар				
10 сентября	98036	60272	5573	159,6
20 сентября	99821	62058	5460	164,3
30 сентября	100496	62732	5436	166,1
10 октября	97390	59627	5622	157,9
Предшественник – сидеральный пар				
10 сентября	81739	45806	6360	127,5
20 сентября	84391	48458	6160	134,9
30 сентября	84546	48613	6149	135,3
10 октября	85964	50031	6047	139,2
Предшественник – горох				
10 сентября	74918	43264	6126	136,7
20 сентября	79933	48280	5729	152,5
30 сентября	85057	53404	5396	168,7
10 октября	83975	52322	5466	165,3
Предшественник – подсолнечник				
10 сентября	67789	38989	6132	135,4
20 сентября	70949	42149	5859	146,4
30 сентября	72990	44190	5695	153,4
10 октября	71940	43140	5778	149,8

При посеве 10 сентября и 10 октября отмечено снижение условного чистого дохода

на 1786–3105 руб./га. По другим изучаемым предшественникам условный чистый доход

был на 6223–23743 руб./га меньше и различался по срокам посева.

Наибольшая рентабельность производства зерна выявлена при 2-м и 3-м сроках посева по предшественнику черный пар (164,3 и 166,1 %), а также по предшественнику горох при 3-м и 4-м сроках посева (168,7 и 165,3 %).

Выводы. В южной зоне Ростовской области сорт мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона рекомендуется высевать по предше-

ственнику черный пар с 20 по 30 сентября, что обеспечивает получение наибольшей урожайности – 5,84–6,95 т/га и условно чистого дохода – 62058–62732 руб./га. Предшественник горох при возделывании сорта Юбилей Дона обеспечивает получение максимальной рентабельности производства – 165,3–168,7 % при посеве 30 сентября и 10 октября. Проявилась высокая адаптивность к посеву сорта в конце оптимальных сроков посева.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Янковский Н. Г., Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Павлов С. А., Дерова Т. Г., Самофалова Н. Е., Марченко Д. М., Скрипка О. В., Иличкина Н. П., Кравченко Н. С. Агротехнологические паспорта сортов озимой пшеницы. Ростов н/Д.: АО «Книга», 2017. 96 с.
2. 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. С. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
3. Ефремова В. В., Аистова Ю. Т., Терпугова Н. И. Изменение сортового состава агроценоза озимого поля // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Краснодар, 1997. 324 с.
4. Некрасова О. А., Кравченко Н. С., Игнатьева Н. Г., Марченко Д. М., Иванисов М. М. Качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4. С. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-31-35.
5. 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. С. 83–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.
6. Фоменко М. А., Грабовец А. И., Олейникова Т. А., Мельникова О. В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4(32). С. 105–111. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11140.
7. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. Влияние сорта, предшественника, уровня минерального питания, сроков сева и норм высева на радиационный режим посевов озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2019. № 5(184). С. 23–27. DOI: 10.32417/article_5d5157e4602168.55330898.
8. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Is. 8. P. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
9. Flohr B. M., Hunt J. R., Kirkegaard J. A., Evans J. R., Trevaskis B., Zwart A., Swan A., Fletcher A. L., Rheinheimer B. Fast winter wheat phenology can stabilise flowering date and maximise grain yield in semi-arid Mediterranean and temperate environments // Field Crops Research. 2018. Vol. 223. P. 12–25. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.03.021.
10. Manfrona G., Delmotte S., Busetto L., Hossard L., Ranghetti L., Brivio P. A., Boschettia M. Estimating inter-annual variability in winter wheat sowing dates from satellite time series in Camargue, France // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2017. Vol. 57. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.jag.2017.01.001.
11. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // Journal of Integrative Agriculture. 2019. Vol. 18, Is. 1, P. 33–42. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61980-X.
12. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 119. 126120 p. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126120.

References

1. Alabushev A. V., Yankovskii N. G., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Pavlov S. A., Derova T. G., Samofalova N. E., Marchenko D. M., Skripka O. V., Ilichkina N. P., Kravchenko N. S. Agrotechnological passports of winter wheat varieties [Агротехнологические паспорта сортов озимой пшеницы]. Rostov n/D.: AO «Kniga», 2017. 96 s.
2. Alabushev A. V., Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A. Vliyanie srokov poseva po razlichnym predshestvennikam na urozhainost' i kachestvo zerna myagkoi ozimoi pshenitsy sorta Krasa Dona v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of sowing dates after various forecrops on productivity and grain quality of winter bread wheat variety 'Krasa Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1. S. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
3. Efremova V. V., Aistova Yu. T., Terpugova N. I. Izmenenie sortovogo sostava agrotsenoza ozimogo polya [Change in the varietal composition of the winter field agrocenosis] // Agroekologicheskii monitoring v zemledelii Krasnodarskogo kraia. Krasnodar, 1997. 324 s.
4. Nekrasova O. A., Kravchenko N. S., Ignat'eva N. G., Marchenko D. M., Ivanisov M. M. Kachestvo zerna sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennika [Grain quality of winter bread wheat varieties depending on the forecrop] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 4. S. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-31-35.

5. Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A. Vliyanie uslovii vlagoobespechennosti na urozhainost' zerna myagkoi ozimoi pshenitsy po razlichnym predshestvennikam v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of moisture conditions on the grain productivity of winter bread wheat according to various forecrops in the southern part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. № 6. S. 83–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.
6. Fomenko M. A., Grabovets A. I., Oleinikova T. A., Mel'nikova O. V. Parametry adaptivnosti i gomeostatichnosti sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v stepnoi zone Rostovskoi oblasti [Parameters of adaptability and homeostasis of winter bread wheat varieties in the steppe zone of the Rostov region] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019. № 4(32) S. 105–111. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11140.
7. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G. Vliyanie sorta, predshestvennika, urovnya mineral'nogo pitaniya, srokov seva i norm vyseva na radiatsionnyi rezhim posevov ozimoi pshenitsy [The effect of a variety, forecrop, level of mineral nutrition, sowing dates and seeding rates on the radiation regime of winter wheat crops] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2019. № 5(184). S. 23–27. DOI: 10.32417/article_5d5157e4602168.55330898.
8. Cao H., Li Y., Chen G., Chen D., Qu H., Ma W. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, Is. 8. P. 1701–1713. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62574-8.
9. Flohr B. M., Hunt J. R., Kirkegaard J. A., Evans J. R., Trevaskis B., Zwart A., Swan A., Fletcher A. L., Rheinheimer B. Fast winter wheat phenology can stabilise flowering date and maximise grain yield in semi-arid Mediterranean and temperate environments // *Field Crops Research*. 2018. Vol. 223. P. 12–25. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.03.021.
10. Manfrona G., Delmotte S., Busetto L., Hossard L., Ranghetti L., Brivio P. A., Boschettia M. Estimating inter-annual variability in winter wheat sowing dates from satellite time series in Camargue, France // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2017. Vol. 57. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.jag.2017.01.001.
11. Ren A., Sun M., Wang P., Xue L., Lei M., Xue J., Gao Z., Yang Z. Optimization of sowing date and seeding rate for high winter wheat yield based on pre-winter plant development and soil water usage in the Loess Plateau, China // *Journal of Integrative Agriculture*. 2019. Vol. 18, Is. 1, P. 33–42. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61980-X.
12. Shahab F., Coulter J. A., Ye C., Wu W. Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate // *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 119. 126120 p. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126120.

Поступила: 06.06.22; доработана после рецензирования: 28.07.22; принята к публикации: 01.08.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад: Попов А. С., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Фетюхин И. В. – научное руководство, концептуализация исследования, подготовка опыта, подготовка рукописи; Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Копман И. К. – выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Уважаемые коллеги!

**ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»
предлагает Вам приобрести
к осенней посевной 2022 года семена пшеницы:**

ПОЛИНА

Сорт универсального типа, сочетает высокую зерновую продуктивность с высоким уровнем засухоустойчивости и морозозимостойкости. Относится к среднеспелым сортам. Средняя урожайность по предшественнику горох (2018–2022 гг.) составила 8,95 т/га, превышение над стандартом Дон 107 – 0,96 т/га. Максимальная урожайность 11,93 т/га получена в 2018 году по предшественнику черный пар. Потенциал зерновой продуктивности более 12,0 т/га. Сорт устойчив к бурой и желтой ржавчинам, пыльной головне и мучнистой росе. Внесен в список «ценных» по качеству зерна пшениц. Допущен к использованию по Северо-Кавказскому региону РФ для посева на высоком и среднем агрофоне.



ВОЛЬНИЦА

Крупнозерный сорт универсального типа, сочетает высокую морозозимостойкость, засухоустойчивость и устойчивость к основным болезням с отличным качеством зерна. Высота растений 80-91 см, обладает высокой устойчивостью к полеганию. Масса 1000 зерен – 45–54 г. Средняя урожайность по предшественнику кукуруза на зерно (2018–2022 гг.) составила 7,46 т/га, превышение над стандартом Дон 107 – 0,44 т/га. Потенциал зерновой продуктивности более 11,5 т/га. Основное достоинство сорта – высокие мукомольно-хлебопекарные свойства зерна. Сорт включен в список «сильных» пшениц. Допущен к использованию по Северо-Кавказскому региону РФ для посева на высоком и среднем агрофоне.



Наши реквизиты:

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»
(ФГБНУ «АНЦ «Донской»)

347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, д.3
Тел./факс: (86359) 43-3-82, 43-0-63, 42-5-96, E-mail: vniizk30@mail.ru