

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ 3(75)2021

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Баталова Г.А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (Киров, Россия);
Беспалова Л.А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Вислобокова Л.Н. – канд. с.-х. н., ФГБНУ «Тамбовский НИИСХ» (Тамбов, Россия);
Гончаренко А.А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Зезин Н.Н. – д-р с.-х. н., ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);
Лукомец В.М. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);
Медведев А.М. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Долженко В.И. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Волкова Г.В. – д-р биол. н., ФГБНУ «ВНИИБЗР» (Краснодар, Россия);

Подколзин А.И. – д-р биол. н., проф., ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (Ставрополь, Россия);
Назаренко О.Г. – д-р биол. н., проф., ФГБУ ГЦАС «Ростовский» (Рассвет, Россия);
Романенко А.А. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Сандухадзе Б.И. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Сотченко В.С. – академик РАН, д-р с.-х. н., ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» (Пятигорск, Россия);
Храмцов И.Ф. – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «Омский АНЦ» (Омск, Россия);
Шевченко С.Н. – академик РАН, д-р с.-х. н., Самарский НИИСХ (Самара, Россия);

Ле Зунь Хай – Агрогенетический институт (Ханой, Вьетнам);
Халил Сурек – д-р н., Тракийский аграрный НИИ (Эдирне, Турция);
Юсупов Г.Ю. – канд. с.-х. н., Министерство сельского и водного хозяйства Туркменистана (Ашхабад, Туркменистан);
Давлетов Ф.А. – д-р с.-х. н., Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL:

Batalova G.A. – Federal Agricultural Research Center of the East named N.V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Kirov, Russia);
Bespalova L.A. – "P.P. Lukyanenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Vislobokova L.N. – Tambov branch of the "Russian Agricultural Center" – Cand. Sci. (Agriculture) (Tambov, Russia);
Gontcharenko A.A. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Zezin N.N. – Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture) (Ekaterinburg, Russia);
Lukomets V.M. – Federal Scientific Center "V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Medvedev A.M. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
Dolzhenko V.I. – academician of RAS, Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Protection (St.Petersburg, Russia);
Volkova G.V. – All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection – Dr. Sci. (Biology) (Krasnodar, Russia);
Podkolzin A.I. – Stavropolsky State Agricultural University – Dr. Sci. (Biology), professor (Stavropol, Russia);
Nazarenko O.G. – State Center of Agrochemical Service "Rostovsky" – Dr. Sci. (Biology), professor (Rassvet, Russia);
Romanenko A.A. – "P.P. Lukyanenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Sandukhadze B.I. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Sotchenko V.S. – All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);
Khramtsov I.F. – Omsk Agrarian Scientific Center – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Omsk, Russia);
Shevchenko S.N. – Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Samara, Russia);
Le Zun Hai – Agrogenetic Institute (Hanoi, Vietnam);
Khalil Surek – Trakia Agricultural Research Institute – PhD (Edirne, Turkey);
Yusupov G.Yu. – Ministry of Agriculture and Water Management of Turkmenistan – Cand. Sci. (Agriculture) (Ashkhabat, Russia);
Davletov F.A. – Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture) (Ufa, Russia).

EDITORIAL BOARD:

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

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

Журнал включен в Перечень ВАК Минобрнауки России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 06.01.00 – агрономия). Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,602 (2019). Журнал входит в базу данных Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ). Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О. Н.
Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать
Дата выхода 28.06.2021. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ №
Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- Деревянникова М.В., Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Миронова Т.М.** Продуктивный потенциал коллекционных образцов житняка гребневидного в условиях Ставропольского края 3
- Костылев П.И., Аксенов А.В., Краснова Е.В.** Сравнение наследования признаков в F_2 и F_3 у гибрида риса Контро х Кубояр 8
- Пискарев В.В., Бойко Н.И., Морозова Е.В., Сухомлинов В.Ю., Апарина В.А., Сочалова Л.П.** Сравнение элементов продуктивности рекомбинантов пшеницы мягкой яровой с транслокацией от *Thinopyrum elongatum*, несущей гены устойчивости к ржавчине 15
- Старчак В.И., Кибальник О.П., Ларина Т.В., Семин Д.С.** Метод «главных компонент» в селекции зернового сорго для засушливых условий Нижнего Поволжья 22
- Безуглая Т.С., Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С.** Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях Ростовской области 27
- Игнатьев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н.** Оценка параметров экологической адаптивности образцов люцерны по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина» 34
- Мудрова А.А., Яновский А.С., Беспалова Л.А., Боровик А.Н.** Ясенка – новое слово в получении «золотого зерна» твердой пшеницы 41
- Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Засыпкина И.М.** Новый среднеранний сорт озимого ячменя Маруся 46

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Блинник А.С., Демидова А.Г., Наумкина Л.А., Куренская О.Ю., Лукашевич М.И.** Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона 51
- Родина Т.В., Жужукин В.И., Асташов А.Н.** Продуктивность и питательность надземной биомассы однолетних культур в совместных посевах 57
- Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаевая Э.А.** Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление сои на склонах чернозёмов обыкновенных 62
- Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Зеленская Г.М., Лесных О.С.** Урожайность и качество зерна ячменя-двуручки сорта Маруся в озимом и яровом посевах 69
- Ростова Е.Н.** Влияние элементов технологии на засоренность и продуктивность посевов горчицы сарептской (*Brassica juncea*) 75

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Кононенко О.С.** Новые источники устойчивости к мучнистой росе среди озимой мягкой пшеницы для корректировки селекционных иммунологических программ в Аграрном научном центре «Донской» 82
- Лепешко Е.С.** Ржавчина подсолнечника (*Puccinia helianthi* Schwein) (обзор литературы) 88

PLANT-BREEDING AND SEED PRODUCTION OF
AGRICULTURAL CROPS

- Derevyannikova M.V., Chumakova V.V., Chumakov V.F., Mironova T.M.** The productive potential of the collection samples of the crested wheatgrass in the conditions of the Stavropol kray 3
- Kostylev P.I., Aksenov A.V., Krasnova E.V.** Comparison of the F_2 and F_3 traits' inheritance by the rice hybrid 'Kontro x Kuboyar' 8
- Piskarev V.V., Boyko N.I., Morozova E.V., Sukhomlinov V.Yu., Aparina V.A., Sochalova L.P.** Comparison of productivity elements of recombinants of spring bread wheat with translocation from *Thinopyrum elongatum* carrying rust resistance genes 15
- Starchak V.I., Kibalnik O.P., Larina T.V., Semin D.S.** The method of 'main component' in the grain sorghum breeding for arid conditions of the lower Volga region 22
- Bezuglaya T.S., Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Dubinina O.A., Kameneva A.S.** Adaptive potential of the new winter durum wheat varieties and lines in the conditions of the Rostov region 27
- Ignatiev S.A., Regidin A.A., Kravchenko N.S., Goryunov K.N.** Estimation of the parameters of the ecological adaptability of the alfalfa samples according to the traits 'green mass productivity' and 'raw protein percentage' 34
- Mudrova A.A., Yanovsky A.S., Bepalova L.A., Borovik A.N.** 'Yasenka' is a new word in obtaining the 'golden grain' of durum wheat 41
- Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasypkina I.M.** The new middle-maturing winter barley variety 'Marusya' 46

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

- Blinnik A.S., Demidova A.G., Naumkina L.A., Kuren-skaya O.U., Lukashevich M.I.** The testing results of the new white lupine varieties and samples in the forest-steppe conditions of the Central Blackearth region 51
- Rodina T.V., Zhuzhukin V.I., Astashov A.N.** Productivity and nutritional value of aboveground biomass of annual crops in companion sowings 57
- Mishchenko A.V., Ilinskaya I.N., Gaevaya E.A.** The effect of elements of soybean cultivation technology on its productivity and water consumption on the slopes of ordinary blackearth 62
- Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Dontsova A.A., Zelenskaya G.M., Lesnykh O.S.** Grain productivity and quality of the facultative barley variety 'Marusya' when sowing in winter and spring 69
- Rostova E.N.** The effect of technology elements on weediness and productivity of brown mustard (*Brassica juncea*) sowings 75

PLANT PROTECTION

- Derova T.G., Shishkin N.V., Kononenko O.S.** New sources of powdery mildew resistance among winter bread wheat for adjusting the breeding immunological programs in the Agricultural Research Center "Donskoy" 82
- Lepeshko E.S.** Sunflower rust (*Puccinia helianthi* Schwein) (literature review) 88

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК: 633.289:631.559(470.63)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-3-7

ПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЖИТНЯКА ГРЕБНЕВИДНОГО В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

М.В. Деревянникова, научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, sotnikovam6031983@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6290-2753;
В.В. Чумакова, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель селекционным центром, sosna777@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-0913-6855;
В.Ф. Чумаков, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, ORCID ID: 0000-0002-9552-0548;
Т.М. Миронова, старший лаборант отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, ORCID ID: 0000-0003-3699-1056
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
356241 Ставропольский кр., г. Михайловск, ул. Никонова, 49, e-mail: info@fnac.center

Практика использования коллекционного материала в селекции кормовых культур давно является актуальной и одним из результативных методов выявления генетических источников хозяйственно-ценных признаков для селекции новых высокопродуктивных сортов, приспособленных к местным экологическим условиям. Цель исследований – создать и выявить новый перспективный исходный материал для селекции житняка гребневидного на продуктивность в условиях Северо-Кавказского региона. Повышение продуктивности – основная задача селекции растений, которой подчинены все остальные специфические ее направления. Исследования проведены в 2017–2020 гг. Материалом для изучения послужил 31 образец различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции Всероссийского НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова и 13 образцов селекции Ставропольского НИИСХ, в том числе сорт Викрав, допущенный в 1994 к использованию в Северо-Кавказском регионе в качестве сенокосно-пастбищной культуры. Опыт заложен по пару в однократной повторности, учетная площадь делянки – 1,75 м². По урожайности зеленой и воздушно-сухой массы выделено 7 образцов: с. Петровский из Украины (К-50974), три дикорастущих образца из Украины (К-52357), из Челябинской области (К-51330) и Казахстана (К-52441) и три образца селекции СНИИСХ (№№-2/2-18, 4/2-18, 6/2-18). По семенной продуктивности выделились 9 образцов: с. Петровский (К-50974), четыре дикорастущих образца (КК-52357, 51330, 52441, 51104) и три образца селекции СНИИСХ (№№-2/2-18, 4/2-18, 6/2-18). По комплексу описываемых признаков выделено 5 образцов.

Ключевые слова: житняк гребневидный (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Shult.), селекция, сорт, генетические источники, коллекция, продуктивность.

Для цитирования: Деревянникова М.В., Чумакова В.В., Чумаков В.Ф., Миронова Т.М. Продуктивный потенциал житняка гребневидного в условиях Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-3-7.



THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF THE COLLECTION SAMPLES OF THE CRESTED WHEATGRASS IN THE CONDITIONS OF THE STAVROPOL KRAY

M.V. Derevyannikova, researcher of the department of breeding and primary seed production of feed grasses and herbs, sotnikovam6031983@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6290-2753;
V.V. Chumakova, Candidate of Agricultural Sciences, head of the breeding center, sosna777@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-0913-6855;
V.F. Chumakov, senior researcher of the department of breeding and primary seed production of feed grasses and herbs, sosna777@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-9552-0548;
T.M. Mironova, senior laboratory worker of the department of the primary seed production of forage grasses and medicinal herbs, ORCID ID: 0000-0003-3699-1059
North-Caucasus FSAC,
356241, Stavropol Kray, Mikhaylovsk, Nikonov Str., 49; e-mail: info@fnac.center

The practice of using collection material in the breeding of forage crops has long been relevant and one of the most effective methods for identifying genetic sources of economically valuable traits for breeding new highly productive varieties adapted to local environmental conditions. The purpose of the current study was to create and identify a new promising initial material for breeding crested wheatgrass for productivity in the North Caucasus region. Productivity improvement is the main concern of plant breeding, which all other specific directions are subordinate to. The study was carried out in 2017–2020. The objects of the study were 31 varieties of various ecological and geographical origin taken from the world collection of the All-Russian Research Institute of Plant Production named after N.I. Vavilov and 13 varieties developed by the Stavropol Research Institute of Agriculture, including the variety 'Vikrav', approved for

use in the North Caucasus region as a hay and pasture grain crop in 1994. The trial was laid in fallow, in a single repetition, the accounting plot area was 1.75 m². According to the green and hay mass productivity, there have been identified 7 samples, they are 'K-50974' (from the Ukrainian village of Petrovsky), three wild-growing samples 'K-52357' (from Ukraine), 'K-51330' (from the Chelyabinsk region) and 'K-52441' (from Kazakhstan) and three samples '2/2-18', '4/2-18', '6/2-18' (developed by the SNIISKh). According to seed productivity there have been distinguished 9 samples 'K-50974' (from the Ukrainian village of Petrovsky), four wild-growing samples 'K-52357', 'K-51330', 'K-52441', 'K-51104' and three samples '2/2-18', '4/2-18', '6/2-18' (developed by the SNIISKh). According to the complex of the above described traits there have been identified 5 samples.

Keywords: *crested wheatgrass (Agropyron pectiniforme Roem. Et Shult.), breeding, variety, genetic sources, collection, productivity.*

Введение. Продуктивность в широком смысле, т.е. урожайность семян, зеленой массы, сухого вещества, включает те критерии, которые важны в наращивании производства сырьевой продукции, идущей на питание населения, кормление животных и удовлетворение потребностей промышленности. Повышение продуктивности – основная задача селекции растений, которой подчинены все остальные специфические ее направления. Наследуемость признака продуктивности относительно низка, а это значит, что успех отбора на этот признак точно предвидеть нельзя, трудно также точно оценить генетическую ценность отбора. В этом и кроется причина, по которой селекции на продуктивность нужно уделять особое внимание. Использование традиционных и современных методов селекции позволяет значительно ускорить создание новых высокопродуктивных, специализированных и устойчивых к экстремальным условиям среды и болезням сортов кормовых культур с высокими качественными показателями (Косолапов и Пилипко, 2018; Khudyakova и др., 2020).

Культура житняка и характер использования определяется его уникальными эколого-биологическими свойствами: высокая засухоустойчивость и жаростойкость, устойчивость к низким температурам, низкая требовательность к почвам. Это позволило занять ему устойчивое положение в системе кормопроизводства. В большей степени житняк используется как сенокосно-пастбищная культура.

Основная задача селекции житняка – создание новых высокопродуктивных сортов, которые положат основу для прочной кормовой базы, особенно в аридных регионах России. Житняк гребневидный часто используется как компонент агрофитоценоза в полевых севооборотах, поэтому нужны сорта, которые были бы совместимы с элементами травосмеси, обладали бы высокой питательностью и продуктивностью (Бухтеева и Малышева, 2016). Цель наших исследований: создать и выявить новый перспективный исходный материал для селекции житняка гребневидного на продуктивность в условиях Северо-Кавказского региона.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены на экспериментальном полигоне ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2017–2020 годы. Почва опытного участка однообразна, представлена типичным мицелярно-карбонатным суглинистым черноземом с содержанием гумуса 4,0–4,5%. По агроклиматическому зонированию опытный полигон относится к зоне неустойчивого увлажнения с ГТК – 0,9–1,1 (Кулинцев и др., 2013).

Годы исследований (2017–2020) характеризовались мягкими, практически бесснежными зимами, последняя декада весны 2020 года – проливными дождями, летний период отличался высокой температурой воздуха и малым количеством осадков с дефицитом до 75–85% (рис. 1 и 2).

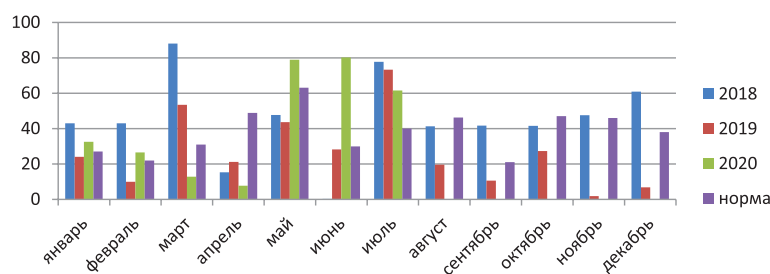


Рис. 1. Температура за три года исследований
Fig. 1. Temperature over three years of study

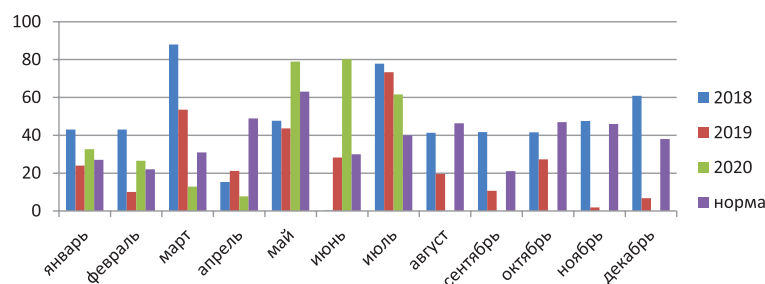


Рис. 2. Осадки за три года исследований
Fig. 2. Precipitation over three years of study

Коллекционный питомник житняка гребневидного был заложен в 2017 году с целью выявления хозяйственно-ценных признаков культуры и отбора нового перспективного исходного материала. Объектом для изучения послужили образцы различного эколого-географического происхождения: 31 образец из мировой коллекции Всероссийского НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова и 13 образцов из коллекции Ставропольского НИИСХ, созданных под руководством В.В. Кравцова, в том числе сорт житняка гребневидного Викрав, взятый в опыте за стандарт. Сорт житняка гребневидного Викрав районирован в 1994 году и допущен к использованию в Северо-Кавказском регионе как сенокосно-пастбищная кормовая культура. Коллекционный питомник житняка гребневидного закладывали в однократной повторности в двух вариантах: на учет семенной и сенокосной урожайности (зеленую массу и сено). Стандарт высевали через 4–6 образцов. Предшественник – пар. Учетная площадь делянки – 1,75 м². Расстояние между рядками и делянками – 0,7 м, между ярусами – 1,1 м.

Зеленую массу с делянки в первом укосе скашивали в фазе массового колошения; во втором и последующих укосах – при достижении высоты 40–50 см. Последний укос (подкос) проводили за 20–40 дней до наступления постоянных заморозков. Урожайность сухого вещества с делянки устанавливали из урожайности зеленой массы по пробному снопу. Урожайность семян с делянки устанавливали после обмолота снопа, высушивания и очистки семян. В исследованиях использовали методические указания по селекции многолетних трав ВНИИ кормов (Косолапов и др., 2012).

Статистическую обработку полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова

(2014) с использованием критериев оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах (Комаров, 2005).

Результаты и их обсуждение. В результате многостороннего изучения сортового и дикорастущего материала различного эколого-географического происхождения в крайне засушливых условиях 2018–2020 гг. нами были выделены для использования в селекционной работе перспективные образцы, превосходящие стандартный сорт Викрав по показателям продуктивности.

В год посева все изучаемые образцы житняка гребневидного, как и стандартный сорт, имели хорошую всхожесть, среднюю кустистость, высота травостоя на 65 день вегетации составляла в среднем от 12 до 22 см, но генеративные побеги не образовались ни у одного образца, в том числе и у стандарта. Укосный травостой в год посева сформирован не был. Учет продуктивности образцов проводили со второго по четвертый годы жизни растений.

По продуктивности зеленой массы из 44 изученных образцов в среднем за три года выделились 7 образцов, которые за годы исследований достоверно превысили показатель стандартного сорта. Надо отметить, что крайне засушливые условия 2018–2020 гг. позволили выделить засухоустойчивые образцы с высокой продуктивностью зеленой и сухой массы. Это сорт из Украины (К-50974), три дикорастущих образца (КК-51330, 50974, 52441) и три из коллекции СНИИСХ (№№-2/218, 4/2-18, 6/2-18). Образцы, выделившиеся по комплексу признаков, превышали по урожайности не только стандарт, но и другие изучаемые образцы (табл. 1).

1. Урожайность зеленой массы (кг/м²) перспективных образцов житняка гребневидного (посев 2017 г.)

1. Green mass productivity of the promising crested wheatgrass samples (kg/m², 2017)

№ каталога ВИР	Образец	Происхождение	Год жизни травостоя			Среднее за 3 года	± к St
			второй	третий	четвертый		
St	Викрав	Ставропольский кр.	0,43	0,85	0,64	0,64	0
50974	с. Петровский	Украина	0,78	1,07	0,84	0,90	+0,26
51330	дикорастущий	Челябинская обл.	0,91	0,90	0,55	0,80	+0,16
52357	дикорастущий	Украина	0,94	0,93	0,45	0,77	+0,13
52441	дикорастущий	Казахстан	1,01	0,71	0,65	0,79	+0,15
–	№2/2-18	Ставропольский кр.	1,16	0,76	0,97	0,96	+0,32
–	№4/2-18	Ставропольский кр.	1,58	1,49	1,26	1,44	+0,80
–	№6/2-18	Ставропольский кр.	1,41	0,98	0,61	1,00	+0,36
–	НСП ₀₀₅	–	–	–	–	–	0,20

Образцы, которые выделились по урожайности зеленой массы, так же при пересчете на воздушно-сухую массу (сено) показали высокий выход сена. У образца с. Петровский из Украины (К-50974) в 2018 и 2019 годах выход сухой массы составил 35%, что на 5% было выше стандартного сорта (табл. 2).

По урожайности семян было выделено 9 образцов, которые существенно превысили стандартный сорт Викрав. Выделившиеся в коллекции дикорастущие образцы из Челябинской области (К-51330) и Украины (К-52357) существенно превышали уровень стандарта (табл. 3).

2. Урожайность воздушно-сухой (сено) массы (кг/м²) перспективных образцов (посев 2017) 2. Hay mass productivity of the promising crested wheatgrass samples (kg/m², 2017)

№ каталога ВИР	Образец	Происхождение	Год жизни травостоя			Среднее за 3 года	± к St
			второй	третий	четвертый		
St	Викрав	Ставропольский кр.	0,18	0,33	0,38	0,29	0
50974	с. Петровский	Украина	0,20	0,32	0,37	0,29	0
51330	дикорастущий	Челябинская обл.	0,32	0,30	0,33	0,31	+0,04
52357	дикорастущий	Украина	0,36	0,34	0,42	0,37	+0,08
52441	дикорастущий	Казахстан	0,39	0,28	0,40	0,36	+0,07
–	№2/2-18	Ставропольский кр.	0,46	0,30	0,38	0,38	+0,09
–	№4/2-18	Ставропольский кр.	0,61	0,58	0,39	0,52	+0,23
–	№6/2-18	Ставропольский кр.	0,56	0,39	0,40	0,45	+0,16
–	НСР ₀₀₅	–	–	–	–	–	0,06

3. Урожайность семян (кг/м²) перспективных образцов житняка гребневидного (посев 2017 г.) 3. Seed productivity of the promising crested wheatgrass samples (kg/m², 2017)

№ каталога ВИР	Образец	Происхождение	Год жизни травостоя			Среднее за 3 года	± к St
			второй	третий	четвертый		
St	Викрав	Ставропольский кр.	0,020	0,057	0,033	0,036	0
37507	дикорастущий	Семипалатинская обл.	0,035	0,032	0,0085	0,025	-0,011
50974	с. Петровский	Украина	0,045	0,046	0,023	0,038	+0,002
51330	дикорастущий	Челябинская обл.	0,110	0,070	0,011	0,063	+0,027
52357	дикорастущий	Украина	0,100	0,056	0,034	0,063	+0,027
52441	дикорастущий	Казахстан	0,083	0,065	0,031	0,060	+0,024
51104	дикорастущий	Ставропольский кр.	0,070	0,050	0,031	0,050	+0,014
–	№2/2-18	Ставропольский кр.	0,055	0,073	0,031	0,053	+0,017
–	№4/2-18	Ставропольский кр.	0,064	0,068	0,054	0,062	+0,026
–	№6/2-18	Ставропольский кр.	0,062	0,086	0,031	0,059	+0,023
–	НСР005	–	–	–	–	–	0,10

Выводы. В среднем за три года пользования травостоем в коллекции выявлено в качестве генетических источников продуктивности кормовой массы 7 перспективных образцов, превысивших стандартный сорт на 0,16–0,23 кг/м² сухой массы. По семенной продуктивности выделено 9 генетических источников. Наиболее

ценными являются дикорастущие из Украины (К-52357) и Челябинской области (К-51330). Комплексно-ценными образцами выделены в коллекции дикорастущие из Украины (К-52357) и Казахстана (К-52441), три номера селекции СНИИСХ – 2/2-18, 4/2-18, 6/2-18.

Библиографические ссылки

1. Бухтеева А.В., Малышев Л.Л., Дзюбенко Н.И., Кочегина А.А. Генетические ресурсы житняка *Agropyron Gaertn.* Санкт-Петербург, 2016. 268 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Комаров Н.М. Критерии оценки бесповторных номеров в бесповторных посевах // Зерновое хозяйство. 2005. №8. С. 28–30.
4. Косолапов В.М., Костенко С.И., Пилипенко С.В., Клочкова В.С. и др., Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 185 с.
5. Косолапов В. М., Пилипенко С. В. Основные методы и результаты селекции многолетних трав [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kormoproizvodstvo.ru/2-2018/2-2018-04-1178>.
6. Khudyakova E.V., Khudyakova H.K., Shitikova A.V., Savoskina O.A., Konstantinovich A.V. Information technologies for determination the optimal period of preparing fodder from perennial grasses // *Periodico tche quimica*. Jul2020, T. 17, 35, s. 1044–1056.

References

1. Buhteeva A.V., Malyshev L.L., Dzyubenko N.I., Kochegina A.A. Geneticheskie resursy zhitnyaka *Agropyron Gaertn* [Genetic resources of the wheatgrass Gaertn]. Sankt-Peterburg, 2016. 268 s.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Komarov N.M. Kriterii ocenki bespovtornykh nomerov v bespovtornykh posevah [Criteria for estimating non-repeatable numbers in non-repeatable crops] // *Zernovoe hozyajstvo*. 2005. №8. S. 28–30.
4. Kosolapov V.M., Kostenko S.I., Pilipenko S.V., Klochkova V.S. i dr., Metodicheskie ukazaniya po selekcii mnogoletnih zlakovykh trav [Methodical recommendations for breeding of perennial cereal grasses]. M.: RGAU-MSKHA, 2012. 185s.
5. Kosolapov V.M., Pilipko S.V., Osnovnye metody i rezul'taty selekcii mnogoletnih trav [The main methods and results of perennial grasses breeding] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://kormoproizvodstvo.ru/2-2018/2-2018-04-1178>.

6. Khudyakova E.V., Khudyakova H.K., Shitikova A.V., Savoskina O.A., Konstantinovich A.V. Information technologies for determination the optimal peiod of preparing fodder from perennial grasses // Periodico tche quimica. Jul2020, T. 17, 35, s. 1044–1056.

Поступила: 16.12.20; принята к публикации: 15.02.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Деревянникова М.В., Чумаков В.Ф. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи, выполнение полевых работ, лабораторных опытов и сбор данных; Миронова Т.М. – подготовка рукописи, анализ полученных данных; Чумакова В.В. – общее руководство, концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНЕНИЕ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ В F_2 И F_3 У ГИБРИДА РИСА КОНТРО Х КУБОЯР

П.И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;
А.В. Аксенов, агроном лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;
Е.В. Краснова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774;
 ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Рис является очень влаголюбивой культурой, поэтому сильно страдает от засухи. Однако в мире в последнее время все чаще возникает дефицит пресной воды, что делает использование суходольного риса актуальным. Поэтому сорта риса с пониженной требовательностью к водообеспечению, созданные в результате селекционной работы, являются более выгодными для сельхозпроизводителей, чем агротехнические или мелиоративные мероприятия. Производство такого риса на периодическом орошении гораздо дешевле. Цель исследований – генетический анализ главных количественных признаков у гибрида Контро х Кубояр с отбором лучших форм для последующей селекции на засухоустойчивость. Исследования проводили в 2019–2020 годы на чеках Обособленного подразделения «Пролетарское» «АНЦ «Донской» в Ростовской области. В процессе исследований был сделан генетический анализ ряда количественных признаков, определяющих продуктивность растений риса. Характер наследования признаков во втором и третьем поколении был идентичным. Наследование длины метелки характеризовалось частичным отрицательным доминированием и моногенными различиями родительских сортов. Количество колосков на метелке наследовалось по типу отрицательного доминирования меньших величин признака и определялось взаимодействием двух пар генов. Масса 1000 зерен отличалась частичным доминированием больших величин признака и моногенными различиями родительских сортов. Длина и ширина зерна расщеплялась по моногибридной схеме 1:2:1, доминирование отсутствовало. Из третьего поколения отобраны лучшие раннеспелые формы с оптимальной высотой растений, длиной метелок, массой 1000 зерен и повышенной озерненностью метелки для последующего выведения засухоустойчивых сортов риса.

Ключевые слова: рис, гибрид, суходольный, количественные признаки, метелка, зерновка, наследование, ген.

Для цитирования: Костылев П.И., Аксенов А.В., Краснова Е.В. Сравнение наследования признаков в F_2 и F_3 у гибрида риса Контро х Кубояр // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 8–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-8-14.



COMPARISON OF THE F_2 AND F_3 TRAITS' INHERITANCE BY THE RICE HYBRID 'KONTRO X KUBOYAR'

P.I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, p-kostylev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;
A.V. Aksenov, agronomist of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6641-878X;
E.V. Krasnova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-3392-4774
 Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Rice is a very moisture-loving crop, therefore it suffers greatly from drought. However, in the world in recent years, there is an increasing shortage of fresh water, which makes the use of upland rice relevant. Therefore, rice varieties with a reduced demand for water supply, developed as a result of breeding work, are more profitable for agricultural producers than agrotechnical or reclamation measures. It is much cheaper to produce such rice with periodic irrigation. The purpose of the current study was to analyze genetically the main quantitative traits of the rice hybrid 'Kontro x Kuboyar' with the selection of the best forms for subsequent breeding for drought resistance. The study was carried out in 2019–2020 on the rice plots of the special subdivision 'Proletarskoye' belonging to of the Agricultural Research Center "Donskoy" in the Rostov Region. In the course of the study there has been made a genetic analysis of a number of quantitative traits that determine rice productivity. The character of traits' inheritance in the second and third generations was identical. The inheritance of the trait 'panicle length' was characterized by partial negative dominance and monogenic differences in parental varieties. The trait 'number of spikelets per panicle' was inherited according to the type of negative dominance of smaller values of the trait and was determined by the interaction of two pairs of genes. The trait '1000-kernel weight' was identified by the partial dominance of large values of the trait and monogenic differences in the parental varieties. The traits 'kernel length' and 'kernel width' were split according to the monohybrid scheme 1:2:1, and there was no dominance. From the third generation, the best early-maturing forms with optimal values of the traits 'plant height', 'panicle length', '1000-kernel weight' and 'the best kernel percentage per panicle' were selected for the subsequent breeding of drought-resistant rice varieties.

Keywords: rice, hybrid, upland, quantitative traits, panicle, kernel/caryopsis, inheritance, gene.

Введение. Рис является очень влаголюбивой культурой, поэтому сильно страдает от засухи. Однако в мире в последнее время все чаще возникает дефицит пресной воды. Поэтому сорта риса с пониженной требовательностью к водообеспечению, созданные в результате селекционной работы, являются более выгодными для сельхозпроизводителей, чем агротехнические или мелиоративные мероприятия. Производство такого риса на периодическом орошении гораздо дешевле. Поэтому выращивание суходольного риса является актуальной задачей.

Самые высокие и наиболее устойчивые урожаи зерна зависят от возможности использования сортом почвенно-климатических условий культивирования в максимальной степени, а также способности преодолевать неблагоприятные метеорологические факторы, ухудшающие рост и развитие растений (Некрасова и др., 2017).

Селекционная работа по выведению суходольных засухоустойчивых сортов риса ведется во всем мире, особенно в Юго-Восточной Азии и Южной Америке. В селекции определены три основные цели, приводящие к повышению урожайности зерна риса в условиях недостаточного увлажнения: увеличение потенциальной урожайности зерна, выметывание и цветение во влагообеспеченный период и повышение физиологической засухоустойчивости (Bernier et al., 2008).

У риса были выявлены несколько QTL, влияющих на устойчивость к засухе за счет признаков корневой системы, листьев, стабильности клеточных мембран и осмотической регуляции (Lafitte et al., 2007). Эти локусы перенесли с помощью гибридизации с 28 донорами в урожайный сорт IR64, неустойчивый к засушливым условиям. В результате селекционной работы с помощью маркеров были отобраны 57 устойчивых линий.

Многие ученые выявили несколько QTL, контролирующих урожайность зерна и её компоненты на различающихся фонах засухи в горах Южной Индии (Babu, 2003) и низинах Таиланда (Lanceras et al., 2004).

В девятой хромосоме на участке между маркерами RM316 и RM219 был найден QTL, который влиял на уменьшение урожайности, биологической массы и индекса урожая при засухе (Yue et al., 2006).

Исследования Bernier J. в IRRI позволили выявить QTL, объясняющие 51% генетической дисперсии урожайности зерна в условиях засухи в полевых условиях на стадиях цветения и налива зерна. Эти QTL, определяющие устойчивость к нехватке влаги, могут активно использоваться в селекционных программах по засухоустойчивости риса (Bernier et al., 2008).

На хромосоме 1 был найден QTL qDTY1.1, который повышал урожайность риса в условиях засухи. Рядом с ним находился маркер RM431, с использованием которого в ПЦР-анализе со-

здали 3 засухоустойчивых сорта: Vaidehi, Dudhi, Birar (Singh et al., 2016).

В Малайзии было проведено маркерное пирамидирование локусов количественных признаков засухоустойчивости (qDTY), которые обеспечивают значительную толерантность к засухе для создания линий риса на основе популярного сорта MR219 (Shamsudin et al., 2016).

Два основных эффективных QTL (qDTY3.1 и qDTY12.1), были идентифицированы и затем интрогрессированы в высокоурожайные, но чувствительные к засухе сорта по всему миру, включая Anjali, Kalinga, IR64, TDK1, Swarna, Sabitri и Jinmibyeo (Sandhu and Kumar, 2017). Эти улучшенные сорта доказали, что имеют преимущество в урожайности и хорошо выживают в условиях засухи.

В других исследованиях с использованием маркерной селекции были созданы высокоурожайные линии риса с толерантностью к засухе (qDTY3.1 и qDTY12.1) и погружению в воду (Sub1) (Mohd Ikmal et al., 2021).

Для получения высокой и стабильной урожайности большую роль играют адаптивные свойства и устойчивость сортов к основным стрессорам средовых условий (Дубинина, 2017).

Исследования по созданию устойчивых к засухе сортов проводятся в ФНЦ риса (Харитонов и др., 2015) и в «АНЦ «Донской» (Костылев и др., 2020). Поэтому создание таких сортов для аридных условий Ростовской области является актуальным. Чтобы улучшить эффективность этой работы, нужно понимать типы наследования количественных признаков у гибридов.

Цель исследований – генетический анализ главных количественных признаков у гибрида Контроль × Кубояр с отбором лучших форм для последующей селекции на засухоустойчивость.

Материалы и методы исследования. Исходным материалом для анализа послужили гибриды второго-третьего поколения от скрещивания Контроль × Кубояр. Контроль – засухоустойчивый китайский сорт. Кубояр – высокоурожайный сорт «АНЦ «Донской» для условий затопления. Оба сорта – среднерослые (85–95 см). Сорт Кубояр отличается от Контроля более поздним цветением (на 9 дней), короткой вертикальной метелкой с большим количеством зерен на метелке.

Исследования проводили в 2019–2020 годы на полях ОП «Пролетарское» «АНЦ «Донской» в Ростовской области. Метеорологические условия в эти годы были вполне благоприятными для роста и развития риса. Посев риса проводили в начале мая: F_2 – сеялкой Wintersteiger, F_3 – вручную на однорядковых делянках на глубину 1 см. Уборку осуществляли вручную. Для анализа данных использовали программу Statistica 8 и Полиген А (Мережко, 2005).

Результаты и их обсуждение. Высота растений у родительских сортов была примерно одинаковой (80–85 см). Другие признаки показали существенные различия, проявившиеся при расщеплении гибридных популяций F_2 – F_3 .

В обоих поколениях по признакам «длина метелки» и «количество колосков на метелке» определено неполное отрицательное доминирование, «масса 1000 зёрен» – частичное положительное, «длина зерновки» – частичное положительное доминирование и его отсутствие, «ширина зерновки» – отсутствие доминирования (табл. 1). Величины признаков внутри сортов мало различались по годам.

Метелки родительских сортов значительно различались между собой. У сорта Контро она была длинной, рыхлой, поникающей с небольшим количеством колосков, у сорта Кубояр – наоборот. Средняя длина метелки сорта Контро составила 18,8, Кубояр – 15,0–15,7 см, у гибридов были промежуточные значения признака, уклоняющиеся в сторону величины сорта Кубояр.

1. Характеристики родительских форм, гибрида и степень доминирования (2019–2020 гг.) 1. Characteristics of parental forms, the hybrid and dominance degree (2019–2020)

Название	Длина метёлки, см	Количество колосков, шт.	Масса 1000 зёрен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
Контро, 2019 г.	18,8	67,8	27,3	7,20	3,00
Контро, 2020 г.	18,8	84,6	29,6	7,53	3,06
Кубояр, 2019 г.	15,0	155,3	31,8	8,20	3,40
Кубояр, 2020 г.	15,7	162,2	31,6	8,14	3,43
Гибрид, F_2	15,9	86,7	30,2	7,80	3,20
Гибрид, F_3	16,5	102,2	30,9	7,83	3,26
hp F_2	-0,51	-0,57	0,28	0,14	0,02
hp F_3	-0,47	-0,53	0,30	0,01	0,09

Длина метелок всех гибридных растений варьировала в пределах изменчивости родительских форм. Средняя длина метелки оказалась в F_2 – 15,9 см, в F_3 – 16,5 см, доминирование было неполным отрицательным, $hp = -0,51$ и $hp = -0,47$, соответственно. Кривая распределения частот признака (КРЧ) у гибрида имела одну вершину, наблюдалась правосторонняя

асимметрия. Вершина кривой гибрида находилась в одном классе с вершиной сорта Кубояр (рис. 1). Использование для генетического анализа компьютерной программы Полиген А позволило выявить моногенные различия между родительскими сортами и расщепление гибридов в соотношении 3:1 как у F_2 , так и у F_3 . Сила действия гена составила в F_2 – 3,8, в F_3 – 3,1 см.

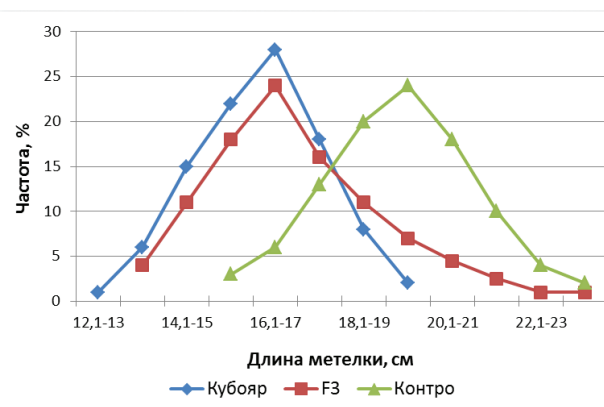
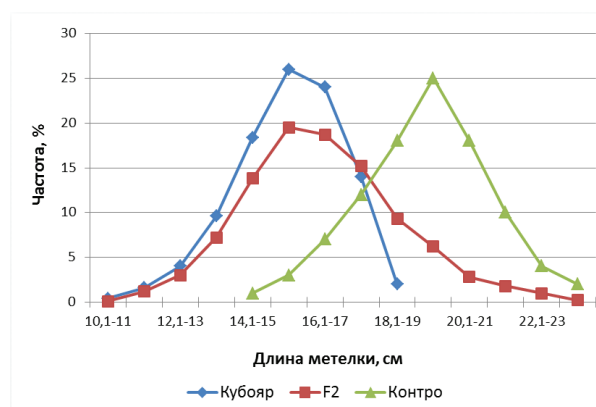


Рис. 1. Распределение частот признака «длина метелки» у гибрида F_2 – F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019–2020 гг.)
Fig. 1. Frequency distribution of the trait 'panicle length' in the rice hybrid F_2 – F_3 'Kontro × Kuboyar' its parental forms (2019–2020)

Среднее количество колосков на метелке у исходных родительских форм значительно различалось: сорт Кубояр формировал 155,3–162,2, а Контро – 67,8–84,6 колосков. У гибрида преобладали малоозерненные формы, в среднем 86,7–102,2 колосков (табл. 1). КРЧ гибридов располагались в пределах изменчивости этого признака родительских сортов, а ее вершина сдвинута влево и находилась в одном классе с вершиной Контро (рис. 2). Они имели значительную правостороннюю асимметрию

($As = 0,73$ – $0,82$). Наблюдалось отрицательное доминирование меньшего числа колосков, степень доминирования в F_2 и F_3 составила -0,57 и -0,53. Расщепление во втором и третьем поколениях происходило по дигибридной схеме при независимом комбинировании двух пар генов в соотношении 9:6:1, вследствие чего возникло 6,25% растений, несущих на метелке такое же количество колосков, как у сорта Кубояр (121–220 шт.). Сила одного гена составила в F_2 – 43,8, в F_3 – 37,8 колосков.

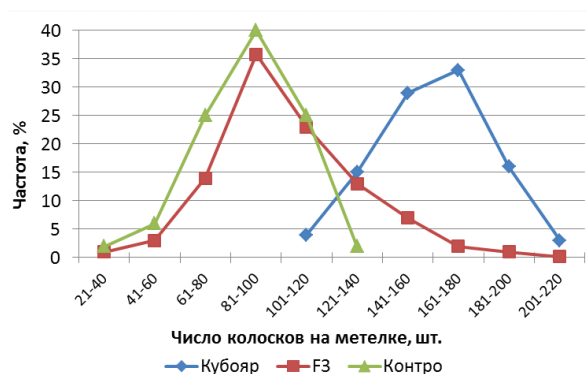
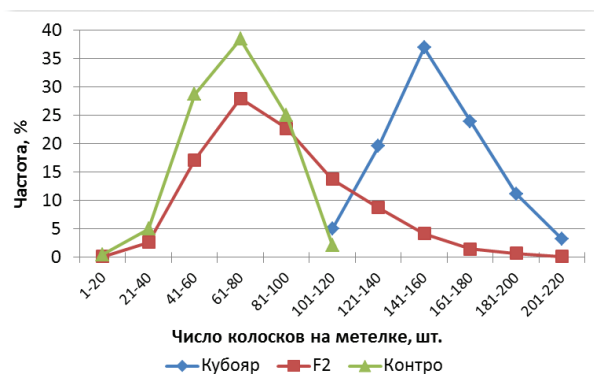


Рис. 2. Распределение частот признака «число колосков на метелке» у гибрида риса F_2 – F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019–2020 гг.)

Fig. 2. Frequency distribution of the trait 'number of spikelets per panicle' in the rice hybrid F_2 – F_3 'Kontro × Kuboyar' its parental forms (2019–2020)

По массе 1000 зерен родительские сорта Контро и Кубояр различались на 2,0–4,5 г (табл. 1). У сорта Контро в 2019 г. она составила 27,3 г, в 2020 г. – 29,6 г. У сорта Кубояр колебания этого признака по годам были менее значительными. Масса 1000 зерен варьировала в F_2 от 22 до 39 г (в среднем 30,2 г), а в F_3 в более узких пределах – от 26 до 35 г (в среднем 30,9 г). КРЧ гибридов обоих поколений имели по одной вершине, которые у F_2 находились между вершинами родительских сортов, а у F_3 в одном классе с вершиной Кубояра (рис. 3). Наблюдалось частичное доминирова-

ние больших величин признака ($h_p = 0,28$ – $0,30$). При этом частоты классов мелких (менее 27 г) и относительно крупных семян (более 33 г) были значительно ниже, чем частоты классов средней массы зерновки (27,1–33 г). В обоих гибридных поколениях расщепление популяций проходило в числовом отношении 1:2:1, т.е. появлялось примерно по 25% особей с массой зерновок, как у родительских сортов, что указывает на различия по аллельному состоянию одной пары генов. Сила гена составила в F_2 – 4,5, в F_3 – 2,0 г.

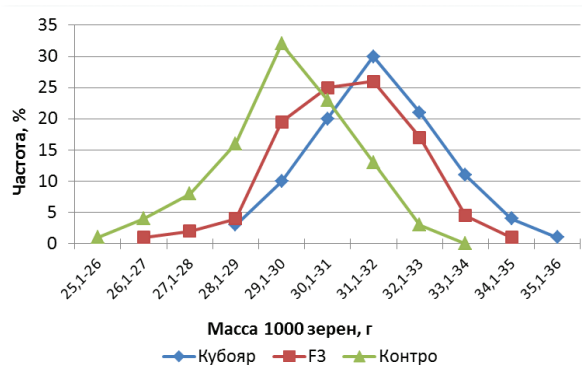
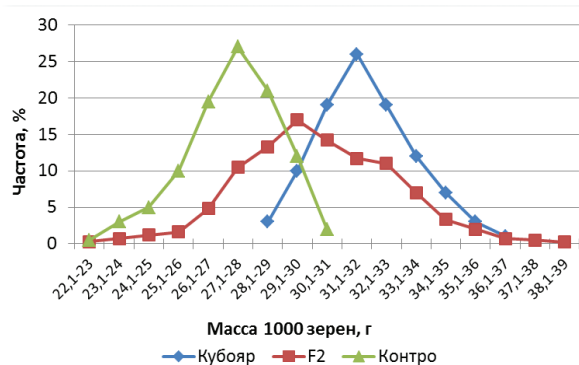


Рис. 3. Распределение частот признака «масса 1000 зёрен» у гибрида риса F_2 – F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019–2020 гг.)

Fig. 3. Frequency distribution of the trait '1000-kernel weight' in the rice hybrid F_2 – F_3 'Kontro × Kuboyar' its parental forms (2019–2020)

По длине зерновки сорт Контро уступал Кубояру на 0,6–1,0 мм. У Контро она составляла по годам 7,20 и 7,53, у Кубояра – 8,20 и 8,14 мм.

Гибридные поколения имели промежуточные средние значения, у F_2 – 7,80 мм, у F_3 – 7,83 мм. Степень доминирования составила 0,14 и 0,01 соответственно. Кривые распределения частот были почти симметричными, а варьирование признаков гибридных популя-

ций в обеих генерациях находилось в пределах родительских значений (рис. 4).

На долю краевых частот гибрида приходилось по ¼ части родительских частот, что свидетельствует о моногенных различиях родительских сортов, различавшихся по аллельному состоянию одной пары генов. Расщепление происходило в соотношении 1:2:1. Сила гена составила в F_2 – 1,0, в F_3 – 0,6 мм.

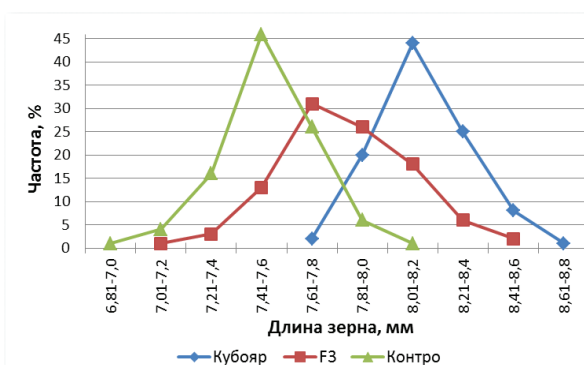
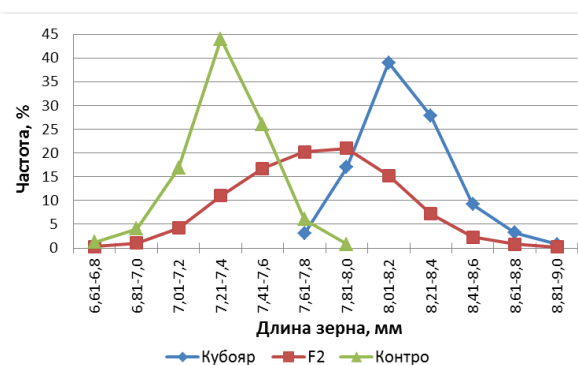


Рис. 4. Распределение частот признака «длина зерновки» у гибрида риса F_2 – F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019–2020 гг.)

Fig. 4. Frequency distribution of the trait 'kernel length' in the rice hybrid F_2 – F_3 'Kontro × Kuboyar' its parental forms (2019–2020)

Сходные закономерности наследования были установлены по ширине зерновок. КРЧ гибридов были почти симметричными, транс-

грессии отсутствовали (рис. 5). Величины признака у гибридных растений варьировали в пределах обеих родительских форм.

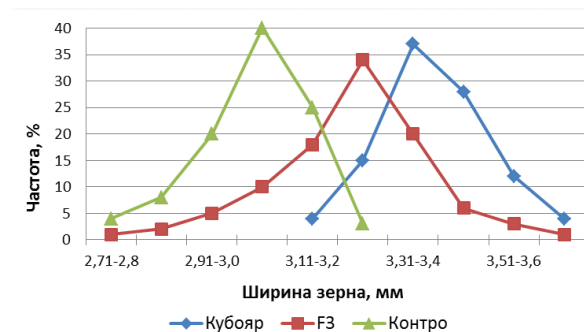
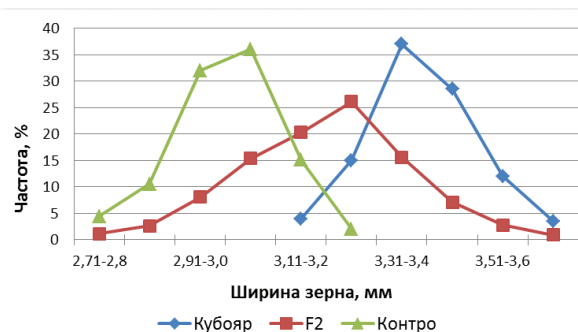


Рис. 5. Распределение частот признака «ширина зерновки» у гибрида риса F_2 – F_3 Контро × Кубояр и его родительских форм (2019–2020 гг.)

Fig. 5. Frequency distribution of the trait 'kernel width' in the rice hybrid F_2 – F_3 'Kontro × Kuboyar' its parental forms (2019–2020)

Родительские сорта различались на 0,40 мм. У Кубояра зерновка (3,40–3,43 мм) была несколько шире, чем у Контро (3,00–3,06 мм). У гибрида F_2 средняя ширина зерновки составила 3,2, у F_3 – 3,26 мм. Доминирование отсутствовало ($h_{p_2} = 0,02$ и $h_{p_3} = 0,09$), расщепление в соотношении 1:2:1 доказывает моногенные различия сортов по этому признаку. Сила гена составляет в F_2 – 0,40, в F_3 – 0,37 мм.

В таблице 2 представлена характеристика выделившихся скороспелых среднерослых форм F_3 , которые имеют оптимальные значе-

ния длины метелок, массы 1000 зерен и размеров зерновок и повышенное количество колосков на метелках. Данные линии зацвели 24–31 июля 2020 года, тогда как сорт Контро – 29 июля, Кубояр – 7 августа. Эти и другие формы были отобраны для посева в гибридном питомнике на четвертое поколение и дальнейшей селекционной работы с ними с целью получения рекомбинантных инбредных линий, которые можно будет высеять при двух режимах полива орошения и поиска лучших из них с признаками засухоустойчивости.

2. Характеристика лучших форм F_3 в комбинации Контро × Кубояр (2020 г.) 2. Characteristics of the best form F_3 in the hybrid 'Kontro x Kuboyar' (2020)

Название	Длина метёлки, см	Общее число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
Контро	18,8	84,6	29,6	7,53	3,06
Кубояр	15,7	162,2	31,6	8,14	3,43
5430/1	18	109	29	7,7	2,3
5430/3	19	111	30	8,5	2,2
5441/1	15	131	28	8,2	3,3
5447/2	15	127	30	7,7	3,4
5447/3	14	118	31	8,2	3,2
5474/2	18	137	33	8,5	3,4

Название	Длина метёлки, см	Общее число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
5476/1	16	111	28	7,8	3,3
5476/3	18	122	30	8,1	3,1
5530/1	19	92	31	7,6	3,4
5547/1	16	118	32	7,4	3,2
5556/1	15	138	32	7,2	3,3
5556/3	15	129	32	7,4	3,2
σ	2,3	31,8	1,9	0,5	0,3

Лучшие формы по хозяйственно-биологическим признакам станут исходным материалом при выведении раннеспелых урожайных засухоустойчивых сортов риса.

Выводы

1. Анализ наследования длины метелки в F_2 и F_3 показал неполное отрицательное доминирование ($h_{p_2} = -0,51$ и $h_{p_3} = -0,47$). Родительские сорта Контро и Кубояр имели аллельные различия одной пары генов, которые расщеплялись в соотношении 3:1.

2. По количеству колосков на метелке установлено неполное отрицательное доминирование, степень которого в F_2 составила -0,57, а в F_3 – -0,53. Установлено расщепление в соотношении 9:3:3:1 по двум парам генов.

3. По массе 1000 зерен выявлено частичное доминирование больших значений при-

знака ($h_{p_2} = 0,28$, $h_{p_3} = 0,30$), моногенные различия родительских сортов и расщепление в соотношении 1:2:1.

4. По длине зерновки в F_2 было частичное доминирование большей величины признака ($h_{p_2} = 0,14$), а в F_3 – отсутствие доминирования ($h_{p_3} = 0,01$). Расщепление происходило в соотношении 1:2:1, показывающем различия по аллелям одной пары генов.

5. По ширине зерна доминирование отсутствовало, а сегрегация происходила в моногенном соотношении 1:2:1.

6. Выделены раннеспелые формы F_3 с оптимальной высотой растений, длиной метелок, массой 1000 зерен и повышенной озерненностью метелки для последующего выведения засухоустойчивых сортов риса.

Библиографические ссылки

- Дубинина О.А. Устойчивость озимой пшеницы к основным стрессовым факторам окружающей среды и погодных условий (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1(49). С. 23–26.
- 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. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58>.
- Мережко А.Ф. Использование менделеевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
- Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Модель сорта в селекции озимой пшеницы (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5(53). С. 29–32.
- Харитонов Е.М., Гончарова Ю.К., Малюченко Е.А. Генетика признаков, определяющих адаптивность риса (*Oryza sativa* L.) к абиотическим стрессам // Экологическая генетика. 2015. т. 13. № 4. С. 37–54.
- Babu R.C., Nguyen B.D., Chamarek V., Shanmugasundaram P., Chezian P., Jeyaprakash P., Ganesh S.K., Palchamy A., Sadasivam S., Sarkarung S., Wade L.J., Nguyen H.T. Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers: Association between secondary traits and field performance // Crop Science. 2003. 43. Pp.1457–1469. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1457>.
- Bernier J., Gary N., Atlin G.N., Serraj R., Kumar A., Spaner D. Breeding upland rice for drought resistance. Review // Science of Food and Agriculture. 2008. Vol. 88. Iss. 6. Pp. 927–939. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3153>.
- Lafitte H.R., Yongsheng G., Yan S., Li Z.K. Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice // Journal of Experimental Botany. 2007. 58. Pp. 169–175. DOI: 10.1093/jxb/erl101.
- Lanceras J.C., Pantuwan G.P., Jongdee B., Toojinda T. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice // Plant Physiology. 2004. 135. Pp. 384–399. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.103.035527>.
- Mohd Ikmal A., Noraziyah A.A.S., Wickneswari R. Incorporating drought and submergence tolerance QTL in rice (*Oryza sativa* L.) – the effects under reproductive stage drought and vegetative stage submergence stresses // Plants. 2021. 10. Pp. 225. <https://doi.org/10.3390/plants10020225>.
- Sandhu N., Kumar A. Bridging the rice yield gaps under drought: QTLs, genes, and their use in breeding programs // Agronomy. 2017. 7. Pp. 27.
- Shamsudin N.A.A., Swamy B.P.M., Rathnam, W., Cruz, M.T.S., Raman A., Kumar A. Marker assisted pyramiding of drought yield QTLs into a popular Malaysian rice cultivar, MR219 // BMC Genet. 2016. 17. Pp. 30.
- Singh R, Singh Y, Xalaxo S, Verulkar S. et al. From QTL to variety- harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network. Plant Science, 2016. Vol. 242. Pp. 278–287.

14. Yue B., Xue W., Xiong L., Yu X., Luo L., Cui K., Jin D., Xing Y., Zhang Q. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: Separation of drought tolerance from drought avoidance // *Genetics*. 2006. Vol. 172. No. 2. Pp. 1213–1228. DOI: 10.1534/genetics.105.045062.

References

1. Dubinina O.A. Ustojchivost' ozimoy pshenicy k osnovnym stressovym faktoram okruzhayushchej sredy i pogodnyh uslovij (obzor) [Winter wheat resistance to the main stress factors of the environment and weather conditions (review)] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 1(49). S. 23–26.
2. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksekov A.V. Selekcionnaya rabota po malovodotrebovatel'nomu risu v ANC «Donskoj» [Breeding work on low-water-demanding rice in the ARC "Donskoy"] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. № 1 (67). S. 54–58. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-54-58>.
3. Merezhko A.F. Ispol'zovanie mendelevskih principov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchih priznakov [The application of Mendeleev's principles in computer analysis of the inheritance of varying traits] // *Ekologicheskaya genetika kul'turnyh rastenij: Materialy shkoly molodyh uchenykh RASKHN, VNII risa. Krasnodar*, 2005. S. 107–117.
4. Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. Model' sorta v selekcii ozimoy pshenicy (obzor) [A variety model in winter wheat breeding (review)] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 5(53). S. 29–32.
5. Haritonov E.M., Goncharova YU.K., Malyuchenko E.A. Genetika priznakov, opredelyayushchih 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.
6. Babu R.C., Nguyen B.D., Chamarerk V., Shanmugasundaram P., Chezhian P., Jeyaprakash P., Ganesh S.K., Palchamy A., Sadasivam S., Sarkarung S., Wade L.J., Nguyen H.T. Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers: Association between secondary traits and field performance // *Crop Science*. 2003. 43. Pp.1457–1469. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1457>.
7. Bernier J., Gary N., Atlin G.N., Serraj R., Kumar A., Spaner D. Breeding upland rice for drought resistance. Review // *Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88. Iss. 6. Pp. 927–939. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3153>.
8. Lafitte H.R., Yongsheng G., Yan S., Li Z.K. Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice // *Journal of Experimental Botany*. 2007. 58. Pp. 169–175. DOI: 10.1093/jxb/erl101.
9. Lanceras J.C., Pantuwan G.P., Jongdee B., Toojinda T. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice // *Plant Physiology*. 2004. 135. Pp. 384–399. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.103.035527>.
10. Mohd Ikmal A., Noraziyah A.A.S., Wickneswari R. Incorporating drought and submergence tolerance QTL in rice (*Oryza sativa* L.) – the effects under reproductive stage drought and vegetative stage submergence stresses // *Plants*. 2021. 10. Pp. 225. <https://doi.org/10.3390/plants10020225>.
11. Sandhu N., Kumar A. Bridging the rice yield gaps under drought: QTLs, genes, and their use in breeding programs // *Agronomy*. 2017. 7. Pp. 27.
12. Shamsudin N.A.A., Swamy B.P.M., Rathnam, W., Cruz, M.T.S., Raman A., Kumar A. Marker assisted pyramiding of drought yield QTLs into a popular Malaysian rice cultivar, MR219 // *BMC Genet*. 2016. 17. Pp. 30.
13. Singh R, Singh Y, Xalaxo S, Verulkar S. et al. From QTL to variety- harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network. *Plant Science*, 2016. Vol. 242. Pp. 278–287.
14. Yue B., Xue W., Xiong L., Yu X., Luo L., Cui K., Jin D., Xing Y., Zhang Q. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: Separation of drought tolerance from drought avoidance // *Genetics*. 2006. Vol. 172. No. 2. Pp. 1213–1228. DOI: 10.1534/genetics.105.045062.

Поступила: 3.03.21; принята к публикации: 14.04.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК: 633.111.1:(631.524.84+631.524.86)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-15-21

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ РЕКОМБИНАНТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ С ТРАНСЛОКАЦИЕЙ ОТ *THINOPYRUM ELONGATUM*, НЕСУЩЕЙ ГЕНЫ УСТОЙЧИВОСТИ К РЖАВЧИНЕ

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

Н.И. Бойко, младший научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-5026-4907;

Е.В. Морозова, младший научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0001-9439-9785;

В.Ю. Сухомлинов, агроном 1 категории лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-5391-6763;

В.А. Апарина, лаборант-исследователь лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0003-2714-7216;

Л.П. Сочалова, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-4674-6639

СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН,

630501, Новосибирская обл., п. Краснообск, ул. С-100, здание 21.

Представлены результаты сравнительной оценки рекомбинантов, полученных на основе двух коммерческих сортов (Сибирская 17 и Новосибирская 31), скрещенных с Thatcher Lr19 и Lr24. Рекомбинанты оценены в полевых условиях в 2016, 2017 и 2020 годах. Цель исследования – выявление влияния транслокаций от *Thinopyrum elongatum* на проявление элементов продуктивности у рекомбинантов пшеницы мягкой яровой, полученных на основе двух коммерческих сортов. Анализ генетического состава популяций *Puccinia triticina* Западной и Восточной Сибири не выявил гены, вирулентные к генам устойчивости *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45 LrSp*, *Lr6Ag1* и *Lr6Ag2*. Рекомбинанты, полученные на основе сорта Сибирская 17 (урожайность сорта – 398,3 г/м², масса зерна колоса – 1,35 г, масса 1000 зерен – 37,8 г), в целом характеризовались выраженностью основных агрономически ценных признаков на уровне сорта-реципиента, или значительно ниже (урожайность – 271,5–327,8 г/м², масса зерна колоса – 1,03–1,16 г, масса 1000 зерен – 32,5–36,4 г). У рекомбинантов, несущих транслокации (продолжительность периода «всходы-колошение» – 44,4 и 44,5 дней, масса зерна колоса – 1,20 и 1,24 г), полученных на основе сорта Новосибирская 31 (42,4 дня, 1,02 г), выявлено значительное увеличение продолжительности периода «всходы-колошение» и массы зерна колоса в сравнении с рекомбинантами без транслокаций (41,6 и 43,6 дней, 0,99 и 1,10 г). Урожайность выше сорта реципиента (301,5 г/м²), в среднем за 3 года, формировали 12 рекомбинантов из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr19 (355,6–427,5 г/м²), причем как несущие транслокацию (6 шт.), так и без транслокации (6 шт.).

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, рекомбинант, урожайность, реципиент, *Lr19*, *Lr24*.

Для цитирования: Пискарев В.В., Бойко Н.И., Морозова Е.В., Сухомлинов В.Ю., Апарина В.А., Сочалова Л.П. Сравнение элементов продуктивности рекомбинантов пшеницы мягкой яровой с транслокацией от *Thinopyrum elongatum*, несущей гены устойчивости к ржавчине // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 15–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-15-21.



COMPARISON OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF RECOMBINANTS OF SPRING BREAD WHEAT WITH TRANSLOCATION FROM *THINOPYRUM ELONGATUM* CARRYING RUST RESISTANCE GENES

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

N.I. Boyko, junior researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-5026-4907;

E.V. Morozova, junior researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0001-9439-9785;

V.Yu. Sukhomlinov, agronomist of the 1-st category of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-5391-6763;

V.A. Aparina, researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0003-2714-7216;

L.P. Sochalova, researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-4674-6639

SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS,

630501, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-100 Str., building 21.

There have been presented the results of a comparative estimation of recombinants developed on the basis of two commercial varieties ('Sibirskaya 17' and 'Novosibirskaya 31') hybridized with 'Thatcher Lr19' and 'Thatcher Lr24'. Recombinants were evaluated in the field conditions in 2016, 2017 and 2020. The purpose of the current study was to identify the effect of translocations from *Thinopyrum elongatum* on the manifestation of productivity elements in recombinants of spring bread wheat developed on the basis of two commercial varieties. The analysis of the genetic composition of the *Puccinia triticina* populations in Western and Eastern Siberia did not identify genes which were

virulent to resistance genes *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45* *LrSp*, *Lr6Ag'1* and *Lr6Ag'2*. The recombinants developed on the basis of the variety 'Sibirskaya 17' (the variety productivity was 398.3 g/m², grain weight per head was 1.35 g, 1000-grain weight was 37.8 g) were characterized by the severity of the main agronomically valuable traits at the level of the recipient variety, or significantly lower (productivity was 271.5–327.8 g/m², grain weight per head was 1.03–1.16 g, 1000-grain weight was 32.5–36.4 g). The recombinants carrying translocations (the length of the period 'sprouts-heading' was 44.4 and 44.5 days, grain weight per head was 1.20 and 1.24 g) developed on the basis of the variety 'Novosibirskaya 31' (with 42.4 days, 1.02 g) have demonstrated a significant increase in the length of the period 'sprouts-heading' and grain weight per head in comparison with the recombinants without translocations (41.6 and 43.6 days, 0.99 and 1.10 g). On average over 3 years, 12 recombinants hybridized from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr19' produced higher yields (355.6–427.5 g/m²) than those of the recipient variety (301.5 g/m²), both with (6 pcs.), and without (6 pcs.) a translocation.

Keywords: spring bread wheat, recombinant, productivity/yield, recipient, *Lr19*, *Lr24*.

Введение. Одним из главных направлений селекции мягкой яровой пшеницы является стрессоустойчивость к абиотическим и биотическим факторам, в частности, устойчивость к болезням. Фитопатогенный комплекс региона преимущественно представлен листовыми инфекциями, ежегодно снижающими урожайность на 5–30%. Это мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз и появившаяся в регионе сравнительно недавно стеблевая ржавчина злаков (Сочалова и Лихенко, 2015; Шаманин и др., 2015).

Создание устойчивых сортов пшеницы является наиболее эффективным, а главное, экологически безопасным способом защиты урожая в сравнении с химической обработкой посевов (Savary et al., 2011). Создание устойчивых к заболеваниям сортов и линий пшеницы в большинстве случаев связано с привлечением сородичей пшеницы, в том числе и дикорастущих (Friebe et al., 1996; Садовая и др., 2014).

Однако интрогрессия чужеродного генетического материала часто приводит к снижению урожайности и ухудшению ряда других хозяйственно-ценных признаков пшеницы, таких как масса 1000 зерен, масса зерна колоса, качество продукции и др. При этом есть

различия по степени влияния транслокаций на проявление хозяйственно-ценных признаков в зависимости от условий возделывания и генетического фона реципиента. Так, например, в США транслокация от *Aegilops umbellulata* (Lr9) снижала урожайность сортов (Friebe et al., 1996), тогда как в Западной Сибири РФ данная транслокация широко распространена в сортах, допущенных к использованию (Садовая и др., 2014).

Таким образом, актуальность исследования определяется малой изученностью эффектов транслокаций, несущих гены устойчивости на хозяйственно-ценные признаки сортов пшеницы, адаптированных к экстремальным условиям Западной Сибири.

Целью исследования было выявление влияния транслокаций от *Thinopyrum elongatum* на проявление элементов продуктивности у рекомбинантов пшеницы мягкой яровой, полученных на основе 2-х коммерческих сортов.

Материалы и методы исследований. Материалом послужили рекомбинанты, отобранные из популяций F₃, BC₁F₃, полученных от скрещивания сортов реципиентов Сибирская 17 и Новосибирская 31 с линиями Thatcher Lr19, Thatcher Lr24 (табл. 1).

1. Характеристика рекомбинантов, изученных в эксперименте

1. Characteristics of the recombinants studied in the trial

Комбинация	Несущие транслокации	Без транслокации или гетерогенных
Сибирская 17 x Thatcher Lr19 (Сиб.17xLr19)	4	–
Сибирская 17 x Thatcher Lr24 (Сиб.17xLr24)	3	3
Новосибирская 31 x Thatcher Lr19 (Н.31xLr19)	16	26
Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 (Н.31xLr24)	3	10

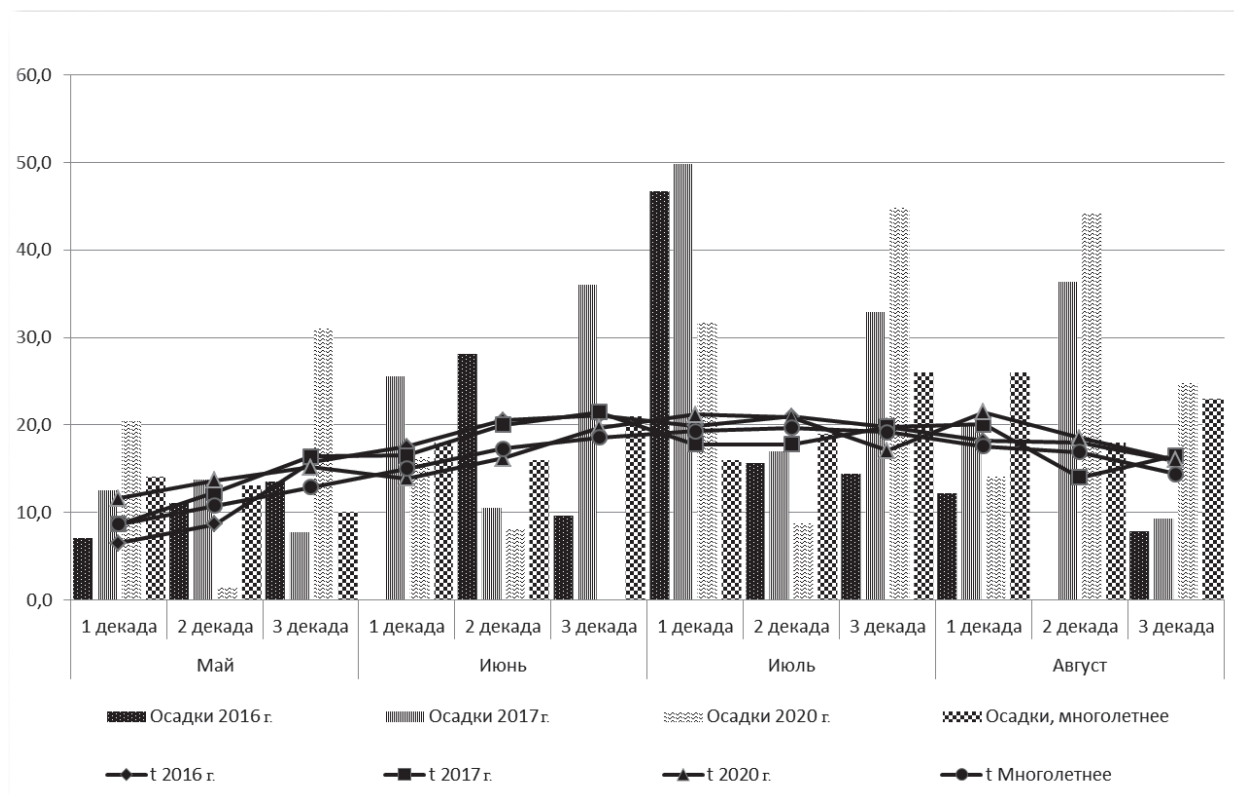
Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях на базе СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН. Полевые эксперименты закладывали на опытном поле, расположенном на левом берегу реки Обь в 25 километрах юго-западнее города Новосибирска в лесостепной зоне Западно-Сибирской провинции в приобском районе черноземов. Обработка почвы общепринятая для лесостепной зоны. Закладка опытов по пару. Посев в 1–2 декаду мая. В 2016 году, ручной посев по 40 зерен на 0,5 метра погонного, междурядье – 20 см без повторений. Сорта-реципиенты (Сибирская 17 и Новосибирская 31) высевали через 15 рекомбинантов. В 2017 и 2020 посев

проводили сеялкой ССФК-7, площадь делянки – 2 м², с частым повторением реципиентов (Сибирская 17 и Новосибирская 31). В период вегетации проводили фенологические наблюдения по методике ВИР (Мережко и др., 1999). Оценку поражения бурой ржавчиной проводили по методике CIMMYT (Roelfs et al., 1992). Наличие и отсутствие транслокаций подтверждено с помощью молекулярных ДНК-маркеров: для *Lr19* – wmc221 (Kiel et al., 2020) и SCS73 для *Lr24* (Qi et al., 2015). Суммарную ДНК выделяли из 5–7-дневных проростков по методу Плашке с соавторами (Plaschke et al., 1995).

Условия 2016 года отличались большим количеством тепла на фоне недостатка влаги

(ГТК = 1,1). Так, превышение среднееголетнего значения в июне, июле и августе составило 2,8, 0,8 и 1,1 °C, в мае температура воздуха была ниже нормы (-0,4°C). Отмечен недостаток осадков в мае (85,4% от нормы), июне (68,5%) и августе (29,9%) и их избыток в июле (125,7% от среднееголетнего значения) (см. рисунок). Вегетационный период 2017 года отличался от среднееголетних данных как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности. Характерной особенностью условий вегетационного периода 2017 г. были

высокие температуры воздуха и неравномерное распределение осадков. В 2020 году отмечали повышенные температуры воздуха в мае и августе (+4,6 и 2,5 °C к среднееголетнему значению) и незначительные отклонения в июне и июле. В целом год характеризовался избыточным увлажнением, но в критические фазы развития пшениц наблюдали отсутствие осадков (3 декада июня – выход в трубку сорта Сибирская 17 и начало колошения сорта Новосибирская 31).



Метеорологические условия, складывающиеся во время проведения исследования
Meteorological conditions during the study

В результате проведенной экспедиции по Сибирскому региону (Омская, Кемеровская, Томская, Новосибирская области, Алтайский и Красноярский края, Республика Алтай) были собраны образцы бурой ржавчины пшеницы, для выявления эффективных генов в регионе. Генетический состав популяций определяли на отрезках листьев по методике Л.А. Михайловой и К.В. Квитко (1970).

Результаты и их обсуждение. В результате анализа генетического состава популяций *Puccinia triticina* не выявлены гены, вирулентные к генам устойчивости *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45* *LrSp*, *Lr6Ag1* и *Lr6Ag2* во всех пунктах, к *Lr9* – в Омской и Кемеровской областях, Красноярском крае, к *Lr26* – в Алтайском и Красноярском (в 2-х из 3-х образцов) краях. Таким образом, гены *Lr19*, *Lr24*, являющиеся авирулентными во всем регионе, что говорит об их селекционной ценности.

Рекомбинанты, несущие транслокации, являлись устойчивыми к поражению бурой ржавчиной пшеницы (0 – поражение отсутствовало или 1R – единичные пустулы с проявлением реакции устойчивости) во все годы изучения (табл. 2), тогда как сорта-реципиенты характеризовались значительным поражением (2–4 балла) с проявлением реакции восприимчивости (S) или средней восприимчивости (MS).

Средняя урожайность рекомбинантов с транслокациями *Lr19* (271,5 г/м²) и *Lr24* (327,8 г/м²), отобранных из популяций на основе сорта Сибирская 17, была значительно ниже, чем у сорта реципиента, при этом рекомбинанты без транслокации (363,6 г/м²), характеризовались урожайностью на уровне Сибирской 17 (398,3 г/м²).

2. Групповые средние значения хозяйственно-ценных признаков рекомбинантов (2016, 2017, 2020 гг.)

2. Group mean values of economically valuable traits of recombinants (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.	Урожайность, г/м ²
Сибирская 17	4S-2MS	44,2	108,0	37,8	1,35	35,0	398,3
Сибирская 17xLr19 +*	0R	43,5	104,4	36,4	1,08	29,1	271,5
Сибирская 17xLr24 +	0-1R	45,5	106,0	32,5	1,16	34,4	327,8
Сибирская 17xLr24 -	4S	45,3	113,8	34,8	1,03	28,8	363,6
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	31,4	1,02	31,4	301,5
Новосибирская 31xLr19 +	1R-0	44,5	100,7	36,1	1,24	34,4	328,6
Новосибирская 31xLr19 -	4S-3S	43,6	101,1	35,9	1,10	30,5	323,6
Новосибирская 31xLr24 +	0R	44,4	104,6	37,2	1,20	32,6	315,0
Новосибирская 31xLr24 -	4S	41,6	93,6	35,6	0,99	27,4	254,6
НСР ₀₅	—	1,3	6,8	2,1	0,12	2,8	43,5

Примечание: наличие «+», и отсутствие «-» транслокации подтверждено молекулярным анализом.

Каких-либо закономерностей по образцам на основе сорта Новосибирская 31 (301,5 г/м²) не выявлено, в основном все они формировали урожайность на уровне реципиента (315,0–328,6 г/м²). Лишь рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 (без транслокации) сформировали урожайность, значительно меньшую (254,6 г/м²), чем сорт-реципиент.

Выраженность элементов продуктивности у рекомбинантов на основе сорта Сибирская 17 в основном была на уровне (продолжительность периода «всходы-колошение» 43,5–45,5 дней, длина стебля –104,4–113,8 см сорта-реципиента).

Характерное влияние наличия транслокации выявлено у рекомбинантов на основе сорта Новосибирская 31. Так продолжительность периода «всходы-колошение» (44,4; 44,5 дней) и масса зерна колоса (1,20; 1,24 г) рекомбинантов, несущих транслокации, были значительно больше, чем у реципиента (42,4 дня и 1,02 г). При этом число зерен в основном было

на уровне (30,5–34,4 шт.) или ниже (27,4 шт.) реципиента (31,4 шт.), длина стебля больше (100,7–104,6 см) или на уровне (93,6 см), а масса 1000 зерен (35,6–37,2 г) значительно больше сорта Новосибирская 31 (91,9 см и 31,4 г), не зависимо от наличия транслокаций.

После рассмотрения усредненных значений интересным выглядит проявление признаков у отдельных рекомбинантов. Так, среди рекомбинантов на основе сорта Сибирская 17 не выявлено ни одного, который бы характеризовался превышением реципиента, не зависимо от наличия или отсутствия транслокаций (табл. 3), лучшие из них были лишь на уровне (349,8 и 377,5 г/м²). При этом отрицательное влияние наличия транслокаций на урожайность также подтверждается по отдельным рекомбинантам (лучшие по отдельным признакам продуктивности и несущие транслокации формировали урожайность значительно ниже реципиента: 305,2 г/м² – Сибирская 17 x Lr19 и 289,0 г/м² – Сибирская 17 x Lr24).

3. Лучшие рекомбинанты в сравнении с сортом реципиентом Сибирская 17 (средние значения за 2016, 2017 и 2020 гг.)

3. The best recombinants in comparison with the recipient variety 'Sibirskaya 17', mean values (2016, 2017 and 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.	Урожайность, г/м ²
Сибирская 17	4S-2MS	37,8	1,35	35,0	398,3
Сибирская 17 x Lr19	0R	36,4	1,32	35,2	305,2
Сибирская 17 x Lr24	0R	32,2	1,14	33,9	289,0
Сибирская 17 x Lr24	4S	35,6	0,91	25,1	349,8
Сибирская 17 x Lr24	4S	33,9	1,15	32,5	377,5
НСР ₀₅	—	2,9	0,16	3,7	50,5

В целом по опыту выявлено лишь 12 рекомбинантов, которые значимо превысили сорт-реципиент (Новосибирская 31 – 301,5 г/м²) по урожайности (355,6–427,5 г/м²), все получены от скрещивания с донором гена *Lr19*, при этом 6 из них несут транслокацию и 6 нет (табл. 4). Также замечена тенденция к увеличению продолжительности периода от всходов

до колошения у всех выделенных образцов, при этом все рекомбинанты с транслокацией характеризовались значительным увеличением (44,5–49,0 дней), тогда как большинство рекомбинантов без транслокации (42,5–44,0 дня) в основном были на уровне сорта Новосибирская 31 (42,4 дня).

4. Высокоурожайные рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Lr19 в сравнении с сортом реципиентом (средние значения за 2016, 2017, 2020 гг.)

4. Highly productive recombinants identified from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr19' in comparison with the recipient variety, mean values (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Урожайность, г/м ²
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	301,5
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	93,0	355,6
Новосибирская 31 x Lr19	0R	45,0	102,5	362,6
Новосибирская 31 x Lr19	3S	43,0	100,5	427,5
Новосибирская 31 x Lr19	0R	45,5	107,5	369,3
Новосибирская 31 x Lr19	0R	49,0	107,5	361,7
Новосибирская 31 x Lr19	4S	45,0	110,0	402,5
Новосибирская 31 x Lr19	4S	42,5	101,0	424,4
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,0	116,5	392,4
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,0	107,5	375,7
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	104,5	357,1
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,5	108,5	361,3
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	109,0	361,5
НСР ₀₅	—	1,9	9,2	50,5

Среди рекомбинантов, отобранных из комбинации Н.31 x Lr24, превысивших урожайность реципиента Новосибирская 31 (301,5 г/м²) выявлено не было, лучшие из них характеризовались значительной выраженностью отдельных признаков (табл. 5), таких как масса 1000 зерен

(36,7–39,0 г – 6 рекомбинантов как с транслокацией так и без неё), масса зерна колоса (1,22–1,24 г – 3 рекомбинанта, несущих транслокацию), число зерен колоса (37,3 шт. – 1 рекомбинант с транслокацией).

5. Выделившиеся рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 в сравнении с сортом реципиентом (средние значения за 2016, 2017, 2020 гг.)

5. Recombinants identified from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr24' in comparison with the recipient variety, mean values (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	31,4	1,02	31,4
Н.31 x Lr24	0R	44,0	107,5	39,0	1,12	28,5
Н.31 x Lr24	0R	45,5	107,5	37,5	1,24	33,6
Н.31 x Lr24	4S	41,0	98,5	38,1	0,99	26,0
Н.31 x Lr24	4S	45,0	98,5	36,7	1,15	31,1
Н.31 x Lr24	0R	45,0	105,0	33,3	1,24	37,3
Н.31 x Lr24	4S	40,0	99,0	38,3	0,98	25,5
Н.31 x Lr24	0R	43,0	98,5	38,9	1,22	31,1
НСР ₀₅	—	1,9	9,2	2,9	0,16	3,7

Выводы

1. В результате сравнительной оценки рекомбинантов, характеризующихся наличием транслокаций от *Thinopyrum elongatum*, несущих гены устойчивости (*Lr19* и *Lr24*) к бурой ржавчине пшеницы выявлено различное их влияние в зависимости от сорта-реципиента. Рекомбинанты, полученные на основе сорта Сибирская 17, в целом характеризовались выраженностью основных агрономически ценных признаков на уровне сорта-реципиента или значительно ниже (урожайность, масса и число зерен колоса, масса 1000 зерен). У рекомбинантов, несущих транслокации, по-

лученных на основе сорта Новосибирская 31, выявлено значительное увеличение продолжительности периода «всходы-колошение» и массы зерна колоса в сравнении с рекомбинантами без транслокаций.

2. Урожайность выше сорта-реципиента, в среднем за 3 года, формировали лишь 12 рекомбинантов из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr19, причем как несущие транслокацию, так и без транслокации.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-016-00093.

Библиографические ссылки

1. Михайлова Л.А., Квитко К.В. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы // Микология и фитопатология. 1970. Т. 4. № 3. С. 269–270.

2. Садовая А.С., Гуляева Е.И., Митрофанова О.П., Шайдаюк Е.Л., Хакимова А.Г., Зуев Е.В. Характеристика устойчивости к возбудителю бурой ржавчины сортов и линий мягкой пшеницы из коллекции ВИР, несущих чужеродный генетический материал // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2014. Т. 18. № 4/1. С. 739–750.
3. Сочалова Л.П., Лихенко И.Е. Генетическое разнообразие яровой пшеницы по устойчивости к мигрирующим заболеваниям. Новосибирск: ООО Междуречье, 2015. 196 с.
4. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Моргунов А.И., Трущенко А.С., Краснова Ю.С. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы селекции ОмГАУ в условиях изменчивых климатических факторов южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 1(34). С. 52–59.
5. Friebe B., Jiang J., Raupp W. J., McIntosh R. A. & Gill B. S. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica, V. 91. 1996 P. 59–87.
6. Kiel A., Weigt D., Karpińska M., Kurasiak-Popowska D., Niemann J., Tomkowiak A., Mikołajczyk S., Nawracała J. An analysis of the functionality of molecular markers related to the Lr19 gene conditioning resistance to wheat leaf rust // Zemdirbyste-Agriculture. 2020. V. 107. № 1. P. 63–70. DOI: 10.13080/z-a.2020.107.009.
7. Plaschke J., Ganal M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1995. V.91. P. 1001–1007.
8. Qi Ai., Zhang P., Xia X., He Zh., Huerta-Espino Ju., Li Z., Liu D. Molecular mapping and markers for leaf rust resistance gene Lr24 in CIMMYT wheat line 19HRWSN-122 // Euphytica 2015. V. 206. P. 57–66. DOI:10.1007/s10681-015-1469-1.
9. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992, 81 P.
10. Savary S., Nelson, A., Sparks, A. H., Willocquet, L., Duveiller, E., Mahuku, G. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world // Plant Disease. 2011. V. 95, P. 1204–1216. DOI:10.1094/PDIS-04-11-0316.

References

1. Mihajlova L.A., Kvitko K.V. Laboratornye metody kul'tivirovaniya vozbuditelya buroj rzhavchiny pshenicy [Laboratory methods of cultivation of the causative agent of wheat brown rust] // Mikologiya i fitopatologiya. 1970. T.4. №3. S. 269–270.
2. Sadovaya A.S., Gul'tyaeva E.I., Mitrofanova O.P., SHajdayuk E.L., Hakimova A.G., Zuev E.V. Harakteristika ustojchivosti k vozbuditelyu buroj rzhavchiny sortov i linij myagkoj pshenicy iz kollekcii VIR, nesushchih chuzherodnyj geneticheskij material [Characteristics of resistance to the causative agent of leaf rust of the bread wheat varieties and lines from the collection of VIR, carrying foreign genetic material] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 2014. T.18. № 4/1. S.739–750.
3. Sochalova L.P., Lihenko I.E. Geneticheskoe raznoobrazie yarovoj pshenicy po ustojchivosti k migriruyushchim zabolevaniyam [Genetic diversity of spring wheat for resistance to migratory diseases]. Novosibirsk: ООО Mezhdurech'e, 2015. 196 s.
4. SHamanin V.P., Petuhovskij S.L., Morgunov A.I., Trushchenko A.S., Krasnova YU.S. Urozhajnost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy selekcii OmGAU v usloviyah izmenchivyh klimaticheskikh faktorov yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri [Productivity of spring bread wheat varieties of OmGAU under conditions of changeable climatic factors in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1(34). S. 52–59.
5. Friebe B., Jiang J., Raupp W. J., McIntosh R. A. & Gill B. S. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica, V. 91. 1996 P. 59–87.
6. Kiel A., Weigt D., Karpińska M., Kurasiak-Popowska D., Niemann J., Tomkowiak A., Mikołajczyk S., Nawracała J. An analysis of the functionality of molecular markers related to the Lr19 gene conditioning resistance to wheat leaf rust // Zemdirbyste-Agriculture. 2020. V. 107. № 1. P. 63–70. DOI: 10.13080/z-a.2020.107.009.
7. Plaschke J., Ganal M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1995. V. 91. P. 1001–1007.
8. Qi Ai., Zhang P., Xia X., He Zh., Huerta-Espino Ju., Li Z., Liu D. Molecular mapping and markers for leaf rust resistance gene Lr24 in CIMMYT wheat line 19HRWSN-122 // Euphytica 2015. V. 206. P. 57–66. DOI:10.1007/s10681-015-1469-1.
9. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992, 81 P.
10. Savary S., Nelson, A., Sparks, A. H., Willocquet, L., Duveiller, E., Mahuku, G. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world // Plant Disease. 2011. V. 95, P. 1204–1216. DOI:10.1094/PDIS-04-11-0316.

Поступила: 15.12.20; принята к публикации: 12.03.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пискарев В.В. – общее научное руководство, постановка полевых и лабораторных опытов, сбор инфекционного материала, анализ полученных данных, написание текста статьи; Бойко Н.И. – проведение полевых и лабораторных исследований, структурного анализа материала, сбор инфекционного материала по региону; Апарина В.А., Сухомлинов В.Ю. – прове-

дение полевых исследований, структурного анализа материала, сбор инфекционного материала по региону; Сочалова Л.П. – проведение лабораторного анализа генетического состава популяций бурой ржавчины пшеницы; Морозова Е.В. – постановка и анализ результатов молекулярного тестирования линий с применением методов ПЦР.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

МЕТОД «ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ» В СЕЛЕКЦИИ ЗЕРНОВОГО СОРГО ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В.И. Старчак, научный сотрудник отдела селекции сорговых культур, viktorija_starchak@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7312-4547;

О.П. Кибальник, кандидат биологических наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, kibalnik79@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1808-8974;

Т.В. Ларина, старший научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии, larinatv@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3845-6578;

Д.С. Семин, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции сорговых культур, sds-balashov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6782-5256

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», 410050, г. Саратов, 1-й Институтский пр-д, 4; e-mail: rossorgo@yandex.ru

В селекции сельскохозяйственных культур, в том числе и сорго, применение методов многомерной статистики позволяет определить корреляционные взаимосвязи между морфометрическими признаками, элементами урожайности и биохимическими показателями зерна в модельной популяции, а также выявить нагрузку гипотетических факторов. Целью данных исследований являлось определение корреляционных взаимосвязей между морфометрическими признаками, элементами продуктивности и биохимическими показателями зерна, характеризующими нагрузку гипотетических факторов в модельной популяции сорго. Для практической селекции проанализировали 13 хозяйственно-ценных признаков у 27 сортообразцов зернового сорго, созданных в ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Установлена различная степень варьирования признаков зернового сорго: сильная – площадь флагового листа, площадь наибольшего листа, выдвинутость ножки метелки, продуктивная кустистость, масса и число зерен с 1 метелки (27,3–35,2%); слабая – содержание протеина и крахмала в зерне (2,8–8,6%). В группу со средней степенью варьирования отнесены высота растений через 30 суток и при созревании, длина метелки, масса 1000 зерен, урожайность зерна (10,1–15,6%). При анализе матрицы коэффициентов корреляции рассчитаны гипотетические факторы с вкладом более 5% в накапливаемую дисперсию. Построена корреляционная плеяда, позволяющая продемонстрировать средние ($r = 0,51–0,68$) и сильные ($r = 0,76–0,94$) корреляционные связи. Рассмотрены шесть гипотетических факторов, отражающих общий вклад в накапливаемую дисперсию: Z-1 – 40,86%, Z-2 – 13,76%, Z-3 – 11,85%, Z-4 – 8,74%, Z-5 – 6,69%, Z-6 – 5,99%. Первый гипотетический фактор определяют признаки: площадь наибольшего и флагового листа (0,78–0,80), число и масса зерна с 1 метелки (0,84–0,91), урожайность зерна (0,77) и продуктивная кустистость (–0,78). Полученные результаты используются в селекционных программах по созданию сортов и гибридов зернового сорго, адаптированных к засушливым условиям Нижнего Поволжья.

Ключевые слова: сорго, урожайность, изменчивость признака, корреляция, факторный анализ.

Для цитирования: Старчак В.И., Кибальник О.П., Ларина Т.В., Семин Д.С. Метод «главных компонент» в селекции зернового сорго для засушливых условий Нижнего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 22–26. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-22-26.



THE METHOD OF 'MAIN COMPONENT' IN THE GRAIN SORGHUM BREEDING FOR ARID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

V.I. Starchak, researcher of the department of sorghum breeding, viktorija_starchak@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7312-4547;

O.P. Kibalnik, Candidate of Biological Sciences, main researcher of the department of sorghum breeding, kibalnik79@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1808-8974,

T.V. Larina, senior researcher of the department of biochemistry and biotechnology, larinatv@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3845-6578;

D.S. Semin, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the department of sorghum breeding, sds-balashov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6782-5256
Russian Research and Project-technological Institute of sorghum and maize "Rossorgo", 410050, Saratov, 1-st Institutsky, 4; e-mail: rossorgo@yandex.ru

In the breeding process of agricultural crops, including sorghum, the use of multivariate statistics methods makes it possible to determine the correlation between morphometric traits, yield elements and biochemical parameters of grain in the model population, as well as to identify the load of hypothetical factors. The purpose of the current study was to identify the correlations between morphometric traits, yield elements and biochemical parameters of grain, which characterize the load of hypothetical factors in the model grain sorghum population. For practical breeding process, there have been analyzed 13 economically valuable traits in 27 grain sorghum varieties, developed by the FSBSI Russian Research and Project-technological Institute of sorghum and maize "Rossorgo". There has been established a different variation degree of the traits of grain sorghum; a strong variation degree was established for such traits as 'flag leaf area', 'the largest leaf area', 'panicle stem', 'productive tillering capacity', 'weight and number of grains per panicle' (27.3–35.2%); a weak variation degree was established for such traits as 'protein percentage' and 'starch content' in grain (2.8–8.6%). The group with an average degree of variation includes the traits 'plant height' after

30 days of growing and at ripening period, 'panicle length', '1000-grain weight', and 'grain yield' (10.1–15.6%). When analyzing the matrix of correlation coefficients, there were calculated the hypothetical factors with a contribution of more than 5% to the accumulated variance. There has been built a correlation pleiad, which made it possible to demonstrate mean ($r = 0.51\text{--}0.68$) and strong ($r = 0.76\text{--}0.94$) correlations. There have been considered six hypothetical factors reflecting the total contribution to the accumulated variance, Z-1 – 40.86%, Z-2 – 13.76%, Z-3 – 11.85%, Z-4 – 8.74%, Z-5 – 6.69%, Z-6 – 5.99%. The first hypothetical factor is determined by such traits as 'the largest leaf area' and 'flag leaf area' (0.78–0.80), 'weight and number of grains per panicle' (0.84–0.91), 'grain productivity' (0.77) and 'productive tillering capacity' (– 0.78). The results obtained are used in breeding programs to develop grain sorghum varieties and hybrids adapted to the arid conditions of the Lower Volga region.

Keywords: sorghum, productivity, trait variability, correlation, factor analysis.

Введение. В настоящее время все чаще происходят глобальные изменения климата, приводящие к более частым проявлениям почвенных и воздушных засух (Chadalavada et al., 2021). Это вызывает необходимость расширения посевных площадей засухоустойчивых и жаростойких культур, к которым относится зерновое сорго (Алабушев и др., 2003; Кибальник, 2017; He et al., 2020). При выведении новых сортов важно ориентироваться на увеличение их стрессоустойчивости к конкретным условиям региона возделывания. Поэтому для повышения эффективности селекции необходимо учитывать корреляционные взаимосвязи между определяющими селекционными признаками (Старчук и Жук, 2019; Старчук и др., 2020). В настоящее время в практической селекции используются методы многомерного статистического анализа, к которым относятся: факторный и кластерный анализы, метод главных компонент и многие другие (Матвеева и др., 2010; Куколева и др., 2016; Гаршин и др., 2013). В данной работе для анализа модельной популяции мы применяли наиболее распространенный метод главных компонент. Цель исследования заключалась в определении корреляционных взаимосвязей морфометрических признаков, элементов продуктивности и биохимических показателей зерна, характеризующих нагрузку гипотетических факторов в модельной популяции сорго.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 27 сортов и линий селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»: Перспективный 1, Меркурий, Огонек, Кремное, Зенит, Старт, Азарт, Топаз, РСК Оникс, Восторг, Гранат, Камелик, Ассистент, РСК Партизан, Волжское 4, Волжское 44, Волжское 615, Пищевое 35, Пищевое 614, Сармат, Аванс,

Факел, Гелеофор, Л.Инфинити, Богдан, Л 251, Магистр, которые высевали на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2017–2018 гг.

Технология возделывания включала следующие агротехнологические мероприятия. Предшественником являлся чистый пар. Весной проводили боронование и 2 культивации. Широкоярядный посев с междурядьем 70 см проводили селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 100 тыс. всхожих семян/га. Уход за посевами включал две междурядные обработки культиватором. Площадь деланки составила 7,7 м². Повторность – трехкратная. Размещение деланок рендомизированное. Учеты и оценку хозяйственно-ценных признаков проводили согласно общепринятым методикам (1989).

В период исследований погодные условия характеризовались как засушливые, о чем свидетельствует гидротермический коэффициент: в 2017 г. – 0,91, 2018 г. – 0,69.

Биохимический состав зерна оценивали в лаборатории биохимии и биотехнологии ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» по следующим методикам: протеин – по Кьельдалю (ГОСТ 10846-91), крахмал – по ГОСТ 10845-98.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью программы «AGROS 2.09» факторным анализом методом главных компонент.

Результаты и их обсуждение. На основании анализа общей характеристики изменчивости параметров модельной популяции зернового сорго установили, что к сильноварирующим признакам ($V > 20,0\%$) следует отнести: площадь флагового листа, площадь наибольшего листа, выдвинутость ножки метелки, продуктивную кустистость, массу зерна с 1 метелки, число зерен с 1 метелки (табл.1).

1. Общая характеристика изменчивости параметров модельной популяции зернового сорго (2017–2018 гг.)

1. General characteristics of the trait variability of the model grain sorghum population (2017–2018)

№ п/п	Параметр	$\bar{x}$	S^2	$S_{\bar{x}}$	V, %
1	Высота растений через 30 суток, см	44,2	28,9	5,4	12,2
2	Высота растений при созревании, см	123,6	156,0	12,5	10,1
3	Площадь флагового листа, см ²	83,8	524,9	22,9	27,3
4	Площадь наибольшего листа, см ²	160,9	2780,8	52,7	32,8
5	Выдвинутость ножки метелки, см	17,6	33,7	5,8	32,9
6	Продуктивная кустистость, шт.	1,7	0,2	0,5	29,4
7	Длина метелки, см	21,2	11,1	3,3	15,6
8	Масса зерна с 1 метелки, г	23,1	60,2	7,8	33,8
9	Число зерен с 1 метелки, шт.	791,6	77867,2	279,0	35,2

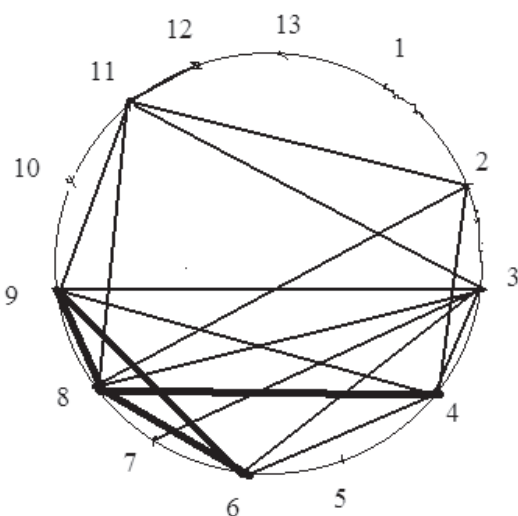
№ п/п	Параметр	$\bar{x}$	S^2	S_x	V, %
10	Масса 1000 зерен, г	30,3	10,6	3,3	10,9
11	Урожайность зерна, т/га	5,2	0,4	0,7	13,5
12	Содержание протеина в зерне, %	11,6	1,0	1,0	8,6
13	Содержание крахмала в зерне, %	74,4	4,3	2,1	2,8

Примечание: $\bar{x}$ – среднее значение, S_x – ошибка средних; S^2 – дисперсия; V, % – коэффициент варьирования.

Признаки «высота растений» через 30 суток, «высота растений при созревании», «длина метелки», «масса 1000 зерен» и «урожайность зерна» являются средневарьирующими ($20,0\% > V > 10,0\%$). К признакам со слабым варьированием показателей ($V < 10,0\%$) можно отнести биохимические компоненты зерна, такие как содержание протеина и крахмала.

Корреляционный анализ данных эмпирических признаков позволил рассчитать 78 коэффициентов. Критическое значение коэффициента корреляции на 5%-м уровне составляет 0,23. Наибольший интерес представляют средние ($-0,51$ – $0,68$) и сильные ($0,76$ – $0,94$) корреляционные связи (см. рисунок). В опыте выявлена тесная корреляционная связь ($r \geq 0,7$) между признаками: масса зерна с 1 метелки и площадь наибольшего листа ($r = 0,76$); масса зерна с 1 метелки и продуктивная кустистость

($r = -0,78$). Число зерен с 1 метелки находится в тесной корреляционной связи с продуктивной кустистостью ($r = -0,75$) и массой зерна с 1 метелки ($r = 0,94$). Средняя корреляционная связь выявлена между признаками: высота при созревании и масса зерна с 1 метелки ($r = 0,57$), площадь наибольшего листа ($r = 0,54$), урожайность зерна ($r = 0,53$); площадь флагового листа и наибольшего ($r = 0,59$), продуктивная кустистость ($r = -0,57$), длина метелки ($r = 0,68$), масса зерна с 1 метелки ($r = 0,65$), число зерен с метелки ($r = 0,59$), урожайность зерна ($r = 0,59$); площадь наибольшего листа и продуктивная кустистость ($r = -0,55$), число зерен с 1 метелки ($r = 0,63$); масса зерна с 1 метелки и урожайность ($r = 0,62$); число зерен с 1 метелки и урожайность зерна ($r = 0,56$); урожайность зерна и содержание в нем протеина ($r = -0,51$).



- ($r \geq 0,7$) сильная корреляционная связь
- ($0,5 \leq r \leq 0,7$) средняя корреляционная связь

Примечание: 1. Высота растений через 30 суток; 2. Высота растений при созревании; 3. Площадь флагового листа; 4. Площадь наибольшего листа; 5. Выдвинутость ножки метелки; 6. Продуктивная кустистость; 7. Длина метелки; 8. Масса зерна с 1 метелки; 9. Число зерен с 1 метелки; 10. Масса 1000 зерен; 11. Урожайность зерна; 12. Содержание протеина в зерне; 13. Содержание крахмала в зерне.

Связь коэффициентов корреляции между признаками
Correlation of coefficients among traits

Общий вклад в накапливаемую дисперсию 6-ти гипотетических факторов составляет 87,9%, на долю первых трех приходится 66,5% (табл. 2). Вклад в 1-й гипотетический фактор в большей мере определяют следующие признаки ($r > |0,7|$): положительный – площадь флагового и наибольшего листа, число и масса зерна с 1 метелки, урожайность зерна; отрицательный – продуктивная кустистость.

Второй гипотетический фактор (13,76%) в значительной мере определяется вкладом высоты растений через 30 суток, выдвинутостью ножки метелки, а также суммарным эффектом других признаков.

На долю третьего гипотетического фактора приходится 11,85% в накапливаемой дисперсии, который включает суммарный средний эффект признаков «длина метелки» и «содержание крахмала» в зерне.

Вклад четвертого фактора (8,74%) определяется признаками: «масса 1000 зерен» и выдвинутость ножки метелки.

В пятый фактор (6,69%) наибольший вклад вносят признаки «высота при созревании», «содержание протеина» в зерне. Эффект признака «продуктивная кустистость», а также суммарный вклад других признаков определяют значение шестого гипотетического фактора (5,99%).

2. Факторные нагрузки модельной популяции сорго (2017–2018 гг.)

2. Factor loads of the model grain sorghum population (2017–2018)

№	Признак	Фактор					
		Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Z-6
1	Высота растений через 30 суток	-0,50	0,64	-0,22	-0,25	0,16	0,11
2	Высота растений при созревании	0,63	-0,36	0,18	0,01	0,45	0,36
3	Площадь флагового листа	0,80	0,11	0,17	-0,22	-0,38	0,08
4	Площадь наибольшего листа	0,78	-0,28	-0,34	-0,26	0,01	0,20
5	Выдвинутость ножки метелки	-0,16	-0,61	0,39	0,57	-0,08	-0,06
6	Продуктивная кустистость	-0,78	0,03	0,21	-0,11	0,18	0,48
7	Длина метелки	0,59	0,16	0,56	-0,04	-0,24	0,33
8	Масса зерна с 1 метелки	0,91	-0,01	-0,32	0,04	-0,03	-0,04
9	Число зерен с 1 метелки	0,84	0,19	-0,37	0,23	-0,10	0,01
10	Масса 1000 зерен	0,03	0,61	0,12	-0,67	0,17	-0,33
11	Урожайность зерна	0,77	0,10	0,18	-0,03	0,31	0,03
12	Содержание протеина в зерне	-0,51	-0,41	-0,17	-0,27	-0,51	0,26
13	Содержание крахмала в зерне	0,25	0,40	0,70	-0,20	-0,08	-0,25
Дисперсия		5,31	1,79	1,54	1,13	0,87	0,78
Дисперсия, %		40,86	13,76	11,85	8,74	6,69	5,99
Накопленная дисперсия, %		40,86	54,62	66,47	75,20	81,89	87,88

Примечание: Z-1–Z-6 – гипотетический фактор.

Выводы. В модельной популяции зернового сорго установлено различное по величине варьирование хозяйственно-ценных признаков и наиболее существенные корреляционные связи. Факторный анализ матрицы коэф-

фициентов корреляции по методу главных компонент позволил выявить признаки первых 6-ти гипотетических факторов, вносящих наибольший вклад (87,88%) в накапливаемую дисперсию.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Анипенко Л.Н., Гурский Н.Г., Коломпец Н.Я., Костылев П.И., Мангуш П.А., Алабушева О.И. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика). Ростов-на-Дону: Книга, 2003. 368 с.
2. Гаршин А.Ю., Жужукин В.И., Семин Д.С. Факторный анализ в модельной популяции сахарного сорго // Кукуруза и сорго. 2013. № 3. С. 3–6.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 1989. 194 с.
4. Кибальник О.П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35-1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. 21(6). С.651–656. DOI 10.18699/VJ17.282.
5. Куколева С.С., Семин Д.С., Кибальник О.П., Старчак В.И. Скрининг сортообразцов суданской травы в условиях Саратовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4(46). С. 8–11.
6. Матвеева Г.В., Новикова Л.Ю., Корнеев В.Б. Статистический анализ элементов продуктивности гибридов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2010. № 4. С. 25–29.
7. Старчак В.И., Жужукин В.И., Жук Е.А., Бычкова В.В. Изучение исходного материала сортообразцов зернового сорго // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 38–42. DOI 10.28983/asj.y2020i6pp38-42.
8. Старчак В.И., Жук Е.А. Оценка селекционно-ценных признаков зернового сорго методом главных компонент факторного анализа // 125 лет прикладной ботаники в России: Мат. Межд. науч.-практ. Конф. Санкт-Петербург: Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 2019. С. 261. DOI 10.30901/978-5-907145-39-9.
9. He S., Tang C., Li Wang M., Li S., Diallo B., Xu Y., Zhou F., Sun L., Shi W., Xie G.H. Combining ability of cytoplasmic male sterility on yield and agronomic traits of sorghum for grain and biomass dual-purpose use // Industrial Crops & Products. 2020. V. 157. 112894. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112894.
10. Chadalavada K., Kumari B.D.R., Kumar T.S. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality // Planta. 2021. V. 253. 113 DOI: 10.1007/s00425-021-03631-2.

References

1. Alabushev A.V., Anipenko L.N., Gurskij N.G., Kolompec N.YA., Kostylev P.I., Mangush P.A., Alabusheva O.I. Sorgho (selekcija, semenovodstvo, tekhnologiya, ekonomika) [Sorghum (breeding, seed production, technology, economics)]. Rostov-na-Donu: Kniga, 2003. 368 s.
2. Garshin A.YU., Zhuzhukin V.I., Semin D.S. Faktornyj analiz v model'noj populyacii sahar'nogo sorgho [Factor analysis in a model population of sweet sorghum] // Kukuruza i sorgho. 2013. № 3. S. 3–6.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Moskva, 1989. 194 s.
4. Kibal'nik O.P. Kombinacionnaya sposobnost' CMS-linij zernovogo sorgho na osnove A1, A2, A3, A4, 9E i M-35-1A tipov citoplazmaticheskoj muzhskoj steril'nosti [Combining ability of CMS-lines of grain sorghum based on A1, A2, A3, A4, 9E and M-35-1A types of cytoplasmic male sterility] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. 21(6). S. 651–656. DOI 10.18699/VJ17.282.

5. Kukoleva S.S., Semin D.S., Kibal'nik O.P., Starchak V.I. Skrining sortoobrazcov sudanskoj travy v usloviyah Saratovskoj oblasti [Screening of Sudan grass varieties in the conditions of the Saratov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 4(46). S. 8–11.
6. Matveeva G.V., Novikova L.YU., Korneev V.B. Statisticheskij analiz elementov produktivnosti gibridov kukuruzy [Statistical analysis of elements of maize hybrids productivity] // Kukuruza i sorgo. 2010. № 4. S. 25–29.
7. Starchak V.I., ZHuzhukin V.I., ZHuk E.A., Bychkova V.V. Izuchenie iskhodnogo materiala sortoobrazcov zernovogo sorgo [The study of the initial material of grain sorghum varieties] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 6. S. 38–42. DOI 10.28983/asj.y2020i6pp38-42.
8. Starchak V.I., ZHuk E.A. Ocenka selekcionno-cennyh priznakov zernovogo sorgo metodom glavnyh komponent faktornogo analiza [Evaluation of breeding valuable traits of grain sorghum by the method of principal components of factor analysis] // 125 let prikladnoj botaniki v Rossii: Mat. Mezhd. Nauch.-prakt. Konf. Sankt-Peterburg: Vserossijskij institut geneticheskikh resursov rastenij im. N.I. Vavilova, 2019. S. 261. DOI 10.30901/978-5-907145-39-9.
9. He S., Tang C., Li Wang M., Li S., Diallo B., Xu Y., Zhou F., Sun L., Shi W., Xie G.H. Combining ability of cytoplasmic male sterility on yield and agronomic traits of sorghum for grain and biomass dual-purpose use // Industrial Crops&Products. 2020. V. 157. 112894. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112894.
10. Chadalavada K., Kumari B.D.R., Kumar T.S. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality// Planta. 2021. V. 253. 113 DOI: 10.1007/s00425-021-03631-2.

Поступила: 14.12.20; принята к публикации: 15.02.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Старчак В.И. – концептуализация исследования, интерпретация данных, подготовка рукописи; Кибальник О.П., Семин Д.С. – анализ данных; Ларина Т.В. – выполнение лабораторного опыта.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.112:631.523(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НОВЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

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

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

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

А.С. Каменева, агроном лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

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

В настоящее время с ростом научно-технического прогресса остро стоит вопрос о воздействии негативных антропогенных факторов на окружающую среду, в связи с чем появляется необходимость в создании наиболее адаптивных сортов сельскохозяйственных культур, что является основой экологически чистого земледелия. Исследования проводили в 2018–2020 гг., на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований послужили 8 сортов, переданных на ГСИ в 2017–2020 гг. и 5 перспективных линий селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными, наиболее благоприятные сложились в 2018 г., когда была получена рекордная урожайность озимой твердой пшеницы – от 11,25 до 14,04 т/га. Различия по урожайности сортов озимой твердой пшеницы по годам характеризуются значениями размаха варьирования от 31,9 до 52,4%. Незначительные отклонения урожайности у сорта Солнцедар составляют +3 – -1,9 т/га, Золото Дона – +3,2 – -2,3 т/га. Наибольшие отклонения от средней урожайности отмечены у сортов Хризолит (+4,5 – -3,6 т/га), Алмаз Дона (+4,3 – -2,9 т/га) и линии 721/15 – +4,8 – -3,3 т/га. После проведенной оценки по параметрам адаптивности, выделено 3 группы сортов: пластичные сорта – Лакомка, Эллада, Хризолит, которые при возделывании в районах с комплексом благоприятных агроклиматических условий на высоких агрофонах дадут максимум отдачи; слабоотзывчивые сорта – Золото Дона и Солнцедар, для возделывания на низком агрофоне, которые при средней урожайности в 6,88–7,04 т/га сохраняют стабильные урожаи, слабо реагируют на внешние условия, т.е. лучше адаптированы к средним и худшим средам. Для возделывания на среднем агрофоне подходят сорта Кристелла, Услава, Динас, Алмаз Дона, т.к. являются пластичными сортами, $bi = 0,97–1,00$. Однако следует отметить сорт Алмаз Дона, который является не стабильным по урожайности. Перспективные линии, участвовавшие в проведенном анализе с различными экологическими характеристиками, будут в дальнейшем задействованы в селекционных программах на повышение адаптивности новых сортов. Целью исследований являлось оценить новые сорта и перспективные линии по параметрам урожайности, гомеостатичности, адаптивности, выделить экологически пластичные сорта и линии, дать рекомендации к использованию по полученным данным.

Ключевые слова: пшеница, сорт, селекционная линия, пластичность, стабильность, урожайность, адаптивность.

Для цитирования: Безуглая Т.С., Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С. Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 27–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33.



ADAPTIVE POTENTIAL OF THE NEW WINTER DURUM WHEAT VARIETIES AND LINES IN THE CONDITIONS OF THE ROSTOV REGION

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.E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, 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;

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

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

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

Currently, with the growth of scientific and technological progress, the issue of the effect of negative anthropogenic factors on the environment is of great urgency. Due to it there is a necessity to develop the most adaptive agricultural varieties, which is the basis of environmentally friendly agriculture. The current study was carried out on the basis of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", located in the southern part of the Rostov region in 2018–2020. The objects of research were 8 varieties sent to the State Variety Testing in 2017–2020 and 5 promising breeding lines of the FSBSI "ARC "Donskoy". The weather conditions during the years of the study were contrasting, with the most favorable ones in 2018, when there was obtained a record yield of winter durum wheat from 11.25 to 14.04 t/ha. Differences in the yields of the winter durum wheat varieties over the years were characterized by the variation range from 31.9 to 52.4%. There has been identified insignificant deviations in the yields of the variety 'Solntsedar' (+3 – -1.9 t/ha) and the variety 'Zoloto Dona' (+3.2 – -2.3 t/ha). The greatest deviations from the average yield were established in the varieties 'Khrizolit' (+4.5 – -3.6 t/ha), 'Almaz Dona' (+4.3 – -2.9 t/ha) and the line '721/15' (+4.8 – -3.3 t/ha). Due to the assessment according to the adaptability parameters, there have been identified 3 groups of varieties. They are the adaptable varieties 'Lakomka', 'Ellada', 'Khrizolit', which will produce maximum yields under cultivation in the areas with favorable agro-climatic conditions at high agro-backgrounds; the weakly responsive varieties 'Zoloto Dona' and 'Solntsedar', for cultivation on a low agricultural background, which maintain stable yields with the mean values of 6.88–7.04 t/ha, they react poorly to external conditions, i.e. better adapted to bad and worst environments. The varieties 'Kristella', 'Uslada', 'Dinas', 'Almaz Dona' are suitable for cultivation on a medium agricultural background, because they are adaptable varieties with $bi = 0.97–1.00$. However, the variety 'Almaz Dona' turned to be unstable in terms of yields. The promising lines that participated in the analysis with different ecological characteristics will be further involved in breeding programs to increase the adaptability of new varieties. The purpose of the current study was to evaluate the new varieties and promising lines according to productivity, homeostaticity, adaptability; to identify ecologically adaptable varieties and lines and to give recommendations for further use.

Keywords: wheat, variety, breeding line, stability, productivity, adaptability.

Введение. В современных экономических условиях при ограниченном использовании минеральных удобрений и средств химизации для получения высоких и стабильных урожаев большое внимание уделяется оценке сортов по параметрам экологической пластичности, которую связывают с их способностью давать высокий и качественный урожай, поэтому первоочередная задача современной селекции – создание адаптивных форм, которые, реализуя свой генетический потенциал, обеспечивают высокую и устойчивую продуктивность в различных почвенно-климатических, погодных и агротехнических условиях (Кондратенко и др., 2014; Dockter, 2015; Сапега, 2019; Волкова, 2020; Волкова и Щенникова, 2020).

Сельхозтоваропроизводителям необходимы сорта, которые обеспечивают высокую урожайность в благоприятных условиях возделывания и ее стабильность в стрессовых условиях, т.е. экологически пластичные сорта (Рыбась, 2016; Шапошников и др., 2016). Поэтому селекционно-опытные учреждения непрерывно создают новые сорта сельскохозяйственных культур, которые превосходят старые, распространенные в производстве сорта по урожайности и адаптивности к неблагоприятным условиям произрастания (Grebennikova I.G., 2011; Мальчиков и др., 2018; Кравченко и др., 2018; Ионова и др., 2021).

Одной из задач в селекции озимой твердой пшеницы на Дону является выведение сортов с повышенным уровнем адаптивности к абиотическим и биотическим стрессовым условиям, которые обеспечивали бы стабильность урожаев в любые по погодным условиям годы. Для решения этой задачи необходима комплексная оценка исходного материала по параметрам адаптивности и стабильности, которая позволит выделить перспективные генотипы по различным признакам, так как именно они представляют наибольшую ценность для стабильного получения высокой урожай-

ности по годам в сельскохозяйственном производстве.

Цель исследований – дать оценку новым сортам и перспективным линиям по параметрам урожайности, гомеостатичности, адаптивности, выделить экологически пластичные сорта и линии, дать рекомендации к использованию по полученным данным.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на базе ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований послужили 8 сортов озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», переданных на ГСИ в 2017–2020 гг. и 5 перспективных линий конкурсного испытания. В качестве стандарта по озимой твердой пшенице использовали сорт Кристелла.

Подготовку почвы, посев и уход за посевами осуществляли согласно рекомендациям (Зональные системы земледелия Ростовской области, 2013). Посев питомников конкурсного испытания проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed S, повторность опыта – 6-кратная, расположение делянок – систематическое, учетная площадь – 10 м². Предшественник – сидеральный пар. Норма высева – 5 млн всхожих семян/га. Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый с мощным (до 140 см) гумусовым слоем, низким содержанием подвижного фосфора (20–25 мг/кг) и повышенным – обменного калия (350–400 мг/кг почвы).

Оценка по показателям экологической пластичности и стабильности выполнена по методу S.A. Eberchart и W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина (2005). Параметры адаптивности: стрессоустойчивость (разница между минимальной и максимальной урожайностью), генетическую гибкость (средняя урожайность сортов в контрастных условиях) определяли

по разработкам В.З. Пакудина (1976). Для выявления гомеостатичности сорта использовали методику В.В. Хангильдина, Н.А. Литвиненко (1981).

Математическая и статистическая обработки данных выполнена по методике Б.А. Доспехова (2014).

Метеорологические данные за 2018–2020 гг. предоставлены Зерноградской метеостанцией. Погодные условия в годы проведения исследований имели контрастные показатели в период вегетации озимой твердой пшеницы как по количеству осадков, так и по термическому режиму, которые отличаются от среднеемноголетних данных. 2017–2018 сельскохозяйственный год по количеству осадков (453,6 мм при норме 582,4 мм), их распределению по сезонам, температурному режиму оказался типичным для нашей зоны, но неблагоприятным для озимой твердой пшеницы в период посева и появления всходов. Но несмотря на недостаток осадков, особенно в период налива и созревания, условия года оказались оптимальными. 2018–2019 сельскохозяйственный год отмечен как сложный по погодным условиям из-за повышенного температурного режима, неравномерного распределения осадков в течение года, засухи в период вегетации растений, что сказалось на урожайности озимой твердой пшеницы. 2019–2020 сельскохозяйственный год в целом, несмотря на оптимальные ус-

ловия при посеве, оказался неблагоприятным для формирования высокого урожая и качества зерна озимой твердой пшеницы.

Результаты и их обсуждение. Контрастные по погодным условиям годы исследований позволили более точно оценить адаптивный потенциал новых сортов и перспективных линий. Индекс условий среды (I_j), который определяет изменчивость условий выращивания, показал, что наиболее благоприятные условия складывались в 2018 году (3,63), а неблагоприятные – в 2019 и 2020 годах (-2,87 и -0,76 соответственно).

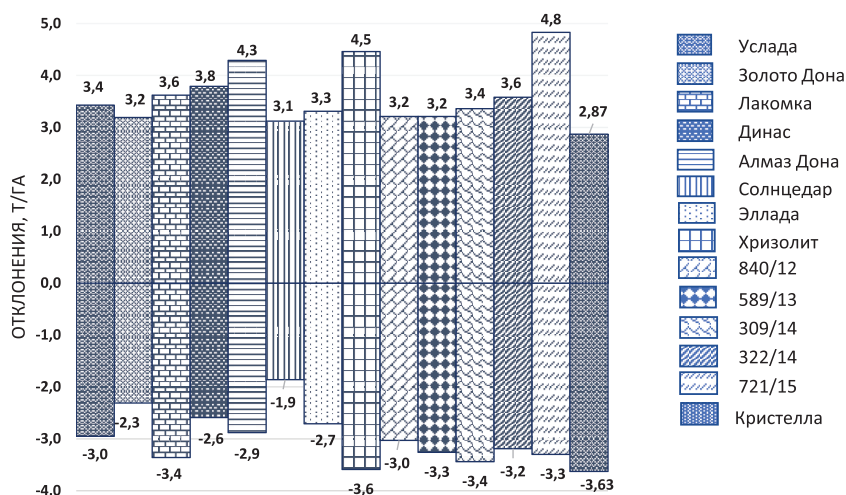
По результатам двухфакторного дисперсионного анализа было установлено неравномерное влияние факторов А и В, а также их взаимодействие, оказывающие статистически значимое влияние на урожайность озимой твердой пшеницы на 5% уровне значимости. Определяющим фактором при формировании урожайности и значительном ее варьировании являются погодные условия 2018–2020 гг. Влияние фактора А (год) составляет 93%, тогда как влияние генотипа фактор В (сорт) составляет всего 2%. Взаимодействие факторов А и В составляет 5%, т.е. мы можем наблюдать, что при использовании наиболее адаптивных сортов возможно повышение урожайности и сохранение ее стабильности при этом (табл. 1).

1. Результаты дисперсионного двухфакторного опыта 1. The results of two-factor variance analysis

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}
Общая	1323,91	155	—	—	—
Повторений	3,38	3	—	—	—
Фактор А (год)	1212,54	2	606,27	5057,30	3,1
Фактор В (сорт)	30,51	12	2,54	21,21	1,8
Взаимодействие АВ	63,80	24	2,65	22,17	1,6

В среднем различия по урожайности сортов озимой твердой пшеницы по годам характеризуются значениями размаха варьирования от 31,9 до 52,4% (от -1,9 до 4,8 т/га). На рисун-

ке представлен график отклонения урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы от средней урожайности по годам изучения.



Отклонения урожайности сортов и линий озимой твердой пшеницы, т/га
Deviations in the yield of the winter durum wheat varieties and lines, t/ha

На графике видно, что самые незначительные отклонения урожайности у сорта Солнцедар и составляют +3,1 – -1,9 т/га. Также следует отметить и сорт Золото Дона, колебания составили +3,2 – -2,3. Наибольшие отклонения от средней урожайности отмечены у сортов Хризолит (+4,5 – -3,6 т/га), Алмаз Дона (+4,3 – -2,9) и линии 721/15 (+4,8 – -3,3 т/га). У остальных изучаемых сортов и линий наблюдаются средние значения этого показателя.

За годы исследований рекордная за всю историю селекционной работы урожайность озимой твердой пшеницы получена в 2018 году – от 11,25 до 14,04 т/га, у стандартного сорта Кристелла урожайность 12,02 т/га. Минимальная урожайность получена в 2019 г. – 4,85–6,85 т/га. В 2020 году – 5,13–8,96 т/га. Как видим, за годы проведенных испытаний, изучаемые сорта и линии озимой твердой пшеницы по-разному реализовали свой потенциал продуктивности, их средняя урожайность составила – 8,70 т/га (табл. 2).

Оценка пластичности генотипов по методу S.A. Eberchart и W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина (2005) позволила определить отзывчивость сорта на изменение условий выращивания b_i (коэффициент линейной регрес-

сии) и стабильность сорта в изменяющихся условиях среды σ^2d (коэффициент стабильности). В наших исследованиях выделились два отзывчивых сорта, у которых максимум отдачи при благоприятных условиях выращивания (на высоком агрофоне), это Хризолит и Лакомка, коэффициент линейной регрессии у них – 1,23 и 1,04; и две перспективные линии – 322/14 и 721/15 с $b_i = 1,02$ и 1,28 соответственно (табл. 2). Сорта Золото Дона и Солнцедар имели показатели b_i от 0,80 до 0,86, что говорит об их слабой отзывчивости на улучшение внешних условий выращивания, такие сорта лучше выращивать на низком фоне, где они при минимуме затрат дадут наибольшие урожаи. Остальные сорта Кристелла, Услава, Динас, Алмаз Дона, Эллада и линии 840/12, 589/13 и 309/14 имели коэффициент линейной регрессии 0,93–1,00, что свидетельствует об их пластичности, т.е. их урожайность соответствует условиям выращивания. Такие сорта рекомендуется выращивать на среднем агрофоне. Анализ коэффициента стабильности показал, что наиболее стабильными являются сорта Хризолит, Эллада, Золото Дона и Услава ($\sigma^2d = 0,01; 0,02; 0,09; 0,10$ соответственно).

2. Урожайность сортов озимой твердой пшеницы и их параметры экологической пластичности и стабильности (2018–2020 гг.)

2. Productivity of the winter durum wheat varieties and their parameters of ecological adaptability and stability (2018–2020)

Сорт, линия	Урожайность по годам, т/га			ΣY_i	Y_i	b_i	σ^2d
	2018	2019	2020				
Кристелла, ст.	12,02	5,35	8,27	25,64	8,55	1,00	0,36
Услава	11,94	5,56	8,02	25,52	8,51	0,97	0,10
Золото Дона	11,48	5,98	7,40	24,86	8,29	0,86	0,09
Лакомка	12,65	5,67	8,76	27,08	9,03	1,04	0,44
Динас	12,60	6,22	7,61	26,43	8,81	1,00	0,25
Алмаз Дона	12,30	6,61	5,13	24,04	8,01	0,99	7,09
Солнцедар	11,25	6,27	6,88	24,40	8,13	0,80	0,65
Эллада	12,87	6,85	8,96	28,68	9,56	0,92	0,02
Хризолит	14,04	5,99	8,71	28,74	9,58	1,23	0,01
840/12	12,04	5,80	8,66	26,50	8,83	0,93	0,45
589/13	11,99	5,52	8,82	26,33	8,78	0,95	0,92
309/14	12,12	5,32	8,84	26,28	8,76	1,00	1,10
322/14	12,40	5,63	8,44	26,47	8,82	1,02	0,24
721/15	12,98	4,85	6,61	24,44	8,15	1,28	0,43
ΣY_j	172,68	81,62	111,11	365,41	–	–	–
Y_j	12,33	5,83	7,94	–	8,70	–	–
l_j	3,63	-2,87	-0,76	–	–	–	–
HC_{05}	0,24	0,21	0,27	–	–	–	–

Самым нестабильным оказались сорт Алмаз Дона ($\sigma^2d = 7,09$) и линии 589/13 ($\sigma^2d 0,92$) и 309/14 ($\sigma^2d = 1,10$). Показатели стабильности остальных изучаемых сортов и перспективных линий занимают промежуточное положение и варьируют от 0,24 до 0,65.

Сорт как генетическая система всегда специфически реагирует на внешние факторы среды, особенностью любого сорта является совокупность свойств, определяющих его пригодность для конкретной местности, поэто-

му правильный выбор сорта имеет первостепенное значение для выращивания зерновых культур (Кондратенко и др., 2014; Петров, 2020).

Устойчивость к стрессу – это важный показатель сорта, который всегда имеет отрицательный знак и чем меньше его значение, тем выше стрессоустойчивость сорта, что особенно важно в регионах, где наблюдаются контрастные по погодным условиям годы (Кондратенко и др., 2014; Сапега, 2019; Петров, 2020). Анализ урожайности изучаемых сортов и перспектив-

ных линий показал, что более высокой стрессоустойчивостью обладают сорта Солнцедар (-4,98) и Золото Дона (-5,50), наименьшая стрессоустойчивость отмечена у сортов Алмаз Дона (-7,17), Хризолит (-8,05) и линии 721/15 (-8,13).

Исходя из полученных данных, мы можем сказать, что остальные сорта и линии обладали средней стрессоустойчивостью -6,02 – -6,80 (табл. 3).

3. Параметры адаптивности сортов и линий озимой твердой пшеницы (2018–2020 гг.) 3. Adaptability parameters of the winter durum wheat varieties and lines (2018–2020)

Сорт, линия	Урожайность, т/га		Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость (X opt + X lim) / 2	V, %	Hom
	X opt	X lim				
Кристелла, ст.	5,35	12,02	-6,67	8,68	36,1	3,28
Услава	5,56	11,94	-6,38	8,75	37,9	3,51
Золото Дона	5,98	11,48	-5,50	8,73	33,6	4,36
Лакомка	5,67	12,65	-6,98	9,16	38,8	3,34
Динас	6,22	12,60	-6,38	9,41	38,1	3,62
Алмаз Дона	5,13	12,30	-7,17	8,72	47,3	2,36
Солнцедар	6,27	11,25	-4,98	8,76	33,4	4,88
Эллада	6,85	12,87	-6,02	9,86	31,9	4,98
Хризолит	5,99	14,04	-8,05	10,02	42,8	2,78
840/12	5,80	12,04	-6,24	8,92	35,3	4,0
589/13	5,52	11,99	-6,47	8,76	36,8	3,67
309/14	5,32	12,12	-6,80	8,72	38,8	3,31
322/14	5,63	12,40	-6,77	9,02	38,5	3,38
721/15	4,85	12,98	-8,13	8,92	52,4	1,91

Средняя урожайность сорта в контрастных погодных условиях характеризует его генетическую гибкость, высокие значения этого показателя указывают на высокую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды (Пакудин, 1976, Гончаренко, 2016). По данным наших исследований, были выделены следующие сорта с максимальным соответствием между генотипом сорта и факторами среды: Хризолит (10,02), Эллада (9,86), Динас (9,41), Лакомка (9,16) и среди перспективных линий – 322/14 (9,02). Следует отметить, что у выделившихся сортов и линий данный уровень урожайности сформировался в первую очередь за счет ее максимальной величины в благоприятных условиях, но вместе с тем значительный разрыв между урожайностью в неблагоприятных и благоприятных условиях, отражающий сильную реакцию генотипов на смену лимитирующих факторов, обусловил низкую или среднюю стрессоустойчивость этих сортов и линий.

Наиболее простым и доступным показателем, позволяющим судить о потенциале онтогенетической адаптации (норме реакции) и при этом обеспечивающим сравнимость результатов у разных видов растений, является коэффициент вариации. Коэффициенты вариации урожайности (V), вычисленные для каждого сорта по данным за три года, указывают на фенотипическую изменчивость признака, обусловленную экологическими факторами (Волкова и Щенникова, 2020). В наших исследованиях вариабельность признака «урожайность» составила от 31,9 до 52,4%, согласно шкале Б.А. Доспехова (2014), все сорта и линии относились к группе со значительной изменчивостью ($V > 20\%$).

Вместе с тем, критерием гомеостатичности сортов и линий считается их способность под-

держивать низкую вариабельность признаков продуктивности, т.е. связь гомеостатичности (Hom) с коэффициентом вариации характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды (Кондратенко, 2019). По этим двум показателям более стабильными из изучаемых сортов и линий на изменение условий среды оказались сорта Золото Дона (Hom = 4,36), Солнцедар (Hom = 4,88), Эллада (Hom = 4,98) и линия 840/12 (Hom = 4,0), что обуславливает сравнительно низкую вариабельность их урожайности и повышенную стрессоустойчивость ($V = 31,9–35,3\%$). Высокая вариабельность урожайности и низкая гомеостатичность отмечены у сортов Алмаз Дона (Hom = 2,36; $V = 47,3\%$) и Хризолит (Hom = 2,78; $V = 42,8\%$) и линии 721/15 (Hom = 1,91; $V = 52,4\%$), что говорит об их нестабильности и низкой стрессоустойчивости. Сорта Услава, Золото Дона, Лакомка, Динас, стандарт Кристелла, а также линии 589/13, 309/14 и 322/14 в разные по погодным условиям годы занимают промежуточное положение, величина гомеостатичности у них на уровне 3,28–3,67, коэффициенты вариации – 36,1–38,8%.

Выводы. Таким образом, весь набор сортов и перспективных линий селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» разнообразен по параметрам экологической пластичности и стабильности. Изучаемые сорта и перспективные линии характеризуются высоким потенциалом урожайности (11,48–14,04 т/га), значительной ее вариабельностью и стрессоустойчивостью. Такие сорта, как Лакомка, Эллада, Хризолит характеризуются высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, но обладают низкой гомеостатичностью и стрессоустойчивостью, что не позволяет им в полной мере реализовать генетический потенциал, особенно в годы с неблагоприятными метеорологиче-

скими условиями (2019, 2020 гг.), их адаптация специфична, максимум отдачи они обеспечат при возделывании их на высоких агрофонах. Сорта Золото Дона и Солнцедар, при их средней урожайности 6,88–7,40 т/га, слабо реагировали на внешние условия выращивания, сохраняя стабильные урожаи, отличаясь высокой стрессоустойчивостью и гомеостатичностью, такие сорта лучше выращивать на низком агрофоне, где они при минимуме затрат дадут максимум отдачи. Сорта Кристелла, Улада, Динас, Алмаз Дона являются пластичными сортами с коэффициентом регрессии – 0,97–1,00, изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания, такие сорта лучше возделывать на среднем агрофоне. Изучаемая перспективная линия 322/14 от-

зывчива на улучшение условий выращивания, стабильна по урожайности, обладает средней стрессоустойчивостью (–6,77) и гомеостатичностью (3,38); линия 721/15 отличается высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, но обладает низкой гомеостатичностью (Hom = 1,91) и стрессоустойчивостью (–8,13); у линий 589/13 и 309/14 урожайность соответствует условиям выращивания ($b_i = 0,95–1,00$), но нестабильной по годам ($\sigma^2_d = 0,92–1,10$); линия 840/12 является пластичной, обладает средней стрессоустойчивостью и высокой гомеостатичностью (Hom = 4,0). Дальнейшая селекционная работа по озимой твердой пшенице должна быть направлена на повышение адаптивности при достигнутом потенциале урожайности.

Библиографические ссылки

1. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 140–146.
2. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2(44). С. 31–36.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб и дополн. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. г. Ростов-на-Дону, 2013. 272 с.
5. Зыкин В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.
6. ИONOBA E.B., Лиховидова В.А., Газе В.П. Изменение механизмов адаптивности и урожайности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях по этапам сортосмены // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 3–7.
7. Кондратенко Е.П., Егушова Е.А., Константинова О.Б., Пикулина О.И., Тюкало Г.Н. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности новых сортов озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 714–722.
8. Кравченко Н.С., Лиховидова В.Л., Скрипка О.В. Качество зерна и засухоустойчивость сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 6–10.
9. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(8). С. 939–950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. Новосибирск: Наука, 1976. 189 с.
11. Петров Л.К. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 6–9.
12. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626.
13. Сапега В.А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 10–15.
14. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический сборник. Одесса: ВСГИ. 1981. № 1(39). С. 8–13.
15. Шапошников А. И., Моргунов А. И., Акин Б., Макарова Н. М., Белимов А. А., Тихонович И.А. Сравнительная характеристика корневых систем и корневой экссудации у синтетического примитивного и современных сортов пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. С. 68–78.
16. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate // Journal of Experimental Botany. 2015. V. 66. No. 12. P. 3499–3509.
17. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepochkin P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale // Bulgarian J. Agricultural Science. 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.

References

1. Volkova L.V., SHCHennikova I.N. Sravnitel'naya ocenka metodov rascheta adaptivnyh reakcij zernovykh kul'tur // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2020. № 3. S. 140–146.
2. Goncharenko A.A. Ekologicheskaya ustojchivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selekcii // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 2(44). S. 31–36.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 5-e., pererab i dopoln. M.: Al'yans, 2014. 351s.

4. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013–2020 gody. CH. II. g. Rostov-na-Donu, 2013. 272 c.
5. Zykin V.A. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij. Ufa, 2005. 100 s.
6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Gaze V.P. Izmenenie mekhanizmov adaptivnosti i urozhajnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v zasushlivykh usloviyakh po etapam sortosmeny // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 3–7.
7. Kondratenko E.P., Egushova E.A., Konstantinova O.B., Pikulina O.I., Tyukalo G.N. Ocenka urozhajnosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti novykh sortov ozimoy pshenicy v usloviyakh lesostepnoj zony Kemerovskoj oblasti // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 3. S. 714–722.
8. Kravchenko N.S., Lihovidova V.L., Skripka O.V. Kachestvo zerna i zasuhoustojchivost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 6–10.
9. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(8). S. 939–950. DOI 10.18699/VJ18.436.
10. Pakudin V.Z. Parametry ocenki ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov. Teoriya otbora v populyacijah rastenij. Novosibirsk: Nauka, 1976. 189 s.
11. Petrov L.K. Ocenka urozhajnosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyakh Nizhegorodskoj oblasti // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2020. № 3. S. 6–9.
12. Rybas' I. A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur (Obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 617–626.
13. Sapega V.A. Genotip-sredovoe vzaimodejstvie, urozhajnost' i adaptivnyj potencial sortov yarovoj pshenicy // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2019. № 3. S. 10–15.
14. Hangil'din V.V., Litvinenko N.A. Gomeostatichestvo i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy // Nauchno-tehnicheskij sbornik. Odessa: VSGI. 1981. № 1(39). S. 8–13.
15. SHaposhnikov A.I., Morgunov A.I., Akin B., Makarova N.M., Belimov A.A., Tihonovich I.A. Sravnitel'naya harakteristika kornevykh sistem i kornevoj ekssudacii u sinteticheskogo primitivnogo i sovremennogo sortov pshenicy // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 1. S. 68–78.
16. Dockter C., Hansson M. Improving barley culm robustness for secured crop yield in a changing climate // Journal of Experimental Botany. 2015. V. 66. No. 12. R. 3499–3509.
17. Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Stepanov P. I. Diallel analysis of the number of spikelets per spike in spring Triticale // Bulgarian J. Agricultural Science. 2011. Vol. 17. No. 6. P. 755–759.

Поступила: 30.03.21; принята к публикации: 12.05.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Макарова Т.С. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С. – подготовка и проведение полевого опыта по изучению сортов и перспективных линий в 2018–2020 гг.; Самофалова Н.Е. – общее руководство, финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ ПО ПРИЗНАКАМ «УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ» И «СОДЕРЖАНИЕ СЫРОГО ПРОТЕИНА»

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

А.А. Регидин, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

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

К.Н. Горюнов, агроном лаборатории многолетних трав, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508
ФГБНУ «АНЦ «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты оценки экологической адаптивности образцов люцерны. Целью работы была оценка урожайности и качества зеленой массы образцов люцерны из коллекции ВИГРР и выделение наиболее адаптивных по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина». Изучение коллекционных образцов люцерны проводили в южной зоне Ростовской области на землях «АНЦ «Донской» в селекционном севообороте многолетних трав в 2016–2018 гг. Объектом изучения являлись 30 образцов люцерны коллекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова из разных стран (Канада, США, Перу, Франция). В качестве стандарта использовали сорт Ростовская 90. Оценка образцов люцерны на наличие у них адаптивных свойств по признаку «урожайность зеленой массы» показала, что в настоящее время в практической селекционной работе наибольший интерес могут представлять образцы со слабой отзывчивостью на изменения условий среды (K-32873, K-33299, K-42684, K-42249, K-78803); с высокой устойчивостью к стрессам (K-36104, K-48778, K-42694, K-45715, K-47800, K-47802, K-43260); генетически гибкие генотипы (K-43272, K-50545, K-47806, K-47807). При селекции по признаку «содержание сырого протеина» важны для дальнейшей работы образцы с высоким содержанием сырого протеина и устойчивые к изменению этого признака (K-47807, K-47804, K-42712).

Ключевые слова: люцерна, исходный материал, признак, урожайность зеленой массы, содержание сырого протеина, адаптивность, стабильность, отзывчивость.

Для цитирования: Игнатъев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. Оценка параметров экологической адаптивности образцов люцерны по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 34–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-34-40.



ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF THE ECOLOGICAL ADAPTABILITY OF THE ALFALFA SAMPLES ACCORDING TO THE TRAITS 'GREEN MASS PRODUCTIVITY' AND 'RAW PROTEIN PERCENTAGE'

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

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

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

K.N. Goryunov, agronomist of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

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

The current paper has presented the estimation results of ecological adaptability of the alfalfa samples. The purpose of the work was to assess the productivity and quality of green mass of the alfalfa samples from the IPI plant genetic resources gene bank and to identify the most adaptive ones according to the trait 'green mass productivity' and 'raw protein percentage'. The study of the collection alfalfa samples was carried out in the southern part of the Rostov region on the plots of the "ARC "Donskoy" in the breeding crop rotation of perennial grasses in 2016–2018. The objects of study were 30 alfalfa samples from the collection of N.I. Vavilov IPI from different countries (Canada, the USA, Peru, France). The variety 'Rostovskaya 90' was used as a standard one. The estimation of alfalfa samples on the presence of adaptive properties in them according to the trait 'green mass productivity' showed that the most valuable samples in present practical breeding work are the samples 'K-32873', 'K-33299', 'K-42684', 'K-42249', 'K-78803' with weak responsiveness to changes in environmental conditions; the samples 'K-36104', 'K-48778', 'K-42694', 'K-45715', 'K-47800', 'K-47802', 'K-43260' with high resistance to stress; the samples 'K-43272', 'K-50545',

'K-47806', 'K-47807' with genetically flexible genotypes. When breeding according to the trait 'raw protein percentage', the samples 'K-47807', 'K-47804', 'K-42712' possessing a high raw protein percentage and resistance to changes in this trait are important for further work.

Keywords: alfalfa, initial material, trait, green mass productivity, raw protein percentage, adaptability, stability, responsiveness.

Введение. Люцерна среди многолетних бобовых кормовых трав является самой распространенной культурой на юге России. Высокая продуктивность и качество кормовой массы, долговечность, многоукосность, разноплановость использования, высокая азотфиксирующая способность при мощно развитой корневой системе делают люцерну важной культурой в растениеводстве, земледелии и кормопроизводстве (Косолапов и Трофимова, 2014).

Выведение и использование новых сортов многолетних бобовых трав является наиболее доступным и дешевым средством повышения их урожайности с учетом экологических условий района выращивания (Жученко, 2011).

Основой успешной работы по созданию новых сортов люцерны является хорошо изученный ее исходный материал. Он в решающей степени и определяет параметры новых сортов (Козлов и др., 2007; Kumar et al, 2018).

Для селекции на устойчивость к разным стресс-факторам (особенно к недостатку влаги) необходимо наличие соответствующего исходного материала. Широкое экологическое изучение новых образцов люцерны и выяснение их устойчивости к изменяющимся экологическим факторам среды – важное направление в селекции кормовых трав (Жученко, 2011; Рыбась, 2016; Мальчиков и др., 2018).

Целью работы была оценка урожайности и качества зеленой массы образцов люцерны из коллекции ВИГРР и выделение наиболее адаптивных по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина».

Материалы и методы исследований. Изучение коллекционных образцов люцерны проводили в южной зоне Ростовской области на землях «АНЦ «Донской» в селекционном севообороте многолетних трав в 2015–2018 гг. Питомник закладывали согласно «Методическим рекомендациям по селекции многолетних трав» (1985) и «Методическим указаниям по изучению коллекции многолетних кормовых трав» (1975).

Объектом изучения являлись 30 образцов люцерны коллекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова из разных стран (Канада, США, Перу, Франция).

В качестве стандарта использовали сорт Ростовская 90.

Посев питомника проводили весной 2015 года в чистом посеве по предшественнику озимая пшеница. В год посева выполняли фенологические и биометрические наблюдения, подсчет густоты всходов, времени и интенсивности отрастания растений после уходного подкашивания. Учет урожая проводили поделочно в последующие 3 года.

Почвенный покров места проведения опыта представлен черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: pH-7,1; содержание гумуса – 3,5%, P_2O_5 – 24 мг/кг, K_2O – 340 мг/кг почвы (Алабушев и др., 2020).

Математическую обработку результатов выполняли по «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (2014), индексы $(Y_{min} - Y_{max})$, $(Y_{min} - Y_{max})/2$, показатель экологической пластичности b_i , стабильности Si^2 – по S.A. Eberhart and W.A. Russel (1966) в изложении В.П. Зыкина, И.А. Белан, В.С. Юсова и др. (2005).

Условия увлажнения в весенний период вегетации были близки к средним многолетним. Наименьшее количество осадков отмечалось в марте, апреле и мае в 2016 и 2018 гг. Они составляли 32,9–81,5% от средней многолетней нормы. Осадки теплого периода носили ливневый характер и на фоне высоких (весной на 0,5–1,9 °C, летом на 1,3–3,4 °C выше средних многолетних) температур воздуха оказывали на посевы люцерны кратковременное влияние.

В послеуборочный и осенний периоды отмечался значительный недобор осадков (60,3–70,5% от средних многолетних). Осенняя вегетация люцерны начиналась только в конце сентября-середине октября после выпадения продуктивных осадков.

В зимний период критически низких температур воздуха и почвы не наблюдалось.

Результаты и их обсуждение. Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверность влияния на признак «урожайность зеленой массы» образцов, условий и их взаимодействия ($F_{факт} > F_{теор}$) (табл. 1).

1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны по признаку «урожайность зеленой массы» (2016–2018 гг.)

1. The results of two-factor variance analysis of the alfalfa samples according to the trait 'green mass productivity' (2016–2018)

Источники варьирования	Степени свободы	Средний квадрат (дисперсия)	$F_{факт}$	F_{05}	Доля фактора, %
Образец (A)	30	7,25	4,37	1,59	6,33
Условия (B)	2	95,85	57,86	3,10	83,77
Взаимодействие (AB)	60	7,23	4,37	1,46	6,32
Повторение условия	3	2,44	1,47	2,71	2,13
Случайное отклонение	90	1,66	–	–	1,45

Подтверждены также корректность опыта и то, что изменчивость признака заложена не только в генетической природе образцов люцерны. Доля влияния на признак «урожайность зеленой массы» фактора «образец» составляла 6,33%, доля влияния «условий» – 83,77%, что указывает на решающее влияние среды на величину этого признака.

В 2016 году урожайность зеленой массы у образцов люцерны оказалась наименьшей за все 3 года и варьировала от 1,4 до 2,8 кг/м².

Более высокая, чем у стандарта (2,3 кг/м²), она отмечена у образцов К-36104, К-43269, К-43272, К-47803, К-47804, К-47807, К-43260. Их урожайность была 2,5–2,8 кг/м², а средняя по опыту за этот год – 2,0 кг/м².

Наибольшая за все годы урожайность зеленой массы сформировалась в 2018 году. Размах варьирования ее составлял при этом 1,3–4,9 кг/м², при средней по опыту 2,8 кг/м² (табл. 2).

2. Влияние условий выращивания на урожайность зеленой массы образцов люцерны (2016–2018 гг.)

2. The effect of growing conditions on green mass productivity of the alfalfa samples (2016–2018)

Сорт, образец	Страна происхождения	Урожайность, кг/м ² , по годам			CV, %	bi
		2016	2017	2018		
Ростовская 90, ст.	Россия	2,3	2,8	4,0	28,9	2,24
К-27166	Канада	1,6	2,3	3,6	40,1	2,52
К-32783	Канада	1,6	2,5	2,1	20,8	-1,29
К-33299	Канада	1,9	2,4	1,3	28,6	-2,46
К-36104	Канада	2,8	2,8	3,2	7,7	0,83
К-42684	Канада	2,3	2,4	1,3	30,2	-2,37
К-42685	Канада	1,6	2,1	2,6	24,7	0,88
К-43269	Канада	2,5	2,6	3,4	16,4	1,60
К-43272	Канада	2,6	2,6	3,9	24,1	2,70
К-48771	Канада	2,0	2,2	3,2	26,8	2,11
К-48773	Канада	1,4	2,1	2,5	26,3	0,61
К-48774	Канада	1,5	2,2	2,8	29,1	0,92
К-48775	Канада	1,6	2,1	3,8	45,9	3,40
К-48776	Канада	2,0	2,1	3,1	26,0	2,13
К-48778	Канада	2,1	2,2	2,2	3,1	-0,12
К-50545	Канада	1,8	2,3	4,9	55,0	5,27
К-50561	Канада	2,0	2,2	4,3	46,2	4,50
К-42249	США	1,7	2,1	1,2	27,3	-2,12
К-42694	США	1,8	2,1	2,0	26,0	2,17
К-45119	США	1,8	2,1	4,5	52,9	4,98
К-45715	США	2,3	2,4	2,5	4,2	0,14
К-47800	США	2,1	2,4	2,5	8,1	0,14
К-47801	США	2,1	2,4	1,9	12,0	-1,22
К-47802	США	1,9	2,2	1,8	10,6	-1,00
К-47803	США	2,5	2,7	2,1	41,4	-3,41
К-47804	США	2,8	2,8	2,1	16,0	-1,51
К-47806	США	2,0	2,4	4,9	50,4	5,13
К-47807	США	2,8	2,7	3,7	17,4	2,17
К-42712	Перу	2,4	2,5	1,7	20,4	-1,81
К-39978	Франция	1,8	2,0	1,5	15,5	-1,30
К-43260	Франция	2,6	2,1	2,1	11,7	0,16
ΣYj	–	64,2	72,8	85,7	–	–
Yj	–	2,0	2,4	2,8	–	–
Ij	–	-0,32	-0,05	+0,37	–	–
HCP ₀₅	–	0,52	0,45	0,45	–	–

Более высокая, чем у стандарта (4,0 кг/м²), урожайность зеленой массы была получена у К-50545 (4,9 кг/м²) и К-50561 (4,3 кг/м²).

В 2017 году размах варьирования урожайности зеленой массы образцов составлял 2,0–2,8 кг/м² при средней по опыту 2,4 кг/м². В этот год ни один из изучаемых образцов по урожайности не превзошел стандарт (2,8 кг/м²).

Подсчет коэффициента вариации урожайности зеленой массы образцов люцерны пока-

зал, что у К-36104 (7,7%), К-48778 (3,1%), К-45715 (4,2%), К-47800 (8,1%), К-47802 (10,6%) изменчивость этого признака была слабой. У образцов К-43260, К-39978, К-47807, К-47804 и К-43269 изменчивость была средней. У большей же части образцов изменчивость признака высокая.

Индекс условий среды (Ij) был более благоприятным в 2018 году (+0,37).

Оценка влияния условий выращивания основана на предположении о корректности ли-

нейной регрессии с характером отклика генотипов на экологические условия. Поэтому коэффициент регрессии b_i показывает степень реакции генотипа на изменение условий среды и дает ему оценку пластичности и стабильности в разных условиях. При $b_i > 1$ генотип обладает большей отзывчивостью на улучшение условий возделывания, при $b_i < 1$ меньшей отзывчивостью (Зыкин и др., 2005).

В нашем случае оцениваемые образцы разделились на две примерно равные группы. Одни реагируют на изменения условий с b_i от 1,6 (К-43269) до 5,27 (К-50545). Эти образцы целесообразно использовать при создании сортов для возделывания в интенсивных условиях. Другая часть образцов с коэффициентом регрессии b_i от 0,92 до -2,46 выделяются слабой отзывчивостью на изменение условий, но позволяют формировать стабильную

урожайность в неблагоприятных условиях. Образцы несут в себе признаки, которые важны при создании сортов для возделывания в экстремальных и экстенсивных условиях.

Индекс разницы минимальной и максимальной урожайности ($Y_{\min}-Y_{\max}$) отражает уровень устойчивости изучаемых образцов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностями образца, тем выше его устойчивость к стрессу (Гончаренко, 2015). Среди изучаемых образцов люцерны наименьшей разницей обладали К-36104 (-0,4 кг/м²), К-48778 (-0,1 кг/м²), К-42694 (-0,2 кг/м²), К-45715 (-0,2 кг/м²), К-47800 (-0,4 кг/м²), К-47801 (-0,5 кг/м²), К-47802 (-0,4 кг/м²), К-43260 (-0,5 кг/м²). Стрессоустойчивость стандарта Ростовская 90 составляла при этом 1,7 кг/м² (табл. 3).

3. Параметры адаптивности образцов люцерны по признаку «урожайность зеленой массы» (2016–2018 гг.)

3. Adaptability parameters of the alfalfa samples according to the trait 'green mass productivity' (2016–2018)

Сорт, образец	Страна происхождения	Размах варьирования урожайности (min – max), кг/м ²	Стрессо-устойчивость $Y_{\min} - Y_{\max}$, кг/м ²	Генетическая гибкость, $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$	Стабильность коэффициент S_i^2
Ростовская 90, ст.	Россия	2,3–4,0	-1,7	3,14	2,87
К-27166	Канада	1,6–3,6	-2,0	2,62	3,68
К-32783	Канада	1,7–2,5	-0,9	2,09	0,81
К-33299	Канада	1,3–2,4	-1,1	1,83	2,14
К-36104	Канада	2,8–3,2	-0,4	3,01	0,28
К-42684	Канада	1,3–2,4	-1,1	1,85	2,20
К-42685	Канада	1,6–2,6	-1,0	2,09	0,73
К-43269	Канада	2,6–3,4	-0,9	2,98	1,12
К-43272	Канада	2,6–3,9	-1,3	3,26	3,00
К-48771	Канада	2,0–3,2	-1,2	2,59	2,03
К-48773	Канада	1,5–2,5	-1,1	1,98	0,66
К-48774	Канада	1,5–2,8	-1,3	2,17	1,03
К-48775	Канада	1,6–3,8	-2,2	2,71	5,68
К-48776	Канада	2,0–3,1	-1,1	2,54	1,96
К-48778	Канада	2,1–2,2	-0,1	2,17	0,01
К-50545	Канада	1,8–4,9	-3,1	3,36	12,78
К-50561	Канада	2,0–4,3	-2,3	3,14	8,68
К-42249	США	1,2–2,1	-0,9	1,66	1,60
К-42694	США	1,8–2,0	-0,2	1,98	3,81
К-45119	США	1,8–4,5	-2,7	3,15	10,89
К-45715	США	2,3–2,5	-0,2	2,40	0,03
К-47800	США	2,1–2,5	-0,4	2,32	0,08
К-47801	США	1,9–2,4	-0,5	2,16	0,52
К-47802	США	1,8–2,2	-0,4	2,01	0,35
К-47803	США	2,1–2,7	-1,6	1,89	4,56
К-47804	США	2,1–2,8	-0,7	2,46	0,94
К-47806	США	2,0–4,9	-2,9	3,46	11,81
К-47807	США	2,7–3,7	-1,0	3,21	1,81
К-42712	Перу	1,7–2,5	-0,8	2,12	1,28
К-39978	Франция	1,5–2,1	-0,6	1,78	0,60
К-43260	Франция	2,1–2,6	-0,5	2,34	0,15

Генетическая гибкость образца, или его компенсаторная способность в стрессовой ситуации, характеризует индекс $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$

(Гончаренко и др., 2015). В этом случае, чем выше этот индекс, тем выше степень соответствия между генотипом объекта и фактора-

ми среды. Генетическая гибкость стандарта Ростовская 90 в период изучения составляла 3,14 кг/м². Больше она была у образцов К-43272 (3,26 кг/м²), К-50545 (3,36 кг/м²), К-47806 (3,46 кг/м²), К-48807 (3,21 кг/м²). Использование этих образцов в скрещивании позволит получить гибридный материал, обладающий высокой компенсаторной способностью в стрессовых условиях.

По коэффициенту стабильности, рассчитанному по дисперсии отклонений фактических урожаев от теоретически ожидаемых, выполнена оценка коллекционных образцов люцерны на стабильность их реакции при возделывании на зеленую массу. Расчет показал, что наименьший коэффициент Si^2 (большую стабильность реакции) имели образцы К-36104

(0,28), К-48778 (0,01), К-45715 (0,03), К-47800 (0,08) и К-43260 (0,15). Эти образцы превосходили по стабильности реакции стандарт (2,87). Меньшей стабильностью реакции выделились образцы К-50545 (12,78), К-45119 (10,89) и К-47806 (11,81).

Селекционная работа с люцерной направлена не только на повышение урожайности, но и на улучшение ее качества за счет повышения содержания сырого протеина. Поэтому важна оценка исходного материала люцерны по параметрам экологической пластичности по признаку «содержание сырого протеина».

Дисперсионный анализ изучаемых образцов люцерны выявил наличие взаимодействия генотипов и среды по этому признаку и корректность проведенного опыта (табл. 4).

4. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны коллекционного питомника по признаку «содержание сырого протеина» (2016–2018 гг.)
4. The results of two-factor variance analysis of the alfalfa samples according to the trait 'raw protein percentage' (2016–2018)

Источники варьирования	Степени свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{факт}	F ₀₅	Доля фактора, %
Образец (А)	30	3,64	4,49	1,59	39,77
Условия (В)	2	8,44	10,34	3,10	6,13
Взаимодействие (АВ)	60	1,23	1,52	1,46	26,84
Повторение условия	3	1,65	2,74	2,71	–
Случайное отклонение	90	1,47	–	–	–

На изменение признака «содержание сырого протеина» наибольшее влияние оказывали фактор «образец» 39,77% и взаимодействие факторов образец-условия 26,84%. Доля влияния фактора «условия» составляла 6,13%.

Вариабельность содержания сырого протеина в сухом веществе по годам сла-

бая, коэффициент вариации составлял от 0,4 до 6,4%.

Более высоким содержанием сырого протеина выделялись образцы К-32783, К-33299, К-50545, К-47804, К-47807, К-42712, К-43260 (табл. 5).

5. Параметры адаптивности образцов люцерны коллекционного питомника по признаку «содержание сырого протеина» (2016–2018 гг.)
5. Adaptability parameters of the alfalfa samples according to the trait 'raw protein percentage' (2016–2018)

Сорт, образец (страна происхождения)	Содержание сырого протеина, % (min – max)	CV, %	Параметры адаптивности			
			$Y_{min} - Y_{max}$, %	$(Y_{max} + Y_{min})/2$	bi	Si^2
Ростовская 90, ст.	18,7–19,5	2,0	-0,8	19,10	2,57	0,38
К-27166 (Канада)	19,3–19,4	0,2	-0,1	19,33	0,80	0,01
К-32783 (Канада)	19,5–21,4	5,0	-2,0	20,43	-0,61	2,08
К-33299 (Канада)	19,1–21,7	6,4	-2,6	20,41	-9,91	4,51
К-36104 (Канада)	18,8–19,2	1,0	-0,4	18,97	4,19	0,27
К-42684 (Канада)	18,2–19,0	2,3	-0,9	18,59	-7,57	1,03
К-42685 (Канада)	17,6–18,7	3,0	-1,1	18,17	-5,73	0,96
К-43269 (Канада)	18,3–19,1	2,0	-0,8	18,67	2,25	0,35
К-43272 (Канада)	19,1–19,5	1,1	-0,4	19,27	2,02	0,13
К-48771 (Канада)	17,8–18,8	2,7	-1,0	18,33	-6,31	0,94
К-48773 (Канада)	18,6–19,1	1,4	-0,5	18,87	3,23	0,27
К-48774 (Канада)	18,3–19,3	3,0	-1,1	18,79	6,78	1,15
К-48775 (Канада)	19,0–19,7	1,8	-0,7	19,37	5,87	0,64
К-48776 (Канада)	19,7–19,7	0,9	-0,3	19,54	3,60	0,20
К-48778 (Канада)	19,8–20,4	1,7	-0,6	20,08	2,52	0,30
К-50545 (Канада)	20,0–21,5	3,8	-1,5	20,73	-1,77	1,23
К-50561 (Канада)	18,9–19,2	0,9	-0,3	19,02	0,85	0,07
К-42249 (США)	18,0–18,3	0,8	-0,3	18,13	-2,05	0,09

Сорт, образец (страна происхождения)	Содержание сырого протеина, % (min – max)	CV, %	Параметры адаптивности			
			$Y_{\min} - Y_{\max}, \%$	$(Y_{\max} + Y_{\min})/2$	bi	Si ²
К-42694 (США)	17,9–18,8	2,5	-0,9	18,33	6,34	0,88
К-45119 (США)	19,7–20,4	1,9	-0,7	20,02	0,59	0,29
К-45715 (США)	18,8–18,9	0,5	-0,2	18,85	1,89	0,06
К-47800 (США)	18,1–18,6	1,4	-0,5	18,38	-4,80	0,40
К-47801 (США)	19,0–19,2	0,6	-0,2	19,07	0,39	0,03
К-47802 (США)	17,3–18,8	4,2	-1,5	18,04	5,55	1,48
К-47803 (США)	19,2–19,4	0,5	-0,2	19,31	-1,35	0,04
К-47804 (США)	19,6–19,8	0,6	-0,2	19,67	-2,69	0,11
К-47806 (США)	18,2–19,2	2,8	-1,0	18,68	7,35	1,15
К-47807 (США)	19,7–19,8	0,4	-0,1	19,72	0,96	0,02
К-42712 (Перу)	20,0–20,2	0,6	-0,2	20,14	2,18	0,08
К-39978 (Франция)	18,3–19,4	3,0	-1,1	18,84	10,79	1,98
К-43260 (Франция)	19,6–21,0	4,0	-1,4	20,25	3,06	1,37

Устойчивость признака «содержание сырого протеина» изучаемых образцов люцерны к стрессовым условиям (индекс $Y_{\min} - Y_{\max}$) была выше у К-27166 (-0,1%), К-47807 (-0,1%), К-45715 (-0,2%), К-47803 (-0,2%), К-42712 (-0,2%), К-47801 (-0,2%), К-47804 (-0,2%), К-42712 (-0,2%).

Практически эти же образцы имели более высокую степень соответствия между генотипом образца и факторами среды по этому признаку. Индекс $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$ был у них наивысший (19,67–20,73), у стандарта Ростовская 90 он равнялся 19,10.

Проведенная оценка уровня экологической пластичности по признаку «содержание сырого протеина» показала, что обладают большей отзывчивостью на изменения условий выращивания генотипы: К-36104 (bi = 4,19), К-43269 (2,25), К-43272 (2,02), К-48773 (3,23), К-48774 (6,78), К-48775 (5,87), К-48776 (3,60), К-48778 (2,52), К-42694 (6,34), К-45715 (1,89), К-47802 (5,55), К-47806 (7,35), К-42712 (2,18), К-39978 (10,79), К-43260 (3,06). У стандарта Ростовская 90 bi = 2,57.

Большей стабильностью реакции по признаку «содержание сырого протеина» (с меньшим коэффициентом Si²) были генотипы К-27116, К-43272, К-50545, К-42694, К-47801, К-47803, К-47804, К-47807, К-42712. У стандарта Ростовская 90 коэффициент Si² равнялся 0,39.

Выводы. Оценка образцов люцерны на наличие у них адаптивных свойств по признаку «урожайность зеленой массы» показала, что в настоящее время в практической селекционной работе наибольший интерес могут представлять образцы со слабой отзывчивостью на изменения условий среды (К-32873, К-33299, К-42684, К-42249, К-78803); с высокой устойчивостью к стрессам (К-36104, К-48778, К-42694, К-45715, К-47800, К-47802, К-43260); генетически гибкие генотипы (К-43272, К-50545, К-47806, К-47807);

При селекции по признаку «содержание сырого протеина» важны для дальнейшей работы образцы с высоким содержанием сырого протеина и устойчивые к изменению этого признака (К-47807, К-47804, К-42712). Эти образцы будут использоваться в селекционной работе.

Библиографические ссылки

- Алабушев А.В., Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
- Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 1-2. С. 3–9.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
- Жученко А.А. Адаптивные системы селекции растений (эколого-генетические основы). М.: ООО «ОГО Русь», 2011. 1488 с.
- Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Недорезков В.Д., Исмаилов Р.Р., Кадиков Р.К., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.
- Козлов Н.Н., Коровина В.Л., Макаренков М.А., Клименко И.А., Трухан В.А., Комкова Т.Н., Сидоров Е.А. Роль исходного материала в селекции кормовых культур // Кормопроизводство: проблемы и пути решения: сб. статей. М.: ФГБУ «Росинформагротех», 2007. С. 335–343.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А. Справочник по кормопроизводству. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Россельхозакадемия, 2014. 717 с.
- Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы

- (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 8. С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ 18.436.
9. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Том 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
10. Kumar T., Bao A.K., Bao Z., Wang F., Gao L., Wang S.M., The progress of genetic improvement in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Czech. J. Genet. Plant Breed. 2018. 54(2). 41–51. DOI: 10.17221/46/2017-CJGPB.

References

1. Alabushev A.V., Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Suharev A.A. Vliyaniye srokov poseva po razlichnym predshestvennikam na urozhajnost' i kachestvo zerna myagkoj ozimoy pshenicy sorta Krasa Dona v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti [The effect of sowing dates and forecrops on productivity and grain quality of the winter soft wheat variety 'Krasa Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. Ocenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti inbrednykh liniy ozimoy rzhii [Estimation of ecological stability and adaptability of inbred lines of winter rye] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2015. № 1–2. S. 3–9.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]: uchebnik dlya vysshikh sel'skohozyajstvennykh uchebnykh zavedeniy. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Zhuchenko A.A. Adaptivnye sistemy selekcii rasteniy (ekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive systems of plant breeding (ecological and genetic basis)]. M.: OOO «OGO Rus'», 2011. 1488 s.
5. Zykin V.A., Belan I.A., YUsov V.S., Nedorezkov V.D., Ismailov R.R., Kadikov R.K., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rasteniy [Methodology for calculating and assessing the parameters of the ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa, 2005. 100 s.
6. Kozlov N.N., Korovina V.L., Makarenkov M.A., Klimenko I.A., Truhan V.A., Komkova T.N., Sidorov E.A. Rol' iskhodnogo materiala v selekcii kormovykh kul'tur [The role of initial material in feed crops breeding] // Kormoproizvodstvo: problemy i puti resheniya: sb. statej. M.: FGBU «Rosinformagrotekh», 2007. S. 335–343.
9. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Spravochnik po kormoproizvodstvu [Handbook for godder production]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Rossel'hozacademiya, 2014. 717 s.
7. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana [The value and stability of the yield of modern breeding material of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. T. 22. № 8. S. 939–950. DOI: 10.18699/VJ 18.436.
8. Rybas' I.A. Povysheniye adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur [Improvement of adaptability in the breeding of grain crops] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. Tom 51. № 5. S. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
10. Kumar T., Bao A.K., Bao Z., Wang F., Gao L., Wang S.M., The progress of genetic improvement in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Czech. J. Genet. Plant Breed. 2018. 54(2). 41–51. DOI: 10.17221/46/2017-CJGPB.

Поступила: 10.03.21; принята к публикации: 12.04.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Игнатьев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК: 633.112:631.527

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-41-45

ЯСЕНКА – НОВОЕ СЛОВО В ПОЛУЧЕНИИ «ЗОЛОТОГО ЗЕРНА» ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

А.А. Мудрова, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, mudrova.alya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7292-0867;

А.С. Яновский, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, yanovskij@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-3169-6066;

Л.А. Беспалова, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, bespalova_l_a@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0245-7835;

А.Н. Боровик, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, kniish@kniish.ru, ORCID ID: 0000-0003-1058-6255

ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко»,
350012, г. Краснодар, Центральная усадьба КНИИСХ; e-mail: kniish@kniish.ru

Цель исследований – создание нового, засухоустойчивого, адаптированного к местным условиям исходного материала и на его основе сортов яровой твердой пшеницы. Методом внутривидовой гибридизации и индивидуального отбора в F5 гибридной комбинации, полученной от скрещивания сортов Лилек х Николаша, получен сорт пшеницы твердой яровой Ясенка. Сорт короткостебельный, высокоустойчивый к полеганию. Среднеспелый, засухоустойчивый. Потенциальная продуктивность высокая. Максимальная урожайность 6,44 т с 1 га получена в 2017 году при посеве по гороху. В среднем за три года конкурсного сортоиспытания (2015–2017 гг.) его урожайность составила 6,02 т с 1 га, что выше, чем у сортов Вольнодонская на 1,08 и Николаша на 0,40 т с 1 га. Установлено преимущество по урожайности перед другими сортами при посеве в поздние сроки. Показатели качества зерна и макарон высокие. При оценке зерна по международному стандарту ISO 21415-2 у сорта Ясенка выявлен высокий (94) индекс глютена Gluten Index и индекс цвета Minolta «b» (30), что соответствует мировому уровню качества. В естественных условиях характеризуется полевой устойчивостью к основным листовым грибным болезням. На фоне искусственного заражения выявлена высокая устойчивость к пыльной головне, мучнистой росе и твердой головне, устойчивость к септориозу и бурой ржавчине, умеренная восприимчивость к фузариозу колоса. Включен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2018 года. Защищен патентом РФ.

Ключевые слова: пшеница, адаптивность, урожайность, индекс глютена, индекс Minolta.

Для цитирования: Мудрова А.А., Яновский А.С., Беспалова Л.А., Боровик А.Н. Ясенка – новое слово в получении «золотого зерна» твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 41–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-41-45.



'YASENKA' IS A NEW WORD IN OBTAINING THE 'GOLDEN GRAIN' OF DURUM WHEAT

A.A. Mudrova, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of wheat and triticale breeding and seed production, mudrova.alya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7292-0867;

A.S. Yanovsky, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of wheat and triticale breeding and seed production, yanovskij@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-3169-6066;

L.A. Bespalova, academician of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of wheat and triticale breeding and seed production, bespalova_l_a@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0245-7835;

A.N. Borovik, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of wheat and triticale breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1058-6255

National Center of grain named after P.P. Lukyanenko,
350012, Krasnodar, Central estate of KRIA; e-mail: kniish@kniish.ru

The purpose of the current study was to develop a new drought-resistant initial material, adapted to local conditions and spring durum wheat varieties on its basis. Due to the method of intraspecific hybridization and individual selection, there has been developed the spring durum wheat variety 'Yasenka' in the F5 hybrid combination obtained from crossing the varieties 'Lilek x Nikolasha'. The developed variety is short-stemmed, middle maturing, resistant to drought and lodging. Its potential productivity is high, due to the maximum yield of 6.44 tons per hectare obtained in 2017 when sowing after peas. On average, over three years of competitive variety testing (2015–2017), its yield was 6.02 tons per hectare, which is higher than that of the varieties 'Volnodonskaya' on 1.08 and 'Nikolasha' on 0.40 tons per hectare. There has been found an advantage in terms of productivity over other varieties when sowing at a later date. Grain and pasta quality indicators are high. When evaluating grain according to the international standard ISO 21415-2, the variety 'Yasenka' showed a high Gluten Index (94) and a Minolta color index "b" (30), which corre-

sponds to the world quality level. Under natural conditions, it is characterized by field resistance to the main leaf fungal diseases. Against the background of artificial infection, there has been established high resistance to head smut, powdery mildew and hard smut, resistance to septoria blotch and brown rust, moderate susceptibility to head blight. The variety has been included into the State List of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2018 and it's protected by the patent of the Russian Federation.

Keywords: wheat, adaptability, productivity, gluten index, Minolta color index.

Введение. Твердая пшеница *Triticum durum* Desf – один из старейших злаков на земле, имеющий собственную нишу. Ее ценность заключается в высококачественном янтарно-желтого цвета зерне, содержащем 14–17% протеина, что на 1–4% больше, чем в зерне мягкой пшеницы. Традиционно зерно твердой пшеницы используется для производства макарон (пасты) и макаронных изделий (Романенко и др., 2018). Качество пасты в значительной степени определяется массовой долей клейковины, формируемой на основе белковых веществ в зерне, которые являются незаменимыми компонентами для образования структуры пасты. Белковый матрикс является своеобразным барьером на пути активных ферментов к крахмалу, что защищает его от быстрого гидролиза и накопления глюкозы с инсулиновым откликом. Эти свойства пасты относят ее к группе медленно перевариваемых крахмалистых продуктов с низким гликемическим индексом (Padalino L et al., 2014; Agnelo Sicignano et al., 2015). Международные эксперты считают, что макаронные качества в используемом сырье формируются на 40% количеством клейковины, на 40% ее качеством и на 20% содержанием каротиноидных пигментов (Sisson M. 2008). Твердая пшеница имеет большой потенциал экспорта. Она относится к премиальному рыночному классу пшениц, имеющему высокие стандарты качества зерна на рынке. По международной классификации уровень белка в зерне 13% является стандартом, превышающий 14% приносит существенную прибыль при продаже (Гончаров и др., 2018).

Для производства лучших макаронных изделий необходимы сорта пшеницы со строго заданными параметрами качества, соответствующими мировым стандартам. В связи с этим необходимо иметь сорта, которые способны не только проявить превосходство по урожайности, но и гарантировать качественные коммерческие характеристики, востребованные на мировом рынке. Их создание повысит уровень конкурентоспособности по сравнению с западными сортами и другими достижениями в этом направлении (Мудрова и др., 2019).

По инициативе академика Л. А. Беспаловой в 2001 году была возобновлена работа по селекции сортов яровой твердой пшеницы. Для быстрого получения практического результата был заключен долгосрочный договор о научном сотрудничестве и совместной селекции с НИИСХ Юго-Востока, одним из ведущих учреждений по работе с яровой твердой пшеницей. Весной 2001 года был привезен обширный селекционный материал, который при изучении оказался очень засухоустойчивым, с высокими темпами весеннего роста и с высокими

параметрами качества зерна и макарон. Вместе с тем, он не отвечал модели сорта яровой твердой пшеницы для более увлажненных условий Кубани. Наряду с положительными признаками, негативными для наших условий явились высокорослость, низкая устойчивость к полеганию, сильное поражение местными популяциями желтой, бурой и стеблевой ржавчин. Была продолжена работа по созданию нового исходного материала, отвечающего заданным параметрам. Рабочая коллекция яровой твердой пшеницы пополнилась образцами из СИММИТ, США, Канады, Франции, Украины, Казахстана, Италии, а также новыми сортами отечественной селекции (Мудрова и др., 2018).

Целью наших исследований явилось создание нового засухоустойчивого, адаптированного к местным условиям исходного материала и на его основе сортов яровой твердой пшеницы. В результате были получены, переданы на государственное сортоиспытание и впоследствии внесены в Госреестр РФ сорта Крассар, Николаша, Лилек (Боровик и др., 2014). В 2015 году на государственное сортоиспытание передан новый высококачественный сорт Ясенка, который в 2018 году предложен к использованию в производстве.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований использован сорт Ясенка. Представлены результаты его изучения от года скрещивания до передачи на Государственное сортоиспытание (2005–2015 гг.), дальнейшее изучение в конкурсном и экологическом испытаниях (2016–2020 гг.). Исследования выполняли согласно методике, принятой в отделе (Лукьяненко, 1973), Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (2019), методическим указаниям ВИР (1968). Питомники яровой твердой пшеницы в разные годы изучали по предшественникам занятый пар, горох, кукуруза на зерно, озимая пшеница, что позволило оценить селекционный материал по потенциалу продуктивности, адаптивности и устойчивости к патогенам. Посев проводили в оптимальные сроки: конец третьей декады февраля – первая декада марта. Норма высева – 5 млн. зерен на 1 га. Площадь делянки в конкурсном сортоиспытании составляла 5 м², повторность опыта 5-кратная. В качестве стандартов использовали районированные сорта Вольнодонская и Николаша. С целью изучения адаптивного потенциала питомник высокой степени проработанности, конкурсное сортоиспытание, высевали во второй (поздний) срок – в конце марта-начале апреля. В фазу кущения проводили азотную подкормку аммиачной селитрой в дозе N₃₅–N₇₀. В зависимости от предшественника азот вносили дифференцированно:

по занятому пару и гороху – N_{35} , по колосовому и кукурузе на зерно – N_{70} . В начале кущения проводили первую инсектицидную обработку от листовых блошек и злаковых мух. Защиту от листовых болезней не проводили. Накануне уборки отбирали площадки для оценки элементов структуры урожая. Комбайновую уборку проводили комбайном фирмы Wintersteiger Classic. Устойчивость к болезням оценивали на искусственно созданном инфекционном фоне в лаборатории селекции на иммунитет отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, а также в поле при естественном развитии болезней. Оценка качества зерна выполнена на приборе INFRATEK 1241, оценка качества клейковины – на приборе Glutamate 2200, оценка индекса цвета «b» – на колориметре Conica Minolta CR-410. Полная оценка качества зерна и макарон проведена в отделе технологии и биохимии зерна НЦЗ им. П.П. Лукьяненко.

Результаты и их обсуждение. В 2005 году было проведено внутривидовое скрещивание сортов яровой твердой пшеницы Лилек х Николаша. В F_5 гибридной популяции выполнен индивидуальный отбор элитных колосьев, потомство которых изучалось в соответствующих питомниках согласно схеме селекционного процесса. В 2015 году линия Леукурм 311d48-6 под названием Ясенка передана на Государственное сортоиспытание.

Сорт среднеспелый, короткостебельный, с высокой устойчивостью к полеганию и засухе, хорошо кустится. В КСИ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в среднем за три года конкурсного сортоиспытания (2015–2017 гг.) его урожайность составила 6,02 т/га, что выше, чем у сортов Вольнодонская на 1,08 и Николаша на 0,40 т/га. Максимальная урожайность 6,44 т/га получена в 2017 году. Характеризуется более высокой урожайностью по сравнению со стандартными сортами и в других эколого-географических зонах. Хорошие результаты сорт Ясенка показал в экологическом сортоиспытании на севере Краснодарского края на СКСХОС и в Республике Калмыкия. В среднем за 2016–2017 гг. при урожайности 5,82 т/га превысил стандартные сорта Николаша и Вольнодонская на СКСХОС

на 1,31–1,85 т/га. В Республике Калмыкия при урожайности 2,53 т/га – на 0,28 и 0,58 т/га соответственно.

В ООО «Артель» Курской области в среднем за три года (2016–2018 гг.) средняя урожайность сорта составила 5,93 т/га, что на 0,4 т/га выше урожайности сорта Николаша. Максимальная урожайность, 7,48 т/га, отмечена в 2017 году. При этом содержание протеина в зерне варьировало от 15,4 до 17,1%, клейковины – от 24,5 до 27,5%. В Самарском НИИСХ им. Н.М. Тулайкова в среднем за четыре года (2015–2018) при урожайности 2,14 т/га сорт имел преимущество по урожайности перед сортами Николаша и Безенчукская степная на 0,15 и 0,39 т/га соответственно.

Для всех яровых культур раннего срока огромное значение имеют сроки сева, затягивание с которыми грозит потерей урожая от 25 % и более. Оптимальным является тот, который обеспечивает получение высокой урожайности зерна отличного качества. Для изучения адаптивного потенциала мы ежегодно высеем конкурсное сортоиспытание во второй (поздний) срок, которым для Краснодарского края является конец марта – начало апреля. При посеве в более поздние сроки Ясенка имеет преимущество перед другими сортами, формирует урожайность на уровне оптимальных сроков. В 2014 году была получена высокая степень ранжирования селекционного материала по влиянию срока сева на продуктивность. Наименьшее снижение урожайности отмечено у сорта Ясенка. При посеве в первом сроке она составила 6,17 в втором – 6,04 т/га. В среднем за 2014–2017 гг. при посеве в поздний срок при урожайности 5,22 т/га прибавка к урожайности сорта Николаша составила 1,93, сорта Вольнодонская 1,97 т/га.

Сорт Ясенка – это не только высокая продуктивность и адаптивность, но и высокое качество зерна и макарон. За 2015–2017 гг. в конкурсном сортоиспытании у сорта отмечено среднее содержание протеина 16,5%, клейковины 33,2, стекловидности 96%, натуры зерна 820 г/л, общей оценки макарон 4,8 балла (табл. 1).

1. Урожайность и качество зерна пшеницы твердой яровой, КСИ, горох (среднее за 2015–2017 гг.)

1. Productivity and quality of spring durum wheat grain, CVT, peas (mean for 2015–2017)

Сорт	Урожайность, т/га	Натура зерна, г/л	Стекло-видность, %	Содержание, %		Общая оценка макарон, балл
				протеина	клейковины	
Николаша, стандарт	5,62	806	95	14,3	32,3	4,5
Вольнодонская, стандарт	4,94	800	98	15,0	28,9	4,6
Ясенка	6,02	820	96	16,5	33,2	4,8
НСР _{0.05}	0,16	7,5	2,3	0,12	0,19	0,1

В 2018 году в ООО «Астраханский агропромышленный комплекс» изучали возможность получения высококачественного зерна яровой твердой пшеницы при орошении. У сорта Ясенка отмечено самое высокое качество зер-

на среди сортов разных селекций из различных регионов России. Содержание протеина в зерне составило 18,5–19,4, клейковины 32,6–34,3% (табл. 2).

2. Результаты оценки качества зерна пшеницы твердой яровой, выращенной в ООО «Астраханский агропромышленный комплекс» (2018 г.)

2. The results of quality estimation of spring durum wheat grain grown in LLC "Astrakhan Agro Industrial Complex" (2018)

Содержание протеина, %				Содержание клейковины, %			
Ясенка	Омская степная	Донская элегия	Безенчукская 210	Ясенка	Омская степная	Донская элегия	Безенчукская 210
ООО Астраханский агропромышленный комплекс, Инфралюм ФТ-10							
18,5	17,8	16,2	16,7	32,6	30,5	29,8	29,0
ОАО Крыловской элеватор, Инфралюм ФТ-10							
18,5	17,1	16,2	16,7	32,6	30,0	29,8	29,0
НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, Infratek 1241							
19,4	18,1	17,4	17,6	34,3	33,1	31,0	32,0

Оценка качества зерна, выполненная по международному стандарту ISO 21415-2 лабораторией ООО «Агропорт «Устье Дона» Русской Элеваторной компании (группа компаний Луис Дрейфус) 24.10.2018 г., выявила у сорта Ясенка высокий (81) индекс глютена

Gluten Index, что соответствует мировому уровню качества. Это подтверждается и результатами последующих оценок, выполненных в отделе технологии и биохимии зерна «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» (табл. 3).

3. Результаты анализа зерна яровой твердой пшеницы, КСИ, горох (среднее за 2019–2020 гг.)

3. The results of analysis of spring durum wheat grain, CVT, peas (mean for 2019–2020)

Сорт	Индекс глютена, %	Индекс цвета, «b Minolta»
Николаша, стандарт	54	25
Вольнодонская, стандарт	30	27
Ясенка	94	30

В среднем за два года индекс глютена составил 94%, индекс цвета «b» Minolta – 30. Таким образом, главная характеристика сорта Ясенка – это не только высокая и стабильная урожайность, но и мировой уровень качества зерна. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2018 году по 6 Северо-Кавказскому региону. Защищен патентом РФ.

Выводы. Создан и допущен к использованию в производстве сорт яровой твердой

пшеницы Ясенка, который превосходит другие сорта не только по урожайности, но и имеет качественные коммерческие характеристики, востребованные на рынке. Потенциал продуктивности сорта выше 6,0 т/га. Индекс глютена Gluten Index и индекс цвета «b Minolta» отвечают требованиям международного рынка на зерно твердой пшеницы (международный стандарт ISO 21415-2). Сорт толерантен к изменению сроков сева в сторону более поздних.

Библиографические ссылки

- Боровик А.Н., Беспалова Л.А., Васильчук Н.С., Гапонов С.Н. История и современное состояние селекции яровой твердой пшеницы на Кубани // Сборник научных трудов Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Краснодар, 2014. С. 95–111.
- Гончаров С.В., Курашов М.Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2(57). С. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66
- Мудрова А.А., Яновский А.С., Экоян А.А. Изучение инорайонных сортообразцов пшеницы твердой яровой по комплексу селекционно-ценных признаков в условиях Краснодара // Сборник статей КО ВОГИС. Краснодар. 2018. С. 70–71.
- Мудрова А.А., Яновский А.С., Беспалова Л.А., Боровик А.Н. Результаты селекции высококачественных сортов яровой твердой пшеницы // Сборник материалов IV международной научной конференции. Симферополь. 2019. С. 178–179. DOI: 10.33952/09.09.2019.85
- Романенко А.А., Беспалова Л.А., Мудрова А.А., Яновский А.С., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б., Новиков А.В., Агаев Р.А., Боровик А.Н., Букреева Г.И., Домченко М.И., Васильева А.М. Выращивание пшеницы твердой в Краснодарском крае: биология, морфология, элементы технологии. Рекомендации. Краснодар, 2018. 92 с. DOI: 10.33952/09.09.2019
- Agnelo Sicignano, Rossella Di Monaco, Paolo Mais and Silvana Cavella. From raw material to dish:pasta quality / Jornal of the Science of Food and Agriculture-March 2015. DOI:10.1002/Isfa.7176. Source: PubMed.
- Padalino L, Mastromatteo M, Lesse L, Spinelli S, ContoFand Del Nobile M.A. Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti // I Sci Food Agric 94:2196-2204 (2014). DOI:10.1002/isfa.6537
- Sisson M. Role of Durum Wheat Composition on the Qualiti of Pasta and Bred / M. Sisson // Food 2(2) Global Science Books. 2008. pp. 75–90.

References

1. Borovik A.N., Besspalova L.A., Vasil'chuk N. S., Gaponov S. N. Istoriya i sovremennoe sostoyanie selekcii yarovoj tverdoj pshenicy na Kubani [History and current state of spring durum wheat breeding in the Kuban] // Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo NIISKH im. P.P. Luk'yanenko. Krasnodar, 2014. S. 95–111.
2. Goncharov S.V., Kurashov M. YU. Perspektivy razvitiya rossijskogo rynka tverdoj pshenicy [Prospects for the development of the Russian durum wheat market] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2(57). S. 66–75. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66
3. Mudrova A.A., YAnovskij A.S., Ekoyan A.A. Izuchenie inorajonnyh sortoobrazcov pshenicy tverdoj yarovoj po kompleksu selekcionno-cennyh priznakov v usloviyah Krasnodara [The study of foreign durum spring wheat varieties according to a complex of breeding-valuable traits in Krasnodar conditions] // Sbornik statej KO VOGIS. Krasnodar. 2018. S. 70–71.
4. Mudrova A.A., YAnovskij A.S., Besspalova L.A., Borovik A.N. Rezul'taty selekcii vysokokachestvennyh sortov yarovoj tverdoj pshenicy [The breeding results of high-quality spring durum wheat varieties] // Sbornik materialov IV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Simferopol'. 2019. C. 178–179. DOI: 10.33952/09.09.2019.85
5. Romanenko A.A., Besspalova L.A., Mudrova A.A., YAnovskij A.S., Kudryashov I.N., Ablova I.B., Novikov A.V., Agaev R.A., Borovik A.N., Bukreeva G.I., Domchenko M.I., Vasil'eva A.M. Vyrashchivanie pshenicy tverdoj v Krasnodarskom krae: biologiya, morfologiya, elementy tekhnologii [cultivation of durum wheat in the Krasnodar Territory: biology, morphology, elements of technology]. Rekomendacii. Krasnodar, 2018. 92 s. DOI: 10.33952/09.09.2019.
6. Agnello Sicignano, Rossella Di Monaco, Paolo Mais and Silvana Cavella. From raw material to dish: pasta quality / Journal of the Science of Food and Agriculture-March 2015. DOI:10.1002/Isfa.7176. Source: PubMed.
7. Padalino L, Mastromatteo M, Lesse L, Spinelli S, Conto F and Del Nobile M.A. Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti // J Sci Food Agric 94:2196-2204 (2014). DOI:10.1002/isfa.6537
8. Sisson M. Role of Durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bread / M. Sisson // Food 2(2) Global Science Books. 2008. pp. 75–90.

Поступила: 14.12.20; принята к публикации: 15.02.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Мудрова А.А. – подготовка опыта, анализ данных, их интерпретация, подготовка рукописи; Яновский А.С. – выполнение полевых, лабораторных опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Бесспалова Л.А. – концептуализация исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Боровик А.Н. – подготовка опыта, выполнение полевых, лабораторных опытов, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ СРЕДНЕРАННИЙ СОРТ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ МАРУСЯ

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

А.А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Д.П. Донцов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

И.М. Засыпкина, агроном, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В последние годы в Ростовской области наблюдается значительное усиление континентальности климата в период вегетации озимых культур. Все это обуславливает необходимость создания новых сортов озимого ячменя интенсивного типа с высоким уровнем экологической пластичности, устойчивых к полеганию, листовым болезням и высоким уровнем потенциальной продуктивности. Цель исследования – создать новый высокопродуктивный стрессоустойчивый сорт озимого ячменя с высоким уровнем адаптивности и оценить его по хозяйственно-ценным признакам. В статье представлена агробиологическая характеристика сорта озимого ячменя Маруся, оригинатором и патентообладателем которого является Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской». Исследования проводили с 2018 по 2020 годы на полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской». Предшественник – горох. Учетная площадь делянки – 10 м², количество повторений – 6. В качестве стандарта использовали сорт озимого ячменя Тимофей. Разновидность – parallelum. Тип развития – двуручка. За годы изучения в конкурсном сортоиспытании ФГБНУ «АНЦ «Донской» (2018–2020) сорт формировал урожайность от 8,0 до 11,2 т/га, выше стандарта Тимофей в среднем от 0,5 до 1,5 т/га. С 2020 года решением Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений по Северо-Кавказскому региону. Проходит изучение по Центрально-Черноземному и Нижневолжскому регионам РФ. Стабильно высокая урожайность нового сорта достигается за счет крупного зерна и более высоких, чем у стандартного сорта Тимофей, показателей структуры урожайности и устойчивости к болезням.

Ключевые слова: озимый ячмень, сорт, стандарт, урожайность, крупнозерность, адаптивность, стабильность.

Для цитирования: Филиппов, Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Засыпкина И.М. Новый среднеранний сорт озимого ячменя Маруся // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-46-50.



THE NEW MIDDLE-MATURING WINTER BARLEY VARIETY 'MARUSYA'

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;

A.A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

D.P. Dontsov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

I.M. Zasyapkina, agronomist, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; email: vniizk30@mail.ru

Last years the Rostov region has faced a significant climate continentality increase during the growing season of winter crops. This factor makes necessary to develop new varieties of intensive winter barley with a high level of ecological adaptability, resistance to lodging and leaf diseases, with a high level of potential productivity. The purpose of the current study was to develop a new highly productive, stress-resistant winter barley variety with a high level of adaptability and to evaluate it according to economically valuable traits. The current paper has presented the agrobiological characteristics of the winter barley variety 'Marusya', the originator and patent holder of which is the Federal State Budgetary Scientific Institution "Agrarian Research Center "Donskoy". The research was carried out from 2018 to 2020 in the fields of experimental crop rotation of the department of barley breeding and seed production of the FSBSI "ARC "Donskoy". The forecrop was peas. The accounting plot area was 10 m², the number of repetitions was 6. The winter barley variety 'Timofey' was used as a standard variety. The species was parallelum. The type of development was facultative. Over the years of study in the Competitive Variety Testing of the FSBSI "ARC "Donskoy" (2018–2020), the variety produced from 8.0 to 11.2 t/ha, that exceeded the standard variety 'Timofey' on 0.5–1.5 t/ha. Since 2020, the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops decided to include the variety 'Marusya' in the State List of Breeding Achievements in the North Caucasus region. The variety is being studied in the Central Blackearth and Lower Volga regions of the Russian Federation. The consistently high productivity of the new variety is achieved due to the large grain and higher indicators of the yield structure elements and resistance to diseases in comparison with those of the standard variety 'Timofey'.

Keywords: winter barley, variety, standard, productivity, large grain, adaptability, stability.

Введение. Зерновое хозяйство является основой сельскохозяйственного производства. Наличие запасов зерна в объемах, достаточных обеспечить потребности населения в продовольствии, животноводство в кормах, промышленность в сырье, и определяет независимость государства (Урбан, 2009). Один из главных факторов обеспечения продовольственной безопасности – это создание новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур (Алабушев, 2012).

В Ростовской области ячмень стабильно занимает 2 место в структуре посевных площадей после озимой пшеницы по площади посева и является основной зернофуражной культурой региона (Раева и др., 2017). Озимый ячмень – культура с большим потенциалом продуктивности, так как он использует зимне-весенние запасы влаги, экономно расходует их и формирует урожайность значительно выше чем яровой, что и делает эту культуру более доходной (Филиппов и др., 2014). В последние десятилетия в связи с изменением климата в сторону потепления ареал возделывания озимого ячменя значительно расширился. Еще 30–40 лет назад его возделывали только на юге Ростовской области, то в настоящее время сорт местной селекции Жигули внесен в Госреестр по 6, 7, 8 (Северо-Кавказский, Средневолжский, Нижневолжский) регионам РФ, а сорт Ерема по 6 и 8 регионам РФ (Филиппов и др., 2016).

В последние годы в Ростовской области наблюдается значительное усиление континентальности климата в период вегетации озимых культур (Грабовец, 2009). Усиление проявления засушливости климата фактически во все фазы роста и развития озимых культур обуславливает необходимость создания новых сортов озимого ячменя, более приспособленных к современным вызовам природы. В первую очередь это высокопродуктивные, зимостойкие, ранне- и среднеспелые группы с крупным хорошо выполненным зерном, устойчивые к полеганию и поражению болезнями. На настоящий момент большое внимание селекционеры уделя-

ют изучению адаптивности (Nevo, 2015) и стабильности сортов (Du и др., 2011).

Цель исследования – создать новый высокопродуктивный стрессоустойчивый сорт с высоким уровнем адаптивности и оценить его по хозяйственно-ценным признакам.

Материалы и методика исследований. Данные исследования проводили на полях научного севооборота отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской». Предшественник – горох. Учетная площадь делянки – 10 м², количество повторений – 6. В качестве стандарта использовали сорт озимого ячменя Тимофей. Посев производили селекционной сеялкой Wintersteiger Plotseed на глубину 5–6 см, норма высева – 4,5 млн шт. на 1 га. Уборку осуществляли комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Закладку опытов, фенологические наблюдения и оценки осуществляли согласно Методике государственного сортоиспытания (2019). Статистическую обработку результатов проводили по методике Б.А. Доспехова (2014). Оценка экологической пластичности и стабильности произведена по методике S.A. Eberchart, W.A. Russell (1966) в редакции В.А. Зыкина и соавторов (2005).

Почвы относятся к группе чернозем обыкновенный карбонатный, тяжелоглинистый с содержанием в пахотном слое гумуса 3,2% азота легкоусвояемого 70–110 мг/кг почвы, фосфора подвижного – 10–40 мг/кг почвы, калия обменного 300–500 мг/кг почвы (Алабушев и др., 2008).

Климат последних лет в южной зоне Ростовской области характеризуется усилением проявления континентальности, что отражается в нестабильности урожайности по годам. Метеоданные в годы проведения исследований были достаточно контрастными и позволили в полной мере изучить сорт озимого ячменя Маруся по основным хозяйственно-ценным признакам.

Результаты и их обсуждение. Сорт Маруся создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции Мастер х Дар 7 (рис. 1).

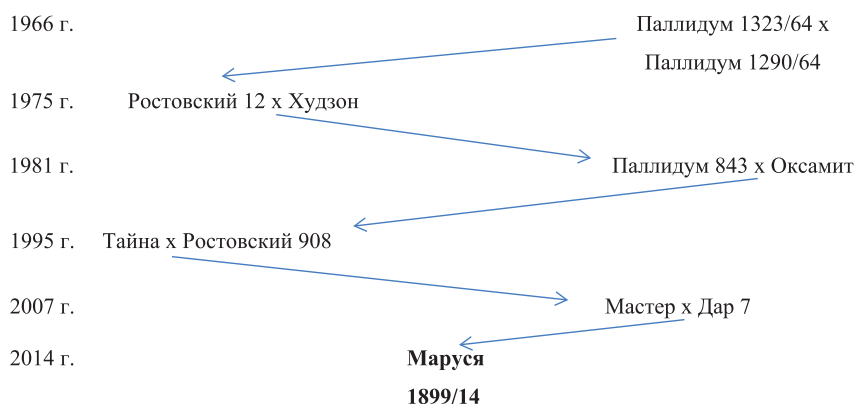


Рис. 1. Родословная сорта озимого ячменя Маруся
Fig 1. Origin of the winter barley variety 'Marusya'

Индивидуальный отбор выполняли в F_3 . В дальнейшем из 26 лучших семей высеянных в селекционном питомнике, выделено 6 луч-

ших линий, одна из которых и являлась родоначальницей сорта Маруся (табл. 1).

1. Схема создания сорта озимого ячменя Маруся 1. The scheme of developing the winter barley variety 'Marusya'

Год	Поколение	Питомник	Комбинация скрещивания и отбора	Объем отбора
2007	—	—	Мастер (ФГБНУ «АНЦ «Донской») x Дар 7 (ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко)	—
2008	F_1	Гибридный	Оценка по признакам	—
2009	F_2	-//-//-	Оценка по признакам	—
2010	F_3	-//-//-	Индивидуальный отбор	98
2011	F_4	Селекционный	Отбор лучших семей	26
2012	F_5	Контрольный	Отбор лучших семей	6
2013	F_6	Предварительное сортоиспытание	Отбор лучших линий	3
2014	F_7	Конкурсное сортоиспытание	Маруся (1899/14)	1
2015	F_8	-//-//-	Маруся	—
2016	F_9	-//-//-	Маруся	—

Ботаническое определение – *Hordeum vulgare* L. parallelum. Тип развития – двуручка. Куст прямостоячий. Соломина средняя, прочная, полая. Лист широкой, восковой налет в период кушения слабый, опушение отсутствует, окраска зеленая. Стеблевые узлы зеленые. Ушки серповидные, светло-зеленые, охват соломины полный. Язычок обыкновенный, средний. Колос шестирядный цилиндрический (в поперечном разрезе – прямоугольный) соломенно-желтой окраски, длиной 4–5 см, плотный (16–17 шт. члеников на 4 см колосового стержня). Колосовая чешуя в средней трети колоса узкая, ширина менее 1 мм, длиннее зерновки.

Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Нервация цветочных чешуй имеется и хорошо выражена. Зазубренность боковых нервов сильная. Ости длиннее колоса, кверху расходятся, зазубренность краев сильная. Окраска остей соломенно-желтая. Зерно крупное эллиптической формы соломенно-желтой окраски. Основание зерна – голое. Щетинка у основания зерна войлочная, тип опушения – длинное.

За годы изучения в конкурсном сортоиспытании ФГБНУ «АНЦ «Донской» (2018–2020 гг.) сорт формировал урожайность от 8,0 до 11,2 т/га, что выше стандарта Тимофей в среднем от 0,5 до 1,5 т/га (рис. 2).

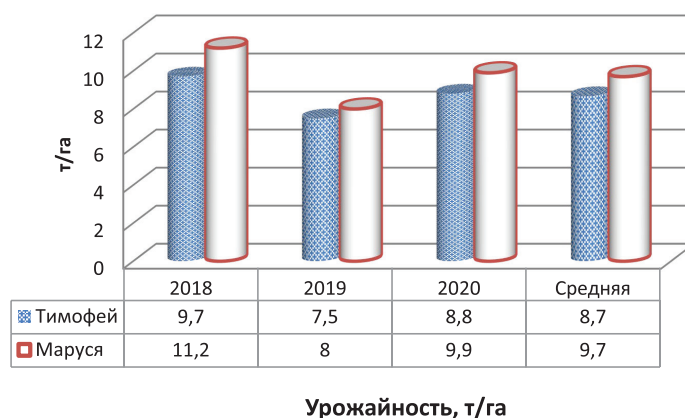


Рис. 2. Урожайность сорта Маруся в сравнении со стандартом (2018–2020 гг.)

Fig. 2. Productivity of the variety 'Marusya' in comparison with that of the standard variety (2018–2020)

Анализ структуры урожайности показывает, что сорт Маруся имеет преимущества

по сравнению со стандартом практически по всем представленным признакам (табл. 2).

2. Элементы структуры урожайности сорта Маруся в сравнении со стандартом (среднее за 2018–2020 гг.) 2. Yield structure elements of the variety 'Marusya' in comparison with those of the standard variety (mean value for 2018–2020)

Сорт	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г
Тимофей, ст.	431	51,3	42,7	2,2
Маруся	452	52,8	45,8	2,4

Сорт характеризуется стабильно высокой крупностью зерна, которая варьировала от 44,0 до 49,3 г, а превышение над стандартом – от 2,0 до 4,4 г.

Высокую урожайность по сравнению со стандартом сорт формирует за счет более высоких показателей структуры и крупного, хорошо выполненного зерна.

За годы проведения исследований проявление поражения мучнистой росой не наблюдалось.

Анализ устойчивости к поражению гельминтоспориозными пятнистостями показал, что в среднем за 2018–2020 гг. сорт Маруся более устойчив, чем стандарт к поражению данным патогеном (табл. 3).

3. Устойчивость к поражению гельминтоспориозными пятнистостями сорта Маруся в сравнении со стандартом (2018–2020 гг.)

3. Helmitosporious spot resistance of the variety 'Marusya' in comparison with that of the standard variety (2018–2020)

Сорт	Гельминтоспориозные пятнистости, балл		
	годы		
	2018	2019	2020
Тимофей, ст.	1–1,5	2–2,5	2–2,5
Маруся	1,0	1,5	1,5

За годы исследований индекс условий среды варьировал от $I_j = -1,62$ в 2019 году до $I_j = +1,27$ в 2018 году, что позволило оценить

сорт озимого ячменя Маруся в контрастных условиях выращивания (табл. 4).

4. Показатели экологической пластичности и стабильности (2018–2020 гг.)

4. Indicators of environmental adaptability and stability (2018–2020)

Сорт	Средняя урожайность за год, т/га			ΣY_i^*	Y_i^*	b_i^*	$\sigma^2 d^*$
	2018	2019	2020				
Тимофей	9,7	7,5	8,8	26	8,7	0,87	0,02
Маруся	11,2	8,0	9,9	29,1	9,7	1,11	0,04
I_j^*	1,27	-1,62	0,35	–	–	–	–

* ΣY_i – сумма урожайности по годам; Y_i – средняя урожайность за годы исследований; I_j – индекс условий среды (характеризует изменчивость условий, в которых выращивали сорта в данном опыте); b_i – коэффициента линейной регрессии (показывает отклик сорта на улучшение условий выращивания); $\sigma^2 d$ – среднее квадратическое отклонение (характеризует стабильность сорта в различных условиях среды).

Расчет показателей экологической пластичности и стабильности выявил, что сорт озимого ячменя Маруся с коэффициентом линейной регрессии $b_i = 1,11$ обладает более высокой агроэкологической адаптивностью по сравнению со стандартным сортом Тимофей ($b_i = 0,87$). Сорт Маруся обладает стабильной высокой урожайностью и продуктивностью ($\sigma^2 d = 0,04$), увеличение которой возможно при возделывании на высоком уровне агротехники.

Выводы. Новый среднеранний сортозимого ячменя Маруся создан в ФГБНУ «АНЦ «Донской». С 2020 года решением Государственной комиссии по сортоиспытанию

сельскохозяйственных культур внесен в Госреестр охраняемых селекционных достижений по Северо-Кавказскому региону. Проходит изучение по Центрально-Черноземному и Нижневолжскому регионам РФ.

Стабильно высокая урожайность нового сорта достигается за счет крупного зерна и более высоких, чем у стандартного сорта Тимофей, показателей структуры урожайности и устойчивости к болезням.

Сравнительно раннее созревание позволяет формировать урожайность до проявления суховейных явлений.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути эффективности отрасли растениеводства. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2012. 384 с.
2. Алабушев А.В., Коломийцев Н.Н., Лысенко И.Н., Пахайло А.И., Филиппов Е.Г., Щербаков В.И., Янковский Н.Г. Южно-Российские Технологии ячменя. Ростов-н/Д: ООО «Терра Принт», 2008. 272 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ. 2005. 100 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: ООО «Группа Компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
6. Раева С.А., Перепечаева В.П. Анализ сортовой структуры посевов ярового ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 70.
7. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларус. Навука, 2009. 269 с.
8. Филиппов, Е.Г., Донцова А.А. Особенности селекции ячменя на Дону // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1(43). С. 47–52.

9. Филиппов, Е.Г., Донцова А.А. Селекция озимого ячменя. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
10. Du J.B., Yuan S., Chen Y.E., etc. Comparative expression Analysis of dehydrins between two Barley varieties, wild Barley and tibetan hulless Barley associated with different stress resistance // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011. Vol. 33. № 2. Pp. 567–574. DOI: 10.1007/s11738-010-0580-0.
11. Ebeahart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell. *Corp Sci*. Vol. 6. 1966. № 1. P. 36–40.
12. Nevo E. Evolution of wild Barley at «Evolution Canyon»: Adaptation, speciation, pre-agricultural collection, and Barley improvement // *Israel Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 62. No. 1-2. Pp. 22–32. DOI: 10.1080/07929978.2014. 940783.

References

1. Alabushev A.V. Sostoyanie i puti effektivnosti otrasli rastenievodstva [The state and ways of an effective plant production industry (selected works)]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2012. 384 s.
2. Alabushev A.V., Kolomijcev N.N., Lysenko I.N., Pahajlo A.I., Filippov E.G., SHCHerbakov V.I., Yankovskij N.G. YUzhno-Rossijskie Tekhnologii yachmenya [South Russian barley technologies]. Rostov n/D: OOO «Terra Print», 2008. 272 s.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Zykin V.A., Belan I.A., YUsov V.S. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij [Methodology for calculating and assessing the parameters of the ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa: BashGAU. 2005. 100 s.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crop]. Moskva: OOO «Gruppa Kompanij More», 2019. Vyp. 1. 384 s.
6. Raeva S.A., Perepechaeva V.P. Analiz sortovoj struktury posevov yarovogo yachmenya v Rostovskoj oblasti [Analysis of the varietal structure of spring barley sowings in the Rostov region] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 4(52). S. 70.
7. Urban E.P. Ozimaya rozh' v Belarusi: selekciya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdel'nyaniya [Winter rye in Belarus: breeding, seed production, cultivation technology]. Minsk: Belarus. Navuka, 2009. 269 s.
8. Filippov, E.G., Doncova A.A. Osobennosti selekcii yachmenya na Donu [Features of barley breeding on the Don]. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 1(43). S. 47–52.
9. Filippov, E.G., Doncova A.A. Selekcija ozimogo yachmenya [Winter barley breeding]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2014. 208 s.
10. Du J. B., Yuan S., Chen Y. E., etc. Comparative expression Analysis of dehydrins between two Barley varieties, wild Barley and tibetan hulless Barley associated with different stress resistance // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011. Vol. 33. № 2. Pp. 567–574. DOI: 10.1007/s11738-010-0580-0.
11. Ebeahart S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell. *Corp Sci*. Vol. 6. 1966. № 1. P. 36–40.
12. Nevo E. Evolution of wild Barley at «Evolution Canyon»: Adaptation, speciation, pre-agricultural collection, and Barley improvement // *Israel Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 62. No. 1-2. Pp. 22–32. DOI: 10.1080/07929978.2014. 940783.

Поступила: 17.05.21; принята к публикации: 21.05.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад: Филиппов Е.Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцова А.А. – выполнение полевых опытов, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцов Д.П., Засыпкина И.М. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК: 633.367.2:631.526.32(470.32)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-51-56

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

А.С. Блинник¹, аспирант, преподаватель кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, aleks.blinnik@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5995-7155;

А.Г. Демидова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, ya.demidova-anyu@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5995-9310;

Л.А. Наумкина¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, naumkin47@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-2584;

О.Ю. Куренская¹, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, kuren.olya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-5620-078X;

М.И. Лукашевич³, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель направления селекции белого люпина, lupin_mail@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-9814-1642

¹ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина», 308503 Белгородская обл., Белгородский р-он, п. Майский, Вавилова, 1;

²ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, Шпаковский р-он, г. Михайловск, ул. Никонова, 49;

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт люпина», 241524, г. Брянск, пос. Мичуринский, ул. Берёзовая, 2

Исследования по сортоизучению растений люпина белого в условиях Белгородской области проводили в 2018–2019 гг. в полевых опытах на коллекционном питомнике кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина. В опыте изучали 4 сорта и 26 образцов люпина белого зернофуражного направления селекции ВНИИ люпина, в качестве стандарта взят сорт Мичуринский. Большинство образцов в опыте достоверно превысило стандарт по урожайности семян. В 2018 г. наибольшая урожайность 4,86 т/га получена у СН 40-15, что на 1,15 т/га превышает стандарт. Высокую урожайность от 4,19 до 4,82 т/га обеспечили образцы СН 78-16, СН 20-13, СН 15-13 и СН 816-09, которые значительно превысили стандарт на 0,48–0,61 т/га. В условиях 2019 г. достоверное увеличение урожайности по сравнению со стандартом от 0,24 до 2,1 т/га получено у 19 образцов и двух сортов Пилигрим и Тимирязевский. Наибольшую урожайность в опыте 5,26 и 5,24 т/га обеспечили СН 54-08 и СН 12-13. У образцов СН 77-17, СН 816-09, СН 1735-10, СН 17-14 прибавка урожайности по сравнению со стандартом составила 1,35–1,57 т/га. Наибольшую урожайность в опыте в среднем за 2 года (4,40–4,47 т/га) сформировали образцы СН 17-14 и СН 816-09, их прибавка по сравнению со стандартом составила 0,96–1,03 т/га, или 27,9–29,9%. Наибольшим коэффициентом адаптивности в опыте на уровне 1,36–1,38 отличались образцы СН 12-13 и СН 54-08. У большей части изучаемых образцов и сорта Алый парус он превысил единицу, что характеризует их как высокоадаптивные к засушливым условиям региона. По массе семян с 1 растения стандарт, у которого этот показатель равен 4 граммам, превышают большинство сортов и образцов. Масса 1000 семян в опыте изменялась от 234,8 г у СН 35–13 до 302,6 г у СН 25–11 при 264 г у стандарта.

Ключевые слова: люпин белый, сорта, образцы, урожайность семян, коэффициент адаптивности.

Для цитирования: Блинник А.С., Демидова А.Г., Наумкина Л.А., Куренская О.Ю., Лукашевич М.И. Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона // Зерновое хозяйство России. 2021 № 3(75). С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-51-56.



THE TESTING RESULTS OF THE NEW WHITE LUPINE VARIETIES AND SAMPLES IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

A.S. Blinnik¹, post graduate, lecturer of the department of plant production, breeding and olericulture, aleks.blinnik@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5995-7155;

A.G. Demidova², Candidate of Agricultural Sciences, senior of the laboratory for estimation of ecological state of agrocenosis, ya.demidova-anyu@yandex.ru, ORCID ID 0000-0001-5995-9310;

L.A. Naumkina¹, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant production, breeding and olericulture, naumkin47@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-0319-2584;

O.Yu. Kurenkaya¹, Candidate of Agricultural Sciences, of the department of plant production, breeding and olericulture, kuren.olya@rambler.ru, ORCID ID 0000-0001-5620-078X;

M.I. Lukashevich³, Doctor of Agricultural Sciences, head of the white lupine breeding, lupin_mail@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-9814-1642

¹Belgorodsk State Agricultural University named after V. Ya. Gorin, 308503, Belgorodsk region, belgorodsk district, v. of Maysky, Vavilov Str., 1;

²North-Caucasus FSAC, 356241 Stavropol Kray, Mikhaylovsk, Nikonov Str., 49;

³All-Russian Research Institute of Lupine, 241524, Bryansk, v. of Michurinsky, Berezhovaya Str., 2

The variety study of white lupine plants in the Belgorod region was carried out in field trials at the collection nursery of department of plant production, breeding and olericulture of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin in 2018–2019. In the trial there were studied 4 varieties and 26 samples of white lupine of grain-fodder selection developed by the All-Russian Research Institute of Lupine, the variety 'Michurinsky' was taken as a standard one. Most of the samples in the trial significantly exceeded the standard variety in the value of seed productivity. In 2018 the highest yield of 4.86 t/ha was obtained from the sample 'CH 40-15', which was on 1.15 t/ha higher than that of the standard variety. A high yield from 4.19 to 4.82 t/ha was produced by the samples 'CH 78-16', 'CH 20-13', 'CH 15-13' and 'CH 816-09', which significantly exceeded the standard variety on 0.48–0.61 t/ha. Under the conditions of the year of 2019, a significant productivity increase (from 0.24 to 2.1 t/ha) in comparison with the standard variety was produced by 19 samples and two varieties 'Pilgrim' and 'Timiryazevsky'. The largest productivity in the trial (5.26 and 5.24 t/ha) was produced by the samples 'CH 54-08' and 'CH 12-13'. The yield increase of the samples 'CH 77-17', 'CH 816-09', 'CH 1735-10', 'CH 17-14' was 1.35–1.57 t/ha in comparison with the standard variety. The highest mean yield in the trial for 2 years (4.40–4.47 t/ha) was formed by the samples 'CH 17-14' and 'CH 816-09', their increase was 0.96–1.03 t/ha or 27.9–29.9% in comparison with the standard variety. The samples 'CH 12-13' and 'CH 54-08' showed the highest coefficient of adaptability in the trial at the level of 1.36–1.38. The most of the studied samples and the variety 'Alyi Parus' possessed the coefficient of adaptability >1, which characterizes them as highly adaptable to the arid conditions of the region. The most varieties and samples exceeded the standard value of the trait 'seed weight per plant' which is 4 g. The value of the trait '1000-seed weight' in the trial varied from 234.8 g (the sample 'CH 35-13') to 302.6 g (the sample 'CH 25-11') in comparison with 264 g (the standard variety).

Keywords: white lupine, varieties, samples, seed productivity, coefficient of adaptability.

Введение. Наибольшее кормовое значение имеют люпин белый и узколистый, которые более урожайны, с низким содержанием алкалоидов и отличаются довольно широким ареалом возделывания (Calabrò, 2015; Mazur, 2019).

Успешные испытания сортов и образцов люпина белого и узколистого, проведенные в Белгородской области, показали их высокую приспособленность к данным почвенно-климатическим условиям и возможность внедрения в производство. Почвенно-климатическим условиям данного региона в большей степени по своим биологическим особенностям соответствует люпин белый, культура более засухоустойчивая и требовательная к плодородию почвы (Артюхов и др., 2016; Куренская и др., 2017; Наумкин и др., 2016; Наумкин и др., 2019).

В условиях лесостепи ЦЧР люпин белый возделывается сравнительно недавно и с каждым годом эта культура вызывает всё больший научный и производственный интерес, так как благодаря комплексу хозяйственно-полезных признаков и свойств считается перспективной для возделывания в регионе. Для успешного возделывания люпина белого в регионе необходимы засухоустойчивые, высокоурожайные и скороспелые сорта, приспособленные к конкретным почвенно-климатическим условиям (Артюхов и др., 2016; Наумкин и др., 2017; Яговенко и др., 2020).

Поэтому целью нашего исследования является определение наиболее высокопродуктивных сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина, адаптивные к засушливым условиям Белгородской области в условиях биологизации земледелия.

Материалы и методы исследований. Объект исследования – сорта и образцы люпи-

на белого *Lupinus albus* L. зернофуражного направления, полученные из ВНИИ люпина. В опыте изучали 4 сорта и 26 образцов люпина белого, в качестве стандарта использовали сорт Мичуринский (табл. 1). Исследования по сортоизучению растений люпина белого проводили в 2018–2019 гг. в полевых опытах на коллекционном питомнике кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина. Нами была проведена оценка продуктивности сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднесуглинистый малогумусный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое – 4,13%, pH солевой вытяжки – 5,4. Содержание гидролизующего азота по Корнфилду низкое (135,8 мг/кг), подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову – высокое (187,0 и 159,0 мг/кг почвы).

При закладке полевого опыта соблюдали существующие методические рекомендации. Опыт мелкоделаночный, площадь учетных делянок – 1,0 м², размещение делянок систематическое, повторность шестикратная. Предшественником люпина белого являлась яровая пшеница. Сроки посева культуры оптимальные при прогревании слоя почвы на глубине заделки семян до +6–7 °С сплошным рядовым способом с междурядьями 15 см, норма высева составляла 1,3 млн шт. всхожих семян на 1 га.

В целях уничтожения сорняков на 4-й день после посева люпина провели боронование БЗП-06, для предотвращения заболевания растений антракнозом по вегетации применяли Амистар Экстра в рекомендованной дозе.

Для проведения учётов и наблюдений в опыте использовали методику Государственного

сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985) и методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов (1997), для расчёта коэффициента адаптивности – метод Л.А. Животковой и др. (1994), для статистической обработки результатов исследований – метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и их обсуждение. В 2018 и 2019 гг. согласно метеоданным ближайшего метеопоста Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина периоды вегетации люпина белого, несмотря на специфические особенности каждого года, в целом отличались недостаточным количе-

ством осадков и их неравномерным распределением по месяцам и по декадам на фоне повышенного температурного режима. Несмотря на неблагоприятное влияние погодных условий на формирование урожайности семян сортов и образцов люпина белого, были получены довольно высокие показатели их продуктивности. Хотя реакция различных сортов и образцов на погодные условия конкретного года была неоднозначной, что привело к значительным колебаниям урожайности семян по годам исследования, большинство их достоверно превысили по этому показателю сорт-стандарт (табл. 1).

1. Урожайность семян сортов и образцов люпина белого (2018–2019 гг.) 1. Seed productivity of the white lupine varieties and samples (2018–2019)

№ п/п	Сорт, сортообразец	Урожайность семян, т/га			± к стандарту	
		2018	2019	среднее	т/га	%
					среднее	
1	Мичуринский, st	3,71	3,16	3,44	–	–
2	Пилигрим	3,91	3,60	3,76	+0,32	+9,3
3	Дега	3,60	3,00	3,30	-0,14	-4,1
4	Тимирязевский	4,12	3,40	3,76	+0,32	+9,3
5	СН 76-16	3,79	2,60	3,20	-0,24	-7,0
6	СН 1022-09	3,70	2,54	3,12	-0,32	-9,3
7	СН 1397-10	3,24	3,64	3,44	0	0
8	СН 51-11	3,99	3,50	3,74	+0,30	+8,7
9	СН 8-12	4,08	3,00	3,54	+0,10	+2,9
10	СН 15-15	3,93	3,58	3,76	+0,32	+9,3
11	СН 39-15	4,06	3,02	3,54	+0,10	+2,9
12	СН 40-15	4,86	3,60	4,23	+0,79	+23,0
13	СН 78-16	4,19	4,14	4,16	+0,72	+20,9
14	СН 18-13	3,90	4,30	4,10	+0,66	+19,2
15	СН 15-13	4,32	4,02	4,17	+0,73	+21,2
16	СН 55-14	3,53	4,23	3,88	+0,44	+12,8
17	СН 71-16	3,34	3,03	3,18	-0,26	-7,6
18	СН 816-09	4,32	4,62	4,47	+1,03	+29,9
19	СН 12-13	3,03	5,24	4,14	+0,70	+20,3
20	СН 1735-10	3,77	4,66	4,22	+0,78	+22,7
21	СН 54-08	3,28	5,26	4,27	+0,83	+24,1
22	СН 20-13	4,25	4,37	4,31	+0,87	+25,3
23	СН 35-13	3,72	4,00	3,86	+0,42	+12,2
24	СН 138-16	3,36	3,86	3,61	+0,17	+4,9
25	СН 77-17	3,74	4,51	4,12	+0,68	+19,8
26	СН 10-16	3,99	2,96	3,48	+0,04	+1,2
27	Алый парус (ПРИ-18)	3,62	4,20	3,91	+0,47	+13,7
28	СН 25-11	2,91	3,92	3,42	-0,02	-0,6
29	СН 2-17	3,42	3,39	3,41	-0,03	-0,9
30	СН 17-14	4,06	4,73	4,40	+0,96	+27,9
НСР ₀₅		0,09	0,23	–	–	–

В 2018 г. наибольшую урожайность в опыте 4,86 т/га обеспечил образец СН 40–15, который на 1,15 т/га превысил стандарт и значительно превысил большинство сортов и образцов. Высокую урожайность семян, находящуюся в интервале от 4,19 до 4,32 т/га и достоверно превышающую стандарт на 0,48–0,61 т/га, получили у образцов СН 78-16, СН 20-13, СН 15-13 и СН 816-09.

В условиях вегетационного периода 2019 г. колебания значений этого показателя в зави-

симости от сортов и образцов были более значительными от минимальной урожайности 2,54 т/га у СН 1022-09 до максимальной 5,26 т/га и 5,24 т/га у СН 54-08 и СН 12-13. Достоверное превышение стандарта по урожайности от 0,24 до 2,1 т/га обеспечили два сорта Пилигрим и Тимирязевский и 19 образцов. У образцов СН 77-17, СН 816-09, СН 1735-10, СН 17-14 этот показатель превышает 4,5 т/га, прибавка урожайности по сравнению со стандартом находилась у них в интервале 1,35–1,57 т/га.

Наибольшую урожайность в опыте в среднем за 2 года (4,40–4,47 т/га) сформировали образцы СН 17-14 и СН 816-09, их прибавка по сравнению со стандартом составила 0,96–1,03 т/га, или 27,9–29,9%, они достоверно превысили многие образцы в опыте. Четыре образца СН 1735-10, СН 40-15, СН 54-08, СН 20-13 превысили стандарт на 0,78–0,87 т/га, или 22,7–25,3%.

Для более полной реализации генетического потенциала сортов и образцов люпина белого в условиях юго-западной части ЦЧР

огромное значение имеет их способность адаптироваться к конкретным почвенно-климатическим условиям данного региона, стрессоустойчивость к неблагоприятным погодным явлениям, которые проявляются в весенне-летний период, как правило, в виде часто повторяющихся засух и суховеев.

Наибольшим коэффициентом адаптивности в опыте на уровне 1,36–1,38 отличались образцы СН 12-13 и СН 54-08. Этот показатель находился в интервале от 1,22 до 1,24 у трёх образцов СН 816-09, СН 1735-10, СН 17-14 (табл. 2).

2. Коэффициент адаптивности люпина белого (2018–2019 гг.) 2. Coefficient of adaptability of the white lupine (2018–2019)

№ п/п	Сорт, сортообразец	Коэффициент адаптивности	± к стандарту	№ п/п	Сорт, сортообразец	Коэффициент адаптивности	± к стандарту
1	Мичуринский, st	0,83	–	16	СН 55-14	1,11	0,28
2	Пилигрим	0,94	0,11	17	СН 71-16	0,80	-0,03
3	Дега	0,79	-0,4	18	СН 816-09	1,22	0,39
4	Тимирязевский	0,89	0,06	19	СН 12-13	1,36	0,53
5	СН 76-16	0,68	-0,15	20	СН 1735-10	1,23	0,4
6	СН 1022-09	0,67	-0,16	21	СН 54-08	1,38	0,55
7	СН 1397-10	1,02	0,19	22	СН 20-13	1,15	0,32
8	СН 51-11	0,92	0,09	23	СН 35-13	1,05	0,22
9	СН 8-12	0,79	-0,04	24	СН 138-16	1,02	0,19
10	СН 15-15	0,94	0,11	25	СН 77-17	1,19	0,36
11	СН 39-15	0,79	-0,04	26	СН 10-16	0,78	-0,5
12	СН 40-15	1,04	0,21	27	Алый парус (ПР-18)	1,11	0,28
13	СН 78-16	1,09	0,26	28	СН 25-11	1,03	0,2
14	СН 18-13	1,13	0,3	29	СН 2-17	0,89	0,06
15	СН 15-13	1,06	0,23	30	СН 17-14	1,24	0,41

У большей части изучаемых образцов и сорта Алым парус он превысил единицу, что характеризует их как высокоадаптивные к засушливым условиям региона.

Довольно устойчивым показателем, не подверженным резким колебаниям и ха-

рактерным для определённого сорта, является число бобов на 1 растение. В наших исследованиях оно составило от 3,3 у СН 1022-09 до 4,8 у СН 54-08 при 3,8 у стандарта (табл. 3).

3. Элементы структуры урожая люпина белого (2018–2019 гг.) 3. Yield structure elements of the white lupine (2018–2019)

№ п/п	Сорт, сортообразец	Число бобов на 1 растение, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
1	Мичуринский, st	3,8	4,0	264,0
2	Пилигрим	3,7	4,5	249,8
3	Дега	3,6	3,8	254,0
4	Тимирязевский	3,9	4,3	279,2
5	СН 76-16	3,4	3,3	248,8
6	СН 1022-09	3,3	3,6	240,0
7	СН 1397-10	3,8	4,6	252,0
8	СН 51-11	3,9	4,4	257,6
9	СН 8-12	3,5	3,8	251,2
10	СН 15-15	3,9	4,5	249,2
11	СН 39-15	4,0	3,8	243,2
12	СН 40-15	3,8	4,5	254,8
13	СН 78-16	4,2	4,9	273,8
14	СН 18-13	4,0	5,0	256,0
15	СН 15-13	4,2	4,8	272,6
16	СН 55-14	4,0	5,1	258,4
17	СН 71-16	3,7	3,8	250,0
18	СН 816-09	4,4	5,6	235,6
19	СН 12-13	4,7	6,0	270,4

№ п/п	Сорт, сортообразец	Число бобов на 1 растение, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
20	СН 1735-10	4,3	5,9	261,2
21	СН 54-08	4,8	6,0	254,4
22	СН 20-13	4,6	5,3	267,1
23	СН 35-13	3,8	4,9	234,8
24	СН 138-16	3,7	4,7	267,4
25	СН 77-17	4,2	5,7	279,8
26	СН 10-16	4,1	5,1	250,0
27	Алый парус (ПР-18)	4,0	5,3	285,7
28	СН 25-11	3,9	4,9	302,6
29	СН 2-17	3,7	3,4	272,4
30	СН 17-14	4,4	5,7	249,6
НСР ₀₅		1,68	2,81	68,41

По массе семян с 1 растения стандарт, у которого этот показатель равен 4 грамма, превышают большинство сортов и образцов. Масса семян с 1 растения в интервале от 5,6 до 6,0 г получена у образцов СН 816-09, СН 12-13, СН 1735-10, СН 54-08, СН 77-17, СН 17-14.

Масса 1000 семян в опыте изменялась от 234,8 г у СН 35-13 до 302,6 г у СН 25-11 при 264 г у стандарта. Низкой массой 1000 семян от 234,8 до 240,0 г отличались образцы СН 35-13, СН 816-09 и СН 1022-09, её снижение по сравнению со стандартом составило 29,2–24,0 г.

Выводы. В 2018 г. наибольшую урожайность в опыте 4,86 т/га обеспечил образец СН 40-15, который на 1,15 т/га превысил стандарт и значительно превысил большинство сортов и образцов. Высокую урожайность семян, находящуюся в интервале от 4,19 до 4,32 т/га и достоверно превышающую стандарт на 0,48–0,61

т/га, получили у образцов СН 78-16, СН 20-13, СН 15-13 и СН 816-09. Они отличались также высоким коэффициентом адаптивности, превышающим единицу, и высокими значениями элементов структуры урожая. По результатам испытания 2019 г. наибольшую урожайность в опыте 5,26 т/га и 5,24 т/га обеспечили СН 54-08 и СН 12-13. У образцов СН 77-17, СН 816-09, СН 1735-10, СН 17-14 этот показатель превысил 4,5 т/га, прибавка урожайности по сравнению со стандартом находилась у них в интервале 1,35–1,57 т/га, что свидетельствует об их высокой адаптационной способности и засухоустойчивости. Наибольшую урожайность в опыте в среднем за 2 года (4,40–4,47 т/га) сформировали образцы СН 17-14 и СН 816-09, их прибавка по сравнению со стандартом составила 0,96–1,03 т/га, СН 1735-10, СН 40-15, СН 54-08, СН 20-13 превысили стандарт на 0,78–0,87 т/га.

Библиографические ссылки

1. Артюхов А.И., Мельников В.И., Наумкин В.Н. Перспективы возделывания люпина в Белгородской области // Белгородский агромир. 2016. № 1(96). С. 40–46.
2. Наумкин В.Н., Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Куренская О.Ю., Агеева П.А. Агробиологическая оценка сортов и образцов кормового люпина в условиях Центрально-Чернозёмного региона // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2(18). С. 127–133.
3. Наумкин В.Н., Куренская О.Ю., Артюхов А.И., Агеева П.А. Агробиологическая оценка сортов и образцов люпина узколистного в условиях лесостепи Центрально-Чернозёмного региона // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 2(14). С. 84–89.
4. Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Куренская О.Ю., Лукашевич М.И., Агеева П.А. Оценка сортов люпина по урожайности и качеству семян, адаптивности и устойчивости растений к засухе // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1(21). С. 132–141.
5. Яговенко Г.Л., Захарова М.В., Лукашевич М.И. Потенциал зерновой продуктивности люпина белого и его реализация в условиях Центральной Нечернозёмной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2(34). С. 35–40. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11167.
6. Calabrò S., Cutrignelli M.I., Tudisco R., Grossi M., Infascelli F., Lo Presti V., Chiofalo V., Chiofalo B. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015. Т. 95. № 15. С. 3127–3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049
7. Mazur V.A., Pansyreva H.V., Mazur K.V., Didur I.M. Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants // Agronomy Research. 2019. Т. 17. № 1. С. 206–219. DOI: 10.15159/AR.19.024.

References

1. Artyuhov A.I., Mel'nikov V.I., Naumkin V.N. Perspektivy vozdel'yvaniya lyupina v Belgorodskoj oblasti [Prospects for the lupine cultivation in the Belgorod region] // Belgorodskij agromir. 2016. № 1(96). S. 40–46.
2. Naumkin V.N., Artyuhov A.I., Lukashevich M.I., Kurenskaya O.YU., Ageeva P.A. Agrobiologicheskaya ocenka sortov i obrazcov kormovogo lyupina v usloviyah Central'no-Chernozyomnogo regiona [Agrobiological estimation of feed lupine varieties and samples in the conditions of the Central Blackearth (chernozem) region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 2(18). S. 127–133.

3. Naumkin V.N., Kurenskaya O.YU., Artyuhov A.I., Ageeva P.A. Agrobiologicheskaya ocenka sortov i obrazcov lyupina uzkolistnogo v usloviyah lesostepi Central'no-CHernozyomnogo regiona [Agrobiological evaluation of varieties and samples of narrow-leaved lupine in the forest-steppe conditions of the Central Black Earth region] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2017. № 2(14). S. 84–89.
4. Naumkin V.N., Naumkina L.A., Kurenskaya O.YU., Lukashevich M.I., Ageeva P.A. Ocenka sortov lyupina po urozhajnosti i kachestvu semyan, adaptivnosti i ustojchivosti rastenij k zasuhe [Estimation of lupine varieties according to seed productivity and quality, plant adaptability and resistance to drought] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2019. № 1(21). S. 132–141.
5. YAgovenko G.L., Zaharova M.V., Lukashevich M.I. Potencial zernovoj produktivnosti lyupina belogo i ego realizaciya v usloviyah Central'noj Nechernozymnoj zony Rossii [Potential of white lupine productivity and its implementation in the conditions of the Central Non-Blackearth (chernozem) zone of Russia] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020. № 2(34). S. 35–40. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11167.
6. Calabrò S., Cutrignelli M.I., Tudisco R., Grossi M., Infascelli F., Lo Presti V., Chiofalo V., Chiofalo B. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*lupinus albus* L.) // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. T. 95. № 15. S. 3127–3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049.
7. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Didur I.M. Influence of the assimilation apparatus and productivity of white lupine plants // *Agronomy Research*. 2019. T. 17. № 1. S. 206–219. DOI: 10.15159/AR.19.024.

Поступила: 9.12.20; принята к публикации: 8.02.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Блинник А.С., Наумкина Л.А., Лукашевич М.И. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Блинник А.С., Наумкина Л.А., Демидова А.Г., Куренская О.Ю. – подготовка опыта, анализ данных и их интерпретация; Блинник А.С., Демидова А.Г. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ ОДНОЛЕТНИХ КУЛЬТУР В СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВАХ

Т.В. Родина¹, старший научный сотрудник отдела многолетних и однолетних трав, rodina008@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6670-417X;

В.И. Жужукин², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и генетика», ORCID ID: 0000-0001-5212-5938;

А.Н. Асташов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела многолетних и однолетних трав, ORCID ID: 0000-0002-2744-9428

¹ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго»,

410050, г. Саратов, ул. 1-й Институтский проезд, 4;

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

С целью создания устойчивых кормовых агрофитоценозов наиболее перспективным и низкочастотным направлением в кормопроизводстве является возделывание совместных посевов. Для изучения продуктивности сложных ценозов однолетних кормовых культур совместно с соей в 2015–2017 гг. на опытном поле института ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» заложены полевые опыты. Цель исследований – научно-практическое обоснование создания высокопродуктивных агрофитоценозов однолетних кормовых культур в совместных посевах с соей. На основании анализа данных по урожайности зеленой и сухой биомассы установлено, что в одновидовых посевах просовидных культур урожайность выше, чем в совместных посевах с соей, это объясняется меньшей продуктивностью бобового компонента. Наибольшая урожайность надземной биомассы в среднем за три года изучения получена у пайзы в чистом виде и составила 18,84 т/га, чумиза и могар формировали среднюю урожайность 16,13 и 15,60 т/га соответственно. В статье приведены данные продуктивности и исследованы кормовые достоинства одновидовых и двухкомпонентных посевов. Включение сои в состав совместных посевов повышает содержание белка в сухой биомассе кормосмесей по сравнению с одновидовыми посевами на 26,75–30,78%. Надземная биомасса сложных агроценозов содержит больше жира, золы и меньше клетчатки. Содержание жира по вариантам опыта варьировало от 2,15 до 5,40%, причем максимальное количество отмечено у сои в чистом виде (5,40%), а минимальное значение по этому показателю получено у пайзы в чистом виде (2,15%). Стоит отметить, что однолетние культуры на кормовые цели целесообразно возделывать совместно с соей, так как значительно повышается кормовая ценность укосной массы.

Ключевые слова: биомасса, валовая энергия, могар, пайза, совместные посевы, сорго зерновое, соя, чумиза.

Для цитирования: Родина Т.В., Жужукин В.И., Асташов А.Н. Продуктивность и питательность надземной биомассы однолетних культур в совместных посевах // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 57–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-57-61.



PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF ABOVEGROUND BIOMASS OF ANNUAL CROPS IN COMPANION SOWINGS

T.V. Rodina¹, senior researcher of the department of perennial and annual grasses, rodina008@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6670-417X;

V.I. Zhuzhukin², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant production, breeding and genetics, ORCID ID: 0000-0001-5212-5938;

A.N. Astashov¹, Candidate of Agricultural Sciences, main researcher of the department of perennial and annual grasses, ORCID ID: 0000-0002-2744-9428

¹Russian Research and Project-technological Institute of sorghum and maize "Rossorgo", 410050, Saratov, 1-st Institutsky, 4;

²Saratov Agricultural University named after N.I. Vavilov, 410012, Saratov, Teatralnaya Sq., 1

In order to develop stable feed agrophytocenoses, the most promising and low-cost direction in feed production is the cultivation of companion sowings. In order to study the productivity of complex cenoses of annual feed crops together with soybean there were field trials laid on the experimental plots of the FSBSI Russian Research and Project-technological Institute of sorghum and maize "Rossorgo" in 2015–2017. The purpose of the current study was to substantiate scientifically and practically the development of highly productive agrophytocenoses of annual feed crops in companion sowings with soybean. The analysis of green and dry biomass productivity values showed that in single-millet species crops, the productivity was higher than in companion sowings with soybean, this is explained by the lower productivity of the legume component. The highest mean productivity of aboveground biomass for three years of study (18.84 t/ha) was given by Japanese millet in its pure form. Siberian and Italian millet formed mean productivity of 16.13 and 15.60 t/ha, respectively. The current paper has presented data on productivity and has studied feed advantages of single-species and two-species sowings. The introduction of soybean in the composition of companion sowings has increased the protein percentage on 26.75–30.78% in dry biomass of feed mixtures in comparison with single-species crops. Aboveground biomass of complex agroecocenoses contained more oil, ash and less fiber. According

to the variants of the trial, the oil content varied from 2.15 to 5.40%, with the maximum amount identified in soybean in its pure form (5.40%), and the minimum value of this trait was obtained in Japanese millet in its pure form (2.15%). It is worth noting that it is advisable to cultivate annual crops for feed purposes together with soybean, since the feed value of the cutting mass significantly improves.

Keywords: biomass, gross energy, Italian millet, Japanese millet, companion sowings, grain sorghum soybean, Siberian millet.

Введение. На современном этапе развития сельского хозяйства, когда увеличение объемов продукции животноводства выходит на первый план, проблема создания прочной кормовой базы имеет большое значение. Основные виды кормов часто несбалансированны и не покрывают недостаток белка в кормовом рационе, что приводит к перерасходу кормов и увеличению себестоимости продукции животноводства.

В совместных посевах эффективно используются агроклиматические ресурсы за счет формирования высокопродуктивных и адаптивных фотосинтетических систем, что в конечном итоге, оказывает существенное влияние на суммарную урожайность биомассы и улучшение качественных показателей по сравнению с урожайностью культур монопосева (Родина и др., 2021).

Согласно литературным данным по изучаемым аспектам можно сделать вывод о том, что совместные посевы применяются в растениеводстве издавна и по настоящее время активно используются. По мнению ряда ученых-исследователей, для каждой почвенно-климатической зоны в целом и для каждого типа агроландшафта необходимо проектировать более устойчивые и урожайные с повышенными показателями качества кормовые агрофитоценозы, выделяющиеся разнообразием по видовому составу и трофическим отношениям (Белюченко, 2015; Нарушев и др., 2013; Belyuchenko, 2016; Shambhu S., 2016). Данное мнение справедливо и для малораспространенных культур, таких как чумиза, пайза и могар. Целью исследования являлось научно-практическое обоснование создания высокопродуктивных агрофитоценозов однолетних кормовых культур в совместных посевах с соей.

Материалы и методы исследований.

Для изучения продуктивности совместных посевов однолетних кормовых культур с соей в 2015–2017 гг. на опытном поле института ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» были заложены полевые опыты по следующей схеме: компоненты смеси высевали отдельными чередующимися рядками 3:3 согласно схеме опыта. Посев культур проводился овощной сеялкой СО-4.2 широкорядным способом (ширина междурядий 0,70 м). Норма высева просовидных культур – 2,00 млн шт./га, сои – 600 тыс. шт./га, сорго зернового – 300 тыс. шт./га. Размещение делянок – рендомизированное, площадь опытной делянки – 210 м², повторность – трехкратная. Агротехника выращивания – зональная: разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья (Жужукин и др., 2007).

Материалом для исследования послужили районированные сорта, включенные

в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию в регионе: пайза – Готика (вегетационный период – 100–115 дней, высота растений – до 135 см, масса 1000 семян – 3,5–4,1 г); могар – Стоик (вегетационный период – 100–110 дней, высота растений – до 150 см, масса 1000 семян – 3,0–3,5 г); чумиза – Стачуми 1 (вегетационный период – 95–105 дней, масса 1000 семян – 3,8–4,1 г); соя – Соер-4 (вегетационный период 105–113 дней, масса 1000 семян 135–180,0 г); сорго зерновое (СЗ) – Гранат (вегетационный период – 95–100 дней, высота растений – до 125 см, масса 1000 семян 30,8–31,5 г).

Метеорологические условия за вегетационный период кормовых культур в годы проведения исследований были следующие: 2016 и 2017 гг. характеризовались как засушливые (ГТК – 0,75 и 0,93), 2015 г. – очень засушливый (ГТК – 0,53), сумма температур достигала 2558,0 °С в 2016 году, а в 2015 и 2017 гг. – 2185,0 и 2279,0 °С соответственно.

Закладку полевого опыта, учеты и наблюдения выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Расчет валовой энергетической ценности надземной биомассы проводили по методике зоотехнического анализа кормов. Расчет обменной энергии выполнен согласно методике ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса (Григорьев, 2008). Статистическая обработка результатов исследований выполнена по методике Б.А. Доспехова с помощью программного обеспечения «Agros 2.09» (2014).

Результаты и их обсуждение. Урожайность – один из основных результирующих показателей сельскохозяйственного производства, который характеризует условия возделывания культуры (Алабушев 2008; Kumar, 2017). Учет урожая проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна – это оптимальный срок для скормливания в чистом виде и заготовки сочных кормов. В этот период с единицы площади получают высокую концентрацию энергии и питательных веществ урожая, содержание сухого вещества растений в этот период составляет 35–40%. Более ранняя уборка (в фазу молочной спелости) приводит к недобору корма с единицы площади, а при поздней уборке (восковая спелость зерна) консервировать массу нецелесообразно, вследствие увеличения содержания клетчатки и лигнификации клеточных оболочек (Худенко, 2008). На основании анализа данных по урожайности зеленой и сухой биомассы установлено, что в одновидовых посевах просовидных культур урожайность выше, чем в двухкомпонентных посевах с соей. Это объясняется меньшей продуктивностью бобового компонента. Урожайность сои

в чистом виде в среднем за три года составила 12,72 т/га. Наибольшая урожайность надземной биомассы в среднем за три года изучения получена у пайзы в чистом виде и составила 18,84 т/га, чумиза и могоар формировали среднюю урожайность 16,13 и 15,60 т/га соответ-

ственно. В совместных посевах с соей урожай зеленой и сухой биомассы несколько ниже, так например, при посеве с пайзой и чумизой урожайность зеленой биомассы снизилась на 13,49 и 8,25% соответственно, а сбор сухой биомассы – на 1,46 и 0,56% (табл. 1).

1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества в одновидовых и совместных посевах кормовых культур, т/га (2015–2017 гг.)

1. Productivity of green mass and dry matter in single-species and companion sowings of feed crops, t/ha (2015–2017)

Состав агроценоза	Зеленая масса, т/га				Сухое вещество, т/га			
	по годам			средняя	по годам			среднее
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Соя	13,12	13,20	11,35	12,72	4,64	4,03	3,78	4,15
Просо	18,52	13,70	13,09	14,84	5,28	5,79	4,00	5,02
Просо + соя	18,55	13,73	11,77	14,46	7,27	4,20	3,76	5,08
Чумиза	19,80	15,20	13,35	16,13	7,74	4,94	4,72	5,80
Чумиза + соя	15,71	14,15	13,94	14,80	6,27	5,37	4,79	5,48
Могоар	16,00	16,02	13,35	15,60	7,25	6,68	4,45	6,13
Могоар + соя	18,11	15,05	12,98	15,11	7,99	5,44	4,32	5,92
Пайза	22,02	18,01	16,45	18,84	6,92	5,94	5,66	6,17
Пайза + соя	17,72	17,30	14,12	16,30	6,69	6,77	4,79	6,08
СЗ	20,11	14,21	12,83	16,54	6,86	5,49	4,76	5,70
СЗ + соя	16,12	14,74	13,17	15,14	6,32	5,32	4,64	5,43
F _{фак.}	10,65*	4,5*	4,47*	4,15*	10,92*	11,16*	10,55*	12,96*
НСР ₀₅	0,74	0,70	0,62	0,73	0,30	0,25	0,33	0,45

Примечание: СЗ – сорго зерновое; * – степень достоверности на 0,05% уровне значимости.

Биохимический состав зеленой массы изменяется в течение всего периода вегетации растений. На начальных этапах развития содержится большое количество влаги, протеина и меньше клетчатки. В процессе роста и развития увеличивается доля содержания сухого вещества, растения грубеют, наращивается клетчатка (Родина и др., 2017). Анализируя

показатели биохимического состава надземной биомассы кормовых смесей, установлено, что наибольший сбор сырого протеина получен у сои в чистом виде (15,57%). В одновидовых посевах однолетних кормовых культур содержание сырого протеина варьировало в пределах 8,76–9,72%, минимальные показатели получены у сорго зернового (табл. 2).

2. Биохимический состав биомассы кормовых смесей (2015–2017 гг.)

2. Biochemical composition of biomass of feed mixtures (2015–2017)

Состав агроценоза	Содержание питательных веществ, % на абсолютно сухое вещество				
	протеин	жир	клетчатка	зола	БЭВ
Соя	15,57	5,40	24,39	9,14	37,19
Просо + соя	12,52	4,03	25,56	8,60	42,66
Просо	9,47	2,39	25,52	6,35	44,98
Чумиза	9,65	2,28	30,17	8,07	40,15
Чумиза + соя	12,49	3,66	28,58	8,06	37,36
Могоар	8,97	2,23	31,55	8,34	39,87
Могоар + соя	12,96	3,89	27,39	7,84	38,02
Пайза	9,72	2,15	29,83	7,53	40,78
Пайза + соя	12,32	4,34	23,20	8,07	41,50
СЗ	8,76	2,24	22,14	6,11	43,11
СЗ + соя	12,30	4,13	21,64	7,25	40,30
F _{фак.}	7,73*	28,07*	3,21*	9,77*	2,83*
НСР ₀₅	0,52	0,17	1,24	0,30	2,37

Примечание: СЗ – сорго зерновое; * – степень достоверности на 0,05% уровне значимости.

По нашим данным, включение сои в состав совместных посевов повышает содержание белка в сухой биомассе кормосмесей по сравнению с одновидовыми посевами в 1,3–1,4 раза. Зеленая биомасса сложных агро-

ценозов содержит больше жира, золы и меньше клетчатки. Содержание жира по вариантам опыта варьировало в пределах 2,15–5,40%, причем максимальное количество отмечено у сои в чистом виде (5,40%), а минимальное

значение по этому показателю получено у пайзы в чистом виде (2,15%). Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) относятся к легкопереваримым углеводам. В эту группу входят крахмал, сахара и пентозаны. В наших опытах отмечено незначительное снижение содержания БЭВ в кормосмесях по сравнению с одновидовыми посевами просовидных культур. Стоит отметить, что однолетние культуры на кормовые цели целесообразно возделывать совместно с соей, так как значительно повышается кормовая ценность укосной массы.

Содержание валовой энергии характеризует энергетическую ценность корма. Вследствие изменчивости урожайности надземной биомассы, а также показателей биохимического состава наблюдается различие по выходу валовой энергии с гектара. Интервал изменчивости энергетической ценности в сложных агроценозах составляет 81,74–95,75 ГДж/га. Биоэнергетическая оценка возделывания сложных агроценозов показала, что наибольший выход валовой энергии

отмечался при выращивании пайзы в смеси с соей и составил 95,75 ГДж/га, что на 19,30% выше посева сои в чистом виде, однако ниже на 9,97% одновидового посева пайзы. По всем вариантам опыта наблюдалась небольшая тенденция уменьшения выхода валовой энергии с гектара при выращивании кормовых культур с соей в сравнении с монопосевами просовидных и сорговых культур. Однако, концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества в поливидовых посевах выше, чем в одновидовых.

Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества является важным показателем качества корма. Известно, что качество корма и эффективность его использования тем выше, чем выше концентрация обменной энергии. В наших опытах максимальное содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества отмечено в двувидовых посевах пайзы с соей и составило 8,70 МДж, что на 11,70% выше монопосева пайзы. Отмеченная тенденция зафиксирована по всем вариантам опыта (табл. 3).

3. Продуктивность биомассы в одновидовых и поливидовых посевах кормовых культур (2015–2017 гг.)

3. Productivity of biomass in single-species and multi-species sowings of feed crops (2015–2017)

Состав агроценоза	Сбор сырого протеина, т/га	Валовая энергия в 1 кг сухой биомассы, МДж/кг	Выход валовой энергии, ГДж/га	Содержание обменной энергии, МДж
Соя	0,65	16,41	68,11	8,91
Просо + соя	0,64	16,28	81,74	8,69
Просо	0,48	15,30	77,72	8,18
Чумиза	0,56	15,30	88,73	7,63
Чумиза + соя	0,68	15,76	86,38	8,05
Могар	0,55	15,31	93,87	7,47
Могар + соя	0,77	15,87	93,93	8,25
Пайза	0,60	15,31	94,46	7,68
Пайза + соя	0,75	15,75	95,75	8,70
СЗ	0,50	14,16	80,72	7,93
СЗ + соя	0,67	15,18	82,44	8,56
F _{фак.}	16,41*		–	
НСР ₀₅	0,07		–	

Примечание: СЗ – сорго зерновое; * – степень достоверности на 0,05% уровне значимости.

Выводы. В опыте наблюдалась хорошая совместимость совместных посевов кормовых культур с соей, совпадающих по темпам роста и накоплению надземной и сухой биомассы. В результате исследований установлено, что урожайность зеленой и сухой биомассы просовидных культур в чистом посеве несколько выше, чем в совместном посеве с соей. Снижение урожайности в сложных агроценозах объясняется меньшей продуктивностью сои. Однако злаковые культуры на кормовые цели целесообразно возделывать совместно

с соей, так как значительно повышается кормовая ценность укосной массы. Сложные ценозы по урожайности надземной биомассы на 16,1–25,3% выше, чем посев сои в чистом виде. По сбору сырого протеина совместные посевы значительно продуктивнее монокультур злаков. Результаты биоэнергетической оценки возделывания сложных агроценозов показали, что максимальный выход валовой энергии с одного гектара получен при посеве пайзы с соей и составил 95,75 ГДж/га.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Коломийцев Н.Н., Лысенко И.Н., Пахайло А.И., Филиппов Е.Г., Щербаков В.И., Янковский Н.Г. Южно-Российские технологии ячменя. Ростов-на-Дону, 2008. 271 с.
2. Белюченко И.С. Взаимоотношения между сельскохозяйственными культурами в различных типах посевов в степной зоне края совместных посевов – современная экологическая проблема // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 108(4). С. 56–70.

3. Григорьев Н.Г., Скоробогатых Н.Н., Косолапов В.М. Оценка качества кормов по обменной энергии // Кормопроизводство. 2008. № 9. С. 21–22.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Нарушев В.Б., Бегишанова З.Б. Повышение продуктивности агроценозов и сохранение плодородия почв при возделывании смешанных посевов могора и сои в степном Поволжье // Плодородие. 2013. № 1. С. 34–35.
6. Родина Т.В., Асташов А.Н. Поливидовые посевы сахарного сорго – высокоэффективный способ повышения стрессоустойчивости кормовых агрофитоценозов // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 2(10). С. 97–102.
7. Родина Т.В., Бочкарева Ю.В., Асташов А.Н., Каменева О.Б., Поминов А.В., Бабушкин Д.Д. Некоторые аспекты производства высококачественных кормов в одновидовых и поливидовых посевах в условиях Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2021. № 1. С. 20–25. DOI: 10.17513/use.37559.
8. Belyuchenko I.S., Melnik O.A. Changing the properties of cultivated land is a real basis for the formation of new environmental niches Ecology, Environment and Conservation. 2016. V. 22(3), P. 1493–1496.
9. Lalit Kumar, Onesimo Mutanga Remote Sensing of Above-Ground Biomass. Remote Sens. 2017, 9(9), 935. DOI: 10.3390/rs9090935.
10. Shambhu S., Amresh C. To explore the possibilities of growing perennial grasses in association with legumes // Ecology, Environment and Conservation. 2016. V. 22(3), P. 1473–1477.

References

1. Alabushev A.V., Kolomijcev N.N., Lysenko I.N., Pahajlo A.I., Filippov E.G., SHCHerbakov V.I., YAnkovskij N.G. YUzhno-Rossiiskie tekhnologii yachmenya [South-Russian technologies of barley]. Rostov-na-Donu, 2008. 271 s.
2. Belyuchenko I.S. Vzaimootnosheniya mezhdru sel'skohozyajstvennyymi kul'turami v razlichnyh tipah posevov v stepnoj zone kraya sovmestnyh posevov – sovremennaya ekolo-gicheskaya problema [Development of combined crops is a present ecological problem] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 108(4). S. 56–70.
3. Grigor'ev N.G., Skorobogatyh N.N., Kosolapov V.M. Ocenka kachestva kormov po obmennoj energii [Evaluation of feed quality according to exchangeable energy] // Kormoproizvodstvo. 2008. № 9. S. 21–22.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]: uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Narushev V.B., Begishanova Z.B. Povyshenie produktivnosti agroecenozov i sohranenie plodorodiya pochv pri vozdeleyvanii smeshannyh posevov mogara i soi v stepnom Povolzh'e [Improvement of the agroecenoses productivity and soil fertility preservation during the cultivation of mixed sowings of mogar and soybean in the steppe Volga region] // Plodorodie. 2013. № 1. S. 34–3.
6. Rodina T.V., Astashov A.N. Polividoverye posevy saharnogo sorgo – vysokoeffektivnyj sposob povysheniya stressoustojchivosti kormovyh agrofitocenozov [Multi-species crops of sweet sorghum is a highly effective way to increase stress resistance of feed agrophytocenosis] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2017. № 2(10). S. 97–102.
7. Rodina T.V., Bochkareva Y.V., Astashov A.N., Kameneva O.B., Pominov A.V., Babushkin D.D. Nekotorye aspekty proizvodstva vysokokachestvennyh kormov v odnovidovyh i polividoveryh posevah v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Efficiency of using mixed crops in order to obtain high-quality feed in the conditions of the Lower Volga region] // Uspekhi sovremennogo este-stvoznaniya. 2021. № 1. S. 20–25. DOI: 10.17513/use.37559.
8. Belyuchenko I.S., Melnik O.A. Changing the properties of cultivated land is a real basis for the formation of new environmental niches Ecology, Environment and Conservation. 2016. V. 22(3), P. 1493–1496.
9. Lalit Kumar, Onesimo Mutanga Remote Sensing of Above-Ground Biomass. Remote Sens. 2017, 9(9), 935. DOI: 10.3390/rs9090935.
10. Shambhu S., Amresh C. To explore the possibilities of growing perennial grasses in association with legumes // Ecology, Environment and Conservation. 2016. V. 22(3), P. 1473–1477.

Поступила: 21.12.20; принята к публикации: 30.03.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Родина Т.В., Жужукин В.И. – концептуализация исследования, интерпретация данных, подготовка рукописи; Асташов А.Н. – закладка опыта, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СОИ НА СКЛОНАХ ЧЕРНОЗЁМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ

А.В. Мищенко, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, 85maw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0529-9959;

И.Н. Ильинская, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, izidaar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7876-1622;

Э.А. Гаевая, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники, emmaksay@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-9279-1070

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»,
346735, Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1;
e-mail: dzni@mail.ru

Соя – многогранная агрокультура. Её востребованность с каждым годом значительно возрастает. При этом недостаточно выявлено влияние элементов технологии возделывания сои на её урожайность и водопотребление в условиях эрозионно-опасных земель чернозёмов обыкновенных. Цель исследований – оценить влияние способов обработки почвы, способов посева и фона минерального питания на урожайность и водопотребление сои на эродированных склонах Приазовской зоны Ростовской области. Опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории при полосном размещении культур на эрозионно-опасном склоне крутизной до 3,5–4°. Размещение вариантов опыта по способам основной обработки почвы и способам посева систематическое, повторностей опыта и фона удобрений – рендомизированное. Схема полевого опыта включала варианты с отвальной и чизельной основной обработкой почвы и два способа посева: широкорядный способ с междурядьями 45 см и сплошной рядовой способ (почвозащитный) с междурядьями 15 см. Фон минерального питания: «0» фон – естественное плодородие; «I» фон – $N_{30}P_{60}$ кг/га д. в.; «II» фон – $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в. Предшественник – яровой ячмень. При проведении исследования использовали общепринятые методики, в том числе «Методику полевого опыта» Б.А. Доспехова (1979).

В процессе исследований установлены параметры и характер формирования запасов почвенной влаги, её общего расхода на водопотребление и на создание единицы продукции при различной системе обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания. В результате исследований установлено, что максимальная урожайность сои (2,51 т/га) и наиболее продуктивный расход влаги (88 мм/т) получены на варианте чизельной основной обработки почвы и сплошном рядовом способе посева на фоне минеральных удобрений $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в.

Ключевые слова: соя, эрозионно-опасный склон, урожайность, влагозапасы, водопотребление.

Для цитирования: Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаевая Э.А. Влияние элементов технологии на урожайность и водопотребление сои на склонах чернозёмов обыкновенных // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 62–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68.



THE EFFECT OF ELEMENTS OF SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY ON ITS PRODUCTIVITY AND WATER CONSUMPTION ON THE SLOPES OF ORDINARY BLACK EARTH

A.V. Mishchenko, post-graduate, junior researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, 85maw@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0529-9959;

I.N. Ilinskaya, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, izidaar@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7876-1622;

E.A. Gaevaya, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for adaptive landscape farming, agrochemistry and varietal agricultural technology, emmaksay@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-9279-1070

Federal Rostov Agricultural Research Center,
346735, Rostov region, Aksay district, v. of Rassvet, Institutsкая Str., 1; e-mail: dzni@mail.ru

Soy is a multifaceted agricultural crop. Its demand increases significantly every year. At the same time, the effect of elements of soybean cultivation technology on its yield and water consumption in conditions of erosion-dangerous lands of ordinary blackearth (chernozem) has not been sufficiently determined. The purpose of the current study was to assess the effect of soil cultivation methods, sowing methods and the background of mineral fertilizing on productivity and water consumption of soybean on the eroded slopes of the Pre-Azov area of the Rostov region. The trial was laid in the system of contour-landscape arrangement of the territory with the strip placement of crops on an erosion-dangerous slope with a steepness of up to 3.5–4°. The settlement of trial variants according to the methods of main soil cultivation and sowing methods is systematic, the repetitions of the trial and the background of fertilizers have been randomized. The field trial scheme included options with moldboard and chisel main tillage and such two

sowing methods as a wide-row method with 45 cm row spacing, and a continuous row method (soil protection) with 15 cm row spacing. Mineral fertilizing included '0' background was a natural fertility; 'I' background was $N_{30}P_{60}$ kg/ha; 'II' background was $N50P90$ kg/ha. The forecrop was spring barley. The study used the generally accepted methods, developed by B.A. Dospekhov (1979), A.N. Kostyakov (1957), S.A. Vorobyov (1971) and others. In the process of the study, there have been determined the parameters and nature of the formation of soil moisture reserves, its total amount for water consumption and for the development of a unit of production depending on various tilling systems, sowing methods and levels of mineral fertilizing. As a result of the study, there was found that the maximum soybean productivity (2.51 t/ha) and the most productive moisture consumption (88 mm t) were obtained using the chisel basic tillage and a continuous row sowing method against the background of mineral fertilizers $N_{50}P_{90}$ kg/ha.

Keywords: soybean, erosion-dangerous slope, productivity, moisture reserves, water consumption.

Введение. Соя культурная (*Glycine hispida* (Moench) Max) – ценная, высокобелковая и очень перспективная культура. Её применение многогранно: в питании людей, кормлении животных и птицы, в различных отраслях промышленности, базирующихся на переработке её зерна и получении белковых и жировых компонентов для производства пищевых продуктов, кормовых добавок, технических средств, фармацевтических и медицинских препаратов (Алабушев и др., 2009; Лукомец и др., 2013). С каждым годом эта культура становится всё более востребованной.

По данным Экспертно-аналитического центра агробизнеса "АБ-Центр" (2019), посевные площади сои в хозяйствах всех категорий России составили 3039,4 тыс. га, урожайность – 1,57 т/га. В Ростовской области, где 65% территории занимают чернозёмы, посевная площадь этой культуры достигла 14935 га. Однако на чернозёмах, на долю которых приходится 58% территории, преобладают эрозионные процессы, особенно на склонах. При этом деградация почвы приводит к колоссальному снижению плодородия почв и естественных ресурсов влаги, нанося огромный ущерб сельскохозяйственному производству.

Лимитирующими факторами формирования высокой продуктивности сои в зоне недостаточного увлажнения являются: дефицит почвенной влаги в критические периоды водопотребления растений и несовершенство применяемых технологий возделывания (обработка почвы, фон удобрений, норма высева и т.д.).

Исследования по водопотреблению сои при орошении велись учёными в разные годы и в различных почвенно-климатических условиях. В результате исследований, проведённых в 2003–2005 гг. на опытном поле ООО «Венцы-Заря» Гулькевичского района Краснодарского края установлено, что на варианте без орошения на создание 1 тонны урожая расходуется 173,8 мм/т при урожае 1,94 т/га (Гутриц, 2005). В условиях Нижнего Поволжья выявлено, что лучшие условия влагообеспеченности сои на орошаемых светло-каштановых почвах создавались на вариантах дискового лущения, где возросла продуктивность сои при снижении коэффициента водопотребления (Чамурлиев, 2011). В результате исследований в условиях степной зоны Центрального Предкавказья установлено, что суммарное водопотребление сои зависит от условий года, продолжительности межфазных периодов и периода вегетации в целом. В среднем за годы исследований

самая высокая величина этого показателя отмечена в среднем на уровне 4115–4160 м³/га. В среднем за 2005–2011 гг. коэффициент водопотребления у среднеспелых сортов сои составил 1824 м³/т (Шабалдас и др., 2020).

В штате Огайо (США) установлено, что безотвальная обработка почвы увеличивает урожайность сои на 8,4%, а консервационная обработка почвы уменьшает испарение с почвы (Huang, 2021). В условиях дефицита водных ресурсов (штат Небраска, США) выявлено, что продуктивность воды при выращивании сои возрастает с запада на восток в пределах Небраски и увеличилась за последние 25 лет, в основном, за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур (продуктивности земли). Увеличение фактических затрат воды до контрольных уровней способствует увеличению урожайности сои на 19 % и повышению устойчивости водопользования в стране (Mekonnen, 2020).

Результаты оценки влияния различных норм высева семян на рост и продуктивность сои в штате Пенджаб (Индия) показали, что при норме высева семян 62,5 кг/га достоверно зафиксировано большее количество всходов, высота растений, масса сухого вещества, индекс площади листьев и фотосинтез, а урожайность семян при этом была на 4,61 % выше, чем при норме 75 кг/га и на 12,6 % выше, чем при норме 50 кг/га (Jassal, 2020).

Однако все указанные полевые исследования проводились в условиях плакорного ландшафта. В этой связи целью наших исследований являлась оценка влияния способов обработки почвы и способов посева на урожайность и водопотребление сои на эродированных склонах Приазовской зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в многофакторном стационарном опыте ФГБНУ ФРАНЦ в 2018–2020 гг., расположенном на склоне юго-восточной экспозиции балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области. Опыт заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории при полосном размещении культур на эрозионно-опасном склоне крутизной до 3,5–4°. Размещение вариантов опыта по способам основной обработки почвы и способам посева систематическое, повторностей опыта и фона удобрений – рендомизированное. Предшественником сои в севообороте являлся яровой ячмень.

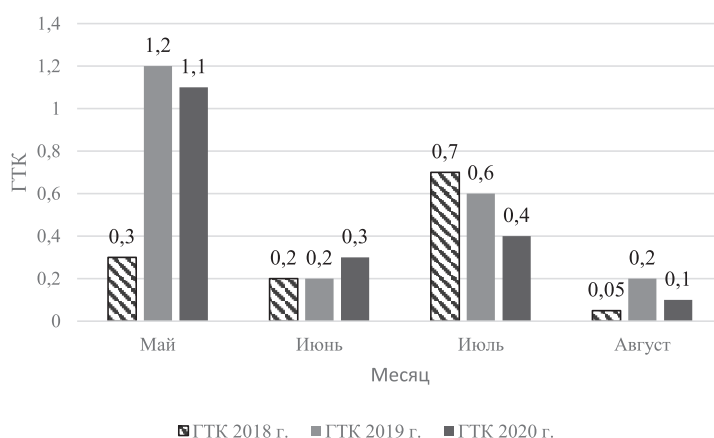
Климат зоны проведения исследования засушливый, умеренно жаркий, континен-

тальный. Среднее многолетнее количество осадков – 492 мм. Среднегодовая температура воздуха составляет 8,8 °С. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжело-суглинистый на лёссовидном суглинке, среднесмытый.

Схема полевого опыта включала следующие способы основной обработки почвы: отвальная обработка (контроль) – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 25–27 см и чизельная обработка (почвозащитная) – чизельным плугом ПЧ-2,5 на ту же глубину. Применяли два способа посева: широкорядный с междурядьями 45 см и сплошной рядовой (почвозащитный) с междурядьями 15 см. Фон минерального питания: «0» фон – естественное плодородие; «I» фон – $N_{30}P_{60}$ кг/га д. в; «II» фон – $N_{50}P_{90}$ кг/га

д. в. Контрольный вариант опыта – отвальная обработка на глубину 25–27 см, широкорядный посев (45 см) на естественном плодородии (фон «0»). При проведении исследования использовали общепринятые методики Б.А. Доспехова (1979), А.Н. Костякова (1957), С.А. Воробьева (1971), Г.Т. Селянинова (1957) и др.

Результаты и их обсуждение. Годы проведения исследований были неблагоприятными для роста и развития растений сои. Согласно классификации Г.Т. Селянинова, вегетационный период сои за годы исследования характеризовался значениями гидротермического коэффициента (ГТК) следующим образом: 2018 г. – сухой с ГТК = 0,3; 2019 и 2020 гг. – очень засушливые с ГТК = 0,6 и 0,4 соответственно (см. рисунок).



Гидротермический коэффициент в период вегетации сои в 2018–2020 гг.
Hydrothermal coefficient during the soybean vegetation period in 2018–2020

То есть, во все фазы вегетации культуры отмечался дефицит влагообеспеченности, за исключением начальной фазы в 2019 и 2020 г., где ГТК составлял 1,2 и 1,1 соответственно. В целом период вегетации сои в 2018 г. был более жарким и менее обеспеченным осадками, чем в 2019 г. и 2020 г.

В сравнении со среднемноголетними показателями очевидно нарастание аридности климата, выраженное в повышении суммы температур воздуха и снижении количества атмосферных осадков, что наглядно видно по значениям ГТК за вегетационный период сои (табл. 1).

1. Метеорологические данные за период вегетации сои в 2018–2020 гг. 1. Meteorological data for the soybean vegetation period in 2018–2020

Месяц	Сумма температур воздуха, °С		Осадки, мм		ГТК	
	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолетнее	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолетнее	среднее за 2018–2020 гг.	средне-многолетнее
Май	545	499	46	48	0,84	0,96
Июнь	710	597	16	67	0,23	1,12
Июль	751	713	44	57	0,58	0,80
Август	722	682	10	38	0,14	0,56
За весь период вегетации	2728	2491	116	210	0,43	0,84

Выявлено, что наиболее приближены к среднемноголетним значения ГТК за май, где разница составила 12,5%. В июне, когда происходило нарастание вегетативной массы, влагообеспеченность снизилась почти в 5 раз по сравнению со среднемноголетней. В июле ГТК повысился до 0,58, что, хотя и было на 27,5%

ниже среднемноголетних значений, однако позволило обеспечить относительно благоприятные условия цветения. Формирование зерна в августе сопровождалось высокой температурой воздуха и минимумом атмосферных осадков (всего 10 мм), при этом ГТК уменьшился до 0,14, что вчетверо ниже среднемноголетней

величины и недостаточно для обеспечения высокой урожайности. В целом за вегетационный период сои фактический ГТК в среднем за годы исследований был вдвое меньше среднепогодных значений (0,43 против 0,84).

Исходя из вышесказанного, выявлено, что в засушливых условиях Ростовской области влага является одним из основных факторов, определяющих величину урожайности сои на зерно. Оптимальные запасы продуктивной влаги на протяжении всего периода вегетации растений, а особенно в критические фазы, являются определяющим фактором получения высоких и устойчивых урожаев сои в засушливых условиях степной зоны. Ухудшение влагообеспеченности в любой фазе развития растений отрицательно сказывается на формировании их вегетативных и генеративных органов, и, в конечном счете – на величине урожая.

В ходе проведенных исследований установлены параметры и характер формирования запасов почвенной влаги, её общего расхода на водопотребление и расхода на создание

единицы продукции при различной системе обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания.

Необходимо учитывать, что в условиях проведения настоящих исследований естественная влагозарядка проходила, в основном, поздней осенью и зимой. Осадки весенне-летнего периода значительно уступали суммарному водопотреблению растениями, испарению и возможному стоку, если поле расположено на склоне, тем более на эрозионно-опасном. Большое значение при накоплении почвенной влаги в зимний период имеют высота и плотность снежного покрова, а также запасы воды в нём. Наибольшая высота снежного покрова в среднем за 2018–2020 гг. в зимний период на зяби была отмечена при использовании чизельной обработки почвы и равнялась 11,9 см, что на 9,2 % больше, чем на участках отвальной вспашки. В среднем за 2018–2020 гг. при одинаковой плотности снега (0,04 г/см³) запасы воды в нем изменялись от 47,4 т/га при отвальной обработке до 51,7 т/га при чизельной (табл. 2).

2. Высота снежного покрова и запасы воды в снеге в зависимости от способа основной обработки почвы (среднее за 2018–2020 гг.)
2. Snow cover height and water reserves in snow, depending on the method of main tillage (mean for 2018–2020)

Культура, агрофон	Способ обработки	Высота снежного покрова, см	Плотность снега, г/см ³	Запас воды в снеге	
				т/га	мм
Зябь	Отвальная	10,9	0,04	47,4	4,7
	Чизельная	11,9	0,04	51,7	5,2

Установлено, что в среднем в 2018–2020 гг. ко времени посева сои запасы доступной влаги в почве были удовлетворительными: при проведении чизельной основной обработки в слое

0–10 см они составили 11 мм, нарастая с глубиной до 111,1 мм в метровом слое, при отвальной обработке – 10,1–10,2 и 104,4 мм соответственно, с коэффициентом вариации 3,7% (табл. 3).

3. Запасы продуктивной влаги в течение вегетации сои при разных способах основной обработки почвы и способах посева, мм (среднее за 2018–2020 гг.)
3. Productive moisture reserves during the soybean vegetation period with different methods of main tillage and sowing methods, mm (mean for 2018–2020)

Обработка	Способ посева	Слой почвы, см			
		0–10	0–30	0–50	0–100
Посев					
Отвальная	Сплошной рядовой	10,1	31,6	53,8	104,2
	Широкорядный	10,2	31,7	53,8	104,4
Чизельная	Сплошной рядовой	11,0	33,9	56,1	111,1
	Широкорядный	11,1	33,7	56,3	111,4
Коэффициент вариации, %					3,7
Цветение					
Отвальная	Сплошной рядовой	0,0	3,5	8,4	36,2
	Широкорядный	0,3	3,8	10,8	44,4
Чизельная	Сплошной рядовой	0,1	4,5	9,3	37,7
	Широкорядный	0,4	6,6	12,2	44,8
Коэффициент вариации, %					10,9
Полная спелость					
Отвальная	Сплошной рядовой	0,0	0,85	1,05	5,63
	Широкорядный	0,0	0,75	1,56	5,58
Чизельная	Сплошной рядовой	0,0	0,85	1,18	6,51
	Широкорядный	0,0	0,82	3,15	6,41
Коэффициент вариации, %					8,2
Стандартная ошибка		1,5	4,3	7,1	12,8
Стандартное отклонение		5,2	14,9	24,4	44,2

Ко времени цветения растений содержание доступной влаги в слое 0–30 см было близко к нулю вне зависимости от способа обработки и способа посева. Однако в метровом слое запасы доступной влаги почвы были незначительно ($P < 0,05$) больше при широкорядном способе посева по всем способам обработки почвы: 44,4–44,8 мм против 36,2–37,7 мм соответственно. При этом коэффициент вариации данных по запасам влаги возрос до 10,9%.

К наступлению фазы полной спелости сои значительных различий ($P < 0,05$) в запасе продуктивной влаги в зависимости от применяемых способов основной обработки почвы и способов посева не отмечено. В слое 0–100 см оставалось крайне незначительное количество продуктивной влаги (5,6–6,5 мм). Вариабельность запасов доступной влаги в метровом слое почвы в зависимости от способов её обработки и способов посева снизилась

до 8,2%. Отмечена однородная совокупность данных при незначительной (коэффициент вариации менее 10%) степени их рассеивания в течение вегетационного периода культуры.

Анализ приведенных данных отражает тенденцию увеличения биологической урожайности сои в условиях чизельной основной обработки почвы, сплошного рядового способа посева и при увеличении интенсивности минерального питания растений ($p \leq 0,05$). На вариантах без удобрений урожайность при чизельной обработке, независимо от способа посева, составила 1,41, при отвальной обработке – 1,21 т/га. Аналогичные показатели при «I» и «II» уровнях питания пропорционально возрастали. Наибольшая урожайность отмечена на варианте чизельной основной обработки, рядового способа посева и повышенной нормы удобрений ($N_{50}P_{90}$) – 2,51 т/га (табл. 4).

4. Биологическая урожайность зерна сои при разных способах основной обработки почвы и способах посева, т/га (среднее за 2018–2020 гг.)

4. Biological soybean productivity with different methods of main tillage and sowing methods, t/ha (mean for 2018–2020)

Способ обработки	Способ посева	Уровень питания		
		«0»	«I»	«II»
Отвальная	Сплошной рядовой	1,21	1,87	2,17
	Широкорядный	1,17	1,82	2,19
Чизельная	Сплошной рядовой	1,41	2,01	2,51
	Широкорядный	1,42	1,99	2,46

Общий $HCP_{05} = 0,053$ т/га; обработка почвы и способ посева $HCP_{05} = 0,022$ т/га; уровень питания $HCP_{05} = 0,027$ т/га.

Основным показателем эффективности использования влаги сельскохозяйственными культурами в условиях её недостатка является коэффициент водопотребления. Нами были

рассчитаны показатели общего расхода влаги и коэффициенты водопотребления в зависимости от способа основной обработки почвы, способа посева и фона питания (табл. 5).

5. Коэффициент водопотребления сои при разных способах обработки почвы, способах посева и уровнях минерального питания (среднее за 2018–2020 гг.)

5. Coefficient of soybean water consumption o with different methods of main tillage, sowing methods and levels of mineral fertilizing (mean for 2018–2020)

Способ обработки почвы	Способ посева	Уровень минерального питания	Запас продуктивной влаги, мм		Осадки за вегетационный период, мм	Общий расход влаги, мм	Коэффициент водопотребления мм/т
			посев	полная спелость			
Отвальный	Сплошной рядовой	«0»	104,2	5,6	116	214,6	177
		«I»					115
		«II»					99
	Широкорядный	«0»	104,4	5,6	116	214,8	184
		«I»					118
		«II»					98
Чизельный	Сплошной рядовой	«0»	111,1	6,5	116	220,6	156
		«I»					110
		«II»					88
	Широкорядный	«0»	111,4	6,4	116	221,0	156
		«I»					111
		«II»					90
Стандартная ошибка			2,0	0,2	—	1,8	9,8
Стандартное отклонение			4.0	0.5	—	3.5	33.9

Примечание: За контроль принят вариант с отвальной основной обработкой почвы, широкорядным способом посева на естественном фоне плодородия почвы («0»).

Из данных таблицы 5 следует, что в среднем за 2018–2020 гг. при осадках в количестве 116 мм, выпавших за вегетационный период растений сои, способ основной обработки почвы незначительно ($P < 0,05$) влияет на величину общего расхода влаги на водопотребление (в пределах 3 %). Однако с увеличением нормы удобрений существенно ($P > 0,01$) возрастает урожайность культуры независимо от других факторов, снижая расход влаги на единицу полученного урожая.

Так, чизельная обработка обеспечила экономии удельного расхода влаги на варианте с «I»-м уровнем минерального питания на 4,5–5,9%, а на более высоком «II»-м уровне – на 8,2–11,1% с преимуществом сплошного рядового способа посева. Наименьший коэффициент водопотребления (88 мм/т) отмечен на варианте с чизельной основной обработкой почвы при сплошном рядовом способе посева и «II» уровне минерального питания, где почвенная влага расходовалась наиболее продуктивно. На контрольном варианте отвальной вспашки при широкорядном способе посева

и естественном плодородии почвы этот показатель был на 109 % выше.

Выводы. На основании результатов исследований, проведённых за 2018–2020 гг., установлено, что в очень засушливых условиях Ростовской области, неблагоприятных для роста и развития растений сои, влага является одним из основных лимитирующих факторов, определяющих величину урожайности сои. Поэтому одной из главных задач богарного земледелия является рациональное и экономное использование влаги на единицу урожая. Установлено, что почвенная влага наиболее продуктивно расходуется при чизельной (почвозащитной) обработке почвы и сплошном рядовом способе посева на повышенном фоне минерального питания $N_{50}P_{90}$ кг/га д. в., обеспечивая урожайность сои на уровне 2,51 т/га. Также этот почвозащитный способ основной обработки почвы в сочетании со сплошным рядовым способом посева позволяет накопить удовлетворительные влагозапасы, препятствуя деградации пахотного слоя почвы, сохраняя её плодородие.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Антонов С.И., Метлина Г.В., Овсянникова Г.В., Васильченко С.А. Возделывание сои на богаре в условиях Ростовской области. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2009. 24 с.
2. Гутриц Л.С. Водопотребление сои при различной влагообеспеченности // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: Сб. науч. тр. по мат. междунар. научно-практ. семинара «Опыт и перспективы возделывания сои на орошаемых землях Юга России» 15–16 декабря 2005 года ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2005. С. 17–22.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований): Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Посевные площади сои в России. Итоги 2019 года. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-soi-v-rossii-itogi-2019-goda>.
5. Чамурлиев О.Г., Мелихова Н.П., Зинченко Е.В. Водопотребление и продуктивность сои в зависимости от способов основной обработки орошаемых светло каштановых почв Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 2(22). С. 1–6.
6. Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Трубачева Л. В., Вайцеховская С.С. Урожайность сортов сои различных групп спелости при естественном плодородии почвы в условиях орошения // Земледелие. № 3, 2020. С. 41–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10311.
7. Huang Y., Tao B., Xiaochen Z., Yang Y., Liang L., Wang L., Jacinthe P.-A., Tian H., Ren W. Conservation tillage increases corn and soybean water productivity across the Ohio River Basin // Agricultural Water Management. Vol. 254. 2021 P. 106962. doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106962.
8. Jassal R.K., Singh H. Influence of primed seed and varying seed rate on growth and productivity of soybean (*Glycine max* L.) under different planting techniques // Legume Research-An International Journal. 2020. Vol. 43. P. 394–400. doi.org /10.18805/LR-3995.
9. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Neale C.M.U., Ray C., Yang H.S. Water productivity benchmarks: The case of maize and soybean in Nebraska // Agricultural Water Management. Vol. 234. 2020. P. 106122. doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106122.

References

1. Alabushev A.V., Yankovskij N.G., Antonov S.I., Metlina G.V., Ovsyannikova G.V., Vasil'chenko S.A. Vozdelyvanie soi na bogare v usloviyah Rostovskoj oblasti [Cultivation of soybeans on dry land in the conditions of the Rostov region]. Rostov n/D.: ZAO «Kniga», 2009. 24 s.
2. Gutric L.S. Vodopotreblenie soi pri razlichnoj vlagoobespechennosti [Water consumption of soybeans with different moisture availability] // Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya oroshaemyh zemel': Sb. nauch. tr. po mat. mezhdunar. nauchno-prakt. seminaru «Opyt i perspektivy vozdelvaniya soi na oroshaemyh zemlyah YUga Rossii» 15–16 dekabrya 2005 goda FGNU «RosNIIPM». Novocherkassk, 2005. S. 17–22.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (S osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]: Izd. 4-e, pererab. i dop. M.: Kolos, 1979. 416 s.

4. Posevnye ploshchadi soi v Rossii. Itogi 2019 goda. Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa "AB-Centr" [Sown areas of soybeans in Russia. Results of 2019. Expert and analytical center of agribusiness "AB-Center"] [elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploshchadi-soi-v-rossii-itogi-2019-goda>.

5. CHamurliev O.G., Melihova N.P., Zinchenko E.V. Vodopotreblenie i produktivnost' soi v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki oroshaemyh svetlo kashtanovyh pochv Nizhnego Povolzh'ya [Water consumption and productivity of soybeans, depending on the methods of basic processing of irrigated light chestnut soils of the Lower Volga region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 2(22). S. 1–6.

6. SHabaldas O.G., Pimonov K.I., Trubacheva L. V., Vajcekhovskaya S.S. Urozhajnost' sortov soi razlichnyh grupp spelosti pri estestvennom plodorodii pochvy v usloviyah orosheniya [Productivity of the soybean varieties of different groups of maturity with natural soil fertility under irrigation conditions] // Zemledelie. № 3, 2020. S. 41–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10311.

7. Huang Y., Tao B., Xiaochen Z., Yang Y., Liang L., Wang L., Jacinthe P.-A., Tian H., Ren W. Conservation tillage increases corn and soybean water productivity across the Ohio River Basin // Agricultural Water Management. Vol. 254. 2021 R. 106962. doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106962.

8. Jassal R. K., Singh H. Influence of primed seed and varying seed rate on growth and productivity of soybean (*Glycine max* L.) under different planting techniques // Legume Research-An International Journal. 2020. Vol. 43. R. 394–400. doi.org/10.18805/LR-3995.

9. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Neale C.M.U., Ray C., Yang H.S. Water productivity benchmarks: The case of maize and soybean in Nebraska // Agricultural Water Management. Vol. 234. 2020. R. 106122. doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106122.

Поступила: 15.12.20; принята к публикации: 2.03.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ильинская И.Н. – концептуализация исследования; Ильинская И.Н., Гаевая Э.А., Мищенко А.В. – анализ данных и их интерпретация; Мищенко А.В. – подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ-ДВУРУЧКИ СОРТА МАРУСЯ В ОЗИМОМ И ЯРОВОМ ПОСЕВАХ

А.С. Попов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, 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;
А.А. Донцова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;
Г.М. Зеленская², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и садоводства, ORCID ID: 0000-0002-1537-9207;
О.С. Лесных², аспирант кафедры растениеводства и садоводства, ORCID ID: 0000-0003-4879-2644

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347730, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», 346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, п. Персиановски., ул. Кривошлыкова, 24

Исследования проводили на черноземах обыкновенных в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (2017–2020 сельскохозяйственные годы). Цель работы – выявить влияние осенних и весенних сроков посева на урожайность и качество зерна ячменя-двуручки сорта Маруся по различным предшественникам. Представлена динамика урожайности сорта Маруся в зависимости от сроков посева по предшественникам кукуруза на зерно и подсолнечник. Выявлена высокая пластичность сорта Маруся по непаровым предшественникам, где он формирует высокую урожайность при посеве осенью в различные сроки. Отмечена положительная реакция сорта на посев 10, 20 и 30 сентября, где максимум урожайности по предшественнику кукуруза на зерно составил 6,76–6,91 т/га. При посеве в более поздние сроки наблюдалась тенденция к снижению урожайности. В яровом посеве отмечено наибольшее содержание белка в зерне (11,0 и 11,6%), однако, благодаря наибольшей урожайности максимальный сбор белка был в осенних сроках посева – до 0,71 т/га. Расчет экономической эффективности производства зерна показал, что наибольшая рентабельность (214,1 и 214,4%) была получена при посеве сорта Маруся 10 и 20 сентября по предшественнику кукуруза на зерно. В среднем за годы исследований максимальный условный чистый доход по этому предшественнику в зависимости от срока посева составил в озимом посеве – от 59658 до 84261 руб./га и в яровом посеве – от 48881 до 59170 руб./га. Минимальная рентабельность – 62,1–75,2% установлена при посеве весной через 10 дней после наступления физической спелости почвы.

Ключевые слова: ячмень-двуручка, сорт Маруся, предшественник, срок посева, урожайность, качество зерна, экономическая эффективность.

Для цитирования: Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Зеленская Г.М., Лесных О.С. Урожайность и качество зерна ячменя-двуручки сорта Маруся в озимом и яровом посевах // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 69–74. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-69-74.



GRAIN PRODUCTIVITY AND QUALITY OF THE FACULTATIVE BARLEY VARIETY 'MARUSYA' WHEN SOWING IN WINTER AND SPRING

A.S. Popov¹, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of grain and row crops cultivation, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;
G.V. Ovsyannikova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain and row crops cultivation, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;
A.A. Sukharev¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for grain and row crops cultivation, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;
A.A. Dontsova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;
G.M. Zelenskaya², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant-growing and horticulture, ORCID ID: 0000-0002-1537-9207;
O.S. Lesnykh², post graduate of the department of plant-growing and horticulture, ORCID ID: 0000-0003-4879-2644

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

²Donskoy State Agricultural University, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, v. Persianovsky, Krivoshlykov Str 24

The current study was carried out on ordinary blackearth (chernozem) in the southern part of the Rostov region in the FSBSI "ARC "Donskoy" (2017–2020 agricultural years). The purpose of the work was to identify the effect of autumn and spring sowing periods on grain productivity and quality of the facultative barley variety 'Marusya' according

to various forecrops. There has been considered the dynamics of the productivity of the variety 'Marusya' depending on the sowing time when sown after maize for grain and sunflower. There has been established high adaptability of the variety 'Marusya' after nonfallow forecrops. It has formed a high productivity when sown in autumn at various times. There has been found out a positive reaction of the variety to sowing on September 10, 20 and 30, where the maximum productivity when sown after maize for grain was 6.76–6.91 t/ha. When sowing at later time, there was a slight decrease in productivity. When sown in spring, the highest protein percentage in grain was 11.0 and 11.6%. However, due to the highest productivity, the maximum protein yield was when sowing in autumn, up to 0.71 t/ha. The calculation of the economic efficiency of grain production showed that the highest profitability (214.1 and 214.4%) was obtained when the variety 'Marusya' was sown on September 10 and 20 after maize for grain. On average, over the years of study, the maximum conditional net income according to the forecrop, depending on the sowing time, was from 59658 to 84261 rubles/ha when sown in winter and from 48881 to 59170 rubles/ha in spring. The minimum profitability 62.1–75.2% was identified when sown in spring in 10 days after the soil was physically mature.

Keywords: *facultative barley, the variety 'Marusya', forecrop, sowing time, productivity, grain quality, economic efficiency.*

Введение. В Европе и Российской Федерации ячмень является основной зернофуражной культурой, которая используется для производства кормов, круп, пива, а также в текстильной, кондитерской и кожевенной промышленности (Алабушев и др., 2017, 2018; Филиппов и др., 2020; Lovarelli, 2020). Ячмень – самая раннеспелая, засухоустойчивая и солевыносная культура среди зерновых (Арькова и Крюков, 2008).

В ФГБНУ «АНЦ «Донской» более 50 лет создают сорта ячменей-двуручек, имеющие яровую и озимую форму развития. Одним из таких сортов является новый перспективный сорт Маруся. По длине вегетационного периода он относится к среднеранней группе созревания. Обладает достаточно высоким уровнем зимостойкости и засухоустойчивости. Сорт устойчив к полеганию (Самофалова и др., 2019; Филиппов и др., 2020). В межстанционном сортоиспытании (2016–2018 гг.) из 28 сортов он формировал наибольшую урожайность (Филиппов и др., 2019).

Цель работы – выявить влияние осеннего и весеннего сроков посева на урожайность и качество зерна ячменя-двуручки сорта Маруся по различным предшественникам.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили (2018–2020 гг.) в севообороте лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской». Ячмень-двуручка сорта Маруся высевали по предшественникам кукуруза на зерно и подсолнечник. Сроки посева осенью: 10 сентября, 20 сентября, 30 сентября, 10 октября, 15 ноября (подзимний посев). Сроки посева весной: 1 срок – при наступлении физической спелости почвы; 2 срок – через 10 дней после наступления физической спелости почвы. Исследования осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов, 2014; Методика, 2019). Общая площадь деланки в опытах – 55 м², учетная – 41,25 м², повторность – четырехкратная. Норма посева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумус – 3,2%; рН – 7,0; P₂O₅ – 18,5–20,0; K₂O – 342–360 мг/кг почвы. Рельеф ровный.

При характеристике погодно-климатических условий южной зоны Ростовской области за норму приняты среднегодовые данные

метеостанции «Зерноград» (Попов, диссертация доктора сельскохозяйственных наук, 2020). За годы проведения исследований в сложившихся неблагоприятных гидротермических условиях осенью отмечалось сильное иссушение почвы, особенно по непаровым предшественникам. Всходы всех осенних сроков посева практически были получены одинаково – к 1 ноября после выпавших осадков.

Количество осадков является определяющим фактором при формировании урожайности (Nakala, 2020; Khokonova, 2020). В 2018 году наблюдалось проявление засушливых условий в период весенне-летней вегетации. Сумма осадков составила 25,9 мм, или 16,6% от нормы (156 мм), а в июне (период налива и созревания зерна) 19 дней минимальная относительная влажность воздуха опускалась до 30% и ниже.

В 2019 году осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам, а их сумма за год составила 436,2 мм (норма – 545,7 мм). В июне за месяц выпало всего 10,8 мм, или 16,3% от среднегодовой нормы (66,4 мм) и 13 дней были засушливыми (относительная влажность воздуха – 40% и ниже).

В 2020 году сумма осадков составила 409,4 мм, или 75% от нормы. В марте осадков не было, а в апреле их выпало всего 18,2 мм (норма – 37,4 мм) и минимальная относительная влажность воздуха опускалась до 10–14%. Большая часть весенних осадков пришлась на май, когда их количество составило 79,9 мм, или на 62,1% выше нормы (49,3 мм).

Все технологические приемы возделывания ячменя осуществляли в соответствии с современными рекомендациями (Лопатко и Филиппов, 2013).

Результаты и их обсуждение. Пропашные культуры считаются жесткими предшественниками, так как после них складывается неудовлетворительный режим влагообеспеченности для озимых зерновых культур, что способствует получению поздних всходов. В результате чего период «посев-всходы» становится продолжительным из-за недостаточного количества суммы положительных температур воздуха. В среднем за годы исследований максимальная урожайность была получена как по предшественнику кукуруза на зерно (6,76–6,91 т/га), так и по предшественнику подсолнечник (6,02–6,12 т/га) при посеве 10, 20 и 30 сентября (табл. 1). Посев

10 октября по предшественнику кукуруза на зерно способствовал снижению урожайности по сравнению с сентябрьскими сроками посева на 4,0–6,1% и при подзимнем посеве

на 27,7–29,2%, по предшественнику подсолнечник – на 4,2–5,7% и на 25,6–26,8% соответственно.

1. Урожайность и сбор белка сорта Маруся в зависимости от предшественников и сроков посева, т/га (среднее за 2018–2020 гг.)

1. Protein productivity and yields of the facultative variety 'Marusya' depending on forecrops and sowing time, t/ha (average in 2018–2020)

Срок посева	Урожайность	Сбор белка
Озимый посев		
Предшественник – кукуруза на зерно		
10 сентября	6,91	0,70
20 сентября	6,90	0,71
30 сентября	6,76	0,69
10 октября	6,49	0,66
15 ноября	4,89	0,49
Предшественник – подсолнечник		
10 сентября	6,03	0,60
20 сентября	6,12	0,60
30 сентября	6,02	0,59
10 октября	5,77	0,58
15 ноября	4,48	0,44
НСР ₀₅	0,24	–
Влияние фактора А (предшественник) – 69,7 %. Влияние фактора В (срок посева) – 15,7%. Взаимодействие факторов АВ – 5,7%		
Яровой посев		
Предшественник – кукуруза на зерно		
1 срок (физическая спелость почвы)	4,85	0,54
2 срок (10 дней после первого срока)	4,01	0,46
Предшественник – подсолнечник		
1 срок (физическая спелость почвы)	4,45	0,49
2 срок (10 дней после первого срока)	3,71	0,42
НСР ₀₅	0,26	–
Влияние фактора А (предшественник) – 19,3%. Влияние фактора В (срок посева) – 65,4%. Взаимодействие факторов АВ – 1,0%		

При осенних сроках посева определяющим фактором в формировании урожайности являлся предшественник (69,7%), а при посеве весной урожайность зависела от срока посева (65,4%).

При посеве ячменя-двуручки сорта Маруся весной, при наступлении физической спелости почвы, уровень урожайности зерна по предшественникам кукуруза на зерно (4,85 т/га) и подсолнечник – (4,45 т/га) был близок к урожайности подзимнего срока посева по этим предшественникам – 4,89 и 4,48 т/га соответственно. Весенний посев через 10 дней после первого срока способствовал снижению урожайности на 16,6 и 18,0%.

Предшественник подсолнечник снижал уровень урожайности сорта Маруся по сравнению с предшественником кукуруза на зерно при посеве осенью на 8,4–12,7% и на 7,5–8,2% при посеве весной.

Показатели качества зерна ячменя-двуручки сорта Маруся изменялись в зависимости от срока посева незначительно и зависели главным образом от предшественника, а сбор белка с единицы площади напрямую зависел от урожайности культуры. Максимальный сбор

белка (при высокой урожайности зерна) отмечен при посеве 10, 20 и 30 сентября, но достиг 0,69–0,71 т/га по предшественнику кукуруза на зерно и 0,59–0,60 т/га по предшественнику подсолнечник. При посеве осенью и весной сбор белка был выше по предшественнику кукуруза на зерно, чем по предшественнику подсолнечник на 10,2–15,5 и 8,7–9,3% соответственно.

Предшественники не оказывали влияние на показатели качества зерна ячменя-двуручки сорта Маруся. Содержание белка в зерне по изучаемым предшественникам варьировало при посеве осенью от 9,8 до 10,3% и при посеве весной – от 11,0 до 11,6% (табл. 2).

Натура зерна у ячменя-двуручки сорта Маруся незначительно изменялась по срокам посева с 10 сентября по 10 октября, но наблюдалась тенденция к ее снижению с 613 до 608 г/л по предшественнику кукуруза на зерно и с 608 до 605 г/л по предшественнику подсолнечник. При подзимнем посеве (15 ноября) натура зерна снизилась на 16–21 г/л по предшественнику кукуруза на зерно, а по предшественнику подсолнечник – на 11–14 г/л в сравнении с осенними сроками посева.

2. Показатели натуре, массы 1000 зёрен и белка у сорта Маруся в зависимости от сроков посева и предшественников (среднее за 2018–2020 гг.)
2. Indicators of quality and 1000 grain weight of the facultative variety 'Marusya' depending on forecrops and sowing time (average in 2018–2020)

Срок посева	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка в зерне, %
Озимый посев			
Предшественник – кукуруза на зерно			
10 сентября	613	41,6	10,1
20 сентября	613	42,6	10,3
30 сентября	611	42,5	10,3
10 октября	608	42,3	10,0
15 ноября	592	42,4	10,0
Предшественник – подсолнечник			
10 сентября	608	42,0	9,9
20 сентября	607	41,9	9,8
30 сентября	605	41,6	9,9
10 октября	605	42,5	9,8
15 ноября	594	42,5	9,9
Яровой посев			
Предшественник – кукуруза на зерно			
1 срок (физическая спелость почвы)	568	41,1	11,0
2 срок (10 дней после первого срока)	564	39,9	11,6
Предшественник – подсолнечник			
1 срок (физическая спелость почвы)	559	39,9	11,1
2 срок (10 дней после первого срока)	542	39,1	11,4

Натура зерна существенно снижалась при весеннем посеве по сравнению с осенним посевом – на 26–49 г/л по предшественнику кукуруза на зерно и на 33–66 г/л по предшественнику подсолнечник. При посеве весной также наблюдалось снижение массы 1000 зёрен – по предшественнику кукуруза на 1,2–2,5 г и по предшественнику подсолнечник на 1,5–3,1 г.

Расчёт экономической эффективности показал, что наибольшая рентабельность про-

изводства (214,4 и 214,1%), максимальный условный чистый доход (57457 и 57375 руб./га) при наименьшей себестоимости продукции (3881 и 3885 руб./т) были получены по предшественнику кукуруза на зерно при посеве сорта Маруся осенью 10 и 20 сентября соответственно (табл. 3). По предшественнику подсолнечник рентабельность этих сроков посева была ниже и составила 174,5–178,7%.

3. Экономическая эффективность возделывания ячменя-двуручки сорта Маруся по различным предшественникам и срокам посева осенью и весной (среднее за 2018–2020 гг.)
3. Economic cultivation efficiency of the facultative variety 'Marusya' depending on various forecrops and sowing time in autumn and spring (average in 2018–2020)

Срок посева	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Условный чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Осенний посев					
Предшественник – кукуруза на зерно					
10 сентября	6,91	84261	57457	3881	214,4
20 сентября	6,90	84180	57375	3885	214,1
30 сентября	6,76	82472	55667	3965	207,7
10 октября	6,49	79178	52373	4130	195,4
15 ноября	4,89	59658	32853	5482	122,6
Предшественник – подсолнечник					
10 сентября	6,03	73566	46761	4445	174,5
20 сентября	6,12	74705	47900	4377	178,7
30 сентября	6,02	73444	46639	4453	174,0
10 октября	5,77	70394	43589	4646	162,6
15 ноября	4,48	54603	27798	5989	103,7
Весенний посев					
Предшественник – кукуруза на зерно					
1 срок	4,85	59170	31265	5754	112,0
2 срок	4,01	48881	20976	6965	75,2
Предшественник – подсолнечник					
1 срок	4,45	54331	26426	6266	94,7
2 срок	3,71	45221	17316	7528	62,1

При поздних сроках посева осенью 30 сентября и 10 октября по предшественникам кукуруза на зерно и подсолнечник экономические показатели снижались: рентабельность – до 207,7 и 195,4; 174,0 и 162,6%; условный чистый доход – до 55667 и 52373; 46639 и 43589 руб./га соответственно. Подзимний посев (15 ноября) для сорта Маруся оказался менее эффективным в сравнении с другими изучаемыми осенними сроками посева – отмечено снижение рентабельности до 122,6 % по предшественнику кукуруза на зерно и до 103,7% по предшественнику подсолнечник соответственно.

В весеннем посеве у ячменя-двуручки сорта Маруся наблюдалось дальнейшее снижение рентабельности по сравнению с осенними сроками посева. Наибольшие экономические показатели возделывания сорта Маруся получены при посеве его весной в ранний срок (при физической спелости почвы) и уровень рентабельности по предшественникам кукуруза на зерно и подсолнечник составил 112,0 и 94,7% соответственно. Посев на 10 дней позже первого срока по этим предшественникам способствовал увеличению себестоимости зерна до 6965 и 7528 руб./га, снижению рентабельности и условного чистого дохода до 75,2 и 62,1%; 20976 и 17316 руб./га соответственно.

Выводы. В условиях южной зоны Ростовской области при возделывании ячменя-двуручки сорта Маруся по предшествен-

никам кукуруза на зерно и подсолнечник максимальная урожайность формировалась при осенних сроках посева (10, 20 и 30 сентября) – 6,76–6,91 и 6,02–6,12 т/га соответственно. При подзимнем сроке посева урожайность снижалась по этим предшественникам до 4,89 и 4,48 т/га соответственно. Дальнейшее снижение уровня урожайности у ячменя-двуручки сорта Маруся по предшественникам кукуруза на зерно и подсолнечник наблюдалось при весенних сроках посева – 4,85–3,71 т/га соответственно.

Максимальный сбор белка с единицы площади у сорта Маруся отмечен при осеннем посеве – 10 и 20 сентября, как по предшественнику кукуруза на зерно, так и по предшественнику подсолнечник, достигая 0,70–0,71 и 0,60 т/га соответственно.

Сорт Маруся при весенних сроках посева формировал зерно с меньшими показателями натурности (542–568 г/л), массы 1000 зерен (39,1–41,1 г) по сравнению с осенними сроками посева (натура – 592–613 г/л; масса 1000 зерен – 41,6–42,6 г).

Лучшие экономические показатели у сорта Маруся наблюдались по предшественнику кукуруза на зерно, по сравнению с предшественником подсолнечник, как при посеве осенью (10–20 сентября), так и первом сроке посева весной, рентабельность – 214,4 и 112,0% соответственно.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути эффективной отрасли растениеводства (избранные труды). Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2012. 234 с.
2. Алабушев А.В., Яценко В.А., Попов А.С., Герасименко Г.П., Донцова А.А. Урожайность и качество зерна сортов ячменя ярового в восточной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 3–7.
3. Алабушев А.В., Попов А.С., Лысенко А.А., Яценко В. А. Урожайность и качество сортов озимого ячменя в восточной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 21–24. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-21-24>.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
5. Лопатько Ю.П., Филиппов Е.Г. Технология возделывания ячменя. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2013. 128 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
7. Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л., Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Продуктивность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды сортов-двуручек ячменя при посеве в осенний и весенний сроки // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 15–20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-15-20>.
8. Самофалова Н.Е., Скрипка О.В., Марченко Д.М., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Краснова Е.В., Кривошеев Г.Я., Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Игнатьев С.А. Характеристика сортов и гибридов ФГБНУ «АНЦ «Донской»: каталог. Воронеж: ООО «Издательство Черноземье», 2019. 134 с.
9. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Брагин Р.Н. Оценка показателей адаптивности сортов озимого ячменя в условия юга России // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 14–18. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18>.
10. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Нестеренко В.В., Серкин Н.В., Кузнецова Т.Е. Итоги сотрудничества ФГБНУ «АНЦ «Донской» и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» по селекции озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 50–55. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-50-55>.
11. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Шаповалова И.М. Агробиологическая характеристика нового ультранеспелого сорта озимого ячменя Фокс 1 // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 78–83. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-78-83>.
12. Hakala K., Jauhainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // Field Crops Research, Vol. 259, 15 December 2020 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>.
13. Khokonova, M., & Adzhieva, A. (2019). Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. Amazonia Investiga, 8(23), 96–100. Retrieved from <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853>.

14. Lovarelli Daniela, Garcia Luis Ruiz, Sánchez-Girón Victor, Jacopo Bacenetti. Barley production in Spain and Italy: Environmental comparison between different cultivation practices // *Science of The Total Environment*. Volume 707, 10 March 2020, 135982 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135982>.

Reference

1. Alabushev A.V. Sostoyanie i puti effektivnoj otrasli rastenievodstva (izbrannye trudy) [The state and ways of an effective plant production industry (selected works)]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga", 2012. 234 s.
2. Alabushev A.V., Yacenko V.A., Popov A.S., Gerasimenko G.P., Doncova A.A. Urozhajnosti kachestvo zerna sortov yachmenya yarovogo v vostochnoj zone Rostovskoj oblasti [Productivity and quality of spring barley varieties in the eastern part of the Rostov region] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2017. № 3(51). S. 3–7.
3. Alabushev A.V., Popov A.S., Lysenko A.A., Yacenko V.A. Urozhajnost' i kachestvo sortov ozimogo yachmenya v vostochnoj zone Rostovskoj oblasti [Productivity and quality of winter barley varieties in the eastern part of the Rostov region] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. № 4(58). S. 21–24. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-58-4-21-24>.
4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 2014. 336 s.
5. Lopat'ko YU.P., Filippov E.G. Tekhnologiya vozdeleyvaniya yachmenya [Technology of barley cultivation]. Rostov n/D: ZAO «Kniga», 2013. 128 s.
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: OOO «Gruppa kompanij More», 2019. Vyp. 1. 384 s.
7. Radchenko L.A., Radchenko A.F., Ganockaya T.L., Filippov E.G., Doncova A.A. Produktivnost' i ustojchivost' k neblagopriyatnym faktoram sredy sortov-dvuruchek yachmenya pri poseve v osennij i vesennij sroki [Productivity and resistance to unfavorable environmental factors of the facultative barley varieties when sown in autumn and spring] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. №5 (71). S. 15–20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-15-20>.
8. Samofalova N.E., Skripka O.V., Marchenko D.M., Filippov E.G., Doncova A.A., Krasnova E.V., Krivosheev G.YA., Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Ignat'ev S.A. Harakteristika sortov i gibridov FGBNU "ANC "Donskoj" [Characteristics of varieties and hybrids of the FSBSI "ARC "Donskoy"] : katalog. Voronezh: OOO "Izdat-CHernozem'e", 2019. 134 s.
9. Filippov E.G., Doncova A.A., Bragin R.N. Ocenka pokazatelej adaptivnosti sortov ozimogo yachmenya v usloviya yuga Rossii [Estimation of indicators of adaptability of winter barley varieties in the conditions of the south of Russia] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 4(64). S.14–18. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18>.
10. Filippov E.G., Doncova A.A., Doncov D.P., Nesterenko V.V., Serkin N.V., Kuznecova T.E. Itogi sotrudnichestva FGBNU «ANC «Donskoj» i FGBNU «NCZ im. P.P. Luk'yanenko» po selekcii ozimogo yachmenya [Results of cooperation between FSBSI "ARC "Donskoy" and FSBSI "RC named after P.P. Lukyanenko" in winter barley breeding] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. № 4(70). S.50–55. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-50-55>.
11. Filippov E.G., Doncova A.A., Doncov D.P., SHapovalova I.M. Agrobiologicheskaya harakteristika novogo ul'trarannespelogo sorta ozimogo yachmenya Foks 1 [Agrobiological characteristics of the new ultra-early ripening winter barley variety 'Fox 1'] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. № 6(72). S. 78–83. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-78-83>.
12. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A., Jalli M., Kujala M., Laine A. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future // *Field Crops Research*, Vol. 259, 15 December 2020 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956>.
13. Khokonova, M., & Adzhieva, A. (2019). Photosynthetic activity of spring barley plants depending on moisture provision. *Amazonia Investiga*, 8(23), 96–100. Retrieved from <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/853>.
14. Lovarelli Daniela, Garcia Luis Ruiz, Sánchez-Girón Victor, Jacopo Bacenetti. Barley production in Spain and Italy: Environmental comparison between different cultivation practices // *Science of The Total Environment*. Volume 707, 10 March 2020, 135982 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135982>.

Поступила: 9.03.21; принята к публикации: 13.05.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад: Попов А.С., Зеленская Г. М. – научное руководство, концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Лесных О.С. – выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ НА ЗАСОРЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (*BRASSICA JUNCEA*)

Е.Н. Ростова, научный сотрудник лаборатории исследований технологических приемов в животноводстве и растениеводстве, ORCID ID: 0000-0003-0620-2423
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
297010, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 150; e-mail: lizunau@mail.ru

Современная защита растений должна быть максимально экологичной, поэтому основу ее должны составлять агротехнические приемы. В статье представлены результаты трехлетних исследований (2017–2019 гг.) влияния азотных удобрений и норм высева на урожайность горчицы сарептской и ее способность подавлять сорняки. Исследования проводили в Центральной степи Крыма в ФГБУН «НИИСХ Крыма» на черноземе южном малогумусном. Цель исследований состояла в определении влияния азотных удобрений и норм высева на урожайность и конкурентную способность горчицы сарептской. Установлено, что количество сорной растительности находится в зависимости от индивидуальной засоренности поля и условий влагообеспеченности года. К моменту уборки горчицы количество сорняков увеличивается почти в 1,5 раза за счет появления новых всходов сорных растений в период созревания горчицы. Представлена динамика сухой массы сорных растений в зависимости от нормы высева культуры. Показано, что рост и развитие сорной растительности зависят от густоты стояния растений горчицы сарептской, с увеличением нормы высева от 0,5 до 3,0 млн шт./га сухая масса сорных растений в среднем за три года снизилась со 180,8 до 44,3 г/м². Увеличение нормы высева от 2,5 до 3,0 млн. шт./га достоверного снижения сухой массы сорняков не обеспечило. Установлено, что оптимальной нормой высева при выращивании горчицы сарептской в степном Крыму является 2,5 млн. шт./га. При этой норме высева посевы горчицы максимально продуктивны (0,77 т/га) и характеризуются высокой конкурентной способностью к сорнякам. Доказано положительное влияние азотных удобрений на урожайность горчицы и рост массы сорных растений. Наибольшая урожайность маслосемян в среднем за три года была получена при внесении азота в дозах N₆₀ и N₈₀ и составила 0,78–0,81 т/га (прибавка к контролю – 0,28–0,31 т/га), в этих же вариантах сухая масса сорняков была наибольшей 105,4–106,5 г/м².

Ключевые слова: горчица сарептская, масса сорных растений, доза азота, норма высева, урожайность.

Для цитирования: Ростова Е.Н. Влияние элементов технологии на засоренность и продуктивность посевов горчицы сарептской (*Brassica juncea*) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 75–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-75-81.



THE EFFECT OF TECHNOLOGY ELEMENTS ON WEEDINESS AND PRODUCTIVITY OF BROWN MUSTARD (*BRASSICA JUNCEA*) SOWINGS

E.N. Rostova, researcher of the laboratory for the study of technological methods in husbandry and plant production, ORCID ID: 0000-0003-0620-2423
Research Institute of agriculture in Crimea,
297010, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 150; e-mail: lizunau@mail.ru

Modern plant protection should be as environmentally friendly as possible, therefore, agrotechnical methods should form its basis. The current paper has presented the results of three-year study (2017–2019) of the effect of nitrogen fertilizers and seeding rates on the brown mustard productivity and its ability to suppress weeds. The study was carried out in the Central steppe of the Crimea on the southern low-humus blackearth (chernozem) by the researchers of the FSBSI "Research Institute of agriculture in Crimea". The purpose of the current study was to determine the effect of nitrogen fertilizers and seeding rates on the productivity and competitiveness of brown mustard. There was found that the amount of weeds depends on the individual weediness of the field and the conditions of moisture supply of the year. By the time the mustard was harvested, the number of weeds increased by almost 1.5 times due to the emergence of new shoots of weeds during the ripening period of mustard. There has been presented the dynamics of dry weeds weight depending on the seeding rate. There has been shown that the growth and development of weeds depends on the density of the brown mustard sowings. With an increase in the seeding rate from 0.5 to 3.0 million pieces per hectare, the dry weeds weight decreased from 180.8 to 44.3 g/m² on average over three years. An increase in the seeding rate from 2.5 to 3.0 million pieces per hectare did not provide a significant decrease in dry weeds weight. There has been established that the optimal seeding rate for growing brown mustard in the Crimean steppe is 2.5 million pieces per hectare. At this seeding rate, mustard sowings are maximally productive (0.77 t/ha) and are characterized by a high competitive ability to weeds. There has been proven a positive effect of nitrogen fertilizers on brown mustard productivity and growth in the number of weeds. The highest mean productivity of oilseeds for three years was obtained with the application of nitrogen doses N₆₀ and N₈₀ and was 0.78–0.81 t/ha (on 0.28–0.31 t/ha more than that of the control). In the same variants, dry weeds weight was the highest (105.4–106.5 g/m²).

Keywords: brown mustard, weeds weight, nitrogen dose, seeding rate, productivity.

Введение. Продуктивность посевов и качество урожая во многом определяются степенью засоренности, поскольку сорняки являются главными конкурентами культурных растений за основные факторы жизни. Зачастую вынос питательных веществ сорными растениями превышает по этому показателю культурные растения. В связи с этим, одним из решающих элементов в технологии выращивания любой культуры является борьба с сорной растительностью. Эффективность применения гербицидов довольно высока, однако современная защита растений должна быть максимально экологичной, поэтому основу ее должны составлять агротехнические и биологические приемы.

Brassica juncea L. – перспективная для биологического земледелия культура. Она характеризуется высокой способностью накапливать тяжёлые металлы, довольно устойчива к стрессам и малотребовательна к почвам. Среди других масличных ее рассматривают как наиболее перспективную для фиторемидации культуру (Dhaliwal et al., 2020; Du et al., 2020). Многие исследования указывают на высокую эффективность в борьбе со злаковыми сорняками биогербицида, полученного из шрота семян *Brassica juncea* L. (Wang et al., 2015). Помимо этого сами растения горчицы способны активно подавлять сорняки (Радченко и Женченко, 2017). При этом традиционный комплекс мероприятий при ее выращивании предусматривает применение гербицидов, тогда как разработка агротехнических приемов повышения конкурентной способности культуры позволила бы минимизировать химическую нагрузку. В исследованиях по изучению влияния минеральных удобрений на продуктивность посевов горчицы отмечается, что с улучшением питания растения горчицы более интенсивно развиваются и проявляют высокую конкурентную способность, внесение удобрений в дозе (NPK)₉₀ способствует снижению количества сорных растений на 30% в сравнении с неудобренным фоном (Зотова, 2018). Существенное влияние на численность сорных растений оказывает и густота стояния культурных растений. Исследования в этом направлении показывают, что количество сорняков снижается по мере увеличения нормы высева культуры (Власова и Байкалова, 2019). Однако следует учитывать, что плотность растений горчицы сарептской влияет не только на ее конкурентную способность к сорнякам, но и на ее урожайность (Hossain et al., 2019). Влияние норм высева и уровня азотного питания на продуктивность и засоренность посевов горчицы в засушливых условиях Крыма на данный момент не изучено. Разработка мероприятий, которые бы способствовали поддержанию количества сорняков на экологически безопасном, а продуктивность посевов на экономически оправданном уровне позволила бы снизить химическую нагрузку при выращивании горчицы.

Цель исследования – определить влияние азотных удобрений и норм высева на урожайность и конкурентную способность горчицы сарептской.

Материалы и методы исследований.

Место проведения исследований – отделение полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма». Почва опытного участка – чернозем южный, малогумусный, содержание в пахотном слое P_2O_5 – 62–90 и K_2O 389–586 мг/кг почвы. Изучали пять вариантов внесения под предпосевную культивацию азотных удобрений в виде аммиачной селитры (фактор А): N_0 – контроль; N_{20} ; N_{40} ; N_{60} ; N_{80} и шесть норм высева (фактор В): 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 млн. шт./га на сорте горчицы сарептской Ника в 2017–2019 гг. Предшественник – озимая пшеница.

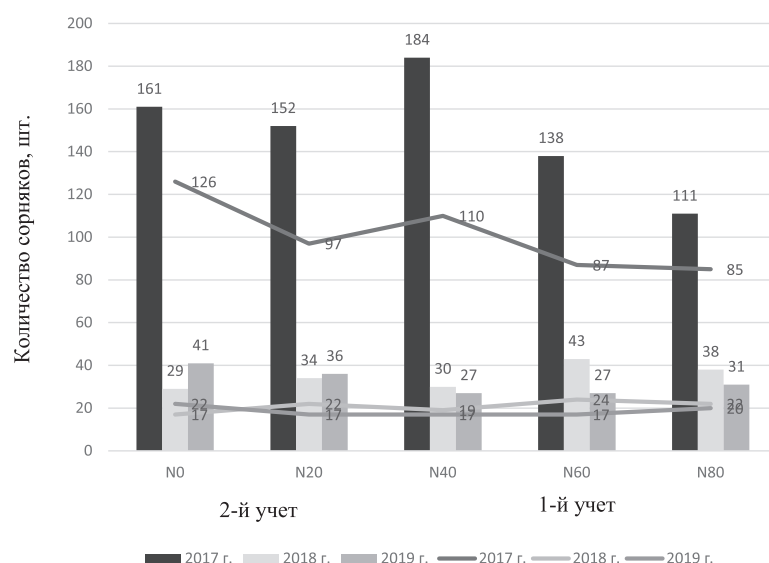
Учет сорняков проводили в два срока: в фазу образования 3–4 настоящих листьев у горчицы и перед уборкой. При втором учете определяли массу сорных растений. Закладку опытов, проведение учетов и статистическую обработку данных выполняли в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова (1985) и методикой проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами (Лукомец и др., 2010). Общая площадь делянки – 27, учетная – 25 м², повторность – четырехкратная.

Гидротермические условия вегетационного периода горчицы сарептской значительно отличались по годам исследований. Наиболее благоприятным для роста и развития растений горчицы был 2017 год. Именно в этом году период от всходов до цветения, когда горчица наиболее требовательна к обеспеченности влагой, характеризовался как влажный, ГТК был самым высоким за годы исследований и составил 1,3. В 2018 г. этот период характеризовался как очень засушливый (ГТК – 0,3), а в 2019 г. – как засушливый (ГТК – 0,7). Самым жестким для растений горчицы был 2018 год. Он характеризовался острым дефицитом осадков на фоне высоких температур воздуха на протяжении всего периода вегетации горчицы, ГТК составил 0,4, при этом средняя температура воздуха была самой высокой за годы исследований – 19,2 °С, что на 3,2 °С выше, чем в 2017 году и на 0,5 °С выше в сравнении с 2019 годом. Как известно, такие природные явления оказывают негативное влияние на рост и развитие растений (Ионова и др., 2019). Метеоусловия 2019 года так же, как и в 2018 году, характеризовались высоким температурным режимом (температура была выше нормы на 1,3 °С), только острый недостаток осадков отмечался в первой половине вегетации горчицы (62,8 мм, или 62% от нормы), во второй половине их количество было в избытке (149,2 мм, или 164% от нормы). В целом погодные условия оказали значительное влияние как на рост и развитие растений горчицы, так и сорняков.

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты по учету сорняков показали,

что их количество определялось индивидуальной засоренностью поля и условиями года, не-

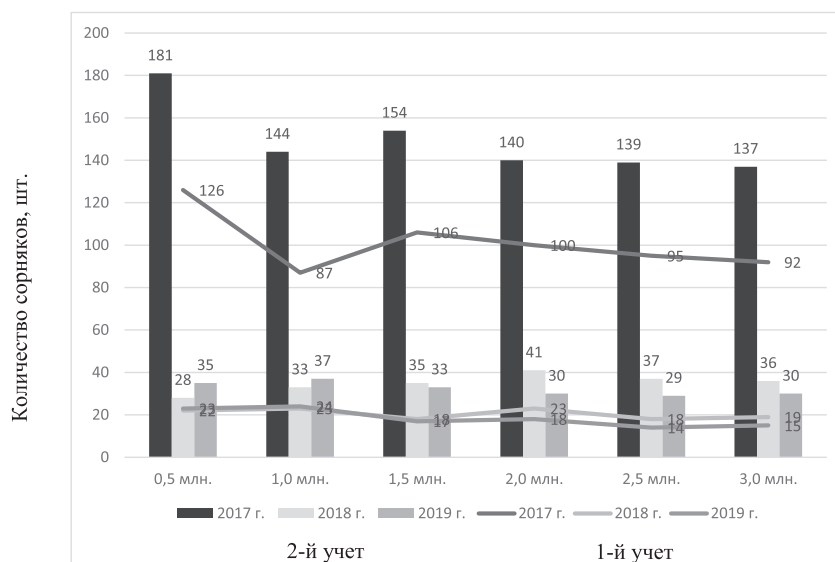
зависимо от густоты стояния растений горчицы и уровня азотного питания (рис. 1 и 2).



$$HCP_{05} \text{ для } 2017, 2018 \text{ и } 2019 \text{ гг.} = F_{\text{факт}} < F_{05}$$

Рис. 1. Динамика изменения количества сорных растений в посевах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотных удобрений, шт./м²

Fig. 1. Dynamics of changes in the number of weeds in brown mustard sowings depending on the dose of nitrogen fertilizers, pcs/m²



$$HCP_{05} \text{ для } 2017, 2018 \text{ и } 2019 \text{ гг.} = F_{\text{факт}} < F_{05}$$

Рис. 2. Динамика изменения количества сорных растений в посевах горчицы сарептской в зависимости от нормы высева, шт./м²

Fig. 2. Dynamics of changes in the number of weeds in brown mustard sowings depending on the seeding rate, pcs/m²

В 2017 году, который характеризовался достаточным количеством осадков в первой половине вегетации горчицы, среднее количество сорняков по опыту при 1-м учете было максимальным и составило 100,9 шт./м². В этом же году отмечено и самое высокое разнообразие по видовому составу сорняков – 17 видов. В засушливых 2018 и 2019 гг. сорных растений было значительно меньше – 20,7 и 18,6 шт./м²

и видовой состав был намного скуднее – 10 и 7 видов соответственно. Второй учет сорняков показал, что к моменту уборки горчицы их количество увеличилось почти в 1,5 раза во всех вариантах опыта независимо от условий года. Так в 2019 году среднее количество сорняков по опыту возросло до 148,6 шт./м², в 2018 – до 34,7 шт./м² и в 2019 – до 31,9 шт./м². Данный факт в основном был обусловлен появ-

лением новых всходов сорных растений в период созревания горчицы.

Обработка данных по массе сорных растений показала, что положительное влияние на рост и развитие сорняков азотные удобрения

оказали в условиях 2017 года, сухая масса сорных растений во всех вариантах с удобрениями была достоверно выше контроля, разница находилась в пределах 1,3–2,0 г/м² при НСР₀₅ = 1,2 г/м² (табл. 1).

1. Засоренность посевов горчицы сарептской в зависимости от дозы азотных удобрений и нормы высева (сухая масса), г/м²*

1. Weediness of brown mustard sowings, depending on the dose of nitrogen fertilizers and the seeding rate (dry weight), g/m²*

Доза азотного удобрения, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, млн шт/га (фактор В)						Средние по А	Преобразованные средние по А
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		
2017 год								
N ₀ (контроль)	67,2	53,3	44,9	24,0	29,2	20,3	39,8	6,2
N ₂₀	125,4	54,8	47,6	50,4	37,2	41,0	59,4	7,5
N ₄₀	106,1	75,7	64,0	77,4	44,9	50,4	69,8	8,2
N ₆₀	216,1	82,8	59,3	34,8	25,0	15,2	72,2	7,7
N ₈₀	174,2	59,3	49,0	31,4	20,3	27,0	60,2	7,5
Средние по В	137,8	65,2	53,0	43,6	31,3	30,8	Среднее по опыту 60,3	
Преобразованные средние по В	11,5	8,0	7,3	6,5	5,5	5,4		
НСР ₀₅ для А = 1,2; В = 1,3; частных различий = F _{факт} < F ₀₅								
2018 год								
N ₀ (контроль)	41,0	36,0	12,3	16,8	21,2	17,6	24,1	4,8
N ₂₀	34,8	13,0	44,9	30,3	20,3	21,2	27,4	5,1
N ₄₀	36,0	54,8	59,3	26,0	33,6	14,4	37,4	6,0
N ₆₀	62,4	56,3	44,9	64,0	37,2	31,4	49,4	7,0
N ₈₀	65,6	57,8	49,0	27,0	27,0	28,1	42,4	6,4
Средние по В	48,0	43,5	42,1	32,8	27,9	22,5	Среднее по опыту 36,1	
Преобразованные средние по В	6,9	6,4	6,3	5,6	5,2	4,7		
НСР ₀₅ для А = F _{факт} < F ₀₅ ; В = 1,4; частных различий = F _{факт} < F ₀₅								
2019 год								
N ₀ (контроль)	289,0	187,7	127,7	96,0	108,2	98,0	151,1	12,0
N ₂₀	320,4	259,2	207,4	72,3	130,0	98,0	181,2	13,0
N ₄₀	361,0	213,2	139,2	90,3	88,4	64,0	159,3	12,0
N ₆₀	404,0	302,8	92,2	166,4	121,0	81,0	194,6	13,3
N ₈₀	408,0	259,2	346,0	118,8	114,5	54,8	216,9	14,0
Средние по В	356,5	244,4	182,5	108,8	112,4	79,2	Среднее по опыту 180,6	
Преобразованные средние по В	18,8	15,6	13,1	10,3	10,6	8,8		
НСР ₀₅ для А = F _{факт} < F ₀₅ ; В = 2,3; частных различий = F _{факт} < F ₀₅								
Среднее за 2017–2019 годы								
N ₀ (контроль)	132,4	92,3	62,6	45,6	53,5	45,6	72,0	7,7
N ₂₀	160,2	110,1	100,0	51,4	62,5	53,4	89,6	8,6
N ₄₀	167,7	114,5	87,5	64,6	55,6	43,0	88,8	8,7
N ₆₀	227,5	147,3	65,4	88,4	61,1	42,5	105,4	9,3
N ₈₀	216,0	125,4	147,5	59,1	53,9	37,1	106,5	9,2
Средние по В	180,8	117,9	92,6	61,8	57,3	44,3	Среднее по опыту 92,5	
Преобразованные средние по В	12,4	10	8,9	7,4	7,1	6,3		
НСР ₀₅ для А = 1,1; В = 1,0; частных различий = F _{факт} < F ₀₅								

Примечание: НСР₀₅ приведены для преобразованных данных, преобразования проводили путем извлечения квадратного корня.

В 2018 и 2019 гг. влияния удобрений на развитие сорных растений не установлено. Каждый год была отмечена некоторая тенденция к увеличению массы сорных растений с увеличением дозы азотных удобрений. В результате в среднем за три года исследований внесение азота в дозах N₆₀ и N₈₀ достоверно способствовало лучшему развитию сорняков, их сухая масса была максимальной – 105,4 и 106,5 г/м²,

соответственно. При внесении N₂₀ и N₄₀ сухая масса сорняков была выше, чем на неудобренном фоне, но разница эта находилась в пределах ошибки опыта.

Норма высева семян горчицы сарептской, независимо от уровня азотного питания, оказала значительное влияние на развитие сорной растительности во все годы исследований. С увеличением густоты стояния культурных

растений происходило подавление и угнетение сорняков. В условиях 2017 года наименьшая сухая масса сорняков была при высеве горчицы нормой 2,5 и 3,0 млн шт./га и составила 31,3 и 30,8 г/м², соответственно, достоверно уступив по этому показателю вариантам с нормами высева от 0,5 до 1,5 млн. шт./га. В 2019 году высокую конкурентную способность растения горчицы показали уже при высеве нормой 2,0 млн шт./га, сухая масса сорных растений составила 108,8 г/м² и была существенно меньше, чем при более низких нормах высева. С увеличением нормы высева до 3,0 млн шт./га отмечалось снижение сухой массы сорняков до 79,2 г/м², но разница находилась в пределах ошибки опыта. В 2018 году подавляющее действие растений горчицы значительно ослабло, сухая масса сорняков при максимальной норме высева в среднем составила 22,5 г/м² и была только в два раза ниже в сравнении с массой при минимальной норме высева 48,0 г/м², тогда как в 2017 и 2019 гг. произошло снижение в 4,5 раза – с 137,8 до 30,8 и с 356,5 до 79,2 г/м² соответственно. В 2018 году наименьшая сухая масса сорняков была при высеве нормой 3,0 млн шт./га, достоверно уступив вариантам с нормами высева 1,5 млн. шт./га и мень-

ше. В среднем за три года исследований существенное подавление роста и развития сорной растительности отмечено при высеве нормой 3,0 млн. шт./га, сухая масса сорняков в этом варианте была самой низкой 44,3 г/м², но находилась в пределах ошибки опыта с сухой массой сорняков при высеве нормой 2,5 млн шт./га.

Значительное влияние на развитие сорняков оказали и метеоусловия года. Наибольшая сухая масса сорных растений в среднем по опыту была в 2019 году, когда обильные осадки выпали в период образования зеленого стручка и созревания горчицы, и составила 180,6 г/м². Данный факт объясняется тем, что именно в этот период растения горчицы практически не потребляют влагу и, как следствие, не создают конкуренции сорным растениям за данный фактор жизни. Таким образом выпавшие осадки были максимально использованы активно вегетирующими в этот момент сорняками. Наименьшая сухая масса сорняков была отмечена в острозасушливом 2018 году, в среднем по опыту она составила 36,1 г/м².

Основным критерием при определении нормы высева и дозы азотных удобрений при выращивании горчицы сарептской является урожайность (табл. 2).

2. Урожайность семян горчицы в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева, т/га
2. Productivity of brown mustard seeds, depending on the level of nitrogen nutrition and the seeding rate, t/ha

Нормы азотного удобрения, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, млн. шт/га (фактор В)	Урожайность по годам			Среднее
		2017	2018	2019	
N ₀ (контроль)	0,5	0,49	0,20	0,53	0,41
	1,0	0,56	0,21	0,61	0,46
	1,5	0,71	0,20	0,65	0,52
	2,0	0,92	0,21	0,63	0,58
	2,5	0,75	0,20	0,63	0,53
	3,0	0,60	0,22	0,65	0,49
N ₂₀	0,5	0,71	0,24	0,54	0,50
	1,0	0,93	0,21	0,65	0,59
	1,5	0,98	0,21	0,68	0,62
	2,0	0,98	0,20	0,72	0,63
	2,5	1,29	0,19	0,81	0,76
	3,0	1,32	0,25	0,74	0,77
N ₄₀	0,5	0,73	0,23	0,57	0,51
	1,0	1,00	0,25	0,72	0,66
	1,5	1,08	0,23	0,81	0,71
	2,0	1,19	0,23	0,81	0,74
	2,5	1,36	0,24	0,82	0,81
	3,0	1,32	0,25	0,78	0,78
N ₆₀	0,5	1,15	0,22	0,70	0,69
	1,0	1,20	0,23	0,78	0,74
	1,5	1,27	0,25	0,85	0,79
	2,0	1,39	0,24	0,89	0,84
	2,5	1,44	0,26	0,94	0,88
	3,0	1,23	0,27	0,83	0,78
N ₈₀	0,5	1,25	0,20	0,68	0,71
	1,0	1,45	0,22	0,76	0,81
	1,5	1,42	0,27	0,83	0,84
	2,0	1,42	0,24	0,89	0,85
	2,5	1,49	0,27	0,89	0,88
	3,0	1,21	0,28	0,79	0,76

Нормы азотного удобрения, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, млн. шт/га (фактор В)	Урожайность по годам			Среднее
		2017	2018	2019	
Средние по А	N_0	0,67	0,21	0,61	0,50
	N_{20}	1,03	0,22	0,69	0,65
	N_{40}	1,11	0,24	0,75	0,70
	N_{60}	1,28	0,24	0,83	0,78
	N_{80}	1,37	0,24	0,81	0,81
Средние по В	0,5	0,86	0,22	0,60	0,56
	1,0	1,03	0,22	0,70	0,65
	1,5	1,09	0,23	0,76	0,69
	2,0	1,18	0,22	0,79	0,73
	2,5	1,27	0,23	0,82	0,77
НСР ₀₅	3,0	1,13	0,25	0,76	0,71
	А	0,15	$F_{\phi} < F_{05}$	0,07	0,06
	В	0,13	$F_{\phi} < F_{05}$	0,03	0,05
Частных различий		$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Анализ данных показал, что эффективность применения азотных удобрений зависела от метеоусловий года. Максимальные прибавки урожайности от их внесения были получены в благоприятном для развития растений горчицы 2017 году – 0,36–0,70 т/га, в засушливом 2019 году прибавки были значительно ниже – 0,08–0,22 т/га. При этом следует отметить, что в контрольном варианте урожайности в эти годы была практически на одном уровне – 0,67 и 0,61 т/га, соответственно. В острожасушливом 2018 году растения горчицы страдали от неблагоприятных погодных явлений и сформировали очень низкую урожайность – от 0,19 (N_{20} 2,5 млн шт./га) до 0,28 т/га (N_{20} 3,0 млн шт./га) независимо от уровня азотного питания и нормы высева культуры. В среднем за три года исследований максимальная урожайность 0,78 и 0,81 т/га была получена при внесении азота в дозах N_{60} и N_{80} соответственно. Однако основное влияние на среднегодовую урожайность оказал 2017 год. Только в условиях этого года увеличение дозы азота до N_{80} обеспечило прибавку урожайности по отношению к варианту с внесением N_{60} на 0,09 т/га (НСР₀₅ = 0,15 т/га), в 2019 году урожайность при внесении N_{80} была на 0,03 т/га (НСР₀₅ = 0,07 т/га) ниже, чем при внесении N_{60} , а в 2018 году она была на одном уровне 0,24 т/га. Таким образом, можно заключить, что вероятность получения прибавки урожайности при увеличении дозы азота выше N_{60} в условиях степного Крыма довольно низка.

В условиях 2017 и 2019 гг. увеличение нормы высева до 2,5 млн шт./га обеспечило устойчивый рост продуктивности посевов горчицы сарептской, урожайность была на уровне 1,27 и 0,82 т/га соответственно. При дальнейшем увеличении густоты стояния растений горчицы отмечено достоверное снижение по данному показателю. Исключение составил 2018 год,

когда урожайность во всех вариантах с нормами высева была на одном уровне 0,22–0,25 т/га. В среднем за три года исследований максимальная урожайность была получена при норме высева 2,5 млн шт./га и составила 0,77 т/га.

Взаимодействие уровня азотного питания и нормы высева не имело влияния на урожайность горчицы сарептской, как в среднем, так и по годам исследований ($F_{\phi} < F_{05}$).

Выводы. Согласно результатам исследования установлено, что количество сорняков зависит от индивидуальной засоренности поля и условий влагообеспеченности года. Растения горчицы сарептской подавляют рост и развитие сорной растительности. С увеличением нормы высева от 0,5 до 3,0 млн шт./га сухая масса сорных растений в среднем за три года снизилась со 180,8 до 44,3 г/м². Увеличение нормы высева от 2,5 до 3,0 млн шт./га достоверного снижения сухой массы сорняков не обеспечило. Оптимальной нормой высева при выращивании горчицы сарептской в степном Крыму является 2,5 млн. шт./га. При этой норме высева посевы горчицы максимально продуктивны (0,77 т/га) и характеризуются высокой конкурентной способностью к сорнякам. Применение азотных удобрений способствовало увеличению урожайности горчицы и росту массы сорных растений. Наибольшая урожайность маслосемян в среднем за три года была получена при внесении азота в дозах N_{60} и N_{80} и составила 0,78–0,81 т/га (прибавка к контролю 0,28–0,31 т/га), в этих же вариантах сухая масса сорняков была наибольшей 105,4–106,5 г/м². В острожасушливых условиях (2018 год) удобрения на урожайность горчицы и массу сорных растений не влияли. Взаимодействие уровня азотного питания и норм высева на засоренность и продуктивность посевов горчицы не имело влияния независимо от метеоусловий года.

Библиографические ссылки

1. Власова Т.С., Байкалова Л.П. Влияние нормы высева на засоренность посевов донника желтого // XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых. Красноярский государственный аграрный университет. 2019. С. 19–24.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Зотова Е.Ю. Эффективность действия минеральных удобрений на урожайность и качество семян горчицы белой и рапса ярового // Современные тенденции в научном обеспечении АПК верхневолжского региона. 2018. С. 223–231.
4. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
5. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар, 2010. 327 с.
6. Радченко Л.А., Женченко К.Г. Влияние севооборотов на засоренность посевов // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 30–32.
7. Dhaliwal S.S., Taneja P.K., Singh J., Bhatti S.S., Singh R. Cadmium accumulation potential of brassica species grown in metal spiked loamy sand soil // Soil & Sediment Contamination. 2020. Vol. 29. No. 6. P. 638–649. DOI: 10.1080/15320383.2020.1758031.
8. Du J., Guo Z., Li R., Ali A., Guo D., Lahori A.H., Wang P., Liu X., Wang X., Zhang Z. Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for the phytoremediation of Cd and Zn based on the plant physiological mechanisms // Environmental Pollution. 2020. Vol. 261. P. 114213. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114213.
9. Hossain Z., Johnson E. N., Wang L., Blackshaw R. E., Cutforth H., Gan Y. Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 141. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111800.
10. Wang X., Gu M., Niu G., Baumann P. A. Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') on weed emergence // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 77. P. 1004–1013. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.09.070.

References

1. Vlasova T.S., Bajkalova L.P. Vliyanie normy vyseva na zasorennost' posevov donnika zheltogo [Influence of the seeding rate on the weediness of yellow melilot] // XII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyh. Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2019. S. 19–24.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
3. Zotova E.YU. Effektivnost' dejstviya mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo semyan gorchicy belo i rapsa yarovogo [The efficiency of the effect of mineral fertilizers on seed productivity and quality of white mustard and spring rape] // Sovremennye tendencii v nauchnom obespechenii APK verhnivolzhskogo regiona. 2018. S. 223–231.
4. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskiy koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) [Drought and hydrothermal moisture coefficient as one of the criteria for assessing the degree of its intensity (literature review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 18–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
5. Lukomec V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F. Metodika provedeniya polevyh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami [Methodology for conducting field agrotechnical experiments with oilseeds]. Krasnodar, 2010. 327 s.
6. Radchenko L.A., Zhenchenko K.G. Vliyanie sevooborotov na zasorennost' posevov [The effect of crop rotations on crop weediness] // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 12. S. 30–32.
7. Dhaliwal S.S., Taneja P.K., Singh J., Bhatti S.S., Singh R. Cadmium accumulation potential of brassica species grown in metal spiked loamy sand soil // Soil & Sediment Contamination. 2020. Vol. 29. No. 6. P. 638–649. DOI: 10.1080/15320383.2020.1758031.
8. Du J., Guo Z., Li R., Ali A., Guo D., Lahori A.H., Wang P., Liu X., Wang X., Zhang Z. Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for the phytoremediation of Cd and Zn based on the plant physiological mechanisms // Environmental Pollution. 2020. Vol. 261. P. 114213. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114213.
9. Hossain Z., Johnson E. N., Wang L., Blackshaw R. E., Cutforth H., Gan Y. Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 141. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111800.
10. Wang X., Gu M., Niu G., Baumann P. A. Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') on weed emergence // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 77. P. 1004–1013. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.09.070.

Поступила: 14.12.20; принята к публикации: 16.03.21.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ростова Е.Н. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевого опыта и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК: 632.9+632.4:633.11

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-82-87

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ СРЕДИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ В АГРАРНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ «ДОНСКОЙ»

Т.Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

Н.В. Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

О.С. Кононенко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Планомерные работы по созданию сортов озимой пшеницы с устойчивостью к комплексу наиболее вредоносных болезней в зоне деятельности «Аграрного научного центра «Донской» проводятся с начала 1970-х годов. За этот период создано большое количество сортов, проявляющих устойчивость к 3–4 болезням в условиях инфекционных фонов возбудителей болезней. В результате анализа сортов установлено низкое количество сортов с устойчивостью к мучнистой росе. Мучнистая роса, вызываемая грибом *Blumeria graminis* (DC) Speer, проявляется на посевах пшеницы ежегодно, поражая все надземные органы растений. Ранее в ФГБНУ «АНЦ «Донской» были созданы и широко возделывались в производстве сорта со средней устойчивостью к мучнистой росе: Танаис (2006), Находка (2015), Этюд, Шеф, Лилит (2016), Вольница (2017), Полина, Юбилей Дона, Подарок Крыму (2018), Нива Дона (2019). В последние годы селекционерами создан ряд сортов с высокой устойчивостью к патогену: Донская степь (2016), Премьера, Универ (2018), Приазовье, Золотой колос (2020). Но селекция на устойчивость к мучнистой росе сложна, так как объясняется небольшим количеством эффективных генов устойчивости и их источников. Поэтому целью исследования является выявление новых источников устойчивости к патогену. В условиях искусственного заражения в течение 10 лет проведено испытание 302 сортов и образцов озимой пшеницы отечественной и зарубежной селекции. Иммунных сортов не установлено, выявлен небольшой процент (15,2) устойчивых к возбудителю. Среди российских сортов это Л 3191 к-5-8, Ахмат, Алиевич, Барьер, Уляша, Княгиня Ольга, которые не имели поражения за годы испытаний. Из зарубежных сортов лучшими по устойчивости к мучнистой росе выявлены сорта Бомбус, Сейлор (Франция), Этана, Ротакс, КВС-Эмиль (Германия), Фиделиус (Австрия), MV 09-04 (Венгрия). Все выделившиеся источники устойчивости рекомендуются в селекционные программы на иммунитет.

Ключевые слова: мучнистая роса, устойчивость, восприимчивость, инфекционный фон, балл, сорт.

Для цитирования: Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Кононенко О.С. Новые источники устойчивости к мучнистой росе среди озимой мягкой пшеницы для корректировки селекционных иммунологических программ в «Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 82–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-82-87.



NEW SOURCES OF POWDERY MILDEW RESISTANCE AMONG WINTER BREAD WHEAT FOR ADJUSTING THE BREEDING IMMUNOLOGICAL PROGRAMS IN THE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER “DONSKOY”

T.G. Derova, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

N.V. Shishkin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, nik.shishkin.1961@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

O.S. Kononenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection, olapavlenko3008@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7012-6440

FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

Systematic work on the development of winter wheat varieties possessing resistance to a complex of the most harmful diseases has been carried out in the Agricultural Research Center “Donskoy” since the early 1970s. During this period, there has been created a large number of varieties that possess resistance to 3–4 diseases in conditions of infectious backgrounds of pathogens. Due to the analysis of varieties, there was identified a small number of varieties resistant to powdery mildew. Powdery mildew, caused by the fungus *Blumeria graminis* (DC) Speer, annually occurs on wheat, affecting all aboveground plant organs. Earlier the FSBSI “ARC “Donskoy” developed and widely cultivated the medium-resistant varieties ‘Tanais’ (2006), ‘Nakhodka’ (2015), ‘Etyud’, ‘Shef’, ‘Lilit’ (2016), ‘Volnitsa’ (2017), ‘Polina’, ‘Yubiley Dona’, ‘Podarok Krymu’ (2018), ‘Niva Dona’ (2019). In recent years, breeders have developed such varieties with high resistance to the pathogen as ‘Donskaya Step’ (2016), ‘Premiera’, ‘Univer’ (2018), ‘Priazovye’,

'Zolotoy Kolos' (2020). But the breeding process of varieties for resistance to powdery mildew is difficult, since it is explained by the small number of effective resistance genes and their sources. Therefore, the purpose of the current study was to identify new sources of resistance to the pathogen. Under the conditions of artificial infection, during last 10 years there was conducted a testing of 302 varieties and samples of winter wheat of domestic and foreign breeding. There have not been identified immune varieties. There was identified a small percentage (15.2) of varieties that were resistant to the pathogen. Among the Russian varieties they were 'L 3191 k-5-8', 'Akhmat', 'Alievich', 'Barier', 'Ulyasha', 'Knyaginya Olga', which were not attacked by the disease over the years of testing. Among foreign varieties, the varieties 'Bombus', 'Sailor' (France), 'Etana', 'Rotax', 'KVS-Emil' (Germany), 'Fidelius' (Austria), 'MV 09-04' (Hungary) were identified as the best ones in their resistance to powdery mildew. All identified sources of resistance have been recommended in breeding programs for immunity.

Keywords: powdery mildew, resistance, susceptibility, infectious background, unit, variety.

Введение. Существенные потери урожая при производстве зерна, а также снижение его качества на юге России наносит мучнистая роса, вызываемая грибом *Blumeria graminis* (DC) Speer, которая на посевах злаковых культур распространена повсеместно и ежегодно (Подгорный и др., 2015).

Проявляется данный возбудитель в виде мучнисто-белого налёта, который наиболее сильно развивается во влажные годы и на загущенных посевах. Мучнистая роса во время вегетации поражает все надземные органы, особенно листья и стебли, уменьшая ассимиляционную поверхность и разрушая хлорофилл.

Основными предпосылками для ежегодного развития мучнистой росы на посевах являются: достаточное количество в почве (на растительных остатках) инфекционного начала; восприимчивость к мучнистой росе (большей части) возделываемых в производстве сортов пшеницы; благоприятные климатические условия для развития болезни. Вредоносность болезни на посевах пшеницы составляет 35–40% (Simeone R. et al., 2020).

Мучнистая роса значительно реже вызывает сильные эпифитотии, чем бурая ржавчина и проявляет гораздо меньшую способность к образованию новых рас. Тем не менее, селекция на устойчивость к мучнистой росе так же сложна, как и к другим листовым болезням. Это объясняется небольшим количеством эффективных генов устойчивости и их источников (Wu X. et al., 2021; Li S. et al., 2020).

Для создания устойчивых сортов необходима иммунологическая характеристика высеваемых в данном регионе сортов озимой пшеницы, а также изучение мирового разнообразия коллекционных образцов ВИР. По данным наших исследований, среди современных сортов озимой пшеницы и образцов коллекции ВИР устойчивость к мучнистой росе в полевых условиях проявили 18% сортов и 8,2% образцов (Дерова и др., 2018).

В связи с этим создание и внедрение в производство устойчивых к мучнистой росе сортов пшеницы приобретает большую значимость и актуальность. Селекция озимой пшеницы в ФГБНУ «АНЦ «Донской» проводится с целью создания высокопродуктивных сортов с высоким качеством зерна и другими эколого-пластичными показателями, в том числе с устойчивостью к комплексу основных болезней в зонах выращивания зерна.

Работы в центре по выведению сортов озимой пшеницы, устойчивых к мучнистой росе,

как и к другим листовым пятнистостям, проводятся непрерывно и целенаправленно многие годы. Так, в различные годы были созданы и рекомендованы в производство сорта со средней устойчивостью к мучнистой росе: Танаис (2006), Находка (2015), Этюд, Шеф, Лилит (2016), Вольница (2017), Полина, Юбилей Дона, Подарок Крыму (2018), поражение которых во влажные годы не превышало 1,5 баллов, а в годы депрессии патогена посевы таких сортов были практически чистыми от мучнистой росы. (Марченко и др., 2018). Такие сорта позволяют стабилизировать популяцию возбудителя мучнистой росы за счет снижения его репродуктивной способности, которая напрямую связана с ежегодным запасом инфекционного начала на полях.

В последние годы селекционерами отдела селекции озимых пшениц ФГБНУ «АНЦ «Донской» создан ряд сортов, ежегодно проявляющих высокую устойчивость к мучнистой росе в условиях искусственного заражения патогеном: Донская степь (2016), Премьера, Универ (2018), Приазовье, Золотой колос (2020). В гибридизацию всех приведенных сортов в свое время привлекали многие источники устойчивости к мучнистой росе, такие как Павловка, Зимдар, Ростовчанка 5 (Россия), Куяльник, Мироновская 27 (Украина), Дарунок (Белоруссия) и т. д. (Скрипка и др., 2020).

Для дальнейшего предотвращения массового развития мучнистой росы на посевах озимой пшеницы с использованием устойчивых сортов, селекционерам необходима информация о новых источниках устойчивости к этому пластичному и ежегодно проявляющемуся патогену.

В связи с этим, целью нашей работы является – выявить наиболее ценные для селекции источники устойчивости к мучнистой росе среди современных сортов озимой пшеницы из стран Европы и России, для использования их при своевременной корректировке селекционных программ на иммунитет к комплексу патогенов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на полевом участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2010–2019 гг. Проведена оценка 302 образцов озимой пшеницы разного эколого-географического происхождения на устойчивость к северокавказской популяции возбудителя мучнистой росы. Российский сортимент был представлен образцами из 8 областей и двух краёв; зарубеж-

ный – из 4-х стран ближнего и 9-и дальнего зарубежья.

Ежегодные инфекционные фоны по мучнистой росе создавали по методу, разработанному для листовых пятнистостей в «Аграрном научном центре «Донской» (Дерова, 1987). Объектом исследования являлась северокавказская популяция возбудителя мучнистой росы.

Сорта и образцы высевали 2-рядковыми деланками, которые располагались ярусами длиной 15 м. Полосы с испытуемыми сортами обсеивали смесью восприимчивых сортов, а также высевали их через 20 деланок. Тест-сортами по восприимчивости в различные годы служили сорта Иришка (2010–2016 гг.), Губернатор Дона (2010–2019 гг.), Тарасовская 29 (2010–2019 гг.), Морозко (2015–2019 гг.). Степень поражения сортов мучнистой росой определяли по следующей шкале ВИР (Вавилов, 1986):

0 – поражение отсутствует;

1 – очень слабое поражение (единичные мелкие подушечки на листьях и междоузлиях нижнего яруса);

2 – слабое поражение (умеренное количество подушечек на листьях и междоузлиях нижнего яруса);

3 – среднее поражение (подушечки в массе развиваются на нижних листьях и междоузлиях, доходя до верхних ярусов отдельными рассеянными пятнами);

4 – сильное поражение (подушечки в изобилии развиваются на всех листьях и междоузлиях, в том числе на верхних, поражение может захватить и колос).

Изученные сорта ранжировали на четыре группы по типу устойчивости к *B. graminis*: 1 – устойчивые (поражение не выше 1 балла); 2 – среднеустойчивые (поражение – 1–1,5 балла); 3 – средневосприимчивые (поражение 1,5–2 балла); 4 – восприимчивые (поражение выше 2 баллов) (Волкова и др., 2013).

Погодно-климатические условия в годы проведения исследований характеризовались контрастными показателями, что позволило получить объективную оценку устойчивости сортов.

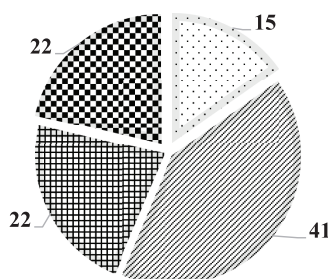
Результаты и их обсуждение. За последние 10 лет (2010–2019 гг.) на характер проявления и вредоносность мучнистой росы в южном регионе России, к которому относится Ростовская область, оказывали влияние генетические особенности районированных сортов озимой мягкой пшеницы и погодные условия осеннего и весеннего периодов вегетации культуры. В годы сильного развития патогена восприимчивые тест-сорта имели поражение до 3 баллов (2010, 2012–2014, 2017, 2018), в засушливые (2011, 2016, 2019 гг.) и в острозасушливый (2015 год) проявления мучнистой росы даже на восприимчивых сортах было заметно ниже (табл. 1).

1. Поражение восприимчивых тест-сорт озимой пшеницы при искусственном заражении мучнистой росой (2010–2019 гг.) 1. Powdery mildew attack of susceptible test-winter wheat varieties during artificial infection (2010–2019)

Сорт	Поражение мучнистой росой, балл									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Восприимчивые тест-сорта	3	2,5	3	3	3	2–2,5	2,5	3	3	2,5

В результате исследований изученные сорта озимой мягкой пшеницы были классифицированы следующим образом: устойчивые – 46 сортов (15% от числа изученных);

среднеустойчивые 124 (41%); средневосприимчивые – 67 (22%); восприимчивые – 65 (22%) (см. рисунок). Иммунных сортов к мучнистой росе не выявлено.



■ Устойчивые ▨ Слабо восприимчивые ▩ Средне восприимчивые ▤ Восприимчивые

Соотношение сортов озимой пшеницы по устойчивости к *B. graminis*, % (2010–2019 гг.)
The ratio of the winter wheat varieties according to their resistance to *B. graminis*, % (2010–2019)

Среднюю устойчивость к мучнистой росе (поражение 1, 1,5 балла) проявили 124 сорта, или 41,1%. Это сорта как российской селекции:

Маркиз, Слава, Ставка, Сталь, КИВ-6, Ариадна, Боярыня, Донстар, Московская 56 и др., так и стран Европы: MV 15-04 (Венгрия), Дагмар

(Чехия), ХЕ 83-59, АРАСНЕ, Фамулус (Франция), Шестопаливка, Чорнява, Перлина (Украина), Норд 128, Рафи (Германия) и др.

Выделены средневосприимчивые сорта с поражением от 1,5 до 2 баллов, к которым отнесено 22,2% изученных сортов, относящихся как к отечественной селекции, так и к зарубежной.

Не выдерживали инфекционной нагрузки мучнистой росы 65 или 21,5%, восприимчивых сортов, поражение которых в годы испытаний достигало от 2–2,5 до 3 баллов. К примеру, из российских сортов это Мафэ, Батько, Каменя,

Донская лира, Краля, Курень, Жнея, Арфа, Донэко, Жатва Алтая, Казачий атаман, Морозко и др.

Наибольший интерес представляют устойчивые к мучнистой росе сорта, выделившиеся в процессе исследования. К таким сортам отнесено 46 или 15,2%, что также подтверждает мнение других авторов о небольшом количестве источников устойчивости к *B. graminis*. Среди них 19 сортов из стран Европы и 27 сортов российской селекции, или 41,3 и 58,7% соответственно (табл. 2, 3)

2. Лучшие по устойчивости к мучнистой росе европейские сорта озимой пшеницы за годы исследований на инфекционных фонах (2010–2019 гг.)

2. The best European winter wheat varieties in terms of powdery mildew resistance on infectious backgrounds over the years of study (2010–2019)

Сорт	Происхождение	Годы испытаний	Оценки min–max, балл	Сорт	Происхождение	Годы испытаний	Оценки min–max, балл
Солоха	Украина	2015–19	01–1	Бомбус	Франция	2012–14	01
Астарт	//	2016–19	1–1,5	Сейлор	//	2013–15	01–1
Журавка одесская	//	2018–19	01–1	ALTIGO	//	2014–19	0–1
Гилея	//	2016–19	01–1	СО 911	//	2014–19	01–1
Анисимовка	//	2016–18	01–1	ИГЛ	//	2016–18	01–1,5
Slavna	//	2017–19	01–1	ХЕ 97-10	//	2016–18	01
Риги	Германия	2011–14	01–1	Менестрель	Сербия	2011–13	01–1
Этана	//	2014–19	01–1	Фиделиус	Австрия	2012–16	01–1
Ротакс	//	2016–18	01	MV-09-04	Венгрия	2018–19	01–01–1
КВС-Эмиль	//	2018–19	01	Восприимчивый тест-сорт	Россия	2010–19	2,5–3,5

Сорта испытывали на инфекционных фонах от 2 до 6 лет. Часть сортов в благоприятные для мучнистой росы годы оценивали до 1 балла, но в обычные годы они имели оценку «следы» или 01 балла. Это сорта Солоха, Журавка одесская, Гилея, Анисимовка (Украина), ALTIGO, СО-911, ХЕ 97-10, ИГЛ (Франция), Риги (Германия). Менестрель (Сербия) и др.

Высокую устойчивость и в годы сильно-го развития мучнистой росы проявили со-

рта: Бомбус, Сейлор (Франция), Этана, Ротакс, КВС-Эмиль (Германия), Фиделиус (Австрия), MV 09-04 (Венгрия). Эти высокоустойчивые сорта широко вовлекаются в скрещивания, проводимые в отделе селекции озимых пшениц «Аграрного научного центра «Донской» с целью расширения генетического разнообразия источников устойчивости.

3. Реакция сортов озимой пшеницы российской селекции при испытании устойчивости к мучнистой росе на инфекционных фонах (2010–2019 гг.)

3. The reaction of winter wheat varieties of Russian selection when testing resistance to powdery mildew on infectious backgrounds (2010–2019)

Сорт	Годы испытаний	Оценки min–max, балл	Сорт	Годы испытаний	Оценки min–max, балл
Лига 1	2010–16	01–1...1,5	Феония	2012–15	01–1
Алексеич	2016–19	01–1	Княгиня Ольга	2015–19	01–1
Дуплет	2016–19	01...1–1,5	Лавина	2011–13	1–1,5
Л 3191 к-5-8	2017–19	01	Проза	2013–15	01–1
Ахмат	2018–19	01–1	Поэма	2013–17	01–1
Алиевич	2018–19	01...01–1	Прикуп	2015–17	01–1...1,5
Барьер	2018–19	01–1	Удачная	2016–18	01–1
Уляша	2018–19	01	Галина	2016–18	01–1
Фея	2018–19	01–1	Московская 40	2016–18	1
Партнер	2018–19	01–1	Немчиновская 17	2016–18	01–1
Вольница	2018–19	01–1	Восприимчивый тест-сорт	2010–19	2,5...3...3,5

Так, сорта Лига 1, Алексеич, Дуплет, Фея, Феония, Проза, Поэма, Лавина и др. были среднеустойчивыми в благоприятные для развития возбудителя годы исследований, т.к. оценки этих сортов не превышают 1–1,5 балла. В годы с низкой относительной влажностью воздуха и почвы проявление болезни на этих сортах фиксировалось как минимальное, с оценками Сл и 01 балла.

В то же время выделены сорта Л 3191 к-5-8, Ахмат, Алиевич, Барьер, Уляша, Княгиня Ольга, которые не имели поражения возбудителем мучнистой росы даже в лучшие для развития патогена годы. Эти устойчивые сорта озимой мягкой пшеницы, в большинстве своем характеризуются и другими положительными хозяйственно-ценными признаками. Как источники устойчивости представляют значительный интерес для селекционеров и, по мере выявления их, используются в корректировках в схемах гибридизации. В настоящее время полученный устойчивый к мучнистой росе гибридный материал изучается в различных селекционных питомниках.

Сорта, проявившие высокую устойчивость к мучнистой росе в условиях жестких инфекционных фонов, и отечественные, и зарубежные рекомендуются для использования в качестве исходного материала в селекционных программах на иммунитет.

Выводы. Таким образом, несмотря на сложность в селекции озимой пшеницы к мучнистой росе, за последнее десятилетие среди российских сортов, устойчивых к этому патогену, выявлено сравнительно больше, чем в 1990-е годы. Источники устойчивости к мучнистой росе, выявленные в результате проведенных исследований, рекомендуются для вовлечения в селекционные программы: Бомбус, Сейлор (Франция), Этана, Ротакс, КВС-Эмиль (Германия), Фиделиус (Австрия), MV 09-04 (Венгрия), Ахмат, Алиевич, Барьер, Уляша, Княгиня Ольга (Россия). Высокопродуктивные и устойчивые к мучнистой росе и другим болезням сорта донской селекции Донская степь, Премьера, Универ, Приазовье, Золотой колос рекомендуются для широкого возделывания их в регионах.

Библиографические ссылки

1. Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Наука, 1986. 519 с.
2. Дерова Т.Г., Шишкин Н.В. Оценка устойчивости сортов озимой пшеницы к основным болезням при экологическом испытании в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 70–72.
3. Марченко Д.М., Скрипка О.В., Самофалова Н.Е., Самофалов А.П., Иличкина Н.П., Гричаникова Т.А., Подгорный С.В., Рыбась И.А., Романюкина И.В., Дубинина О.А., Некрасов Е.И., Некрасова О.А., Иванисов М.М., Дерова Т.Г., Ионова Е.В., Кравченко Н.С., Попов А.С. Сорта озимой мягкой и твердой пшеницы. Каталог. Ростов н/Д, 2018. 56 с.
4. Подгорный С.В., Самофалов А.П., Скрипка О.В. Образцы коллекции озимой мягкой пшеницы устойчивые к бурой ржавчине и мучнистой росе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 09(113). С. 1503–1512.
5. Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л. Селекция сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного типа в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 19–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-19-25.
6. Li, S., Jia, Z., Wang, K., Du, L., Li, H., Lin, Z., & Ye, X. (2020). Screening and functional characterization of candidate resistance genes to powdery mildew from *Dasypyrum villosum*#4 in a wheat line Pm97033. *Theoretical and Applied Genetics*. doi:10.1007/s00122-020-03655-4.
7. Simeone, R., Piarulli, L., Nigro, D., Signorile, M. A., Blanco, E., Mangini, G., & Blanco, A. Mapping Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) Resistance in Wild and Cultivated Tetraploid Wheats. *International Journal of Molecular Sciences*, (2020). 21(21), 7910. doi:10.3390/ijms21217910.
8. Wu X, Bian Q, Gao Y, Ni X, Sun Y, Xuan Y, Cao Y, Li T. Evaluation of resistance to powdery mildew and identification of resistance genes in wheat cultivars. 2021. PeerJ 9:e10425. <https://doi.org/10.7717/peerj.10425>.

References

1. Vavilov N.I. Immunitet rastenij k infekcionnym zabolevaniyam [Plant immunity to infectious diseases]. M.: Nauka, 1986. 519 s.
2. Derova T.G., Shishkin N.V. Ocenka ustojchivosti sortov ozimoy pshenicy k osnovnym boleznyam pri ekologicheskom ispytanii v Rostovskoj oblasti [Estimation of the resistance of winter wheat varieties to major diseases during environmental testing in the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 70–72.
3. Marchenko D.M., Skripka O.V., Samofalova N.E., Samofalov A.P., Ilichkina N.P., Grichanikova T.A., Podgornij S.V., Rybas' I.A., Romanyukina I.V., Dubinina O.A., Nekrasov E.I., Nekrasova O.A., Ivanisov M.M., Derova T.G., Ionova E.V., Kravchenko N.S., Popov A.S. Sorta ozimoy myagkoj i tvrdoj pshenicy [Winter bread and durum wheat varieties]. Katalog. Rostov n/D, 2018. 56 s.
4. Podgornij S.V., Samofalov A.P., Skripka O.V. Obrazcy kolekcii ozimoy myagkoj pshenicy ustojchivye k buroj rzhavchine i muchnistoj rose [The samples of winter bread wheat collection resistant to leaf rust and powdery mildew] // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 09(113). S. 1503–1512.
5. Skripka O.V., Podgornij S.V., Samofalov A.P., Chernova V.L. Selekcija sortov ozimoy myagkoj pshenicy intensivnogo tipa v FGBNU «ANC «Donskoj» [Breeding winter bread wheat varieties of intensive type in the FSBSI «ARC «Donskoj»] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 19–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-19-25.

6. Li, S., Jia, Z., Wang, K., Du, L., Li, H., Lin, Z., & Ye, X. (2020). Screening and functional characterization of candidate resistance genes to powdery mildew from *Dasypyrum villosum*#4 in a wheat line Pm97033. *Theoretical and Applied Genetics*. doi:10.1007/s00122-020-03655-4.

7. Simeone, R., Piarulli, L., Nigro, D., Signorile, M. A., Blanco, E., Mangini, G., & Blanco, A.. Mapping Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) Resistance in Wild and Cultivated Tetraploid Wheats. *International Journal of Molecular Sciences*, (2020)/ 21(21), 7910. doi:10.3390/ijms21217910.

8. Wu X, Bian Q, Gao Y, Ni X, Sun Y, Xuan Y, Cao Y, Li T. Evaluation of resistance to powdery mildew and identification of resistance genes in wheat cultivars. 2021. *PeerJ* 9:e10425. <https://doi.org/10.7717/peerj.10425>.

Поступила: 4.03.21; принята к публикации: 11.05.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Дерова Т.Г., Шишкин Н.В. – концептуализация исследования; Дерова Т.Г., Кононенко О.С. – подготовка опыта; Шишкин Н.В., Дерова Т.Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Дерова Т.Г., Кононенко О.С. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЖАВЧИНА ПОДСОЛНЕЧНИКА (*PUCCINIA HELIANTHI* SCHWEIN) (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Е.С. Лепешко, аналитик лаборатории создания исходного материала, fenykay@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-6558-7939

Донская опытная станция им. Л.А. Жданова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,
346754, Ростовская обл., Азовский район, пос. Опорный, ул. Жданова, 2; e-mail: gnudos@mail.ru

Серьезным препятствием для получения высоких урожаев подсолнечника являются болезни, вызываемые грибами, бактериями и вирусами. Одним из самых вредоносных грибов является возбудитель ржавчины (*Puccinia helianthi* Schw.). На основании анализа отечественной и зарубежной научной литературы приведены сведения об истории изучения ржавчины подсолнечника, биологии возбудителя, расового состава его популяций, патогенеза заболевания и селекции на устойчивость к этой болезни в Российской Федерации и в других странах мира. Рассматривается вклад Г.В. Пустовойт и её учеников в создание селекционного материала, устойчивого к ржавчине подсолнечника, на основе межвидовых гибридов культурного подсолнечника с дикорастущими видами. Отмечается вклад ученых W.E Sackston, T.J. Gulay, S. Maširević и других, предложивших методики оценки селекционного материала на устойчивость к патогену, методы искусственного заражения растений в условиях теплицы и поля, создавших линии-дифференциаторы рас ржавчины. В настоящее время при расчете кода вирулентности и расовой принадлежности *Puccinia helianthi* используют номенклатуру, принятую специальным международным комитетом. В последнее время из разных стран поступают сообщения о появлении новых более агрессивных рас возбудителя ржавчины подсолнечника. В России работы по изучению этого патогена также расширены. Учеными проведен мониторинг рас ржавчины и выявлен расовый состав популяций гриба на посевах подсолнечника в регионах с сильным проявлением болезни (Тамбовская, Саратовская, Липецкая области, Краснодарский край). На основании изученных литературных данных можно сделать вывод о необходимости расширения и ускорения работ по мониторингу расового состава популяций возбудителя ржавчины в агроценозах и созданию селекционного материала, устойчивого к выявленным расам.

Ключевые слова: подсолнечник, ржавчина, изолят, раса, *Puccinia helianthi*, линия-дифференциатор.

Для цитирования: Лепешко Е.С. Ржавчина подсолнечника (*Puccinia helianthi* Schwein) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 88–92. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-88-92.



SUNFLOWER RUST (*PUCCINIA HELIANTHI* SCHWEIN) (LITERATURE REVIEW)

E.S. Lepeshko, analyst of the laboratory for development of initial material, fenykay@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-6558-7939

Donskaya experimental station named after L.A. Zhdanov, the branch of FSBSI FRC ARIIMC,
346754, Rostov region, Azov district, v. of Oporny, Zhdanov Str., 2; e-mail: gnudos@mail.ru

Diseases caused by fungi, bacteria and viruses are a serious obstacle to high yields of sunflower seeds. One of the most harmful fungi is the rust pathogen (*Puccinia helianthi* Schw.). Based on the analysis of domestic and foreign scientific literature, there has been presented the information on the history of the study of sunflower rust, the biology of the pathogen, the racial composition of its populations, the pathogenesis of the disease and selection for resistance to this disease in the Russian Federation and in other countries of the world. There has been considered the contribution of G.V. Pustovoyt and her students in the development of breeding sunflower material with rust resistance based on interspecific hybridization of cultivated sunflower with wild species. There has been shown the contribution of the researchers W.E Sackston, T.J. Gulay, S. Masirevic and others, who proposed methods for assessing breeding material for resistance to a pathogen, methods of artificial infection of plants in a greenhouse and a field, who developed differentiator lines of the rust races. Currently, when calculating the virulence and race code of *Puccinia helianthi*, there is used a nomenclature adopted by a special international committee. Recently, there have been reports from different countries of the emergence of new, more aggressive races of the causative agent of sunflower rust. In Russia, the work on the study of this pathogen has also expanded. The scientists have monitored the rust races and revealed the racial composition of the fungus populations on sunflower in the regions with a strong manifestation of the disease (Tambov, Saratov and Lipetsk regions, Krasnodar Area). Based on the studied literature data, there has been made a conclusion that it is necessary to expand and accelerate work on monitoring the racial composition of populations of the rust pathogen in agroecosystems and developing breeding material that is resistant to the identified races.

Keywords: sunflower, rust, isolate, race, *Puccinia helianthi*, differentiator line.

Введение. Подсолнечник – основная масличная культура в России и многих странах мира. Серьезным препятствием для получения высоких урожаев этой культуры являются болезни, вызываемые грибами, бактериями и вирусами. Одним из самых вредоносных грибов является возбудитель ржавчины подсолнечника (*Puccinia helianthi* Schw.). Ржавчина

стала первой серьезной помехой на пути становления культуры подсолнечника в России. Периодически и повсеместно возникали эпифитотии. В дальнейшем с этой проблемой столкнулись все страны, возделывающие эту культуру. Сообщения о сильном поражении подсолнечника ржавчиной поступали из Австралии, Аргентины, Америки, Канады

и европейских стран (Арасланова и др., 2019).

Обзор вопроса в мире и России. Возбудитель болезни – узкоспециализированный базидиальный гриб *Puccinia helianthi* Schw., порядка *Uredinales*. Семейство – *Pucciniaceae*, род – *Puccinia*. В цикле своего развития гриб имеет три стадии (эцидиальная, урединиостадия, телиостадия) и пять видов спороношения (спермации, эции, урединиоспоры, телиоспоры, базидиоспоры). Все стадии этого облигатного паразита проходят на одном растении (однохозяйный гриб) (Арасланова и др., 2019). Возбудитель ржавчины поражает также сорняк дурнишник (*Xanthium strumarium*), который может быть источником инфекции подсолнечника (Децына и др., 2018).

Весной после перезимовки телиоспоры прорастают и образуют из каждой клетки четырёхклеточную базидию. Каждая из этих клеток даёт по одной базидиоспоре, которые легко разносятся ветром и, попадая на молодые растения подсолнечника, вызывают первичное заражение. Через 10–11 дней на заражённых листьях появляются оранжевые выпуклые пятна. В местах пятен с верхней стороны листа образуются шаровидные спермогонии с сосочкообразными выростами, в которых образуются мелкие споры (спермации), выполняющие функцию оплодотворения. С нижней стороны листа образуются эции – мелкие оранжевые чашечки, плотно прилегающие друг к другу. В эциях образуются эциоспоры размером 15–27 x 13–25 мкм, широкоэллиптические, с мелкоточечной оболочкой. Жизнеспособность эциоспор очень короткая. После заражения подсолнечника эциоспорами через 5–6 дней на нижней, а иногда и верхней, стороне листьев образуются ржаво-коричневые мелкие подушечки – урединии с урединиоспорами. Часто гриб развивается по сокращенному циклу, после формирования спермогониев на нижней стороне листа вместо эций образуются урединии с урединиоспорами. Урединиоспоры одноклеточные размером 23–34 x 17–26 мкм, короткоэллиптической, шаровидной или яйцевидной формы, светло-коричневого цвета. Они имеют мелкошиповатую оболочку с двумя ростковыми порами, через которую проходят ростки. Урединиопустулы обладают стойкостью к неблагоприятным погодным условиям и могут сохранять жизнеспособность до 6 месяцев. Оптимальная температура прорастания урединиоспор и образование новых урединиопустул находится в пределах 18–20 °C, но это может происходить и при температуре от 6 до 28 °C. В течение вегетационного периода гриб может давать несколько поколений урединиоспор, что усиливает интенсивность заболевания. К концу вегетации растений на листьях с нижней и верхней сторон формируется зимующая стадия гриба, темно-коричневые телии с телиоспорами на длинных бесцветных ножках. Телиоспоры обладают очень утолщенными оболочками на вершине,

двуклеточные, по форме эллиптические, яйцевидные или булавовидные. Размер телиоспор 35–63 x 20–28 мкм. Во время уборки подсолнечника телиоспоры попадают в почву, где могут сохраняться на растительных остатках (Qi et. al., 2012).

Вредоносность ржавчины заключается прежде всего в уменьшении ассимиляционной поверхности листьев и общего габитуса растений, и напрямую зависит от интенсивности развития болезни и погодных условий. По данным Э.Л. Слюсарь, средняя степень поражения подсолнечника ржавчиной снижает урожайность на 0,5–0,7 т/га, а при сильной степени поражения потери увеличиваются в 2–3 раза. Масличность семян снижается на 40% (Децына и др., 2018).

В России эпифитотии ржавчины на подсолнечнике возникали до тех пор, пока в ходе народной селекции не были получены толерантные сорта типов «зеленка» и «фуксинка», обладающие полевой устойчивостью за счет удлиненного периода вегетации. На протяжении 60-ти лет работа селекционеров по созданию сортов подсолнечника, устойчивых к ржавчине, не дала положительных результатов. Выведенные сорта, по устойчивости были на уровне полученных ранее (Пустовойт и Слюсарь, 1982).

Устойчивые к ржавчине сорта не были созданы, так как в селекции использовали только культурные формы подсолнечника, не содержащие в геномах гены устойчивости к ржавчине. Впервые академику В.С. Пустовойту в 1935 году удалось решить эту проблему. При помощи метода гибридизации дикорастущего техасского подсолнечника с культурными сортами он получил ржавчиноустойчивые гибриды. Немного позднее аналогичные гибриды были получены в Канаде доктором Э. Паттом (Sackston, 1962). С целью установления источников иммунитета к ржавчине в роде *Helianthus* были изучены мировые фонды подсолнечника: коллекция ВИР, все районированные и перспективные сорта отечественной селекции, дикорастущие виды рода *Helianthus* североамериканского происхождения и их гибриды с подсолнечником. Устойчивость была найдена у межвидовых гибридов культурного подсолнечника с многолетними дикорастущими видами, созданных Г.В. Пустовойт. Они были использованы в качестве исходного материала, обладающего иммунитетом к ржавчине (Пустовойт и Слюсарь, 1982).

По мнению современных ученых, дикорастущие виды рода *Helianthus* представляют собой богатый генофонд для дальнейшей идентификации генов резистентности и их использования в предупреждении появления новых рас *Puccinia helianthi* (Shanker and Shanker, 2016).

Впервые канадский исследователь W.E. Sackston установил наличие четырех физиологических рас патогена: 1, 2, 3, 4, самой распространенной и вирулентной оказалась

раса 1 (Sackston, 1962). Раса 6 была идентифицирована C.J. Lambrides и J.F. Miller (Lambrides and Miller, 1994). По мнению W.E. Sackston, метод искусственного заражения ржавчиной, применяемый на зерновых культурах, дал положительный результат и на подсолнечнике (Sackston, 1962). В дальнейшем он был успешно использован в отделе селекции подсолнечника ВНИИМК ЭЛ. Слюсарь для условий поля и теплицы (Пустовойт и Слюсарь, 1982). W.E. Sackston также определил первые пять категорий реакции подсолнечника на ржавчину, которые в 1986 году были дополнительно модифицированы Yang S.M. et al.: 0 – иммунитет, отсутствие урединий или гиперчувствительных пятен; 1 – очень устойчивый, производящий гиперчувствительные и очень маленькие пустулы (0,2 мм), крапинки, скудно спорулирующие; 2 – устойчивый, производящий небольшие (< 0,4 мм), слабо спорулирующие пустулы; 3 – восприимчивый, пустулы 0,4–0,6 мм в диаметре, с энергичным спорообразованием; 4 – очень восприимчивый, пустулы > 0,6 мм и многие сросшиеся (Gulya and Maširević, 1996). Для определения степени восприимчивости применяется американская количественная пятибалльная шкала Мельчерса и Паркера, видоизмененная Л.Ф. Русаковым (Децына и др., 2018), составленная по принципу учёта степени закрытия поверхности листа пустулами: 0 – отсутствие поражения; 1 – поражено до 10% поверхности листа; 2 – поражено от 11 до 25% поверхности листа; 3 – поражено от 26 до 50% поверхности листа; 4 – поражено свыше 50% листовой поверхности.

Для установления типов реакции растений подсолнечника на заражение ржавчиной используется ещё и шкала, принятая для злаковых культур. Она состоит из четырех типов: 0 – полное отсутствие пустул гриба, места заражения обнаруживаются лишь по мелким, обесцвеченным точкам на листе (высокоустойчивые сорта); 1 – пустулы очень мелкие, но, как правило, даже не вскрываются, заметны некрозы (устойчивые сорта); 2 – пустулы мелкие, некоторые вскрываются, имеют место хлоротические

зоны (сорта средней устойчивости); 3 – пустулы средней величины, в основном все вскрываются, имеют место хлоротические зоны (сорта ниже средней устойчивости); 4 – пустулы крупные, бархатные, хорошо вскрываются. Ткань вокруг пустул не обесцвечивается (очень восприимчивые сорта) (Гешеле, 1971).

ЭЛ. Слюсарь изучила расовый состав популяций ржавчины подсолнечника с помощью американских линий-дифференциаторов. Она выяснила, что на территории Краснодарского края самой агрессивной и распространенной является раса 1 (Пустовойт и Слюсарь, 1982).

В 1981 году сотрудниками ВНИИМК был создан устойчивый к двум расам ржавчины (1 и 3) (классификация по W.E. Sackston) сорт подсолнечника Кремний. Помимо устойчивости к *P. helianthi* он обладал устойчивостью к ЛМР, подсолнечниковой огневке, высокой полевой устойчивостью к вертициллёзному увяданию и высокими хозяйственными качествами (Пустовойт и Слюсарь, 1982). Длительный период работ по изучению рас ржавчины и селекции подсолнечника на устойчивость к ней в России не проводилось.

В последние годы селекционеры и ученые многих стран мира встревожены появлением новых рас ржавчины. Насыщенность севооборотов посевами подсолнечника и изменение климата в сторону потепления привело к усилению агрессивности ржавчины подсолнечника, то есть к появлению новых рас патогена и к накоплению в агроценозах большого количества инфекционного начала. Это привлекло внимание учёных к этому заболеванию подсолнечника и расширению работ по усовершенствованию методов оценки и селекции на устойчивость.

Впервые T.J. Gulya и S. Maširević ранжировали дифференциальные линии в трех наборах (триплеттах) (Gulya and Maširević, 1996). В настоящее время при расчете кода вирулентности и расовой принадлежности *Puccinia helianthi* используют номенклатуру, предложенную этими авторами и принятую специальным международным комитетом (см. таблицу).

Расчет кода вирулентности и расовой принадлежности *Puccinia helianthi*
Calculation of the virulence and race code of *Puccinia helianthi*

Линия- дифференциатор	Кодовый номер	Наличие генов устойчивости	Реакция на заражение: S – восприимчивая; R – устойчивая					
Триплет 1								
ВНИИМК 8883	1	–	S	S	S	S	S	S
СМ 90	2	R1	R	S	S	S	S	S
СМ 29	4	R2 + R10	R	R	S	S	S	S
Триплет 2								
P-386	1	R4e	R	R	R	R	S	S
HAR-1	2	R4a	R	R	R	S	S	S
HAR-2	4	R5	R	R	R	R	S	S
Триплет 3								
HAR-3	1	R4b	R	R	R	R	R	S
HAR-4	2	R4c	R	R	R	S	S	S
HAR-5	4	R4d	R	R	R	R	R	S
Код вирулентности			100	300	700	722	772	777

Если поражена одна линия-анализатор в триплете 1, а в остальных триплетях проявляется устойчивость, то код вирулентности равен 100. При поражении двух линий в первом триплете их кодовые номера складываются ($1 + 2 = 3$), код вирулентности равен 300. При поражении трех линий в триплете – ($1 + 2 + 4 = 7$), код вирулентности равен 700. Самый высокий код вирулентности по данной номенклатуре – 777 при поражении трех линий-дифференциаторов в трех триплетях (Арасланова и др., 2019).

В Африке определение рас ржавчины на подсолнечнике было сделано только в Мозамбике. Используя дифференциальные линии из Канады и США, P.A. Vicente и A. Zizzerini обнаружили там 4-ю расу ржавчины (Vicente and Zizzerini, 1997). B.C. Sendall с соавторами изучили разнообразие патосистемы *Puccinia helianthi* подсолнечника в Австралии на молекулярном уровне, выделили 24 линии и определили гены, контролирующие устойчивость (Sendall et al., 2006).

Используя предложенную номенклатуру, американские ученые изучили расовый состав патогена. В семи штатах США с 2011 по 2012 год с помощью набора из девяти международно принятых дифференциаторов (восприимчивый сорт или гибрид, MC 90, MC 29, P 386, HA-R1, HA-R2, HA-R3, HA-R4, HA-R5) (Gulya and Maširević, 1996) выявлено 29 рас. Со времени этого исследования были обнаружены несколько дополнительных генов резистентности, которые были идентифицированы как R11, R12, и аллели гена R13 (Bulos et al., 2013; Qi et al., 2012). На сегодняшний день ни один из этих недавно идентифицированных генов не был включен в принятый дифференциальный набор и эти гены резистентности не были включены ни в один коммерчески доступный американский гибрид. Friskor A.J. с соавторами поддержали включение HAR-6 (R13a) в дифференциальный набор линий, как было предложено ранее Moreno P.S. с соавторами, и высказали пожелание, чтобы Rf ANN-1742 (R11) и RHA 464 (R12) также были туда включены (Friskor et al., 2015).

В Америке плотно занимаются изучением генов устойчивости к ржавчине на молекулярном уровне. Lambrides C.J. и Miller J.F. в 1994 году определили наследование устойчивости к ржавчине в источнике зародышевой плазмы подсолнечника MC 29 (Lambrides and

Miller, 1994). Ming Zhang с соавторами провел работу по молекулярному картированию гена устойчивости к ржавчине R14 в культивируемой линии подсолнечника PH 3 (Ming Zhang et al., 2016).

В России в последнее время стали поступать сообщения об увеличении поражения посевов подсолнечника ржавчиной. В Тамбовской области с 1992 по 2015 гг. было отмечено несколько вспышек заболевания, которые сменялись депрессиями патогена. Последние были в 2010 и 2015. Распространенность ржавчины в конце вегетационного периода 2015 года на некоторых полях достигала 100 % при интенсивности поражения 80 % (Выприцкая, 2015).

В Саратовской области сильное поражение паразитом пришлось на период с 2013 года. Собранные в 2017 году изоляты были отнесены к 700 и 722 расе; образцы 2018 года – к 300 и 700, а изоляты 2019 года – к 300, 700 и 710. Образцы возбудителя ржавчины, собранные в Липецкой области, были представлены четырьмя расами – 100, 300, 700 и 772. Расы ржавчины подсолнечника 700, 710, 722 и 772 обнаружены в России впервые (Арасланова и др., 2019).

В Краснодарском крае в зависимости от погодных условий с 2007 по 2017 гг. на сортах подсолнечника частота встречаемости патогена варьировала от 16 до 52%. По словам ученых, за годы исследований патогена зарегистрировано несколько вспышек проявления ржавчины. Самая сильная была в 2012 году, так как погодные условия для проявления болезни были наиболее благоприятные, частота встречаемости, в среднем, по сортам ВНИИМК составила 52%. Был сделан вывод о том, что распространенность ржавчины на подсолнечнике зависит от группы спелости сорта. Наиболее сильно поражаются сорта средней группы спелости (Флагман, Мастер) и позднеспелый сорт Белоснежный (силосного направления). По данным исследования, наибольшей устойчивостью к возбудителю ржавчины обладают сорта скороспелой группы, где распространенность болезни не превышала 29,0% (Децына и др., 2018).

Заключение. Анализ литературных источников показывает необходимость расширения и ускорения работ по мониторингу расового состава в агроценозах и созданию селекционного материала подсолнечника устойчивого к этим расам.

Библиографические ссылки

1. Арасланова Н.М., Антонова Т.С., Ивебор М.В., Хатнянский В.И. Определение расовой принадлежности изолятов ржавчины (*Puccinia helianthi* Schwein.), поражающей подсолнечник в некоторых регионах России // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). с. 107–112. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-107-112.
2. Выприцкая А.А. Микобиота подсолнечника в Тамбовской области. Тамбов: Принт-Сервис. 2015. С. 78–81.
3. Децына А.А., Терещенко Г.А., Илларионова И.В. Распространённость ржавчины на сортах подсолнечника в условиях Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. 2018. Вып. 2(174). с. 101–106. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-2-174-101-106.
4. Пустовойт Г.В., Слюсарь Э.Л. Пути создания устойчивых к ржавчине сортов подсолнечника // Селекция и семеноводство. Москва. Издательство «Колос». 1982. с. 9–11.
5. Bulos M., Ramos M.L., Altieri E., Sala C.A. Molecular mapping of a sunflower rust resistance gene from HAR6 // Breed Sci. 63. 2013. Pp. 141–146. DOI: 10.1270/jsbbs.63.141.

6. Friskop, A. J., Gulya, T. J., Harveson, R. M., Humann, R. M., Acevedo M., and Markell, S. G. Phenotypic diversity of *Puccinia helianthi* (sunflower rust) in the United States from 2011 and 2012 // *Plant Disease* 99(11). 2015. Pp. 1604–1609. DOI: 10.1094/PDIS-11-14-1127-RE.
7. Gulya T.J., Maširević S. Inoculation and evaluation methods for sunflower rust // *Proc. 18th Sunflower Research Workshop. National Sunflower Association. Bismarck, ND. 1996. Pp. 31–38.*
8. Lambrides C.J., Miller J.F. Inheritance of rust resistance in a source of MC29 sunflower germplasm // *Crop Sci* 34. 1994. Pp. 1225–1230. DOI: 10.2135/cropsci1994.0011183X003400050015x.
9. Ming Zhang, Zhao Liu, Chao-Chien Jan. Molecular mapping of a rust resistance gene R14 in cultivated sunflower line PH 3 // *Mol Breeding*. 2016. Pp. 32–36. DOI: 10.1007/s11032-016-0456-0.
10. Sackston W.E. Studies on sunflower rust. Occurrence, distribution, and significance of races *Puccinia helianthi* // *Can. J. Bot.* 1962. № 40. Pp. 1449–1458. DOI: 10.1139/b62-139.
11. Sendall B.C., Kong G.A., Goulter K.C., Aitken E.A.B., Thompson S.M., Mitchell J.H.M., Kochman J.K., Lawson W., Shatte T. and Gulya T.J. Diversity in the sunflower: *Puccinia helianthi* pathosystem in Australia // *Plant Pathol. Australas.* 2006 Vol. 35(6). Pp. 657–670. DOI: 10.1071/AP06071.
12. Shanker Arun K., Shanker Chitra. Sunflower breeding for resistance to biotic stresses. Sunflower diseases // Abiotic and biotic stress in plants – recent advances and future perspectives. 2016. Pp. 604–605. DOI: org/10.5772/62159.
13. Vicente P.A., Zazzerini A. Identification of sunflower rust (*Puccinia helianthi*) physiological race in Mozambique // *Helia*. 1997. Vol. 20(27). Pp. 25–30.
14. Qi L.L., Seiler G.J., Hulke B.S., Vick B.A., Gulya T.J. Genetics and mapping of the R11 gene conferring resistance to recently emerged rust races, tightly linked to male fertility restoration, in sunflower *Helianthus annuus* L. // *Theor Appl Genet* 125. 2012. Pp. 921–932. DOI: 10.1007/s00122-012-1883-x.

References

1. Araslanova N.M., Antonova T.S., Ivebor M.V., Hatnyanskij V.I. Opredelenie rasovoj prinadlezhnosti izolatov rzhavchiny (*Puccinia helianthi* Schwein.), porazhayushchej podsolnechnik v nekotorykh regionah Rossii [Determination of the racial identity of rust isolates (*Puccinia helianthi* Schwein.), affecting sunflower in some regions of Russia] // *Maslichnye kul'tury*. 2019. Vyp. 4(180). S. 107–112. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-4-180-107-112.
2. Vypritskaya A.A. Mikrobiota podsolnechnika v Tambovskoj oblasti [Sunflower mycobiota in the Tambov region]. Tambov: Print-Servis, 2015. S. 78–81.
3. Decyna A.A., Tereshchenko G.A., Illarionova I.V. Rasprostranyonnost' rzhavchiny na sortah podsolnechnika v usloviyah Krasnodarskogo kraja [Rust spread on the sunflower varieties in the Krasnodar Krai] // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK*. 2018. Vyp. 2(174). S. 101–106. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-2-174-101-106.
4. Pustovojt G.V., Slyusar' E.L. Puti sozdaniya ustojchivyyh k rzhavchine sortov podsolnechnika [The methods to develop the rust resistant sunflower varieties] // *Selekciya i semenovodstvo. Moskva. Izdatel'stvo «Kolos»*. 1982. S. 9–11.
5. Bulos M., Ramos M.L., Altieri E., Sala C.A. Molecular mapping of a sunflower rust resistance gene from HAR6 // *Breed Sci.* 63. 2013. Pp. 141–146. DOI: 10.1270/jsbbs.63.141.
6. Friskop, A. J., Gulya, T. J., Harveson, R. M., Humann, R. M., Acevedo M., and Markell, S. G. Phenotypic diversity of *Puccinia helianthi* (sunflower rust) in the United States from 2011 and 2012 // *Plant Disease* 99(11) 2015. Pp. 1604–1609. DOI: 10.1094/PDIS-11-14-1127-RE.
7. Gulya T.J., Masirevic S. Inoculation and evaluation methods for sunflower rust // *Proc. 18th Sunflower Research Workshop. National Sunflower Association. Bismarck, ND. 1996. Pp. 31–38.*
8. Lambrides C.J., Miller J.F. Inheritance of rust resistance in a source of MC29 sunflower germplasm // *Crop Sci* 34. 1994. Pp. 1225–1230. DOI: 10.2135/cropsci1994.0011183X003400050015x.
9. Ming Zhang, Zhao Liu, Chao-Chien Jan. Molecular mapping of a rust resistance gene R14 in cultivated sunflower line PH 3 // *Mol Breeding*. 2016. Pp. 32–36. DOI: 10.1007/s11032-016-0456-0.
10. Sackston W.E. Studies on sunflower rust. Occurrence, distribution, and significance of races *Puccinia helianthi* // *Can. J. Bot.* 1962. № 40. Pp. 1449–1458. DOI: 10.1139/b62-139.
11. Sendall B.C., Kong G.A., Goulter K.C., Aitken E.A.B., Thompson S.M., Mitchell J.H.M., Kochman J.K., Lawson W., Shatte T. and Gulya T.J. Diversity in the sunflower: *Puccinia helianthi* pathosystem in Australia // *Plant Pathol. Australas.* 2006 Vol. 35(6). Pp. 657–670. DOI: 10.1071/AP06071.
12. Shanker Arun K., Shanker Chitra. Sunflower breeding for resistance to biotic stresses. Sunflower diseases // Abiotic and biotic stress in plants – recent advances and future perspectives. 2016. Pp. 604–605. DOI: org/10.5772/62159.
13. Vicente P.A., Zazzerini A. Identification of sunflower rust (*Puccinia helianthi*) physiological race in Mozambique // *Helia*. 1997. Vol. 20(27). Pp. 25–30.
14. Qi L.L., Seiler G.J., Hulke B.S., Vick B.A., Gulya T.J. Genetics and mapping of the R11 gene conferring resistance to recently emerged rust races, tightly linked to male fertility restoration, in sunflower *Helianthus annuus* L. // *Theor Appl Genet* 125. 2012. Pp. 921–932. DOI: 10.1007/s00122-012-1883-x.

Поступила: 11.12.20; принята к публикации: 15.02.21.

Критерии авторства. Автор статьи несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Лепешко Е.С. – концептуализация исследования, анализ литературных данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.