

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ 5(77)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. Lukiyanenko 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. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Medvedev A.M. – Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
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. Lukiyanenko 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 (Persiyanyovskiy, 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 – Скуйбедина О. Н.
Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать
Дата выхода 28.10.2021. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ №
Отпечатано в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Содержание

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

- Тулякова М.В., Баталова Г.А., Пермьякова С.В. Адаптивный потенциал генофонда овса пленчатого по массе 1000 зерен 3
- Костылев П.И., Краснова Е.В., Сирапионов Г.А. Наследование ряда количественных признаков в поколениях гибрида риса Кубояр × Гагат 9
- Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Петренко О.Ю. Результаты селекционной работы по голозерному яровому ячменю 17
- Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Черткова Н.Г., Калинина Н.В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве 24
- Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А. Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края 29
- Некрасова О.А., Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г., Копусь М.М., Марченко Д.М. Седиментационная оценка и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы 35
- Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В. Яровая твёрдая пшеница Безенчукская юбилейная 41
- Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы 46
- Кулеватова Т.Б., Ляцева С.В., Злобина Л.Н., Андреева Л.В. Особенности определения качества озимой мягкой пшеницы методом седиментационного анализа 51

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Барковская Т.А., Гладышева О.В. Влияние кущения на урожайность яровой пшеницы в различных агрометеословиях 57
- Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Донцов Д.П., Зеленская Г.М., Фетюхин И.В., Лесных О.С. Влияние гидротермических условий на формирование урожая ячменя-двуручки сорта Маруся в южной зоне Ростовской области 63
- Гонгало А.А., Изотов А.М. Засорённость посевов льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) в зависимости от технологий возделывания и инокуляции семян в условиях Степного Крыма 69

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Волкова Г.В., Яхник Я.В., Таранчева О.В. Иммунологическая оценка сортов озимых зерновых колосовых культур, высеваемых на юге России, к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale*) 75

АГРОХИМИЯ

- Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы в условиях южной зоны Ростовской области 81
- Морозова Т.М. Влияние предпосевной обработки озонем и биопрепаратом люпино-овсяной смеси на формирование урожайности и качество продукции 86

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

Contents

PLANT-BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

- Tulyakova M.V., Batalova G.A., Permyakova S.V. Adaptive potential of the hulled oats gene pool according to 1000-grain weight 3
- Kostylev P.I., Krasnova E.V., Sirapionov G.A. Inheritance of some quantitative traits in the hybrid generations 'Kuboyar × Gagat' 9
- Doroshenko E.S., Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Petrenko O.Yu. The results of breeding work on naked spring barley 17
- Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I., Chertkova N.G., Kalinina N.V. Estimation of productivity and sowing qualities of the winter bread wheat varieties of the FSBSI "ARC "Donskoy" in the primary seed production 24
- Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A. Estimation of the initial material of spring barley for adaptability to arid conditions of the Stavropol territory 29
- Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Ignatieva N.G., Kopus M.M., Marchenko D.M. Estimation of sedimentation and grain quality indicators of the winter bread wheat varieties 35
- Malchikov P.N., Myasnikova M.G., Chukheeva T.V. The spring durum wheat variety 'Bezenchukskaya Yubileinaya' 41
- Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A. Water stress resistance of the new self-pollinated maize lines and hybrids 46
- Kulevatova T.B., Lyasheva S.V., Zlobina L.N., Andreeva L.V. Estimation features of winter bread wheat quality by the method of sedimentation analysis 51

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

- Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V. The effect of tillering on spring wheat productivity in various agro-weather conditions 57
- Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zelenskaya G.M., Fetyukhin I.V., Lesnykh O.S. The effect of hydrothermal conditions on the formation of productivity of the facultative barley variety 'Marusya' in the southern part of the Rostov region 63
- Gongalo A.A., Izotov A.M. Weediness of oil flax (*Linum usitatissimum* L.) crops depending on the cultivation technologies and seed inoculation in the steppe Crimea 69

PLANT PROTECTION

- Volkova G.V., Yakhnik Ya.V., Tarancheva O.V. Estimation of immunity of the winter grain varieties sown in the south of Russia to the pink snow mold pathogen (*Microdochium nivale*) 75

AGROCHEMISTRY

- Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. The effect of biological products and microelement fertilizer 'Organomix' on maize productivity in the southern part of the Rostov region 81
- Morozova T.M. The effect of pre-sowing lupin-oat mixture treatment with ozone and a biological product on the productivity formation and product quality 86

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.13:631.52(212.3:571.1)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-3-8

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕНОФОНДА ОВСА ПЛЕНЧАТОГО ПО МАССЕ 1000 ЗЕРЕН

М.В. Тулякова, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4493-1005;
Г.А. Баталова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, зав. отделом селекции и семеноводства овса, g.batalova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3491-499X;
С.В. Пермякова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9595-1129
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», 610007, г Киров, ул. Ленина, 166А; e-mail: g.batalova@mail.ru

Представлены результаты изучения 11 коллекционных образцов овса пленчатого в сравнении со стандартом – сортом Кречет в 2018–2020 гг. на Фаленской селекционной станции ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область). Цель исследований – выявить стабильные по признаку «масса 1000 зерен» источники для селекции овса пленчатого путем оценки параметров адаптивности. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, метеорологические условия контрастные по температуре и осадкам. В благоприятном 2019 г. масса 1000 зерен была наиболее высокой (34,6–45,9 г), индекс условий среды положительный ($I_s = 1,6$), в неблагоприятном 2020 г. соответственно 31,3–41,8 г и $I_s = -1,5$. Выделены источники: пластичные (ИЭП = 1,08–1,00) – 15330 КСИ 590/05 (Россия), 15388 Saltaret (Молдова), 15423 Prelekt, 15426 Werva (Германия); устойчивые по относительной стабильности признаку ($St^2 = 0,99–0,91$) – 15280 55 h 2106, 15331 КСИ 2167/03 (Россия), 15297 Geszti (Венгрия), 15388 Saltaret (Молдова), 15428 Bohum (Польша), 15420 Leniak (Германия); с высоким уровнем интенсивности ($I = 24,5$ и 19,30%) – 15329 КСИ 639/05, 15330 КСИ 590/05 и гомеостатичности ($Hom = 25,28–11,96$) – 15280 55 h 2106 (Россия), 15297 Geszti (Венгрия), 15388 Saltaret (Молдова); отзывчивые на благоприятные условия выращивания ($K_p = 1,11–1,28$) – 15329 КСИ 639/05, 15330 КСИ 590/05, 15331 КСИ 2167/03 (Россия), 15414 Enostar (Германия); наиболее адаптивные по сумме рангов – 15330 КСИ 590/05 и 15329 КСИ 639/05 (Россия), 15388 Saltaret (Молдова), 15426 Werva, 15414 Enostar (Германия). Установлены значимые прямые корреляции показателей стабильности и гомеостатичности ($r = 0,96$), интенсивности и коэффициента отзывчивости ($r = 0,73$).

Ключевые слова: сортообразец, индекс условий среды, адаптивность, стабильность, пластичность.

Для цитирования: Тулякова М.В., Баталова Г.А., Пермякова С.В. Адаптивный потенциал генофонда овса пленчатого по массе 1000 зерен // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 3–8. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-3-8.



ADAPTIVE POTENTIAL OF THE HULLED OATS GENE POOL ACCORDING TO 1000-GRAIN WEIGHT

M.V. Tulyakova, senior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4493-1005;
G.A. Batalova, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician RAS, head of the department of oats breeding and primary seed production, g.batalova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3491-499X;
S.V. Permyakova, junior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9595-1129
Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, 610007, Kirov, Lenin Str., 166A

There have been presented the study results of 11 collection hulled oats samples in comparison with the standard variety 'Krechet' conducted at the Falenskaya selection station of the FARC the North-East (the Kirov region) in 2018–2020. The purpose of the current study was to identify sources stable on the trait '1000-grain weight' for the breeding of hulled oats by estimating the adaptability parameters. The soil of the experimental plot was sod-podzolic, medium loamy, the meteorological conditions were contrasting in temperature and precipitation. In the favorable year of 2019, the 1000-grain weight was the highest (34.6–45.9 g), the index of environmental conditions was positive ($I_s = 1.6$). In the unfavorable year of 2020, the 1000-grain weight was 31.3–41.8 g and the index of environmental conditions was negative ($I_s = -1.5$). There have been identified the adaptable sources (IEP = 1.08–1.00) '15330 KSI 590/05' (Russia), '15388 Saltaret' (Moldova), '15423 Prelekt', '15426 Werva' (Germany); the stable sources according to the relative stability of the trait ($St^2 = 0.99–0.91$) '15280 55 h 2106', '15331 CSI 2167/03' (Russia), '15297 Geszti' (Hungary), '15388 Saltaret' (Moldova), '15428 Bohum' (Poland), '15420 Leniak' (Germany); the sources with a high level of intensity ($I = 24.5$ and 19.30%) – '15329 CSI 639/05', '15330 CSI 590/05' and homeostaticity ($Hom = 25.28–11.96$) '15280 55 h 2106' (Russia), '15297 Geszti' (Hungary), '15388 Saltaret' (Moldova); the sources responsive to favorable growing conditions ($K_p = 1.11–1.28$) '15329 KSI 639/05', '15330 KSI 590/05', '15331 KSI 2167/03' (Russia), '15414 Enostar' (Germany); the most adaptive sources in terms of the sum of ranks '15330 CSI 590/05' and '15329 CSI

639/05' (Russia), '15388 Saltaret' (Moldova), '15426 Werva, '15414 Enostar' (Germany). There have been identified significant direct correlations between indicators of stability and homeostaticity ($r = 0.96$), intensity and coefficient of responsiveness ($r = 0.73$).

Keywords: *variety sample, index of environmental conditions, adaptability, stability.*

Введение. Овес – одна из важнейших зерновых культур мира, по сумме посевных площадей занимает пятое место после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя. Широкое распространение культуры определяют богатство экотипов и высокая адаптивность к условиям окружающей среды (Баталова и др., 2019; Raza et al., 2019). В Волго-Вятском регионе и Кировской области овес – одна из основных зерновых культур. В связи с ограниченностью агроклиматических ресурсов и низким плодородием распространенных в почвенном покрове дерново-подзолистых почв для Кировской области и в целом региона актуально создание и выращивание сортов овса, обеспечивающих стабильное производство зерна высокого качества. Это определяет необходимость мобилизации адаптивного потенциала растений, проведения селекции на адаптивность и стабильность, использование сорта в соответствующих его требованиям почвенно-климатических зонах (Ионова и др., 2021). Оценить адаптивный потенциал сорта позволяет экологическое испытание с применением различных статистических методов. Наряду с этим в производстве востребованы пластичные сорта, которые имеют больше шансов получить широкое распространение в посевах в условиях глобальных изменений климата.

Оценка генофонда в различных климатических условиях позволяет выявить источники для селекции на крупность зерна (Русакова и др., 2016). Поэтому в селекции актуально использование крупнозерных источников, поскольку масса зерна определяет запас питательных веществ, всхожесть и жизнеспособность семян, пищевые и кормовые достоинства сорта (Юсова и др., 2020). Для эффективной реализации селекционных программ необходим поиск источников среди генофонда ФИЦ ВИР с учетом реакции генотипа на состояние региональных экологических факторов (Левакова, 2021). Это особенно актуально для Волго-Вятского региона, относящегося к зоне рискованного земледелия, поскольку средовые факторы влияют на размер и химический состав зерна, урожайность (Pereira et al., 2017), поскольку повышенные температуры приводят к ускорению фенологии (Nguyen-Sy et al., 2019).

Цель исследований: выявить стабильные по признаку «масса 1000 зерен» источники для селекции овса пленчатого путем оценки параметров адаптивности.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2018–2020 гг. на опытном поле Фаленской селекционной станции филиала ФАНЦ Северо-Востока в соот-

ветствии с методиками: индекс экологической пластичности (ИЭП) по А.А. Грязнову, уровень стабильности сорта (ПУСС) – по Э.Д. Неттевичу (Поползухин и др., 2018), коэффициент отзывчивости (Кр) по А.А. Грязнову, интенсивность (И) по Р.А. Удачину, гомеостатичность (Hom) – по В.В. Хангильдину (Аниськов и др., 2020), относительную стабильность признака (St^2) – по Н.А. Соболеву (1980). Объект исследований – 11 коллекционных образцов овса пленчатого: 55 h 2106, КСИ 639/05, КСИ 590/05, КСИ 2167/03 (Россия), Geszti (Венгрия), Bohum (Польша), Saltaret (Молдова), Enostar, Leniak, Prelekst, Werva (Германия), стандарт – сорт Кречет (Россия). Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, предшественник лен-долгунец, высевали 600 всхожих семян/м², площадь делянки – 1 м², повторность трехкратная. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались по количеству осадков и температурному режиму. Гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова) определяли стандартно. Условия периода вегетации 2018 г. были средне благоприятны для развития овса, в третьей декаде июля – первой половине августа отмечено недостаточное количество осадков и высокие температуры (+3,1 и +2,8 °С к средней многолетней, ГТК = 1,30). В 2019 г. наблюдали пониженные относительно средней многолетней среднесуточные температуры воздуха в июне (-0,9 °С), июле (-1,9 °С) и первой декаде августа (-0,7 °С) и неравномерное распределение осадков. В мае (-13,2 мм) и июле (-1,6 мм) количество осадков было ниже нормы, избыточное увлажнение наблюдали в июне (+41,9 мм) и августе (+91,3 мм). Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS 2.07.

Результаты и их обсуждение. Наиболее благоприятными для формирования продуктивной метелки и выполненного зерна условия наблюдали в 2019 г. (ГТК = 1,9; $I_j = 1,6$), когда средняя по генотипам масса 1000 зерен составила 39,7 г, максимальная – 45,9 г у образца 15331 КСИ 2167/03 (табл. 1). Условия периода вегетации 2018 г. были средне благоприятны для формирования высокой массы 1000 зерен ($I_j = 0$), а показатели массы 1000 зерен близки к уровню 2019 г. и составили 38,1 и 44,1 г соответственно. В 2020 г. агроклиматические условия по показателю ГТК (1,30) были достаточно благоприятны для развития овса, однако условия вегетации в период налива зерна были менее благоприятны – индекс условий среды отрицательный ($I_j = -1,5$), чем в предыдущие годы.

1. Масса 1000 зерен образцов овса в зависимости от условий среды
1. 1000-grain weight of the oats samples, depending on environmental conditions

№ каталога	Образец	Год изучения			
		2018	2019	2020	среднее
14857	Кречет, ст.	35,2	35,4	31,3	34,0
15280	55 h 2106	36,9	36,7	35,7	36,4
15329	КСИ 639/05	37,8	41,5	32,4	37,2
15330	КСИ 590/05	39,1	44,1	36,4	39,9
15331	КСИ 2167/03	43,4	45,9	41,3	43,5
15297	Gesztı	36,5	34,6	34,3	35,1
15428	Bohum	44,1	42,8	39,8	42,2
15388	Saltaret	36,8	39,6	37,4	37,9
15414	Enostar	34,4	39,4	34,4	36,1
15420	Leniak	37,4	35,3	33,0	35,2
15423	Prelekst	37,0	38,0	41,8	38,9
15426	Werva	38,8	43,7	41,3	41,3
Среднее		38,1	39,7	36,6	38,1
Индекс условий среды (I)		0	1,6	-1,5	–

В июле 2020 г. наблюдали повышенный температурный фон (+2,4 °С) относительно средних многолетних дат и недостаточное количество осадков в июне и августе (-20,3 и -13,7 мм). В результате часть генотипов овса имела низкую массу 1000 зерен (32,4–35,7 г), минимальный показатель 31,3 г отмечен у стандарта Кречет, максимальный 41,8 г – у образца 15423 Prelekst из Германии. Известно, что засуха ведет к потере до 60% урожая, причем репродуктивная стадия развития растений, когда формируется зерно, наиболее чувствительна к засухе (Ahmad et al., 2018; Daryanto et al., 2017).

По мнению ряда авторов, на первом этапе изучения более объективную и полную характеристику генотипа обеспечивает оценка взаимодействия «генотип – среда» (Аниськов и др., 2019; Николаев и др., 2018). В условиях Кировской области значимое (при 5% уровне) влияние на формирование величины показате-

ля «масса 1000 зерен» оказали фактор «год» – 47,8% и генотип – 14,1%. Доля влияния взаимодействия данных факторов составила 32,1%.

Известны разнообразные методы математического анализа, которые позволяют оценить и выявить реакцию сортов на меняющиеся условия среды, среди них изучение пластичности, как индикатора нежелательной восприимчивости генотипа к стрессам, если нет доказательств, что в конкретном испытании проявился положительный отклик на благоприятные условия. Известно, что чем выше значение индекса экологической пластичности (ИЭП), тем пластичнее генотип, при этом за точку отсчета принимают единицу (Николаев и др., 2018). Наиболее высокий показатель ИЭП (1,08–1,00) отмечен у образцов 15330 КСИ 590/05, 15388 Saltaret, 15423 Prelekst и 15426 Werva, низкий (ИЭП = 0,36–0,29) у 15297 Geszti, 15428 Bohum и 15331 КСИ 2167/03 (табл. 2).

2. Параметры адаптивной способности образцов овса по массе 1000 зерен (2018–2020 гг.)
2. Adaptability parameters of the oats samples according to 1000-grain weight (2018–2020)

№ каталога	Образец	ИЭП	St ²	ПУСС	И	Нот	Кр
14857	Кречет, ст.	0,89	0,89	100	12,06	6,12	1,13
15280	55 h 2106	0,95	0,99	2706,4	3,30	25,28	1,03
15329	КСИ 639/05	0,98	0,62	405,4	24,50	3,71	1,28
15330	КСИ 590/05	1,04	0,74	585,6	19,30	4,99	1,21
15331	КСИ 2167/03	0,29	0,92	1288,4	10,57	10,02	1,11
15297	Gesztı	0,36	0,97	1307,7	6,27	12,67	1,01
15428	Bohum	0,30	0,92	1230,0	10,19	9,91	1,08
15388	Saltaret	1,00	0,96	1333,2	7,39	11,96	1,06
15414	Enostar	0,94	0,85	587,2	13,85	5,55	1,14
15420	Leniak	0,92	0,91	714,4	12,50	6,90	1,07
15423	Prelekst	1,02	0,88	838,6	12,34	7,33	0,90
15426	Werva	1,08	0,90	1034,9	11,86	8,52	1,06

ИЭП – индекс экологической пластичности, St² – относительная стабильность признака, ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, И – показатель интенсивности, Нот – показатель гомеостатичности, Кр – коэффициент отзывчивости.

Оценить экологическую стабильность генотипа по заданному признаку позволяет показатель относительной стабильности признака (St²). Он варьирует от 0 до 1, и чем больше

величина показателя, тем выше экологическая стабильность генотипа, а наиболее ценными для использования в селекции являются образцы с более высоким и стабильным показателем

признака вне зависимости от лимитов окружающей среды: 15280 55 h 2106, 15297 Geszti, 15388 Saltaret, 15331 КСИ 2167/03, 15428 Bohum, 15420 Leniak ($St^2 = 0,99-0,91$).

Для отбора ценных сортов и источников может быть использован показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), который одновременно характеризует уровень и стабильность признака по отношению к стандарту. Все изученные образцы овса превысили по данному показателю стандарт Кречет, но наиболее актуальны для использования в качестве источников в селекции на стабильность 15280 55 h 2106, 15331 КСИ 2167/03, 15297 Geszti, 15428 Bohum, 15388 Saltaret, 15426 Werva.

Реакцию сорта на меняющиеся условия среды позволяет оценить расчет показателя интенсивности (И). В исследованиях максимальный уровень интенсивности по массе 1000 зерен отмечен у образцов 15329 КСИ 639/05, 15330 КСИ 590/05 (И = 24,5 и 19,30%). Для использования в селекции актуальны источники с высоким уровнем гомеостаза, характеризующего устойчивость растений к воздействию на них неблагоприятных факторов среды. По данному показателю выделены образцы –

источники 15280 55 h 2106, 15297 Geszti, 15388 Saltaret (Hom = 25,28–11,96).

Наряду с этим, для оценки хозяйственной и селекционной ценности сорта используют коэффициент отзывчивости (Кр) на благоприятные условия выращивания. В соответствии с данным коэффициентом практически все изученные генотипы овса положительно реагировали на улучшение условий выращивания ($Kp > 1$). Максимальная отзывчивость отмечена у образцов 15329 КСИ 639/05, 15330 КСИ 590/05, 15414 Enostar, 15331 КСИ 2167/03 ($Kp = 1,11-1,28$).

Различные методы оценки адаптивности генотипа имеют свои достоинства и недостатки, более полную и всестороннюю оценку обеспечивают по полученным параметрам – сумме рангов. При этом наиболее высоким считают 1 ранг, наиболее низким 12 ранг. Соответственно этому к наиболее адаптивным по признаку «масса 1000 зерен» отнесены образцы 15330 КСИ 590/05, 15388 Saltaret, 15426 Werva с суммой рангов 38 и 40, а также образцы 15329 КСИ 639/05, 15280 55 h 2106, 15414 Enostar и 15420 Leniak (сумма рангов 41–43) (табл. 3).

3. Ранжирование образцов овса по показателям адаптивности, определенными разными методами (2018–2020 гг.)

3. Ranking of the oats samples according to adaptability by different methods (2018–2020)

№ каталога	Образец	Ранг по						Сумма рангов
		ИЭП	St ²	ПУСС	И	Hom	Кр	
14857	Кречет, ст.	9	7	12	6	9	4	50
15280	55 h 2106	6	1	1	12	1	9	42
15329	КСИ 639/05	5	11	11	1	12	1	41
15330	КСИ 590/05	2	10	10	2	11	2	38
15331	КСИ 2167/03	12	4	4	8	4	5	46
15297	Geszti	10	2	3	11	2	10	49
15428	Bohum	11	4	5	9	5	6	47
15388	Saltaret	4	3	2	10	3	8	40
15414	Enostar	7	9	9	3	10	3	43
15420	Leniak	8	5	8	4	8	7	43
15423	Prelekst	3	8	7	5	7	11	47
15426	Werva	1	6	6	7	6	8	40

Об актуальности оценки сортообразцов генотипа по параметрам адаптивности с целью подбора источников для селекции свидетельствуют результаты корреляционного анализа. Для большинства пар параметров показаны существенные прямые и обратные зависимости (табл. 4). Установлена значимая положительная корреляция между показателями ПУСС

и Hom ($r = 0,96$), коэффициентом отзывчивости Кр и показателем интенсивности И ($r = 0,73$), значимая отрицательная – по показателю интенсивности с относительной стабильностью признака St^2 , уровнем стабильности ПУСС и гомеостатичностью ($r = -0,97$; $-0,74$ и $-0,80$), относительной стабильности признака St^2 с коэффициентом отзывчивости Кр ($r = -0,76$).

4. Корреляции показателей адаптивной способности образцов овса по массе 1000 зерен

4. Correlations of indicators of adaptive capacity of oat samples by weight of 1000 grains

Показатели	ИЭП	St ²	ПУСС	И	Hom
ИЭП	–	–	–	–	–
St ²	-0,349	–	–	–	–
ПУСС	-0,216	0,618	–	–	–
И	0,333	-0,975	-0,740	–	–
Hom	-0,159	0,669	0,958	-0,800	–
Кр	0,111	-0,759	-0,448	0,730	-0,451

Значимо при $r \geq 0,57$.

Выводы. В условиях Кировской области выделены источники для селекции овса пленчатого по признаку «масса 1000 зерен»: пластичные (ИЭП = 1,08–1,0) – 15330 КСИ 590/05 (Россия), 15388 Saltaret (Молдова), 15423 Prelekst, 15426 Werva (Германия); устойчивые по показателю относительной стабильности признака ($St^2 = 0,99–0,91$) – 15280 55 h 2106, 15331 КСИ 2167/03 (Россия), 15297 Geszti (Венгрия), 15388 Saltaret (Молдова), 15428 Bohum (Польша), 15420 Leniak (Германия); с высоким уровнем интенсивности (И = 24,5 и 19,30%) – 15329 КСИ

639/05, 15330 КСИ 590/05 (Россия) и гомеостатичности (Hom = 25,28–11,96) – 15280 55 h 2106 (Россия), 15297 Geszti (Венгрия), 15388 Saltaret (Молдова); отзывчивые на благоприятные условия выращивания (Кр = 1,11–1,28) – 15329 КСИ 639/05, 15330 КСИ 590/05, 15331 КСИ 2167/03 (Россия), 15414 Enostar (Германия); наиболее адаптивные по комплексу показателей (сумма рангов) – 15330 КСИ 590/05 и 15329 КСИ 639/05 (Россия), 15388 Saltaret (Молдова), 15426 Werva, 15414 Enostar (Германия).

Библиографические ссылки

1. Anis'kov N.I., Safonova I.V. Produktivnost' i adaptivnost' sortov ozimoy rzhi selekcii VIR v usloviyah Severo-Zapadnogo regiona [1. Productivity and adaptability of the winter rye varieties of IPI selection in the North-West region] // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. № 58-3. S. 5–9. DOI: 10.18411/lj-02-2020-38. Idsp: ljournal-02-2020-38.
2. Anis'kov N.I., Safonova I.V., Horeva V.I. Adaptivnyj potencial sortov ozimoy rzhi selekcii VIR po pokazatelyu «soderzhanie belka v zerne» v usloviyah Leningradskoj oblasti [2. Adaptive potential of the winter rye varieties of IPI selection according to the traits 'protein percentage in grain' in the conditions of the Leningrad region] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2019. T. 180. Vypusk 4. S. 44–51. DOI:10.30901/2227-8834-2019-1-44-51.
3. Batalova G.A., Loskutov I.G., Shevchenko S.N., Zhujkova O.F., Krotova N.V., Tulyakova M.V. Selekcija ovsa golozernogo sorta Virovec [Breeding of the naked oats variety 'Virovets'] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2019. № 4. S. 8–11. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201948-11>.
4. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Gaze V.L. Izmenenie mekhanizmov adaptivnosti i urozhajnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v zasushlivyh usloviyah po etapam sortosmeny [Changes in the mechanisms of adaptability and productivity of the winter bread wheat varieties in arid conditions according to the stages of variety change] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-7.
5. Levakova O.V. Selekcionnaya rabota po sozdaniyu adaptirovannyh k Nechernozemnoj zone RF sortov yarovogo yachmenya i perspektivy razvitiya dannoj kul'tury v Ryazanskoj oblasti [Breeding work on the development of the spring barley varieties adapted to the Non-Blackearth (Chernozem) zone of the Russian Federation and the prospects for the development of this grain crop in the Ryazan region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 14–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19.
6. Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., YUsova O.A., Safonova I. V. Adaptivnost' urozhajnosti yarovogo ovsa v usloviyah Omskoj priirtysh'ya [The adaptability of spring oats productivity in the conditions of the Omsk Irtysh region] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2018. T. 179. vypusk 4. S. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
7. Popolzhin P.V., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., YUsova O.A., Safonova I.V. Ocenka produktivnosti i adaptivnyh svojstv sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Sibirskogo Priirtysh'ya [Estimation of productivity and adaptive properties of the spring barley varieties in the Siberian Irtysh region] // Zemledelie. 2018. № 3. S. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309.
8. Rusakova I.I., Batalova G.A., Vedernikov YU.E., Tulyakova M.V. Istochniki hozyajstvennoj cennosti priznakov dlya selekcii ovsa plenchatogo [Sources of economic value of traits for breeding hulled oats] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 5(54). S. 4–9.
9. Sobolev N.A. Problema otbora i ocenka selekcionnogo materiala [The problem of selection and estimation of breeding material] // Kiev, 1980. S. 100–106.
10. YUsova O.A., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., Safronova I.V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» v usloviyah lesostepi Omskoj oblasti [Adaptability of the barley varieties according to the trait '1000-grain weight' in the forest-steppe conditions of the Omsk region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 2. S. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
11. Ahmad Z., Waraich E. A., Akhtar S., Anjum S., Ahmad T., Mahboob W., Hafeez O.C.B.A., Tarepa T., Labuschang M., Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches // Acta Physiol. Plant. 2018. Vol. 40(4): 80. DOI: 10.1007/s11738-018-2651-6.
12. Daryanto S., Wang L., Jacinthe P.A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review // Agric. Water Manag. 2017. Vol. 179. P. 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.agwa>.
13. Nguyen-Sy T., Cheng W., Tawaraya K., Sugawara K., Kobayashi K. Impacts of climatic and varietal changes on phenology and yield components in rice production in Shoni region of Yamagata Prefecture, Northeast Japan for 36 yers // Plant Production Science. 2019. Vol. 22. No. 3. P. 382–394.
14. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // Semina: Ciencias Agrarias, Londrina. 2017. Vol. 38. No. 3. P. 1241–1250. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n31243.
15. Raza A., Razzaq A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review // Plants (Basel, Switzerland). 2019. V. 8(2). 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>.

References

1. Aniskov N.I., Safonova I.V. Productivity and adaptability of winter rye varieties of VIR selection in the conditions of the North-Western region // Trends in the development of science and education. 2020. No. 58-3. Pp. 5–9. Doi: 10.18411/lj-02-2020-38. Idsp: ljjournal-02-2020-38.
2. Aniskov N.I., Safonova I.V., Horeva V.I. Adaptive potential of winter rye cultivars developed at VIR in the context of their grain protein content in the environments of Leningrad province // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. Vol. 180. Issue 4. Pp. 44–51. Doi:10.30901/2227-8834-2019-1-44-51.
3. Batalova G.A., Loskutov I.G., Shevchenko S.N., Zhuikova O.F., Krotova N.V., Tulyakova M.V. Selection of naked oats of the Virovets variety // Russian agricultural science. 2019. No. 4. Pp. 8–11. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201948-1>.
4. Ionova E.V., Likhovidova V.A., Gaze V.L. The changes of adaptability and productivity of the winter bread wheat varieties in arid conditions according to the stages of variety changing // Zernovoe hozâjstvo Rossii. 2021. No 1(73). Pp. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-77.
5. Levakova O.V. The breeding work on development of the spring barley varieties adapted to the non-blackearth region of the Russian Federation and the prospects for growing of the variety in the Ryazan Region // Zernovoe hozâjstvo Rossii. 2021. No 1(73). Pp. 14–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-73-1-14-19>.
6. Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Adaptability of spring oat yield in the environments of the near-irtysh area in Omsk province // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2018. Vol. 179. Issue 4. Pp. 28–38. DOI:10.30901/2227-8834-2019-28-38.
7. Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Evaluation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the conditions of the Siberian Irtysh region // Agriculture. 2018. No. 3. Pp. 40–44. DOI:10.24411/0044-3913-2018-10309.
8. Rusakova I.I., Batalova G.A., Vedernikov V.U., Tulyakova M.V. Sources of economically valuable traits for covered oat breeding. // Agricultural Science Euro-North-East. 2016. No. 5(54). Pp. 4–9.
9. Sobolev N.A. The problem of selection and evaluation of breeding material [Problema otbora i otsenka selektsionnogo materiala]. Kiev. 1980. Pp. 100–106.
10. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Adaptability of barley varieties by the weight of 1000 grains under foreststeppe conditions of the Omsk region. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Vol. 34. No. 2. Pp. 24–28. Doi: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
11. Ahmad Z., Waraich E.A., Akhtar S., Anjum S., Ahmad T., Mahboob W., Hafeez O. Tarepa T., Labuschang M., Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches // Acta Physiol. Plant. 2018. Vol. 40(4): 80. DOI: 10.1007/s11738-018-2651-6.
12. Daryanto S., Wang L., Jacinthe P.A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root production: A review // Agric. Water Manag. 2017. Vol. 179. P. 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.agwa>.
13. Nguyen-Sy T., Cheng W., Tawarayama K., Sugawara K., Kobayashi K. Impacts of climatic and varietal changes on phenology and yield components in rice production in Shoni region of Yamagata Prefecture, Northeast Japan for 36 years // Plant Production Science. 2019. Vol. 22. No. 3. P. 382–394.
14. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // Semina: Ciencias Agrarias, Londrina. 2017. Vol. 38. No. 3. P. 1241–1250. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n31243.
15. Raza A., Razzaq A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review // Plants (Basel, Switzerland). 2019. V. 8(2). 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>.

Поступила: 16.03.21; принята к публикации: 27.07.21.

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. Тулякова М.В., Баталова Г.А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Тулякова М.В., Пермякова С.В. – подготовка опыта, выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных, их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НАСЛЕДОВАНИЕ РЯДА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В ПОКОЛЕНИЯХ ГИБРИДА РИСА КУБОЯР × ГАГАТ

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

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

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

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

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

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

Рис – это важный продукт питания людей. В мире на пищевые цели в основном используют сорта белозерного риса, но встречаются сорта, у которых перикарп зерна имеет красную, коричневую, фиолетовую или черную окраску. Он более полезный для укрепления здоровья. В статье представлены результаты генетического анализа наследования ряда изменчивых количественных признаков в популяциях гибридов первого-третьего поколений риса от гибридизации сортов Кубояр и Гагат. Сорт Кубояр – среднерослый, метелка компактная прямостоячая, зерновка овальная, перикарп белый. Сорт Гагат – высокорослый, метелка длинная поникающая, зерновка длинная, перикарп черный. Работу вели в 2018–2020 гг. на территории ОП «Пролетарское» Ростовской области. Анализ наследования некоторых количественных признаков, оказывающих прямое влияние на урожайность зерна риса, позволил установить новые закономерности наследования. По высоте растений у гибридов F_2 и F_3 выявлено частичное доминирование наибольших величин признака. У родительских форм установлены аллельные различия 3-х пар генов. Признак «длина метелки» показал сверхдоминирование признака в F_2 , отсутствие его в F_3 и дигенные различия родительских сортов. Признак «количество колосков на метелке» продемонстрировал сверхдоминирование больших значений и положительную трансгрессию. По массе 1000 зерен гибриды обоих поколений расщеплялись по дигенной схеме в соотношении 1:4:6:4:1. Не было доминирования по признаку «длина зерновки», исходные сорта имели различия по 2-м парам генов. По признаку «ширина зерновки» наблюдалось неполное доминирование меньших величин, происходило моногибридное расщепление. Отобраны лучшие растения F_3 , имеющие черную окраску перикарпа, средние величины высоты растений, длины метелок, массы 1000 зерен и повышенное количество зерен на метелке, для последующего селекционного процесса.

Ключевые слова: рис, гибрид, наследование, доминирование, ген, количественные признаки, высота растений, длина метелки, зерновка.

Для цитирования: Костылев П.И., Краснова Е.В. Сирапионов Г.А. Наследование ряда количественных признаков в поколениях гибрида риса Кубояр × Гагат // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 9–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-9-16.



INHERITANCE OF SOME QUANTITATIVE TRAITS IN THE HYBRID GENERATIONS 'KUBOYAR × GAGAT'

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

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

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

¹Agricultural Research Center "Donskoy",

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

²Azov-Blacksea Engineering Institute, branch of the Donskoy State Agricultural University
347740, Rostov region, Zernograd, Lenin Str., 21

Rice is an important food for humans. In the world, for food purposes white-grain rice varieties are mainly used, but there are varieties in which kernel pericarp is of red, brown, purple or black color. Such rice is more beneficial for health promotion. The current paper has presented the results of genetic analysis of the inheritance of a number of variable quantitative traits in rice hybrid populations of the first and third generations obtained by the hybridization of the varieties 'Kuboyar' and 'Gagat'. The variety 'Kuboyar' is medium-sized, with a compact erect panicle, an oval caryopsis and white pericarp. The variety 'Gagat' is tall, with a long drooping panicle, a long kernel and black pericarp. The work was carried out on the territory of the OP 'Proletarskoe' of the Rostov region in 2018–2020. The analysis of the inheritance of some quantitative traits that have a direct impact on the rice productivity made it possible to establish new inheritance regularities. According to the trait 'plant height' there has been identified partial dominance of the largest values of the trait in the hybrids F_2 and F_3 . Allelic differences of 3 pairs of genes were identified in parental forms. The trait 'panicle length' showed overdominance of the trait in F_2 , it was absent in F_3 , and there were digenic differences in parental forms. The trait 'number of spikelets per panicle' demonstrated overdominance of large values and positive transgression. According to the trait '1000-grain weight', the hybrids of both generations were split by the

digenic scheme in a ratio of 1:4:6:4:1. There was no dominance in the trait 'kernel length'; the initial varieties had differences in 2 pairs of genes. According to the trait 'kernel width', there was identified incomplete dominance of smaller values, and there was monohybrid split. There have been selected the best plants F_3 with a black pericarp, average values of the traits 'plant height', 'panicle length', '1000-grain weight' and an increased number of grains per panicle for the further breeding process.

Keywords: rice, hybrid, inheritance, dominance, gene, quantitative traits, plant height, panicle length, kernel.

Введение. Примерно половина населения мира зависит от риса (*Oryza sativa* L.) как основного продукта питания и источника энергии. В основном широко используется белый рис, однако существуют специальные сорта, имеющие черную, коричневую, красную и фиолетовую окраску (Kushwaha, 2016).

Окраска перикарпа определяется антоцианами (черная) и антоцианидинами (красная). Их высокое содержание в перикарпе риса полезно для здоровья людям с различными заболеваниями (Ciulu et al., 2018).

При создании черnozерных сортов риса нужно, чтобы они имели высокую урожайность, не уступая белозерным, поэтому они должны иметь оптимальные параметры количественных признаков.

Длина стеблей риса оказывает косвенное влияние на устойчивость растений к полеганию. У полегших растений теряется урожайность. Кроме того, она определяет массу соломы, уменьшая индекс урожая. Установлено, что высота растений и продуктивная кустистость существенно коррелируют с урожайностью зерна риса (Lei et al., 2018). Высота растений риса определяется локусами количественных признаков, расположенными на двенадцати хромосомах (Zhou et al., 2016; Zeng et al., 2019).

Форму и структуру метелки риса в значительной степени определяют ее длина и толщина веточек. Они оказывают влияние на такие элементы структуры урожая, как число зерновок на метелке, ее плотность и форма зерна. Известно около 200 QTL, расположенных в хромосомах 4, 6, 7 и 9, которые влияют на длину метелок и используются в селекционной работе (Liu et al., 2016; Wang et al., 2019).

Урожайность риса – это сложный количественный агрономический признак, мультипликативно определяемый тремя основными компонентами, такими как количество зерен на метелке, масса тысячи зерен и число продуктивных стеблей, несущих метелки, на растении.

Число колосков и зерен в метелке являются очень важными признаками, определяющими урожайность риса. К настоящему времени обнаружено много генов, контролирующих количество зерен на метелке, такие, как *Gn1a*, *DEP1*, *IPA1*, *LP*, *DST* и *FZP*. Всего было найдено 58 QTL, расположенных во всех 12 хромосомах риса (Niu et al., 2020).

Sasaki et al. (2017) нашли два QTL, влияющих на количество колосков в метелке, в хромосоме 12: *qTSN12.1* и *qTSN12.2*, которые значительно увеличивали число 1-х и 2-х веточек. В метелках почти изогенных линий с этими локусами количество колосков было значитель-

но больше (189–199), чем у исходного сорта IR 64 (141). Эти линии также имели более высокую фертильность, массу 1000 зерен и урожайность зерна с единицы площади. Эти QTL можно использовать для генетического улучшения сортов риса.

Размер зерна (длина, ширина и толщина зерна) также тесно связан с продуктивностью риса (Zhong et al., 2020). Сообщалось, что многие гены контролируют размер зерна, количество зерен и урожайность. Для признаков «длина, ширина и масса зерновки» были определены гены: *GS3*, *GS5* и другие. Ген *GS3* является основным геном, контролирующим длину зерна риса, и часто встречается в различных сортах (Fan et al., 2009). Ген *GW5* регулирует ширину и массу рисовых зерен (Weng et al., 2008). Xu F. et al. (2016) изучили 416 образцов риса, используя 143 маркера и опираясь на фенотипическую изменчивость выявили 27 QTL, определяющих размер зерновки.

Zeng Y. et al. (2016), изучив 5 гибридных популяций, обнаружили, что длина зерновки контролирует четыре QTL (*GL-3-1*, *GL-3-2*, *GL-4* и *GL-7*). С помощью линейного регрессионного анализа установлено, что длину зерновки контролирует сочетание из 8-ми аллелей. У растений, несущих больше аллелей, повышающих длину зерна, была более длинная зерновка, и наоборот.

Susilowati et al. (2017) провели изучение основных QTL, контролирующих массу зерновок. Главный QTL, влияющий на этот признак, находится в хромосоме 3. Другие QTL выявлены на второй, пятой, восьмой и двенадцатой хромосомах. Этим признаком управляют такие гены, как *TGW6*, *WTG1*, *Osp18* (Yuan et al., 2019).

Селекцию риса с черным перикарпом ведут во многих странах, в том числе в России в ФНЦ риса. Создание таких сортов для условий Ростовской области тоже актуально, поэтому для повышения эффективности селекции нужно знать, как наследуются признаки у гибридов от скрещивания сортов, имеющих белый и черный перикарп.

Цель работы: сравнительный анализ наследования ряда основных количественных признаков в популяциях 2-го и 3-го поколений гибрида риса Кубояр × Гагат и отбор для селекционной работы лучших форм с морфологическими признаками оптимальной величины.

Материалы и методы исследования. Исследования вели в 2018–2020 гг. в ОП «Пролетарское» Ростовской области. Скрещивание провели в 2017 году. Для генетического анализа использовали гибриды первого (2018 г.), второго (2019 г.) и третьего (2020 г.) поколений, полученных от гибридизации сортов риса Кубояр × Гагат.

Сорт Кубояр характеризуется среднеспелостью (125 дней), среднерослостью (высота 90 см), компактной прямостоячей метелкой (15 см), несущей 130-160 колосков. Зерновки длиной 8,5 мм, шириной 3,5 мм. Соотношение $l/b = 2,4$. Масса тысячи зерновок составляет 28–29 г. Зерновка белая, стекловидная (97%).

Сорт Гагат является среднепоздним (130 дней) высокорослым (высота 111 см), с длинной поникающей метелкой (20 см), на которой формируется 120–150 колосков. Зерновки стекловидные (98%), длинные (10,2 мм), узкие (2,8 мм), $l/b = 2,4$, с темно-фиолетовым перикарпом. Масса 1000 семян составляет 31,1–32 г.

В опытах применяли Методику полевого опыта (Доспехов, 1985). Для математической обработки информации использовали программы MSExcel, Statistica 8, для гибридологического анализа – программу Полиген А (Мережко, 2005).

Результаты и их обсуждение. Взятые в качестве родительских форм сорта Кубояр

и Гагат несколько различались по вегетационному периоду, Кубояр зацвел через 95 дней после появления всходов, Гагат – позже на 5 дней, через 100 дней. Гибрид первого поколения проявил доминантные гены фоточувствительности и в 2018 году цвел только в теплице через полгода от начала всходов.

У гибрида первого поколения сверхдоминировал признак «количество колосков в метелке» ($h_p = 14,4$), положительно доминировали высота растений ($h_p = 1,0$) и длина метелки ($h_p = 0,8$). Масса 1000 семян и длина зерновки показали промежуточное наследование ($h_p = 0,0$ и $-0,09$), по ширине зерновки наблюдалась неполное отрицательное доминирование ($h_p = -0,33$). В метелках гибридных растений количество колосков достигало 200, однако в них наливалось в среднем только 4,6% семян. Причина этого заключается в структурных различиях хромосом этих двух родительских подвидов *indica* и *japonica*, которые они накопили в процессе филогенеза.

1. Характеристика сортов риса Кубояр и Гагат и трех поколений гибрида между ними, а также степень доминирования, h_p (2018–2020 гг.)

1. Characteristics of the rice varieties 'Kuboyar' and 'Gagat' and three hybrid generations between them, as well as dominance degree, h_p (2018–2020)

Название	Высота растения, см	Длина метелки, см	Число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерновки, мм	Ширина зерновки, мм
Кубояр (1)	86,8	15,3	130,5	29,0	8,57	3,36
Кубояр (2)	91,5	14,9	141,4	28,6	8,40	3,40
Кубояр (3)	82,5	15,1	140,0	26,6	8,75	3,32
Гагат (1)	116,2	20,1	120,4	31,2	10,53	2,94
Гагат (2)	115,6	19,5	100,2	31,4	10,50	2,90
Гагат (3)	106,3	21,2	147,8	28,4	10,55	2,98
Гибрид F_1	116,4	19,7	198,0	30,1	9,46	3,08
Гибрид F_2	107,4	20,3	233,4	27,2	9,50	3,07
Гибрид F_3	96,9	18,1	168,6	27,3	9,41	3,09
$h_p F_1$	1,00	0,80	14,40	0,00	-0,09	-0,33
$h_p F_2$	0,32	1,36	5,47	-2,00	0,05	-0,32
$h_p F_3$	0,21	0,00	6,33	-0,27	-0,27	-0,36

1 – 2018 г., 2 – 2019 г., 3 – 2020 г.

Гибридные популяции второго и третьего поколений показали широкую вариабельность всех количественных признаков растений.

Растения родительских сортов существенно различались по высоте, в среднем на 24 см.

У Кубояра она составляла 82,5–91,5 см, у Гагата – 106,3–115,6 см, у гибрида F_2 – в среднем 107,4 см, F_3 – 96,9 см. Все формы имели в 2020 году более низкие значения, чем в 2019 г.



Рис. 1. Распределение частот признака «высота растений» у родительских форм и гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат
Fig. 1. Frequency distribution of the trait 'plant height' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

Кривые распределения частот признака (далее КРЧ) гибридных популяций в обоих поколениях слегка выходили за пределы вариабельности исходных сортов, выщеплялось небольшое количество трансгрессивных особей.

КРЧ второго поколения имела пять вершин, две из которых находились в тех же классах, что и родительские вершины, одна – между ними, а две другие – по краям слева и справа, имелось частичное положительное доминирование этого признака ($h_r = 0,32$). Генетический анализ числового материала с помощью программы Полиген А показал, что родительские сорта отличались по аллелям 3-х пар генов (aabbCC и AABVcc), в результате чего произошла сегрегация в соотношении 1:6:15:20:15:6:1. Каждый доминантный аллель увеличивал высоту в среднем на 4 см. В третьем поколении также наблюдалось частичное положительное доминирование признака ($h_r = 0,21$). Преобладали более высокорослые формы. Кривая имела правостороннюю асимметрию, а ее вершина была смещена влево.

В 2019 году метелка у сорта Кубояра была в среднем длиной 14,90 см, у сорта Гагат – 19,50 см, у гибрида F_2 – 20,30 см. Этот признак сверхдоминировал ($h_r = 1,36$).

КРЧ гибрида имела четыре вершины и положительную трансгрессию с частотой 11,7%. Наибольшая вершина размещалась в одном классе с вершиной Гагата (рис. 2). Родительские сорта отличались друг от друга более, чем по 1-й паре генов.

В 2020 году длина метелки Кубояра составила 15,1 см, Гагата – 21,2 см, а всех гибридных растений F_3 варьировала в пределах изменчивости родительских форм (в среднем 18,1 см). Доминирование отсутствовало, $h_r = 0,0$. КРЧ признака в гибридной популяции имела симметрию и одну вершину, которая располагалась на равном расстоянии от родительских вершин (рис. 1). Использование для генетического анализа компьютерной программы Полиген А позволило определить, что родительские сорта различались по двум парам генов, сегрегация гибридного потомства происходила в соотношении 1:4:6:4:1. При этом средняя величина силы гена была примерно 3,0 см.

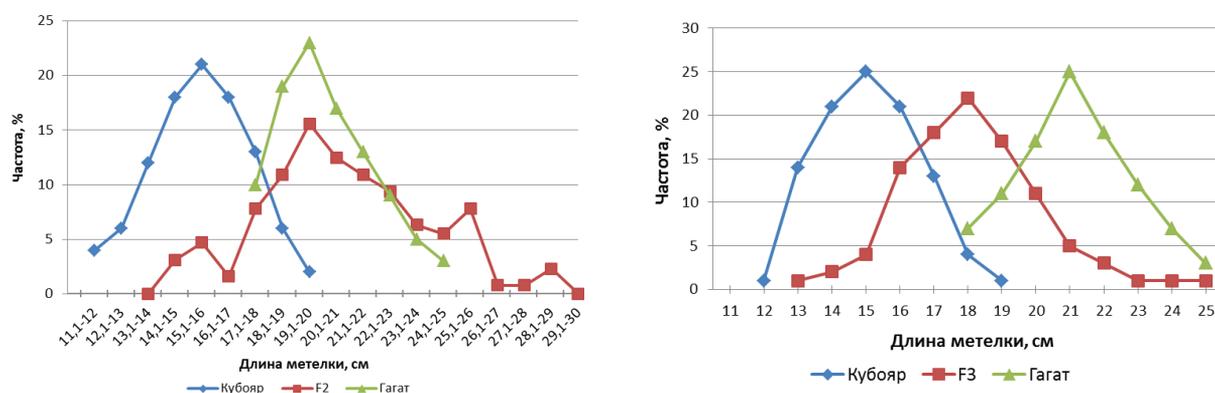


Рис. 2. Распределение частот признака «длина метелки» у родительских форм и гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат

Fig. 2. Frequency distribution of the trait 'panicle length' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

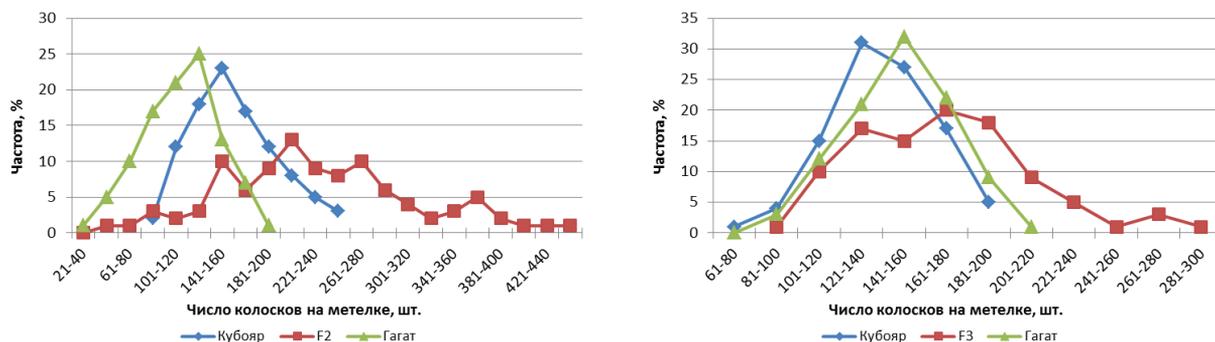


Рис. 3. Распределение частот признака «число колосков на метелке» у родительских форм и гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат

Fig. 3. Frequency distribution of the trait 'number of spikelets per panicle' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

В 2019 году в метелке Кубояра сформировалось 141,4 колосков, у Гагата – 100,2 шт., т.е.

на 41,2 шт. меньше. У гибрида F_2 этот признак колебался в пределах 44–458 колосков, в сред-

нем 233,4. В 2020 году количество колосков на метелке Кубояра составило 140,0, Гагата – 147,8, гибрида F_3 – 168,6 шт. (от 91 до 290 штук). Во всех поколениях наблюдалось сверхдоминирование большей величины признака, в F_2 $hr = 5,47$, F_3 $hr = 6,33$. КРЧ гибридов существенно выходили вправо за пределы варьирования родительских сортов, выщепилось много хорошо озернённых растений, что свидетельствует о трансгрессивном расщеплении (рис. 3). Такие положительные трансгрессии имеют большое значение для селекционной работы по рису.

В F_2 степень трансгрессии по этому признаку составила 47%, частота – 25%, в F_3 – 44 и 10%

соответственно. У этого гибрида взаимодействовали три пары генов, при этом у каждого родительского сорта в разных локусах были и доминантные, и рецессивные аллели. Новое их сочетание в процессе рекомбинации стало причиной появления гетерозисных форм с высокой озерненностью метелок, несущих 300 колосков и более.

Масса 1000 зерен в 2019 году у сорта Кубояр была 28,6 г, Гагат – 31,4 г, у гибрида F_2 – 27,2 г (от 17 до 37 г), в 2020 году соответственно 26,6 и 28,4 г, у гибрида F_3 – 27,3 г (от 21 до 36 г) (табл. 1). КРЧ гибридов были пятивершинными, почти симметричными (рис. 4).

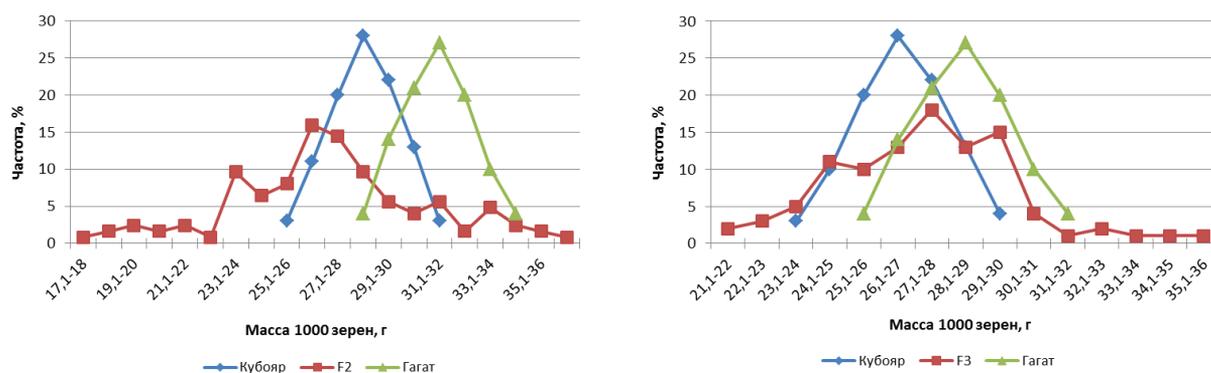


Рис. 4. Распределение частот признака «масса 1000 зёрен» у гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат и его родительских форм

Fig. 4. Frequency distribution of the trait '1000-grain weight' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

Сегрегация популяции произошла по дигибридному типу в числовом отношении 1:4:6:4:1, которое появилось при скрещивании генотипов $Aabb \times aaBB$ с различной силой генов А и В. В потомстве появились трансгрессивные формы с более мелкими ($AABB$) и крупными зерновками ($aabb$). Отобрано 8 растений, у которых масса 1000 зерен достигала 34–37 г.

Длина зерновки в 2019 году у Гагата (10,50 мм) была больше, чем у сорта Кубояр (8,40 мм) на 2,10 мм. У гибридных растений F_2 средняя величина этого признака была промежуточной – 9,50 мм (7,50 до 12,00 мм). В 2020 году длина зерновки Гагата состави-

ла 10,55, Кубояра – 8,75, гибрида F_3 – 9,41 мм. Доминирование отсутствовало. Кривая распределения частот признака в обоих поколениях не выходила за пределы изменчивости родительских сортов и имела пять вершин, трансгрессий не наблюдалось (рис. 5). Расщепление происходило в отношении 1:4:6:4:1. Родительские сорта различались по аллельному состоянию 2-х пар генов. При этом один обладал только рецессивными, а другой – доминантными аллелями. Сила действия одного гена составила приблизительно 1 мм.

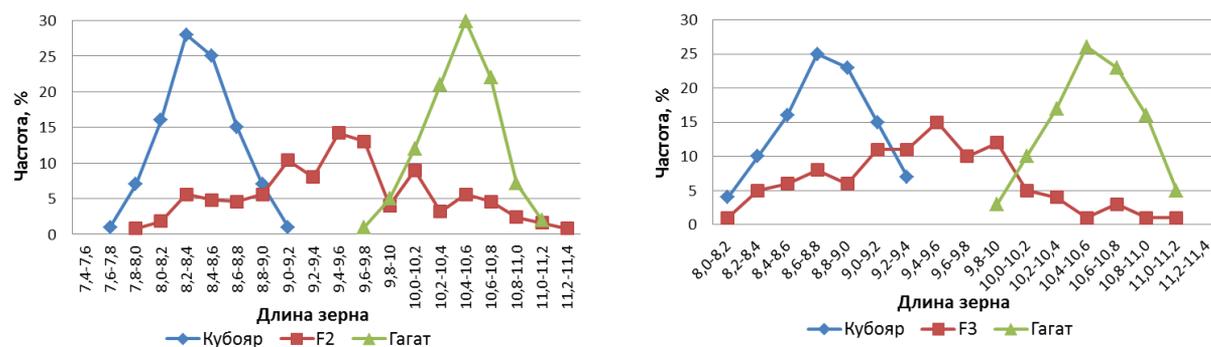


Рис 5. Распределение частот признака «длина зерновки» у родительских форм и гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат

Fig. 5. Frequency distribution of the trait 'kernel length' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

Ширина зерновок в 2019 году у Кубояра составляла 3,4 мм, у Гагата – 2,9 мм, у гибрида F_2 – 3,07 мм (от 2,6 до 3,7 мм). В 2020 году ширина зерновки Кубояра составила 3,32, Гагата – 2,98, у гибрида F_3 – 3,09 мм. КРЧ гибридов в обоих

поколениях имела две вершины, причем левая была выше правой и располагалась около вершины Гагата, правая – в том же классе, что и вершина Кубояра (рис. 6).

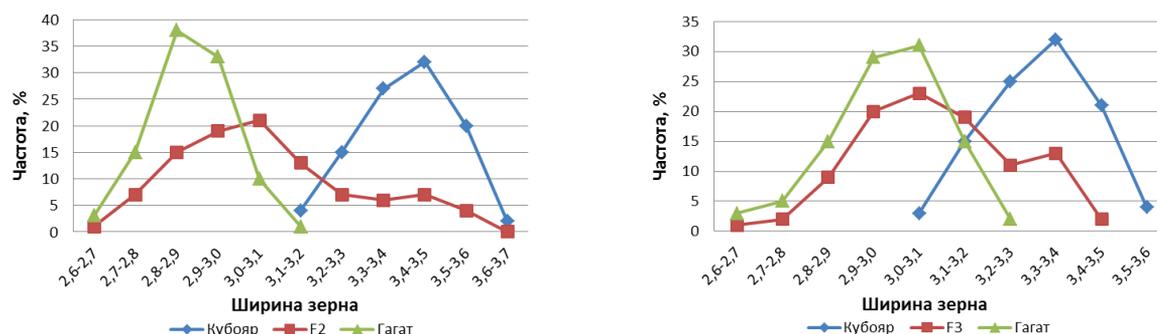


Рис. 6. Распределение частот признака «ширина зерновки» у родительских форм и гибрида риса F_2 – F_3 Кубояр × Гагат

Fig. 6. Frequency distribution of the trait 'kernel width' in the parental forms and rice hybrid F_2 – F_3 'Kuboyar × Gagat'

Распределение данного признака характеризовалось правосторонней асимметрией и доминированием малых величин ($h_r = -0,32$ и $h_r = -0,36$). В гибридной популяции появилось около ¼ растений, имеющих такую же ширину зерновки, как сорт Кубояр, поэтому сорта различаются по аллельному состоянию одной пары генов. Расщепление было моногибридным в отношении 3:1. Сила действия гена составила 0,5 мм.

Лучшие формы F_3 с черной окраской перикарпа представлены в таблице 2. Они имеют высоту растений в пределах родительских величин и меньше (75–105 см), длину метелки 15,4–21,8 см, число колосков в метелке 103–201 шт. и массу 1000 зерен 23–30 г – больше и меньше, чем у родителей. Длина зерновки колебалась от 8,5 до 10,0 мм, ширина зерновки – от 2,75 до 3,34 мм. Эти образцы культивируются в гибридном питомнике F_4 , где с ними проводится дальнейшая селекционная работа.

2. Характеристика лучших форм F_3 с антоциановой окраской перикарпа в гибридной популяции Кубояр × Гагат (2020 г.)

2. Characteristics of the best forms F_3 with anthocyanin pericarp color in the hybrid population 'Kuboyar × Gagat' (2020)

№ растения	Высота растения, см	Длина метёлки, см	Общее число колосков, шт.	Масса 1000 зерен, г	Длина зерна, мм	Ширина зерна, мм
Кубояр	83	15,1	140	26,6	8,75	3,32
Гагат	106	21,2	148	28,4	10,55	2,98
5184/1	100	17,5	142	28	9,48	3,07
5184/2	85	16,6	139	28	9,62	2,86
5184/3	70	15,9	123	27	9,43	3,34
5188/1	105	20,3	184	30	9,05	3,18
5188/2	75	18,8	201	29	8,50	3,14
5189/2	105	21,8	106	23	9,56	2,75
5189/3	80	20,6	129	25	9,69	2,78
5207/1	105	17,3	132	25	9,37	2,87
5207/3	100	15,7	124	29	9,42	3,21
5207/2	75	15,4	103	28	10,0	3,17
σ	12,2	3,2	40,2	3,1	0,71	0,17

Выделение и уборка наилучших по морфотипу и продуктивности линий направлен на последующее создание сортов риса, имеющих антоциановую окраску перикарпа зерновки.

Выводы

1. У гибрида первого поколения Кубояр × Гагат сверхдоминировало число колосков на метелке ($h_r = 14,4$), положительно доминировали высота растений ($h_r = 1,0$) и длина метелки ($h_r = 0,8$). По массе 1000 семян и длине

зерновки было промежуточное наследование, а по ширине зерновки – неполное отрицательное доминирование ($h_r = -0,33$).

2. Высота растений в F_2 и F_3 наследовалась по типу частичного доминирования больших величин признака ($h_{r2} = 0,32$, $h_{r3} = 0,21$). У родительских сортов установлены аллельные различия трех пар генов (aabbCC и AABVcc).

3. Длина метелки в F_2 характеризовалась сверхдоминированием больших величин

признака ($hp_2 = 1,36$) и положительной трансгрессией, в F_3 – отсутствием доминирования. Установлены дигенные различия родительских сортов и сегрегация гибридной популяции в отношении 1:4:6:4:1.

4. Количество колосков в метелке наследовалось по типу сверхдоминирования большего значения признака ($hp_2 = 5,47$, $hp_3 = 6,33$) и имело положительную трансгрессию. Родительские сорта имели различия по рецессивным и доминантным аллелям в разных локусах.

5. По массе 1000 зерен расщепление в обоих поколениях было в соотношении 1:4:6:4:1, свидетельствующем о дигенных различиях родителей.

6. Длина зерновки была промежуточной, что свидетельствует об отсутствии доминирования, расщепление произошло в соотношении 1:4:6:4:1, в результате взаимодействия двух пар генов, причем у одного родителя имелись только рецессивные, а у другого – доминантные аллели.

7. По ширине зерен наблюдалось неполное доминирование меньших значений признака ($hp_2 = -0,32$, $hp_3 = -0,36$). Расщепление популяции происходило по моногенной схеме в простом соотношении 3:1.

8. Для дальнейшей селекции отобраны лучшие линии F_3 , имеющие черную окраску перикарпа и оптимальные величины высоты растений, длины метелок, их озерненности и средней массы 1000 зерен.

Библиографические ссылки

1. Мережко А.Ф. Использование менделевских принципов в компьютерном анализе наследования варьирующих признаков // Экологическая генетика культурных растений: Материалы школы молодых ученых РАСХН, ВНИИ риса. Краснодар, 2005. С. 107–117.
2. Ciulu M., Cádiz-Gurrea M.L., Segura-Carretero A. Extraction and Analysis of Phenolic Compounds in Rice: A Review // *Molecules*. 2018. Vol. 23(11). P. 2890. <https://doi.org/10.3390/molecules23112890>.
3. Fan C., Yu S., Wang C., Xing Y. A causal C-A mutation in the second exon of GS3 highly associated with rice grain length and validated as a functional marker. *Theor Appl Genet*. 2009. Vol. 118. P. 465–472.
4. Kushwaha U.K.S. Black Rice: Research, History, and Development // *Adv. Plants Agric. Res.* 2016. XX. 192 p. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
5. Lei L., Zheng H.L., Wang J.G., Liu H.L., Sun J., Zhao H.W., Yang L.M., Zou D.T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // *Euphytica*. 2018. Vol. 214. № 109. P. 1–17.
6. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T.G.T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I.U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. Is. 596. P. 1–13. doi: 10.3389/fpls.2016.00596.
7. Niu X., Zhu Y., Sun Zh., Yu S., Zhuang J., Fan Y. Identification and validation of quantitative trait loci for grain number in rice (*Oryza sativa* L.) // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 180. doi:10.3390/agronomy10020180.
8. Sasaki K., Fujita D., Koide Y., Lumanglas P.D., Gannaban R.B., Tagle A.G., Obara M., Fukuta Y., Kobayashi N., Ishimaru T. Fine mapping of a quantitative trait locus for spikelet number per panicle in a new plant type rice and evaluation of a near-isogenic line for grain productivity // *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68. Is. 11. P. 2693–2702. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx128>.
9. Susilowati M., Aswidinnoor H., Enggarini W., Trijatmiko K.R. Identification of a major quantitative trait locus for grain weight in rice using microsatellite marker // *Makara Journal of Science*. 2017. Vol. 21. No. 4. P. 155–162. doi: 10.7454/mss.v21i4.6590.
10. Wang X., Liu G., Wang Zh., Chen S., Xiao Y., Yu Ch. Identification and application of major quantitative trait loci for panicle length in rice (*Oryza sativa*) through single-segment substitution lines // *Plant breeding*. 2019. Vol. 138(3). P. 299–308. <https://doi.org/10.1111/pbr.12687>.
11. Weng J., Gu S., Wan X., Gao H., Guo T., Su N., et al. Isolation and initial characterization of GW5, a major QTL associated with rice grain width and weight. *Cell Res*. 2008. Vol. 18. P. 1199–1209.
12. Xu F.F., Jin L., Huang Y., Tong Ch., Chen Y.L., Bao J.S. Association mapping of quantitative trait loci for yield-related agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.) // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15(10). P. 2192–2202. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61244-8.
13. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // *Journal of Genetics and Genomics*. 2019. Vol. 46. P. 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2019.01.003>.
14. Zeng Y., Ji Z., Wen Z., Liang Y., Yang C. Combination of eight alleles at four quantitative trait loci determines grain length in rice. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. e0150832. DOI: 10.1371 / journal.pone.0150832.
15. Zeng Y., Chen Y., Ji Zh., Liang Y., Zheng A., Wen Zh., Yang C. Control of plant height by 24 alleles at 12 quantitative trait loci in rice // *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 2019. Vol. 19. No. 2. <http://orcid.org/0000-0003-3890-9677>.
16. Zhong H, Liu C, Kong W, Zhang Y, Zhao G, Sun T, et al. Effect of multi-allele combination on rice grain size based on prediction of regression equation model. *Mol Genet Genomics*. 2020. Vol. 295. P. 465–474.
17. Zhou L., Liu S., Wu W., Chen D., Zhan X., Zhu A., Zhang Y., Sheng S., Cao L., Lou X., Xu H. Dissection of genetic architecture of rice plant height and heading date by multiple-strategy-based association studies. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. P. 29718.

References

1. Merezko A.F. Ispol'zovanie mendelevskih principov v komp'yuternom analize nasledovaniya var'iruyushchih priznakov [The use of Mendelian principles in computer analysis of the inheritance of

- varying traits] // *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij: Materialy shkoly molodykh uchenykh RASKHN, VNII risa. Krasnodar, 2005. S. 107–117.*
2. Ciulu M., Cádiz-Gurrea M.L., Segura-Carretero A. Extraction and Analysis of Phenolic Compounds in Rice: A Review // *Molecules*. 2018. Vol. 23(11). P. 2890. <https://doi.org/10.3390/molecules23112890>.
 3. Fan C., Yu S., Wang C., Xing Y. A causal C-A mutation in the second exon of GS3 highly associated with rice grain length and validated as a functional marker. *Theor Appl Genet*. 2009. Vol. 118. P. 465–472.
 4. Kushwaha U.K.S. Black Rice: Research, History, and Development // *Adv. Plants Agric. Res.* 2016. XX. 192 p. DOI: 10.15406/apar.2016.05.00165.
 5. Lei L., Zheng H.L., Wang J.G., Liu H.L., Sun J., Zhao H.W., Yang L.M., Zou D.T. Genetic dissection of rice (*Oryza sativa* L.) tiller, plant height, and grain yield based on QTL mapping and metaanalysis // *Euphytica*. 2018. Vol. 214. № 109. P. 1–17.
 6. Liu E., Liu Y., Wu G., Zeng S., Thu G., Thi T.G.T., Liang L., Liang Y., Dong Z., She D., Wang H., Zaid I.U., Hong D. Identification of a candidate gene for panicle length in rice (*Oryza sativa* L.) via association and linkage analysis // *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. Is. 596. P. 1–13. doi: 10.3389/fpls.2016.00596.
 7. Niu X., Zhu Y., Sun Zh., Yu S., Zhuang J., Fan Y. Identification and validation of quantitative trait loci for grain number in rice (*Oryza sativa* L.) // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 180. doi:10.3390/agronomy10020180.
 8. Sasaki K., Fujita D., Koide Y., Lumanglas P.D., Gannaban R.B., Tagle A.G., Obara M., Fukuta Y., Kobayashi N., Ishimaru T. Fine mapping of a quantitative trait locus for spikelet number per panicle in a new plant type rice and evaluation of a near-isogenic line for grain productivity // *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68. Is. 11. P. 2693–2702. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx128>.
 9. Susilowati M., Aswidinnoor H., Enggarini W., Trijatmiko K.R. Identification of a major quantitative trait locus for grain weight in rice using microsatellite marker // *Makara Journal of Science*. 2017. Vol. 21. No. 4. P. 155–162. doi: 10.7454/mss.v21i4.6590.
 10. Wang X., Liu G., Wang Zh., Chen S., Xiao Y., Yu Ch. Identification and application of major quantitative trait loci for panicle length in rice (*Oryza sativa*) through single-segment substitution lines // *Plant breeding*. 2019. Vol. 138(3). P. 299–308. <https://doi.org/10.1111/pbr.12687>.
 11. Weng J., Gu S., Wan X., Gao H., Guo T., Su N., et al. Isolation and initial characterization of GW5, a major QTL associated with rice grain width and weight. *Cell Res*. 2008. Vol. 18. P. 1199–1209.
 12. Xu F.F., Jin L., Huang Y., Tong Ch., Chen Y.L., Bao J.S. Association mapping of quantitative trait loci for yield-related agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.) // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15(10). P. 2192–2202 doi: 10.1016/S2095-3119(15)61244-8.
 13. Yuan H., Qin P., Hu L., Zhan S., Wang S., Gao P., Li J., Jin M., Xu Z., Gao Q., Du A., Tu B., Chen W., Ma B., Wang Y., Li S. OsSPL18 controls grain weight and grain number in rice // *Journal of Genetics and Genomics*. 2019. Vol. 46. P. 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2019.01.003>.
 14. Zeng Y., Ji Z., Wen Z., Liang Y., Yang C. Combination of eight alleles at four quantitative trait loci determines grain length in rice. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. e0150832. DOI: 10.1371/journal.pone.0150832.
 15. Zeng Y., Chen Y., Ji Zh., Liang Y., Zheng A., Wen Zh., Yang C. Control of plant height by 24 alleles at 12 quantitative trait loci in rice // *Crop Breed. Appl. Biotechnol*. 2019. Vol. 19. No. 2. <http://orcid.org/0000-0003-3890-9677>.
 16. Zhong H, Liu C, Kong W, Zhang Y, Zhao G, Sun T, et al. Effect of multi-allele combination on rice grain size based on prediction of regression equation model. *Mol Genet Genomics*. 2020. Vol. 295. P. 465–474.
 17. Zhou L., Liu S., Wu W., Chen D., Zhan X., Zhu A., Zhang Y., Sheng S., Cao L., Lou X., Xu H. Dissection of genetic architecture of rice plant height and heading date by multiple-strategy-based association studies. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. P. 29718.

Поступила: 16.07.21; принята к публикации: 4.08.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ГОЛОЗЕРНОМУ ЯРОВОМУ ЯЧМЕНЮ

Э.С. Дорошенко, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

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

А.А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, 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;

О.Ю. Петренко, специалист отдела внедрения НИР, ORCID ID: 0000-0002-8736-8590
ФГБНУ "Аграрный научный центр "Донской",
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В последние десятилетия возросла востребованность зерна голозерного ячменя на рынке в связи с уникальными возможностями. Селекционеры ведущих учреждений РФ возобновили селекционные исследования по созданию новых сортов голозерного ячменя. В связи с этим целью наших исследований являлось создание селекционного материала голозерного ячменя, адаптированного к условиям Ростовской области и на его основе новых сортов. Создан новый сорт голозерного ячменя с высокой урожайностью и качеством зерна, адаптированный к условиям Северного Кавказа. Исследования проводили в научном севообороте отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской», (г. Зерноград) в 2014–2020 гг. На основе лучших пленчатых сортов ячменя местной селекции (Леон и Щедрый) и голозерных сортов коллекции ВИР (Mancuria (Швеция), NB-OWA (Непал), CDC-Dawn (Канада), K-3780 (Таджикистан) и Голозерный (РФ)) созданы и проходят изучение новые голозерные линии. Установлено, что по признаку высота растений линии Леон х Голозерный и Леон х Mancuria относились к среднерослой группе (90,2 см и 83,4 см соответственно). Остальные линии относились к высокорослой группе, их высота варьировала от 96,5 см до 100,3 см. Обнаружено, что в условиях проведенных исследований высота растений не оказала влияния на устойчивость к полеганию. По признаку «дата колошения» выделилась линия Леон х Голозерный (24.V), которая была более раннеспелой (-5 дней к стандарту). Эта же линия оказалась единственной, которая достоверно превысила стандарт (Ратник – 4,5т/га) по урожайности +0,3 т/га, а с учетом отсутствия пленок эта разница значительно увеличивается до +0,7 т/га. Установлено что по показателю «масса 1000 зерен» достоверно превысили стандарт линии Леон х Mancuria, Леон х CDC-Dawn, Леон х K-3780 и Леон х Голозерный. Лучшие показатели качества зерна отмечены у линий Леон х K-3780 и Леон х Голозерный. Наиболее устойчивыми к поражению мучнистой росой были линии Леон х Mancuria и Леон х Голозерный. Представлена характеристика нового голозерного сорта ячменя Зерноградский 1717, который обладает высокой урожайностью и комплексом положительных хозяйственно-ценных признаков.

Ключевые слова: голозерный ячмень, урожайность, β -глюкан, белок, лизин, линии, сортоиспытание, масса 1000 зерен.

Для цитирования: Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Петренко О.Ю. Результаты селекции голозерного ячменя // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 17–23. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-17-23.



THE RESULTS OF BREEDING WORK ON NAKED SPRING BARLEY

E.S. Doroshenko, junior researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, doroshenko.eduard.91@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;

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

A.A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, 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;

O.Yu. Petrenko, specialist of the department of RWI, ORCID ID: 0000-0002-8736-8590
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

In recent decades, the demand for naked barley grain on the market has increased, that is why the breeders of the leading institutions of the Russian Federation resumed breeding research to develop new naked barley varieties. In this regard, the purpose of the current study was to develop a breeding material for naked spring barley, adapted to the conditions of the Rostov region and, on its basis, new varieties. There have been developed the new naked barley variety with high productivity and grain quality, adapted to the conditions of the North Caucasus. The study was carried out in the scientific crop rotation of the department of barley breeding and seed production of the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" (Zernograd) in 2014–2020. Based on the best local spring barley varieties ('Leon' and 'Shchedry') and naked varieties of the VIR collection ('Mancuria' (Sweden), 'NB-OWA' (Nepal), 'CDC-Dawn' (Canada), 'K-3780' (Tajikistan) and 'Golozerny' (RF)) there have been developed and studied the new naked barley lines. There

was found that according to the trait 'plant height' the lines 'Leon x Golozerny' and 'Leon x Mancuria' belonged to the middle-height group (90.2 cm and 83.4 cm, respectively). The rest of the lines belonged to the tall group, their height varied from 96.5 cm to 100.3 cm. According to the trait 'earling date' there has been identified the line 'Leon x Golozerny' (24V), which is more early-ripening (5 days less than that of the standard). The same line turned out to be the only one that significantly exceeded the standard (the standard variety 'Ratnik' on 4.5 t/ha) according to productivity +0.3 t/ha, and taking into account the absence of hulls, this difference significantly increased to +0.7 t/ha. There was established that according to the trait '1000-grain weight', the lines 'Leon x Mancuria', 'Leon x CDC-Dawn', 'Leon x K-3780' and 'Leon x Golozerny' significantly exceeded the standard variety. The best indicators of grain quality were identified for the lines 'Leon x K-3780' and 'Leon x Golozerny'. The lines 'Leon x Mancuria' and 'Leon x Golozerny' were the most resistant to powdery mildew. The current paper has presented the characteristics of the new naked spring barley variety 'Zernogradsky 1717', which has a great productivity and a set of positive economically valuable traits.

Keywords: naked barley, productivity, β -glucan, protein, lysine, lines, variety testing, 1000-grain weight.

Введение. Некоторые авторы (Железнов и др., 2013; Кирдогло и др., 2013) считают пленчатость одним из основных недостатков ячменя, который не дает возможности получать высококачественные продукты питания после переработки. Биохимический анализ показал, что голозерность ячменя обуславливает существенные изменения в накоплении питательных и балластных веществ, увеличивает синтез крахмала, в несколько раз снижает содержание клетчатки и в два раза – лигнина. Уменьшается содержание ингибитора трипсина. Повышаются темпы накопления белка.

В состав ячменя входят пищевые волокна (1,3;1,4)- β -D-глюканы водорастворимые, обладающие способностью избавлять организм от шлаков, способствующие уменьшению сахара в крови, снижению «плохого» холестерина. Голозерный ячмень – один из признанных лидеров в ряду диетических продуктов, так как содержание крахмала в его зерне относительно низкое, а β -глюкановых волокон сравнительно много (Dickin et al., 2012).

Голозерные ячмени при скрещивании с пленчатыми формами формируют плодovitое потомство. Поэтому селекцией таких ячменей селекционеры разных стран озаботились еще в первой половине XX века (Филиппов и Дорошенко, 2015).

Селекция на создание голозерных сортов ячменя в условиях Ростовской области впервые отмечена в 30-е годы XX века. В этот период в Государственную комиссию по сортоиспытанию с.-х. культур учеными Зерноградской селекционной станции были переданы для изучения 4 сорта голозерного ячменя (Нудум 0575, Нудум 0568, Нудум 0612, Нудум 0289), которые были созданы из местного материала и формировали урожайность выше пленчатых местных сортов ячменя (Дорошенко и Дорошенко, 2018).

В настоящее время интерес к сортам голозерного ячменя значительно увеличился, поэтому возросла необходимость в создании и внедрении в производство новых высокопродуктивных и высококачественных сортов голозерного ячменя (Кирдогло и др., 2013; Николаев и др., 2019).

В связи с этим целью исследований являлось создание селекционного материала голозерного ячменя, адаптированного к условиям Ростовской области, и на его основе новых сортов. Создан новый сорт голозерного

ячменя с высокой урожайностью и качеством зерна, адаптированный к условиям Северного Кавказа.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в научном севообороте отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград) в 2014–2020 гг.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (предкавказский, карбонатный), глинистый, малогумусный. Структура почвы зернисто-комковатая.

Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН = 7,0–7,5). Агробиохимическим обследованием почв института выявлено: общего азота в горизонте А – 0,23–0,26%, легкогидролизуемого азота – 70–110 мг/кг почвы, нитрификационного азота – 30–40 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 15–20 мг/кг, обменного калия – 30–500 мг/кг почвы, гумуса – 3,6% (Алабушев и др., 2008).

Метеорологические условия за годы исследования существенно различались чередованием очень жарких засушливых лет с годами с благоприятными погодными условиями в период выращивания культуры. Суммы температур за период вегетации голозерного ячменя достигают 2800°C. Количество осадков в период вегетации ячменя колебалось в годы исследований от 121 мм (2012 г.) до 179,4 мм (2020 г.). Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты, оценку степени полегания и анализ структуры растений сортов проводили согласно методике государственного испытания и методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2014).

Сев проводили на делянках площадью 10 м² (предварительное сортоиспытание – посев в 3-кратной повторности, конкурсное сортоиспытание – в 6-кратной повторности). Посев – механизированный, сеялкой Wintersteiger Plotseed. Агротехника в опыте – общепринятая для ячменя в Ростовской области. В качестве стандарта использовали районированный в Северо-Кавказском регионе сорт ячменя Ратник. Степень поражения карликовой ржавчиной определяли по методике Э.Э. Гешеле по 4-балльной системе. Поражение пятнистостям определяли по методике О.С. Афанасенко, Степень поражения мучнистой росой – по методике Майнса и Дитца.

Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger Classic.

Лабораторные исследования по оценке признаков качества зерна голозерного ячменя проводили в соответствии с методическими указаниями Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, а также по существующим ГОСТам: содержание белка в зерне голозерного ячменя определяли по Къельдалю (ГОСТ 10846-91), определение крахмала – поляриметрическим методом по Эверсу (ИСО-1052:1997), содержание лизина – по ГОСТ 33428-2015. Измерение содержания β-глюканов проводили в соответствии с процедурами, разработанными для наборов образцов «Mixed-linkage. Beta-glucan» K-BGLU 07/11 (www.megazyme.com).

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

Результаты и их обсуждение. Процесс создания новых сортов охватывает большой комплекс вопросов, связанных с применением специфических селекционных методов (скрещивание, отбор, оценка полученного материала в сравнении со стандартными сортами) и использованием ряда технических при-

емов при посеве, уходе, наблюдениях, уборке урожая.

В качестве материнских форм были взяты внесенные в Госреестр селекционных достижений РФ засухоустойчивые и урожайные сорта Леон и Щедрый.

В качестве отцовских форм были подобраны образцы, которые выделены из изученной коллекции голозерного ячменя по комплексу хозяйственно-ценных признаков: Mancuria (Швеция), NB-OWA (Непал), CDC-Dawn (Канада), K-3780 (Таджикистан) и Голозерный (РФ) (Дорошенко, 2019).

Первые скрещивания были проведены в 2012 году (15 комбинаций скрещивания), в последующие годы количество комбинации скрещиваний увеличилось.

В 2017 году в гибридном питомнике (F₃) были проведены отборы лучших константных линий. В 2018 году 415 из них были высеяны в селекционном питомнике (F₄), по результатам браковки 46 были в 2019 году изучены в контрольном питомнике (F₅). Лучшие 7 линий были изучены в 2020 году в предварительном сортоиспытании (F₆) (табл. 1)

1. Характеристика линий голозерного ячменя по комплексу хозяйственно-ценных признаков в предварительном сортоиспытании (2020 г.)

1. Characteristics of the naked barley lines according to a complex of economically valuable traits in the preliminary variety trial (2020)

№ п/п	Название сорта, линии	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Дата колошения	Пленчатость, %	Урожайность, т/га		
						сорт	± ст.	± к ст. с учетом отсутствия пленок
1	Ратник, ст.	87,2	5	29.V	9,5	4,5	–	–
2	Леон х Mancuria	90,2	5	27.V	0	4,6	+0,1	+0,5
3	Леон х NB-OWA	97,1	5	28.V	0	4,6	+0,1	+0,5
4	Леон х CDC-Dawn	96,5	5	27.V	0	4,5	±0	+0,4
5	Леон х K-3780	97,7	5	27.V	0	4,7	+0,2	+0,6
6	Леон х K-3780	98,6	5	28.V	0	4,6	+0,1	+0,5
7	Леон х K-3780	100,3	5	27.V	0	4,6	+0,1	+0,5
8	Леон х Голозерный	83,4	5	24.V	0	4,8	+0,3	+0,7
	НСП _{0,5}	6,1	–	–	–	0,2	–	–

По признаку высота растений изучаемые линии были распределены на 2 группы: среднерослая – Леон х Mancuria и Леон х Голозерный (83,4 и 90,2 см, соответственно). Остальные линии относились к высокорослой группе (от 96,5 см у линии Леон х CDC-Dawn до 100,3 см у линии Леон х K-3780). В условиях 2020 года высота растений не оказала влияния на устойчивость к полеганию.

По признаку «дата колошения» выделилась линия Леон х Голозерный (-5 дней к стандарту). Эта же линия оказалась единственной, которая достоверно превысила стандарт (Ратник – 4,5 т/га) по урожайности (+0,3 т/га), а с учетом отсутствия пленок эта разница значительно увеличивается до +0,7 т/га.

По показателю «масса 1000 зерен» достоверно превысили стандарт линии Леон

х Mancuria – 42 г, Леон х CDC-Dawn – 44 г, Леон х K-3780 – 43,5 г и Леон х Голозерный – 42,5 г (табл. 2).

По количеству продуктивных стеблей, сохранившихся к уборке, большинство линий находились на уровне со стандартом и только линии Леон х CDC-Dawn (472 шт/м²) и Леон х K-3780 (468 шт/м²) достоверно уступили стандарту. Линии Леон х Mancuria, Леон х NB-OWA и Леон х K-3780 имели более крупный колос, чем стандартный сорт Ратник. По биологической урожайности (486 г/м²) так же как и по фактической (4,8 т/га) линия Леон х Голозерный достоверно превысила стандарт.

По результатам изучения основных показателей качества зерна все линии, приведенные в таблице 3, достоверно превысили показатели стандарта.

2. Анализ структуры урожайности линий голозерного ячменя и стандарта Ратник в предварительном сортоиспытании (2020 г.)
2. Analysis of the yield structure of the naked barley lines and the standard variety 'Ratnik' in the preliminary variety trial (2020)

№ п/п	Название сорта, линии	Масса 1000 зерен, г	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Масса зерна с колоса, г	Количество зерен в колосе, шт.	Биологическая урожайность, г/м ²
1	Ратник, ст.	40,3	542	0,8	21	459
2	Леон х Мансурия	42,0	521	1,0	23	479
3	Леон х NB-OWA	39,0	516	0,9	23	463
4	Леон х CDC-Dawn	44,0	472	1,0	22	457
5	Леон х K-3780	42,5	534	0,9	22	476
6	Леон х K-3780	40,5	526	0,9	22	469
7	Леон х K-3780	43,5	468	1,0	23	468
8	Леон х Голозерный	42,5	544	0,9	21	486
	НСП _{0,5}	1,8	29,6	0,12	0,8	24

3. Характеристика линий голозерного ячменя по качественным показателям зерна в предварительном сортоиспытании (2020 г.)
3. Characteristics of the naked barley lines according to grain quality indicators in the preliminary variety trial (2020)

№ п/п	Название сорта, линии	Содержание β-глюкана, %	Сбор белка, кг/га	Содержание белка, %	Содержание лизина, %
1	Ратник, ст.	2,6	454,9	10,11	3,48
2	Леон х Мансурия	4,7	602,6	13,1	3,82
3	Леон х NB-OWA	4,8	611,8	13,3	3,88
4	Леон х CDC-Dawn	4,8	612	13,6	4,15
5	Леон х K-3780	5,0	601,6	12,8	3,85
6	Леон х K-3780	4,9	621	13,5	3,94
7	Леон х K-3780	4,6	598	13,0	4,07
8	Леон х Голозерный	5,1	676,8	14,1	4,04
	НСП _{0,5}	0,8	62,8	1,2	0,2

Содержание β-глюкана у стандартного сорта составило 2,6%. Линии Леон х K-3780 и Леон х Голозерный показали самое высокое значение данного признака (5,0 и 5,1% соответственно).

По содержанию и сбору белка выделились линии Леон х Голозерный, Леон х K-3780 и Леон х CDC-Dawn, которые имели наиболее высокие показатели по этим признакам. Эти же линии имели и более высокое содержание лизина в зерне.

Признаком, который негативно влияет на уровень урожайности ячменя, является восприимчивость к различным заболеваниям (Дорошенко и Дорошенко, 2018). Селекция на создание сортов с высокой степенью устойчивости к болезням – наиболее экономичный и эффективный способ увеличения урожайности (Dontsova et al., 2018).

В таблице 4 представлена степень поражения листовыми болезнями в естественных условиях линий голозерного ячменя в сравнении со стандартом.

4. Степень поражения листовыми болезнями в естественных условиях линий голозерного ячменя в предварительном сортоиспытании (2020 г.)
4. Damage degree by leaf diseases in natural conditions of the naked barley lines in the preliminary variety trial (2020)

№ п/п	Название сорта, линии	Степень поражения болезнями, балл	
		мучнистая роса	сетчатый гельминтоспориоз
1	Ратник, ст.	2–2,5	0,1
2	Леон х Мансурия	1	0,1
3	Леон х NB-OWA	1,5–2	0,1
4	Леон х CDC-Dawn	1,5	0,1
5	Леон х K-3780	1–1,5	0,1
6	Леон х K-3780	1–1,5	0,1
7	Леон х K-3780	1,5–2	0,1
8	Леон х Голозерный	1	0,1

В условиях, благоприятных для проявления мучнистой росы, максимальное проявление поражения отмечено на стандарте.

Наиболее устойчивыми были линии Леон х Мансурия и Леон х Голозерный, степень поражения которых составила 1 балл.

Проявление сетчатого гельминтоспориоза было слабым, что объясняется недостаточным накоплением инфекции в осенне-зимний период на растительных остатках. Все изучаемые линии так же как и стандарт имели незначительное проявление поражения сетчатым гельминтоспориозом (0,1 балл).

Используя в своей работе метод гибридизации в сочетании с целенаправленным отбором,

был создан новый голозерный сорт ярового ячменя Зерноградский 1717. Отбор элитного растения проведен в третьем поколении (F_3) из гибридной комбинации Щедрый (РФ) x CDC-Dawn (Канада). Схема создания сорта голозерного ячменя Зерноградский 1717 представлена в таблице 5.

5. Схема создания сорта голозерного ячменя Зерноградский 1717 5. Scheme for developing the naked barley variety 'Zernogradsky 1717'

Год	Поколение	Питомник	Комбинация скрещивания и отбора	Объем отбора
2012	–	–	Щедрый (ФГБНУ «АНЦ «Донской») x CDC-Dawn (Канада)	–
2013	F_1	Гибридный	Оценка по признакам	–
2014	F_2	-//--//-	Оценка по признакам	–
2015	F_3	-//--//-	Индивидуальный отбор	70
2016	F_4	Селекционный	Отбор лучших семей	15
2017	F_5	Контрольный	Отбор лучших семей	5
2018	F_6	Конкурсное сортоиспытание	Зерноградский 1717	4
2019	F_7	-//--//-	Зерноградский 1717	2
2020	F_8	-//--//-	Зерноградский 1717	1

Назначение сорта – использование в пищевой и фармацевтической отраслях. Тип развития – яровой. Ботаническая разновидность – nudum. Куст прямостоячий. Растение среднерослое. Колос рыхлый, двурядный соломенно-желтой окраски. Ости длинные, заз-

убренные. Зерно желтого цвета, голое (при обмолоте, достаточно легко освобождается от цветковых чешуй).

В таблице 6 представлены репродуктивные признаки нового сорта Зерноградский 1717.

6. Репродуктивные признаки сорта Зерноградский 1717 в сравнении со стандартом (2017–2019 гг.) 6. Reproductive characteristics of the variety 'Zernogradsky 1717' in comparison with the standard variety (2017–2019)

Название сорта	Число зерен в колосе, шт	Озерненность агрофитоценоза, шт./м ²	Масса 1000 зерен, г	Продуктивность агрофитоценоза г/м ²	Урожайность, т/га
Ратник, ст.	20,2	9635,4	44,5	572,4	4,8
Зерноградский 1717	20,8	9193,6	43,8	618,8	5,0
НСР _{0,5}	0,4	312,4	0,5	32,8	0,2

Озерненность колоса у нового сорта составила 20,8 шт., что на 0,6 шт. больше чем у стандарта Ратник. По продуктивности агрофитоценоза (618,8 г/м²) новый сорт достоверно превысил стандарт (НСР_{0,5} – 32,8). По урожайности в конкурсном сортоиспытании новый сорт также превысил стандарт на 0,2 т/га, однако эта

прибавка значительно увеличится до 0,65 т/га, если пересчитать урожайность стандартного сорта без учета пленок.

Новый сорт более устойчив в естественных условиях к поражению основными листовыми болезнями в сравнении со стандартным сортом (табл. 7).

7. Степень поражения листовыми болезнями в естественных условиях сорта Зерноградский 1717 в сравнении со стандартом (2017–2019 гг.) 7. Damage degree by leaf diseases in natural conditions of the variety 'Zernogradsky 1717' in comparison with the standard variety (2017–2019)

Название сорта	Поражение болезнями, балл, по годам					
	Мучнистая роса			Сетчатый гельминтоспориоз		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Ратник, ст.	1	0	1	1,5	2–2,5	1
Зерноградский 1717	0,1–1	0	0,1–1	0,1	1	0,1

Голозерный ячмень – это ценный источник для селекции на качество зерна (Дорошенко и др., 2019).

В таблице 8 представлены качественные показатели зерна ячменя сорта Зерноградский 1717.

8. Качественные показатели зерна сорта Зерноградский 1717 в сравнении со стандартом (2017–2019 гг.)

8. Grain quality indicators of the variety 'Zernogradsky 1717' in comparison with the standard variety (2017–2019)

Название сорта	Содержание β-глюкана, %	Содержание белка, %	Сбор белка кг/га	Содержание лизина, %
Ратник, ст.	3,5	10,2	490,6	3,9
Зерноградский 1717	5,2	12,7	536,0	4,5
НСР _{0,5}	1,2	1,8	32,1	0,4

По показателям качества, особенно по содержанию β-глюкана, сорт Зерноградский 1717 (5,2%) значительно превосходит стандарт Ратник (+1,7%). По содержанию и сбору белка также наблюдается преимущество нового сорта – 12,72% и 536,0 кг/га соответственно. По содержанию лизина Зерноградский 1717 достоверно превысил стандарт – 4,5% (НСР_{0,5} – 0,4).

Внедрение в производство этого сорта, устойчивого к экстремальным факторам среды и обеспечивающего получение высоких и стабильных урожаев, высококачественного зерна, позволит начать производство голозерного ячменя в Южном регионе РФ.

Выводы. На основе лучших пленчатых сортов ярового ячменя местной селекции (Леон и Щедрый) и голозерных сортов коллекции ВИР (Mancuria (Швеция), NB-OWA (Непал), CDC-Dawn (Канада), K-3780 (Таджикистан) и Голозерный (РФ)) созданы и проходят изучение новые голозерные линии, а также сорт Зерноградский 1717.

В предварительном сортоиспытании удалось отобрать по отдельным признакам и по их комплексу ряд перспективных линий:

- высота растений: линии Леон х Голозерный и Леон х Mancuria;
- дата колошения и урожайность: линия Леон х Голозерный;
- масса 1000 зерен: линии Леон х Mancuria, Леон х CDC-Dawn, Леон х K-3780 и Леон х Голозерный;
- высокое качество зерна: линии Леон х K-3780 и Леон х Голозерный;
- устойчивость к поражению болезнями: линии Леон х Mancuria и Леон х Голозерный.

По комплексу хозяйственно-ценных признаков и свойств выделилась линия Леон х Голозерный.

Создан новый сорт голозерного ярового ячменя Зерноградский 1717.

Внедрение в производство этого сорта, устойчивого к экстремальным факторам среды и обеспечивающего получение высоких и стабильных урожаев высококачественного зерна, позволит начать производство голозерного ячменя в Южном регионе РФ.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Филиппов Е.Г., Щербаков В.И., Янковский Н.Г., Лысенко И.Н., Пахайло А.И. Южно-Российские технологии ячменя. Ростов-на-Дону: ООО «Терра Принт», 2008. 272 с.
2. Дорошенко Е.С., Дорошенко Э.С. Иммунологическая оценка коллекции голозерного ячменя по устойчивости к листовым болезням в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 66–69.
3. Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Сидоренко В.С. Изучение голозерных сортов ярового ячменя в условиях Северного Кавказа // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» 2019. № 2(30). С. 131–139.
4. Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г. Характеристика сортов голозерного ячменя по хозяйственно-ценным признакам // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 61–66.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Железнов А.В., Кукоева Т.В., Блинова Н.Б. Ячмень голозерный: происхождение, распространение и перспективы использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 176. № 2. С. 286–297.
7. Кирдогло Е.К., Полищук С.С., Червонис М.В. Методология и результаты селекции ячменя пищевого использования // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 171. СПб.: ВИР, 2013. С. 240–253.
8. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(1). С. 38–43.
9. Филиппов Е.Г., Дорошенко Э. С. Голозерный ячмень состояние изученности и перспективы использования (Обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4(40). С. 5–7.
10. Dickin E., Steele K., Edwards-Jones G., Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe. *Euphytica*. 2012. V. 184. No. 1. P. 85–99.
11. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia. *Ind. J. Genet.* 78. 2018. P. 317–323.

References

1. Alabushev A.V., Filippov E.G., SHCHerbakov V.I., YAnkovskij N.G., Lysenko I.N., Pahajlo A.I. YUzhno-Rossijskie tekhnologii yachmenya [South – Russian technologies of barley]. Rostov-na-Donu: ООО «Terra Print», 2008. 272 s.
2. Doroshenko E.S., Doroshenko E.S. Immunologicheskaya ocenka kollekcii golozernogo yachmenya po ustojchivosti k listovym boleznyam v usloviyah yuzhnoj zony Rostovskoj oblasti [Immunological estimation of the collection of naked barley according to resistance to leaf diseases in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 66–69.
3. Doroshenko E.S., Filippov E.G., Doncova A.A., Sidorenko V.S. Izuchenie golozernyh sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Severnogo Kavkaza [The study of naked varieties of spring barley in the conditions of the North Caucasus] // Nauchno-proizvodstvennyj zhurnal «Zernobobovye i krupyanye kul'tury» 2019. № 2(30). S. 131–139.
4. Doroshenko E.S., Filippov E.G. Harakteristika sortov golozernogo yachmenya po hozyajstvenno-cennym priznakam [Characteristics of naked barley varieties according to economically valuable traits] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 61–66.
5. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. ZHeleznov A.V., Kukoeva T.V., Blinova N.B. YAchmen' golozernyj: proiskhozhdenie, rasprostranenie i perspektivy ispol'zovaniya [Naked barley: origin, spread and prospects of use] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2013. T. 176. № 2. S. 286–297.
7. Kirdoglo E.K., Polishchuk S.S., CHervonis M.V. Metodologiya i rezul'taty selekcii yachmenya pishchevogo ispol'zovaniya [Methodology and results of barley breeding for food use] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. T. 171. SPb.: VIR, 2013. S. 240–253.
8. Nikolaev P.N., YUsova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Agrobiologicheskaya harakteristika golozernyh sortov yachmenya selekcii Omskogo ANC [Agrobiological characteristics of the naked barley varieties of the Omsk ARC selection] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2019. № 180(1). S. 38–43.
9. Filippov E.G., Doroshenko E.S. Golozernyj yachmen' sostoyanie izuchennosti i perspektivy ispol'zovaniya (Obzor literatury) [Naked barley: state of study and prospects for use (literature review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 4(40). S. 5–7.
10. Dickin E., Steele K., Edwards-Jones G., Wright D. Agronomic diversity of naked barley (*Hordeum vulgare* L.): a potential resource for breeding new food barley for Europe. *Euphitica*. 2012. V. 184. No. 1. P. 85–99.
11. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia. *Ind. J. Genet.* 78. 2018. R. 317–323.

Поступила: 2.08.21; принята к публикации: 26.08.21.

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: Дорошенко Э.С., Донцова А.А., Донцов Д.П. – выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Филиппов Е.Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Петренко О.Ю. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ У СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ» В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ

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

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

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

Н.Г. Черткова, младший научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства и семеноведения, ORCID ID: 0000-0003-4005-9771;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Производство сортов озимой пшеницы, которые характеризуются высокой продуктивностью и посевными качествами семян, является одним из способов увеличения урожайности и валового сбора зерна в регионе. В статье представлены данные по урожайности, посевным качествам и биологическим свойствам оригинальных семян, сортов озимой мягкой пшеницы (Станичная, Лидия и Аскет), выращиваемых в лаборатории первичного семеноводства ФГБНУ «АНЦ «Донской». Целью исследований являлось изучение урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы. Урожайность является основным критерием ценности сорта. Было выявлено, что при средней урожайности сорта Станичная 5,8 т/га данные по годам (2018–2020 гг.) изменялись от 5,1 до 7,2 т/га, а у сорта Аскет при аналогичном уровне среднего значения варьирование составляло от 5,2 до 6,8 т/га. Установлено, что масса 1000 семян зависела от сорта и климатических условий, а не только от технологии выращивания. Лидером по этому показателю являлся сорт Станичная со средней массой 1000 семян 44,5 г. Максимальный выход кондиционных семян за годы исследований отмечался у сортов Станичная (73,5%) и Лидия (72,4%); минимальный – у сорта Аскет (71,7%). Отмечено, что у сортов Станичная, Лидия и Аскет энергия прорастания находилась в пределах от 88 до 92%. Разница между энергией прорастания и лабораторной всхожестью варьировала от 5 до 8%. При определении интенсивности начального роста было установлено, что максимальные значения длины ростка и массы 100 сухих ростков наблюдались у сорта Станичная (11,0 см и 0,63 г соответственно); наименьшие величины данных признаков – у сортов Лидия и Аскет. Полевая всхожесть варьировала по сортам от 73 до 82%, отклонения данного признака от лабораторной всхожести составили от 14 до 23%. За годы исследований у всех исследуемых сортов показатели посевных качеств семян соответствовали ГОСТ Р 52325-2005.

Ключевые слова: сорт, семеноводство, посевные качества семян, озимая пшеница, урожайность, масса 1000 семян, выход семян.

Для цитирования: Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Черткова Н.Г., Калинина Н.В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28.



ESTIMATION OF PRODUCTIVITY AND SOWING QUALITIES OF THE WINTER BREAD WHEAT VARIETIES OF THE FSBSI “ARC “DONSKOY” IN THE PRIMARY SEED PRODUCTION

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

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

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

N.G. Chertkova, junior researcher of the laboratory for primary seed production and seed study, ORCID ID: 0000-0003-4005-9771;

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

Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The production of winter wheat varieties, which are characterized by high productivity and sowing qualities of seeds, is one of the ways to improve productivity and gross grain harvest in the region. The current paper has presented data on the productivity, sowing qualities and biological properties of the original seeds of the winter bread wheat varieties ‘Stanichnaya’, ‘Lydia’ and ‘Asket’, grown in the laboratory for primary seed production of the Federal State Budgetary Scientific Institution “ARC “Donskoy”. The purpose of the research was to study the productivity and sowing qualities of the winter bread wheat varieties. Productivity is the main criterion for the value of a variety. It was

found that with an average productivity (5.8 t/ha) of the variety 'Stanichnaya', the data by the years of 2018–2020 varied from 5.1 to 7.2 t/ha, and for the variety 'Asket', at a similar level of average value, the variation ranged from 5.2 to 6.8 t/ha. There was found that 1000-seed weight depended on the variety and climatic conditions, and not only on the cultivation technology. The leader in this indicator was the variety 'Stanichnaya', with an average value (44.5g) of 1000-seed weight. The maximum yield of conditioned seeds during the years of research was identified in the varieties 'Stanichnaya' (73.5%) and 'Lydia' (72.4%); the minimum was in the variety 'Asket' (71.7%). There was noted that the germination energy of the varieties 'Stanichnaya', 'Lidiya' and 'Asket' ranged from 88 to 92%. The difference between germination energy and laboratory germination ranged from 5 to 8%. When determining the intensity of the initial growth, it was found that the maximum values of the sprout length and weight of 100 dry sprouts were identified in the variety 'Stanichnaya' (11.0 cm and 0.63 g); the smallest values of these traits were identified in the varieties 'Lydia' and 'Asket'. Field germination varied by the varieties from 73 to 82%, deviations of this trait from laboratory germination ranged from 14 to 23%. Over the years of study, for all studied varieties, the sowing qualities of seeds corresponded to GOST R 52325-2005.

Keywords: variety, seed production, sowing quality of seeds, winter wheat, productivity, 1000-seed weight, seed yield.

Введение. Использование на посев семян районированных сортов озимой мягкой пшеницы является одним из наиболее доступных и экономически выгодных способов повышения урожайности и валовых сборов зерна в условиях южной зоны Ростовской области. Однако сортовые семена лишь тогда проявляют свое преимущество, когда обладают высокими посевными качествами и урожайными свойствами, т.е. являются кондиционными. Использование же некондиционных семян не позволяет реализовать достижения селекции в современных технологиях возделывания озимой пшеницы. Поэтому зерновое хозяйство несет большие и неоправданные потери. Для производства наибольшую ценность представляют сорта, которые способны давать в определенных условиях урожая высокого качества (Марченко и др., 2019).

Урожайность и посевные качества семян озимой пшеницы являются следствием взаимодействия растений и многих факторов окружающей среды. У одних и тех же сортов эти признаки могут изменяться в зависимости от природно-климатических условий определенного года. Вопрос об урожайных, сортовых, посевных и других показателях семян разных репродукций приобретает в настоящее время актуальность (Тимошенкова и Мухитов, 2018).

Целью исследований являлось изучение урожайности и посевных качеств сортов озимой мягкой пшеницы в первичном семеноводстве в условиях южной зоны Ростовской области.

Материалы и методы исследований.

Полевые опыты проводили на опытном поле лаборатории первичного семеноводства и семеноведения ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2018–2020 гг. Исходным материалом являлись сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» полупинтисивного типа Станичная, Лидия и Аскет. Первичное семеноводство проводили согласно Методическим рекомендациям по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур (2004). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый со следующими агрохимическими показателями пахотного слоя почвы: pH – 7,1; гумус – 3,5%; P₂O₅ – 20–25; K₂O – 300–350 мг/кг (Бельтюков и Гриценко, 1993). Технология вы-

ращивания – общепринятая для южной зоны Ростовской области (Система ведения агропромышленного производства Ростовской области, 2013). Посев рядовой с междурядьем 17 см сеялкой Amazone D9 6000 TC с нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар. По достижении полной спелости посевы убирали прямым комбайнированием комбайном Acros 550. Очистку семян проводили на семяочистительной машине Петкус (Petkus) К 531. Оценку посевных качеств проводили в соответствии с ГОСТ Р 52325-2005. Определение биологических свойств семян (интенсивности начального роста) проводили согласно рекомендациям В.В. Гриценко и З.М. Калошиной. Методика определения полевой всхожести общепринятая.

Метеорологические условия вегетационного периода за годы исследований были контрастными, что позволило объективно оценить сорта озимой пшеницы в сложившихся погодноклиматических условиях.

В 2017–2018 сельскохозяйственном году выпало 453,6 мм осадков при норме 582,4 мм, в т.ч. осенью – 119,7, зимой – 187,7 мм, весной – 65,5 и летом – 80,7 мм соответственно. Распределение осадков в течение периода вегетации был неравномерным. Растения в начале вегетации развивались в условиях достаточной влагообеспеченности, а во второй половине (апрель, май и июнь) – в засушливых условиях. Среднегодовая температура воздуха находилась в пределах 11,8 °С, превышение над среднемноголетними данными составило 2,2 °С. При этом условия года не оказали отрицательного влияния на урожайность.

В 2018–2019 сельскохозяйственном году выпало 527,5 мм осадков при норме 582,4 мм, в т.ч. осенью – 135,8, зимой – 146,8, весной – 149,1 и летом – 95,8 мм соответственно. В летний период осадков выпало меньше среднемноголетних данных на 78,4 мм (норма – 174,2 мм); в зимний, осенний и весенний период, напротив, больше среднемноголетних значений на 1,1; 3,4 и 18,1 мм соответственно. Среднегодовая температура воздуха находилась в пределах 11,6 °С, превышение над среднемноголетними данными составило 2,0 °С. Такие условия привели к значительному угнетению роста и развития растений озимой пшеницы.

В 2019–2020 сельскохозяйственном году среднегодовая температура воздуха находилась в пределах 11,9 °С, превышение над среднесуточными данными составило 2,3 °С. Осадки выпадали неравномерно. В осенний, весенний и летний период осадков выпало меньше среднесуточных на 51,5, 32,9 мм и 30,0 мм соответственно. В зимний период осадков выпало на уровне среднесуточных значений (140,5 мм). Превышение среднемесячных температур наблюдалось во все периоды вегетации. Серьезный ущерб посевам озимой пшеницы нанесли возвратные ночные апрельские заморозки различной интенсивности. Они были особенно опасными для посевов. У растений отмечалось подмерзание листьев или частичное повреждение побегов, что в дальнейшем негативно повлияло на процессы роста и развития, значительно увеличивая вегетационный период и уменьшая

продуктивность за счет повреждения колоса в период выхода в трубку.

Результаты и их обсуждение. Высокая продуктивность озимой пшеницы является основным показателем ценности сорта в питомниках размножения, которая предопределяется сложным сочетанием многих морфо-биологических и хозяйственно-ценных признаков и свойств. Исследования, проведенные в лаборатории первичного семеноводства показали, что почвенно-климатические условия южной зоны Ростовской области позволяют получать урожайность семян пшеницы на уровне 7,2 т/га. За годы исследований по урожайности преимущество было у сортов Станичная и Аскет. При этом данный признак у этих сортов находился на одном уровне (5,8 т/га), с изменениями по годам от 5,1 до 7,2 т/га и от 5,2 до 6,8 т/га соответственно (табл. 1).

1. Урожайность и масса 1000 семян у сортов озимой мягкой пшеницы в питомниках размножения ОС (ПР-1) (2018–2020 гг.)

1. Productivity and 1000-grain weight of the winter bread wheat varieties in the seed plots OS (PR-1) (2018–2020)

Сорт	Урожайность, т/га				Масса 1000 семян, г			
	Годы			Средняя	Годы			Средняя
	2018	2019	2020		2018	2019	2020	
Станичная	7,2	5,1	5,1	5,8	45,9	45,1	42,5	44,5
Лидия	6,9	5,3	4,6	5,6	47,7	44,2	39,9	43,9
Аскет	6,8	5,2	5,4	5,8	43,2	42,5	37,1	40,9

Сорт Лидия сформировал меньшую урожайность (5,6 т/га), в сравнении с другими изучаемыми сортами, с колебаниями по годам от 4,6 до 6,9 т/га. Максимальная урожайность по всем сортам наблюдалась в 2017–2018 гг. Минимальную урожайность сформировал сорт Лидия в 2019–2020 гг. (4,6 т/га), что связано с недостатком осадков и повышенным температурным режимом в период вегетации, а также с возвратом заморозков в весенний период.

Важным элементом продуктивности является масса 1000 семян, которая имеет большое значение для характеристики качества семенного материала. На этот признак оказывал влияние как сорт, так и условия года выращивания (Алабушев и др., 2019; Mandeep et al., 2014). В 2018 и 2019 гг. данный показатель достигал у сортов Станичная 45,9 и 45,1 г, Лидия – 47,7 и 44,2 г, Аскет – 43,2 и 42,5 г соответственно. В 2020 году при повышенной температуре

воздуха и недостаточном увлажнении в период вегетации сформировалась более низкая, по сравнению с предыдущими годами, масса 1000 семян у всех сортов (Станичная – 42,5 г, Лидия – 39,9 г, Аскет – 37,1 г). Сорт Станичная относится к группе сортов раннего срока созревания, это свойство позволило ему уйти от экстремальных условий летнего периода и сформировать наибольшую массу 1000 семян.

Выход семян в среднем за три года исследований в зависимости от сорта варьировал от 71,7 (Аскет) до 73,5% (Станичная). Максимальный показатель выхода семян отмечался у сортов Станичная с колебаниями от 70,1 до 76,0% и Лидии с изменениями от 70,7 до 74,1%; минимальное значение признака – у сорта Аскет с отклонениями от 65,9 до 78,4% (табл. 2).

2. Выход семян у сортов озимой мягкой пшеницы в питомниках размножения ОС (ПР-1) (2018–2020 гг.)

2. Seed yield of the winter bread wheat varieties in the seed plots OS (PR-1) (2018–2020)

Сорт	Выход семян по годам, %			Среднее
	2018	2019	2020	
Станичная	76,0	74,5	70,1	73,5
Лидия	74,1	72,3	70,7	72,4
Аскет	78,4	70,9	65,9	71,7

В семеноводстве посевные качества отвечают за совокупность признаков, характеризующих

пригодность семян для посева (Газе и др., 2020; Ionova et al., 2020). В проведенных исследова-

дованиях было выявлено, что у сортов мягкой пшеницы в питомниках размножения значения энергии прорастания колебались в преде-

лах от 88 (Аскет) до 92% (Лидия), причем сорт Лидия достоверно превысил остальные изучаемые образцы (табл. 3).

3. Посевные качества и биологические свойства семян сортов озимой мягкой пшеницы в питомниках размножения (2018–2020 гг.)

3. Sowing qualities and biological properties of seeds of the winter bread wheat varieties in the seed plots (2018–2020)

Сорт	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Интенсивность начального роста				Полевая всхожесть, %
			Количество ростков, шт.	Длина ростка, см	Масса 100 сухих ростков, г	Масса 100 сухих корешков, г	
Станичная	89	96	86	11,0	0,63	0,54	82
Лидия	92	97	85	9,7	0,62	0,51	81
Аскет	88	96	80	9,0	0,61	0,44	73
НСР _{0,5}	2,3	4,8	2,5	0,9	0,02	0,01	4,9

Лабораторная всхожесть семян является основным общепринятым параметром оценки способности к прорастанию и нормируется ГОСТ. В наших исследованиях было выявлено, что этот показатель являлся стабильным и имел значения 96–97%, т. е. семена всех сортов являлись кондиционными. В зависимости от сортовых особенностей разница между энергией прорастания и лабораторной всхожестью изменялась от 5 до 8%.

При оценке качества посевного материала важную роль имеет интенсивность начального роста. Этот признак характеризует биологические свойства семян и показывает не только количество всхожих семян, но и способность ростков пробиться на поверхность почвы. Интенсивность начального роста характеризовалась количеством (шт.) и длиной ростков (см), массой 100 сухих ростков и корешков (г). В среднем за 3 года изучения по биологическим свойствам семян выделились сорта Станичная и Лидия. Максимальное количество корешков было у сорта Станичная (86 шт.), у сорта Лидия – на этом же уровне (85 шт.), а у сорта Аскет – достоверно ниже (80 шт.). Значение длины ростка составило у сорта Станичная 11,0 см, а сорта Лидия и Аскет уступили ему на 1,3 и 2 см соответственно. Масса 100 сухих ростков у сорта Станичная была максимальной (0,63 г), у остальных сортов наблюдалось снижение в пределах ошибки опыта. Масса 100 сухих корешков была наибольшей у сортов Станичная (0,54) и Лидия

(0,51 г). Достоверно низкое значение показателя выявлено у сорта Аскет (0,44 г).

Полевая всхожесть зависит не только от климатических условий, но и от качества высеваемых семян. Установлено, что по всем сортам полевая всхожесть была меньше лабораторной. При сопоставлении значений выявлено, что чем выше лабораторная всхожесть семян, тем выше и полевая и, соответственно, наоборот. Данный показатель изменялся в среднем от 82% у сорта Станичная до 73% у сорта Аскет; у сорта Лидия она составила 81%. Снижение полевой всхожести от лабораторной колебалось по сортам от 14 до 23%. В целом погодные условия в период прорастания семян сложились благоприятным образом, что позволило получить дружные всходы, однако сорт Лидия достоверно уступил по данному признаку другим изучаемым образцам.

Таким образом, у всех исследуемых сортов озимой мягкой пшеницы показатели посевных качеств семян соответствовали ГОСТ Р 52325-2005.

Выводы. В результате исследований было выявлено, что в засушливых условиях южной зоны Ростовской области сорта озимой мягкой пшеницы обладают стабильно высокой продуктивностью (5,6 и 5,8 т/га). Масса 1000 семян (40,9–44,5 г), выход семян (71,7 до 73,5%) изменялись в зависимости как от сорта, так и от условий выращивания. Посевные показатели качества семян соответствуют ГОСТ Р 52325-2005.

Библиографический список

1. Алабушев А.В., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Оценка засухоустойчивости генотипов озимой мягкой пшеницы в условиях модельной засухи «засушник» // Земледелие. 2019. № 7. С. 35–38.
2. Бельтюков Л.П., Гриценко А.А. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону. Зерноград, 1993. 226 с.
3. Газе В.Л., Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Скрипка О.В. Роль верхних листьев в формировании урожайности и элементов ее структуры сортов и линий озимой мягкой пшеницы интенсивного типа // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 16–20.
4. Марченко Д.М., Иванов М.М., Рыбась И.А., Некрасов Е.И., Ионова Е.В., Гричаникова Т.А., Романюкина И.В., Дерова Т.Г. Лидия – универсальный сорт озимой мягкой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4. С. 70–78.
5. Тимошенко Т.А., Мухитов Л.А. Влияние биоудобрений на качественные свойства семян яровой твердой пшеницы при их применении в первичном семеноводстве в условиях степи Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 48–51.

6. Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 2013–2020 гг.) Ч. 2. Ростов н/Д, 2013. 272 с.

7. Elena Ionova, Valentina Likhovidova, Valentina Gaze, Aleksey Popov The change in the leaf conducting system of the winter wheat samples under the conditions of simulated drought // E3S Web of Conferences, 2020, 175, 10.1051/e3sconf/202017501013

8. Mandeep S., Jagjit S., Neelam R.P. Analysis of wheat grain varieties using image processing – a review // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. Vol. 3 Iss. 6. P. 490–495.

References

1. Alabushev A.V., Ionova E.V., Lihovidova V.A., Gaze V.L. Ocenka zasuhoustojchivosti genotipov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah model'noj zasuhi «zasushnik» [Estimation of drought resistance of the winter bread wheat genotypes under model drought conditions (zasushnik)] // Zemledelie. 2019. № 7. S. 35–38.

2. Bel'tyukov L.P., Gricenko A.A. Primenenie udobrenij pod zernovye kul'tury na Donu [The use of fertilizers for grain crops in the Don area]. Zernograd, 1993. 226 s.

3. Gaze V.L., Ionova E.V., Lihovidova V.A., Skripka O.V. Rol' verhnih list'ev v formirovanii urozhajnosti i elementov ee struktury sortov i linij ozimoy myagkoj pshenicy intensivnogo tipa [The role of upper leaves in the formation of productivity and elements of its structure of the varieties and lines of winter bread wheat of intensive type] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 3(69). S. 16–20.

4. Marchenko D.M., Ivanisov M.M., Rybas' I.A., Nekrasov E.I., Ionova E.V., Grichanikova T.A., Romanyukina I.V., Derova T.G. Lidiya – universal'nyj sort ozimoy myagkoj pshenicy ['Lydia' is a versatile winter bread wheat variety] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2019. № 4. S. 70–78.

5. Timoshenkova T.A., Muhitov L.A. Vliyanie bioudobrenij na kachestvennye svoystva semyan yarovoj tverdoj pshenicy pri ih primenenii v pervichnom semenovodstve v usloviyah stepi Orenburgskogo Predural'ya [Influence of biofertilizers on the qualitative properties of spring durum wheat seeds when used in primary seed production in the steppe conditions of the Orenburg Pre-Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3. S. 48–51.

6. Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Rostovskoj oblasti (na period 2013–2020 gg.) [The system of agro-industrial production of the Rostov region (for the period 2013–2020)]. Ч. 2. Ростов н/Д, 2013. 272 с.

7. Elena Ionova, Valentina Likhovidova, Valentina Gaze, Aleksey Popov The change in the leaf conducting system of the winter wheat samples under the conditions of simulated drought // E3S Web of Conferences, 2020, 175, 10.1051/e3sconf/202017501013

8. Mandeep S., Jagjit S., Neelam R.P. Analysis of wheat grain varieties using image processing – a review // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. Vol. 3 Iss. 6. R. 490–495.

Поступила: 17.03.21; принята к публикации: 26.07.21.

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. Скворцова Ю.Г. – концептуализация исследования; Филенко Г.А., Черткова Н.Г. Калинина Н.В. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Фирсова Т.И. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА АДАПТИВНОСТЬ К ЗАСУШЛИВЫМ УСЛОВИЯМ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

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

И.В. Самсонов, заведующий лабораторией селекции ячменя, ORCID ID: 0000-0001-6516-3175;

Н.А. Панкратова, младший научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

Прикумская опытно-селекционная станция – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,

356803, Ставропольский край, г. Буденновск, ул. Вавилова, 4; e-mail: fgupposs@mail.ru

Стабилизация производства зерна является одним из главных критериев развития сельского хозяйства в России. В связи с этим в современной селекции при создании сортов значительное внимание необходимо уделять их адаптивной способности, т.е. параметрам, обеспечивающим стабильную урожайность в различных условиях произрастания. Целью данного исследования была оценка образцов ярового ячменя на адаптивность по признаку «урожайность» к засушливым условиям Ставропольского края и их дальнейшее использование в селекционной работе. Материалом для исследования послужили 86 образцов ярового ячменя. Для определения стабильности использовали коэффициент вариации ($V\%$) по методике Б.А. Доспехова (2014). Экологическую пластичность (bi) и индекс среды (I_j) определяли по методике, разработанной S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) в изложении В.З. Пакудина (1984). гомеостатичность (Hom) по методике В.В. Хангильдина (1981). Стрессоустойчивость определяли согласно уравнениям А.А. Росиелле и J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (2005). В результате исследования выявлены высокоурожайные образцы Мамлюк (389 г/м²) и Стирлинг (378 г/м²), характеризующиеся высокой отзывчивостью на улучшение условий среды ($bi = 1,44-1,21$), вариабельностью ($V = 58,9-51,2\%$) и низкой стрессоустойчивостью ($Y_{min} - Y_{max} = -538-488$). Такие генотипы способны формировать высокий урожай в благоприятных условиях и могут представлять интерес для селекции высокоинтенсивных сортов. Высокой стабильностью и гомеостатичностью по признаку «урожайность» отличались образцы, слабо реагирующие на изменения условий выращивания: Нутанс 74840 ($Hom = 2,88$; $V = 38,4\%$) и Велес ($Hom = 2,56$; $V = 38,5\%$), а также пластичный сорт Гетьман ($Hom = 2,89$; $V = 40,6\%$). Данные образцы являются наиболее адаптивными к засушливым условиям Ставропольского края и регионов с аналогичными условиями возделывания. Они рекомендуются к использованию в селекционной работе.

Ключевые слова: сорт, яровой ячмень, урожайность, адаптивность, пластичность, гомеостатичность, стрессоустойчивость.

Для цитирования: Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А. Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 29–34. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-29-34.



ESTIMATION OF THE INITIAL MATERIAL OF SPRING BARLEY FOR ADAPTABILITY TO ARID CONDITIONS OF THE STAVROPOL TERRITORY

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

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

N.A. Pankratova, junior researcher of the department of grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0002-3366-5960

Prikumskaya Experimental Breeding Station,

356803, Stavropol Area, Budyonnovsky district, Budennovsk, Vavilov Str., 4; e-mail: fgupposs@mail.ru

Grain production stabilization is one of the main criteria for the development of agriculture in Russia. In this regard, in modern breeding, when developing varieties, considerable attention must be paid to their adaptability, i.e. parameters that ensure stable productivity in various growing conditions. The purpose of the current study was to estimate the spring barley samples according to the trait 'yield' for adaptability to the arid conditions of the Stavropol Territory and their further use in breeding work. The material for the study were 86 spring barley samples. In order to determine the stability, there was used a variance coefficient ($V\%$) according to the method of B.A. Dospekhov (2014). The ecological adaptability (bi) and the environment index (I_j) were determined according to the method of S.A. Eberhart and W.A. Russell (1966) as presented by V.Z. Pakudin (1984). Homeostaticity (Hom) was assessed according to the method of V.V. Hangildin (1981). Stress resistance was determined according to the equations of A.A. Rosielle and J. Hamblin as presented by A.A. Goncharenko (2005). There were identified the highly productive samples 'Mamlyuk' (389 g/m²) and 'Stirling' (378 g/m²), possessing high responsiveness to improving environmental conditions ($bi = 1.44-1.21$), variability ($V = 58.9-51.2\%$) and low stress resistance ($Y_{min} - Y_{max} = -538-488$). Such genotypes are capable of forming high yields in favorable conditions and may be of interest for breeding high-intensity varieties. The samples weakly responsive to changes in growing conditions were distinguished by high stability and homeostaticity according to the trait 'yield', namely 'Nutans 74840' ($Hom = 2.88$; $V = 38.4\%$) and 'Veles' ($Hom = 2.56$; $V = 38.5\%$),

as well as the adaptable variety 'Getman' (Hom = 2.89; V = 40.6%). These samples are the most adaptive to the arid conditions of the Stavropol Territory and regions with similar cultivation conditions. They are recommended for use in breeding work.

Keywords: variety, spring barley, productivity, yield, adaptability, homeostaticity, stress resistance.

Введение. Ячмень – это важнейшая универсальная кормовая, техническая и продовольственная культура. Он является одной из основных возделываемых в мире сельскохозяйственных культур наряду с рисом, пшеницей и кукурузой (Черткова и др., 2016).

Одним из главных критериев развития сельского хозяйства в России является стабилизация производства зерна по годам вне зависимости от изменения погодных условий (Баталова, 2011). В связи с этим особую актуальность приобретает проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными приспособительными качествами, что является ключевым фактором для стабильного увеличения как урожайности, так и качества сельскохозяйственной продукции (Юсова и др., 2020).

Урожайность – это сложная количественная характеристика, которая обычно контролируется несколькими генами и зависит от условий окружающей среды (Георгиева и Косев, 2019). Она является одним из основных показателей, определяющих реакцию сорта на стресс, и результирующим показателем функционирования всех систем растения (Рыбась и др., 2018). Известно, что если высокая средняя урожайность есть результат высокой продуктивности только в благоприятных условиях, то такой сорт будет хуже тех, которые обладают лучшей

адаптацией к неблагоприятным условиям возделывания (Тулякова и др., 2021).

Поскольку в каждом регионе есть свои климатические и почвенные особенности, для эффективной селекции необходим подбор сортов, которые обладают высокой адаптивностью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам, экологической пластичностью и стабильностью, т.е. параметрами, обеспечивающими стабильную урожайность в различных условиях произрастания (Сапега, 2017; Николаев и др., 2019).

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

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на опытном поле Прикумской опытно-селекционной станции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенной в засушливой зоне Ставропольского края. Почвы опытного участка каштановые, с низким содержанием гумуса (менее 2,0%). Содержание подвижного фосфора – 32–49, калия 320–450 мг/кг почвы.

Погодные условия за годы исследований (2016–2020 гг.) имели существенные различия по влагообеспеченности и температурам (табл. 1).

1. Метеорологические условия за вегетационный период ярового ячменя (2016–2020 гг.)

1. Weather conditions during the vegetation period of spring barley (2016–2020)

Год	Сумма температур за вегетацию, °С	Среднесуточная температура, °С	Сумма осадков за вегетацию, мм	ГТК
2016	1608,7	17,7	158,4	0,98
2017	1444,2	15,9	205,9	1,43
2018	1688,9	18,5	31,9	0,19
2019	1685,3	18,5	133,2	0,79
2020	1581,1	17,4	111,7	0,71
Среднегодовое	1563,5	17,2	136,1	0,88

Наиболее благоприятными метеороусловиями для роста и развития растений ярового ячменя характеризовались 2016–2017 гг. За вегетацию (апрель-июнь месяцы) в 2016 году сложился оптимальный среднесуточный температурный режим – 17,7 °С. В период от колошения до восковой спелости выпала двойная норма осадков – 116,7 мм, что благоприятно отразилось на наливе зерна и формировании урожая (ГТК = 0,98). 2017 год отличался прохладным температурным режимом в период вегетации. Среднесуточная температура воздуха сложилась на 1,3 °С ниже среднегодовое. Количество выпавших осадков составило 205,9 мм, превысив норму (136 мм) на 51,3%. В итоге гидротермический коэффициент превысил среднегодовое значение и составил – 1,43.

В 2018 году отмечен существенный недобор осадков (104,2 мм) и более высокие среднесуточные температуры +18,5 °С. Год характеризовался как острозасушливый и был неблагоприятным для роста и развития ярового ячменя (ГТК = 0,19).

2019 год был, как и предшествующий, более теплым, +1,3 °С к среднему значению. Осадков за вегетационный период выпало 133,2 мм, что является нормой для засушливой зоны Ставропольского края. ГТК составил 0,79.

В 2020 году на втором этапе органогенеза растения подвергались кратковременным заморозкам. Температура воздуха в фазе начала кущения опускалась до минус 6,7 °С. В апреле месяце сформировался недостаток продуктивной влаги (47% от нормы), растения не раскустились и сформировали слабый ассимиляцион-

ный аппарат. Сумма температур за апрель-июнь месяцы составила 1581,1 °С. В фазы развития растений «колошение и восковая спелость» среднесуточные температуры воздуха были выше среднегодовых на 2,4 °С. В мае-июне месяцах отмечалась высокая насыщенность суховеями (12–21 дней). Гидротермический коэффициент составил 0,71.

В качестве материала для исследования были использованы 86 образцов ярового ячменя различного географического происхождения, из которых большую часть (62%) составляли сорта Российской селекции, 38% – западноевропейской. В качестве стандарта высевали сорт Странник (Прикумская ОСС – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»), который используется в качестве стандарта на Госсортоучастках Ставропольского края. Посев проводили сеялкой ССФК-7 по предшественнику чистый пар. Повторность однократная, площадь делянок – 1 м², норма высева – 2,7 млн всхожих семян на 1 га (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985).

Для оценки параметров адаптивности были использованы: коэффициент вариации (V%), который рассчитывали по методике полевого опыта Б.А. Доспехова (Доспехов, 2014); гомеостатичность (Hom) определяли по методике В.В. Хангильдина (Хангильдин и Литвиненко, 1981); стрессоустойчивость ($Y_{min} - Y_{max}$) рассчитывали по уравнениям А.А. Rosielle и J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (Гончаренко, 2005). Индексы условий среды (Ij) и экологическую пластичность (bi), определяли методом регрессионного анализа по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966) в изложении В.З. Пакудина (Пакудин и Лопатина, 1984).

Результаты и их обсуждение. За период с 2016 по 2020 годы изучения из 86 образцов выделены 14 образцов, продуктивность которых не уступала стандартному сорту Странник. Средняя урожайность зерна у выделенных образцов варьировала от 321 до 389 г/м². Высокой продуктивностью отличались образцы Российской селекции: Мамлюк – 389, Стирлинг – 378 и Велес – 367 г/м². Средняя урожайность стандарта Странник по опыту составила 319 г/м² (табл. 2).

2. Урожайность образцов ярового ячменя за 2016–2020 гг. 2. Productivity of the spring barley samples in 2016–2020

Сортообразец, страна	Урожайность, г/м ²					\bar{X}_i^*
	Годы					
	2016	2017	2018	2019	2020	
Странник, ст.	363	503	153	320	253	319
Мамлюк, Россия	547	710	172	253	262	389
Стирлинг, Россия	623	520	135	317	295	378
Велес, Россия	530	457	157	337	357	367
Сибиряк, Россия	507	473	158	257	297	338
Юла, Россия	587	367	178	345	275	350
Волгоградский 12, Россия	583	457	138	262	165	321
Щедрый, Россия	450	570	200	287	250	351
Виконт, Россия	430	630	183	207	202	330
Нутанс 74840, Россия	357	533	238	243	260	326
Новониколаевский, Россия	425	470	103	325	285	322
Зерноградский 813, Россия	457	537	175	297	175	328
Гетьман, Украина	493	527	225	267	258	354
Адапт, Украина	420	547	85	270	355	335
Казковский, Украина	543	450	77	270	283	325
\bar{X}_j^{**}	488	517	159	284	265	342
Индекс условий среды (Ij)	145,4	174,4	-183,7	-58,6	-77,5	–

* – средняя урожайность i-го сорта за годы изучения; ** – средняя урожайность за год.

Значительные колебания среднего значения признака «урожайность» у образцов ярового ячменя (от 159 до 517 г/м²) являлись следствием существенных различий погодных условий в годы исследований. Наибольшая средняя урожайность сформировалась в 2016 и 2017 гг. (488–517 г/м²), где условия среды были наилучшими (Ij = 145,4–174,4). В эти годы максимальная урожайность была получена сортами Стирлинг (Россия) – 623 г/м² и Мамлюк (Россия) – 710 г/м². Худшие условия для роста и развития ярового ячменя сложились в 2018, 2019 и 2020 годах. Индекс среды имел отри-

цательное значение (Ij = -183,7; -58,6; -77,5). Средняя урожайность зерна в эти годы варьировала от 159 до 284 г/м². Высокие величины этого показателя отмечены: в 2018 году у сортов Нутанс 74840 (Россия) – 238 г/м² и Гетьман (Украина) – 225 г/м²; в 2019 году у образцов из России Юла – 345 г/м² и Велес – 337 г/м²; в 2020 году у сортов Велес (Россия) – 357 г/м² и Адапт (Украина) – 355 г/м².

Способность сорта проявлять устойчивость признака в изменяющихся условиях среды характеризует его стабильность. Одним из показателей нормы реакции генотипа явля-

ется коэффициент вариации (V%), который характеризует стабильность признака. В нашем опыте из-за высокой нестабильности погодных

условий изменчивость урожайности была значительной. Коэффициент вариации по сортам колебался от 38,4 до 60,0% (табл. 3).

3. Параметры адаптивности образцов ярового ячменя по признаку «урожайность» (в среднем за 2016–2020 гг.)

3. Adaptability parameters of the spring barley samples according to the trait 'yield' (mean value in 2016–2020)

Сортообразец	Урожайность, г/м ²		Коэффициент вариации, (V%)	Стрессоустойчивость, (Y _{min} – Y _{max})	Гомеостатичность, (Hom)	Экологическая пластичность, (bi)
	min	max				
Странник, ст.	153	503	40,8	-350	2,23	0,78
Мамлюк	172	710	58,9	-538	1,23	1,44
Стирлинг	135	623	51,2	-488	1,51	1,21
Велес	157	530	38,5	-373	2,56	0,85
Сибиряк	158	507	43,7	-348	2,22	0,94
Юла	178	587	43,2	-408	1,99	0,79
Волгоградский 12	138	583	60,0	-445	1,20	1,17
Щедрый	200	570	43,8	-370	2,17	0,97
Виконт	183	630	59,2	-446	1,25	1,17
Нутанс 74840	238	533	38,4	-295	2,88	0,70
Новониколаевский	103	470	44,4	-366	1,97	0,88
Зерноградский 813	175	537	50,1	-361	1,81	1,02
Гетьман	225	527	40,6	-301	2,89	0,91
Адапт	85	547	51,5	-461	1,41	1,03
Казковский	77	543	55,5	-466	1,25	1,11

Слабое варьирование изучаемого показателя имели сорта Нутанс 74840 (Россия) – 38,4%, Велес (Россия) – 38,5%, Гетьман (Украина) – 40,6% и стандарт Странник (40,8%), что говорит о высокой стабильности признака «урожайность» у данных сортов. Наибольшей изменчивостью, т.е. не стабильностью, характеризовались сорта Волгоградский 12 (Россия), Виконт (Россия) и Мамлюк (Россия). Коэффициент вариации (V%) составил от 38,4 до 60,0%.

Реакция генотипа на стресс является важным показателем адаптивности сорта. Степень устойчивости коллекционных образцов к стрессовым факторам внешней среды, рассчитывали по разности между минимальной и максимальной урожайностью (Y_{min} – Y_{max}). Этот показатель имеет отрицательный знак и чем меньше его величина, тем выше устойчивость сорта к стрессу. Среди выделившихся образцов ярового ячменя высокой стрессоустойчивостью характеризовались сорта Нутанс 74840 (Россия) Y_{min} – Y_{max} = -295 и Гетьман (Украина) Y_{min} – Y_{max} = -301. Образцы Мамлюк (Россия), Стирлинг (Россия), Волгоградский 12 (Россия), Виконт (Россия), Адапт (Украина) и Казковский (Украина) были менее устойчивы к стрессу. Разница между минимальной и максимальной урожайностью составила от 446 до 538 г/м². Слабая устойчивость к стрессу свидетельствует о низкой гомеостатичности сортов (Hom = 1,20–1,51).

Высокой гомеостатичностью, способностью организма поддерживать постоянство жизненных процессов, нарушаемых изменяющимися условиями внешней среды, отличались образцы Гетьман (Украина) Hom = 2,89; Нутанс 74840 (Россия) Hom = 2,88; Велес (Россия) Hom = 2,56;

Сибиряк (Россия) Hom = 2,22; Щедрый (Россия) Hom = 2,17 и стандартный сорт Странник Hom = 2,23.

Оценка экологической пластичности (bi), основанная на расчете коэффициента линейной регрессии, позволяет определить реакцию генотипа на улучшение условий. Чем выше значение коэффициента (bi > 1), тем большей отзывчивостью обладает данный сорт и характеризуется как интенсивный. В случае bi < 1 сорт слабо реагирует на изменение условий среды и является экстенсивным. При условии bi = 1 сорта принято называть пластичными.

Проведенные исследования показали, что образцы с высоким гомеостазом по-разному реагировали на изменяющиеся во времени пространстве условия выращивания. Сорта Нутанс 74840 (Россия) и Велес (Россия), как и стандарт Странник слабо реагировали на изменения условий возделывания (bi = 0,70–0,85). Они в меньшей степени снижают урожайность в экстремальной среде и являются более адаптивными к ухудшению условий произрастания. У образцов Гетьман (Украина), Сибиряк (Россия) и Щедрый (Россия) изменение урожайности соответствовало изменяющимся условиям выращивания (bi = 0,91 – 0,97), что свидетельствует о пластичности сортов.

Высокой отзывчивостью на улучшение условий (bi > 1) характеризовались образцы с низкой гомеостатичностью и значительной нестабильностью признака «урожайность» по годам: Мамлюк (Россия) bi = 1,44; Стирлинг (Россия) bi = 1,21; Волгоградский 12 (Россия) bi = 1,17; Виконт (Россия) bi = 1,17 и Казковский (Украина) bi = 1,11. Эти сорта относятся к интенсивному типу. Они менее приспособлены

к неблагоприятной среде и способны формировать высокую урожайность только в лучших условиях возделывания.

Выводы. Проведенные исследования за 2016–2020 гг. позволили выделить 14 перспективных образцов ярового ячменя и оценить их адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края. В среднем за пять лет максимальную урожайность по опыту сформировали образцы Мамлюк и Стирлинг (389 и 378 г/м²), характеризующиеся высокой вариацией признака и низкой гомеостатичностью. Эти сорта способны реализовать высокий уро-

жай в благоприятных условиях и могут служить источником для селекции высоко интенсивных сортов.

В селекции на адаптивность к экстремальным условиям возделывания в качестве исходного материала представляет интерес образец Велес с урожайностью 367 г/м² (+15% к стандарту). Сорт экстенсивного типа ($bi = 0,85$), сочетающий в себе по признаку «урожайность» высокую стабильность и гомеостатичность ($V = 38,5\%$; $Hom = 2,56$), а также стабильные, стрессоустойчивые и гомеостатичные сортообразцы Гетьман и Нутанс 74840.

Библиографические ссылки

1. Баталова Г.А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России // Зерновое хозяйство России. 2011. № 3(15). С. 11–14.
2. Георгиева Н.А., Косев В.И. Экологическая стабильность боба овощного (*Vicia faba* L.) в условиях органического хозяйства // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 8. С. 981–992. <https://doi.org/10.18699/VJ19.36-o>.
3. Гончаренко А.А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005 № 6. С. 49–53.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Ряполова Я.В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(2). С. 83–88. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-83-88>.
6. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. Т. 4. С. 109–113.
7. Рыбась И.А., Марченко Д.М., Некрасов Е.И., Иванисов М.М., Гричаникова Т.А., Романюкина И.В. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 51–54.
8. Сапега В.А. Продуктивность и параметры интенсивности и стабильности сортов ярового ячменя // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 36–39.
9. Тулякова М.В., Баталова Г.А., Лоскутов И.Г., Пермьякова С.В., Кротова Н.В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(1). С. 72–79. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79>.
10. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Науч.-техн. бюл. Всесоюз. селекцион.-генет. ин-та. Одесса, 1981. Вып. 1(39). С. 8–14.
11. Черткова Н.Г., Скворцова Ю.Г., Фирсова Т.И. Реакция сортов ярового ячменя на предпосевную обработку семян // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4(46). С. 34–37.
12. Юсова О.А., Николаев П.Н., Бендина Я.Б., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного агроэкологического происхождения для условий резко континентального климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181(4). С. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

References

1. Batalova G.A. Sostoyanie i perspektivy selekcii i vzdelyvaniya zernofurazhnyh kul'tur v Rossii [The state and prospects of breeding and cultivation of grain fodder crops in Russia] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2011. № 3(15). S. 11–14.
2. Georgieva N.A., Kosev V.I. Ekologicheskaya stabil'nost' boba ovoshchnogo (*Vicia faba* L.) v usloviyah organicheskogo hozyajstva [Ecological stability of vegetable bean (*Vicia faba* L.) in organic farming] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. T. 23. № 8. S. 981–992. <https://doi.org/10.18699/VJ19.36-o>.
3. Goncharenko A.A. Ob adaptivnoj sposobnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur [On the adaptability and ecological sustainability of grain varieties] // Vestnik RASKHN. 2005 № 6. S. 49–53.
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 the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Nikolaev P.N., YUsova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V., Ryapolova YA.V. Novyj srednespelyj sort yarovogo yachmenya Omskij 101 [The new middle-maturing variety of spring barley 'Omskij 101'] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2019. № 180(2). S. 83–88. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-83-88>.
6. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Estimation of ecological adaptability and stability of grain crop varieties] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1984. T. 4. S. 109–113.
7. Rybas' I.A., Marchenko D.M., Nekrasov E.I., Ivanisov M.M., Grichanikova T.A., Romanyukina I.V. Ocenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy [Estimation of parameters of adaptability of winter bread wheat varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 51–54.

8. Sapega V.A. Produktivnost' i parametry intensivnosti i stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya [Productivity and parameters of intensity and stability of the spring barley varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 3(51). S. 36–39.

9. Tulyakova M.V., Batalova G.A., Loskutov I.G., Permyakova S.V., Krotova N.V. Ocenka adaptivnyh parametrov kollekcionnyh obrazcov ovsa plenchatogo po urozhajnosti v usloviyah Kirovskoj oblasti [Estimation of adaptive parameters of collection samples of hulled oats according to productivity in the Kirov region] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2021. № 182(1). S. 72–79. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79>.

10. Hangil'din V.V., Litvinenko N.A. Gomeostatichestvo i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties] // Nauch.-tekhn. byul. Vsesoyuz. selekcion.-genet. in-ta. Odessa, 1981. Vyp. 1(39). S. 8–14.

11. CHertkova N.G., Skvorcova YU.G., Firsova T.I. Reakciya sortov yarovogo yachmenya na predposevnyuyu obrabotku semyan [Response of the spring barley varieties to pre-sowing seed treatment] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 4(46). S. 34–37.

12. YUsova O.A., Nikolaev P.N., Bendina YA.B., Safonova I.V., Anis'kov N.I. Stressoustojchivost' sortov yachmenya razlichnogo agroekologicheskogo proiskhozhdeniya dlya uslovij rezko kontinental'nogo klimata [Stress resistance of the barley varieties of various agroecological origin for the conditions of a sharply continental climate] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. № 181(4). S. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

Поступила: 16.03.21; принята к публикации: 24.08.21.

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

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

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

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

М.М. Копусь, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

Д.М. Марченко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом селекции и семеноводства озимой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты изучения SDS-седиментации и показателей качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании из научных учреждений РФ, Украины и Франции. Исследовательскую работу проводили в 2017–2019 гг. на поле лаборатории селекции озимой мягкой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно. Цель исследований заключалась в оценке SDS-седиментации, содержания белка в зерне, количества и качества клейковины в зерне сортов озимой мягкой пшеницы межстанционного сортоиспытания, для последующего вовлечения лучших образцов в селекционный процесс, направленный на повышение качества зерна. Показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна с помощью ИК-спектроскопии на анализаторе SpektraStar 2200. Было выявлено, что большинство образцов по уровню SDS-седиментации соответствовали сильной пшенице (50–63 мл). Выделены генотипы с наибольшими значениями данного признака, такие как Шеф (58 мл), Находка (59 мл) и Дон 107 (61 мл). Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у сортов Дон 107, Шеф, Кавалерка, Тимирязевка 150 и Находка (25,5–26,2%). Определены сорта с наибольшим содержанием белка в зерне: Дон 107, Шеф, Аксинья, Находка и Тимирязевка 150 (12,5–12,8%). По комплексу изучаемых признаков выделены сорта Дон 107, Шеф, Находка и Тимирязевка 150, которые рекомендуется привлекать в селекционный процесс в качестве родительских форм.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, SDS-седиментация, белок, клейковина, качество.

Для цитирования: Некрасова О.А., Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г., Копусь М.М., Марченко Д.М. Седиментационная оценка и показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 35–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-35-40.



ESTIMATION OF SEDIMENTATION AND GRAIN QUALITY INDICATORS OF THE WINTER BREAD WHEAT VARIETIES

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

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

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

M.M. Kopus, Doctor of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

D.M. Marchenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the department of winter wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zemograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the study results of SDS-sedimentation and grain quality indicators of the winter bread wheat varieties in an interstation variety testing from the research institutions of the Russian Federation, Ukraine and France. The research work was carried out in 2017–2019 in the field of the laboratory for breeding winter bread wheat, the forecrop was maize for grain. The purpose of the research was to estimate SDS-sedimentation, protein percentage in grain, quantity and quality of gluten in the winter bread wheat varieties of interstation variety testing, for the subsequent introduction of the best samples in the breeding process aimed at improving grain quality. Grain quality indicators of the winter bread wheat varieties were identified in the laboratory for biochemical estimation of breeding material and grain quality using IR spectroscopy on 'SpektraStar 2200' analyzer. There was established that

according to the SDS-sedimentation most of the samples corresponded to strong wheat (50–63 ml). There have been identified the genotypes with the highest values of this trait, such as 'Shef' (58 ml), 'Nakhodka' (59 ml) and 'Don 107' (61 ml). The largest gluten content in grain was identified in the varieties 'Don 107', 'Shef', 'Kavalerka', 'Timiryazevka 150' and 'Nakhodka' (25.5–26.2%). The largest protein percentage in grain has been identified in the varieties 'Don 107', 'Shef', 'Aksinya', 'Nakhodka' and 'Timiryazevka 150' (12.5–12.8%). The varieties 'Don 107', 'Shef', 'Nakhodka' and 'Timiryazevka 150' were identified according to the studied traits and were recommended to be involved in the breeding process as parental forms.

Keywords: winter bread wheat, SDS-sedimentation, protein, gluten, quality.

Введение. Пшеница в нашей стране остается одним из главных источников пищевого растительного белка в ближайшие годы и в перспективе (Марченко и др., 2016; Некрасов и др., 2018).

Ценность пшеницы как пищевой культуры заключается в возможности получения пышного ароматного хлеба. Хлебопекарные достоинства пшеничного зерна зависят от качества белкового комплекса. Именно способность формирования эластичной, растяжимой клейковины, а не особые пищевые достоинства зерна оказали влияние на широкое распространение этой сельскохозяйственной культуры.

Важная роль в улучшении качества зерна принадлежит селекции. Особое внимание в селекционных программах, над выполнением которых работают научно-исследовательские учреждения, уделяется созданию высокобелковых продуктивных сортов (Сыздыкова, 2018; Nekrasova, 2021).

При осуществлении целенаправленной селекционной работы на улучшение качества зерна важными аспектами являются учет закономерностей наследования показателей качества, величина влияния происхождения родительских форм на их передачу, комбинационная способность скрещиваемых сортов и др. Выбор предшественника также оказывает большое влияние на выраженность качественных показателей зерна озимой мягкой пшеницы (Абугалиева, 2018).

Представленная работа проводилась для оценки SDS-седиментации, содержания белка в зерне, количества и качества клейковины в зерне сортов озимой мягкой пшеницы межстанционного сортоиспытания, с целью выделения лучших образцов для последующего вовлечения их в селекционный процесс, направленный на повышение качества зерна.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований были 24 сорта озимой мягкой пшеницы межстанционного сортоиспытания из научных учреждений РФ, Украины и Франции. Исследования проводили в 2017–2019 гг. на поле лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно.

Почва опытного участка представляет собой обыкновенный чернозем с содержанием гумуса 3,6–4,0%, имеет сильно выраженную карбонатность.

Климат – зона неустойчивого увлажнения с преобладанием засушливых лет. Среднегодовое количество осадков – 588,8 мм, среднегодовая температура – +9,7 °С.

В 2017 году наблюдался пониженный температурный режим (+15,9 °С при среднемно-

голетней норме + 16,4 °С) и оптимальное количество осадков в мае 54,3 мм (при среднемноголетней 51,3 мм), что благоприятно повлияло на рост и развитие растений озимой пшеницы. Температурный режим в июне был на уровне среднемноголетней нормы +20,8 °С, выпало 88,6 мм осадков при норме 71,3 мм.

В 2018 году период «колошение – созревание» протекал при повышенном температурном режиме в мае – июне +21,5 °С. За текущий период выпало 16,9 мм осадков (13,8% от нормы).

Формирование зерна в 2019 году проходило в условиях повышенных температур – +22,1 °С (при среднемноголетних значениях +16,4 °С). Количество осадков в этот период было 74,7 мм, что составило 60,9% от среднемноголетней нормы.

Показатели качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской» с помощью ИК-спектроскопии на анализаторе SpektraStar 2200, содержание белка в зерне – в соответствии с Межгосударственным стандартом «Зерно и продукты его переработки» (ГОСТ 108460-91); содержание и качество клейковины – в соответствии с Национальным стандартом Российской Федерации «Методы определения количества и качества клейковины в пшенице» (ГОСТ 54478-2011), величину седиментационного осадка – по методике в изложении М.М. Копусь (2010). Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение. При оценке качества зерна озимой пшеницы в селекционных программах может использоваться метод определения числа седиментации. Данное исследование позволяет охарактеризовать набухаемость частей муки и скорость их осаждения в растворах слабых органических кислот.

По данным селекционеров В.П. Нецветаева и др. (2010), М.А. Лещенко (2015), между числом седиментации имеется достоверная сопряженность с основными показателями качества генотипов озимой пшеницы.

За годы исследований (2017–2019 гг.) варьирование величины признака «SDS-седиментация» у сортов озимой мягкой пшеницы находилось в пределах от 49,0 мл (Дуплет) до 61,0 мл (Дон 107).

Средний уровень SDS-седиментации (45–49 мл) отмечен у образцов Дуплет, Чорнява и Степь (49 мл). Большинство сортов по уровню изучаемого признака соответствовали сильной пшенице (50–63 мл) (см. таблицу).

Характеристика сортов озимой мягкой пшеницы по SDS-седиментации, содержанию и качеству клейковины (2017–2019 гг.)
Characteristics of the winter bread wheat varieties according to SDS-sedimentation, gluten content and quality (2017–2019)

Сорт	Страна происхождения	SDS-седиментация, мл	Содержание клейковины в зерне, %	Качество клейковины в ед. ИДК
Дон 107	Россия	61	25,5	61
Зерноградка 11	Россия	55	24,9	65
Аксинья	Россия	58	25,0	75
Находка	Россия	59	26,2	65
Этюд	Россия	57	25,6	57
Шеф	Россия	58	25,8	61
Ермак	Россия	56	24,2	64
Аскет	Россия	56	25,3	73
Изюминка	Россия	50	23,1	69
Лилит	Россия	51	23,3	68
Капризуля	Россия	54	24,1	73
Краса Дона	Россия	51	24,7	65
Лауреат	Россия	54	24,3	66
Алексеич	Россия	51	23,9	62
Степь	Россия	49	24,4	72
Кавалерка	Россия	50	25,8	77
Дуплет	Россия	49	22,2	85
Донмира	Россия	56	22,5	60
Октава 15	Россия	58	23,6	56
Тимирязевка 150	Россия	51	26,1	73
Чорнява	Украина	49	23,1	76
Солоха	Украина	50	23,8	81
СО 911	Франция	52	22,9	60
ХЕ 9710	Франция	58	24,3	68
НСР _{0,5}	–	5	2	3

Были выделены генотипы с наибольшими значениями, такие как Шеф (58 мл), Находка (59 мл) и Дон 107 (61 мл). Анализ данных, представленных в таблице, показал, что величина признака «SDS-седиментация» у этих сортов отражает величину такого важного показателя, как содержание клейковины в зерне.

Варьирование по содержанию клейковины в зерне сортов в межстанционном испытании за годы исследований отмечено в пределах от 22,2% (Дуплет) до 26,2% (Находка). Выявлено, что требованиям ГОСТ для четвертого класса качества (не менее 18%) соответствовали три сорта. Остальные образцы относились к третьему классу качества по ГОСТ (не менее 23,0%). Выделились сорта Дон 107, Шеф, Кавалерка, Тимирязевка 150 и Находка. Эти генотипы сформировали наибольшее количество клейковины в зерне – 25,5–26,2%.

Для того чтобы установить сопряженность SDS-седиментации и содержания клейковины в зерне был проведен корреляционный анализ. Было выявлено, что между изучаемыми показателями существует средняя положительная взаимосвязь ($r = 0,46 \pm 0,14$) (рис. 1).

Большинство изученных сортов характеризовались ИДК на уровне I–II класса качества (43–77 ед. п.) – от 56,6 ед. п. (Октава 15) до 77 ед. п. (Кавалерка). Образцы Солоха (81 ед. п.) и Дуплет (85 ед. п.) соответствовали II классу качества.

На рисунке 2 представлено варьирование содержания белка в зерне у изучаемых сортов. В среднем за годы исследований оно находилось в пределах от 11,4% (СО 911) до 12,8% (Находка и Тимирязевка 150).

В ходе исследования выявлено, что по содержанию белка в зерне (не менее 10%) к четвертому классу качества относилось 9 сортов. Большинство образцов соответствовали третьему классу (не менее 12,0%), в том числе сорта Дон 107, Шеф, Аксинья, Находка, Тимирязевка 150, сформировавшие наибольшее количество белка в зерне (12,5–12,8%).

После проведения корреляционного анализа между SDS-седиментацией и содержанием белка в зерне установлена достоверная средняя положительная связь ($r = 0,56 \pm 0,15$), что иллюстрирует рисунок 3.

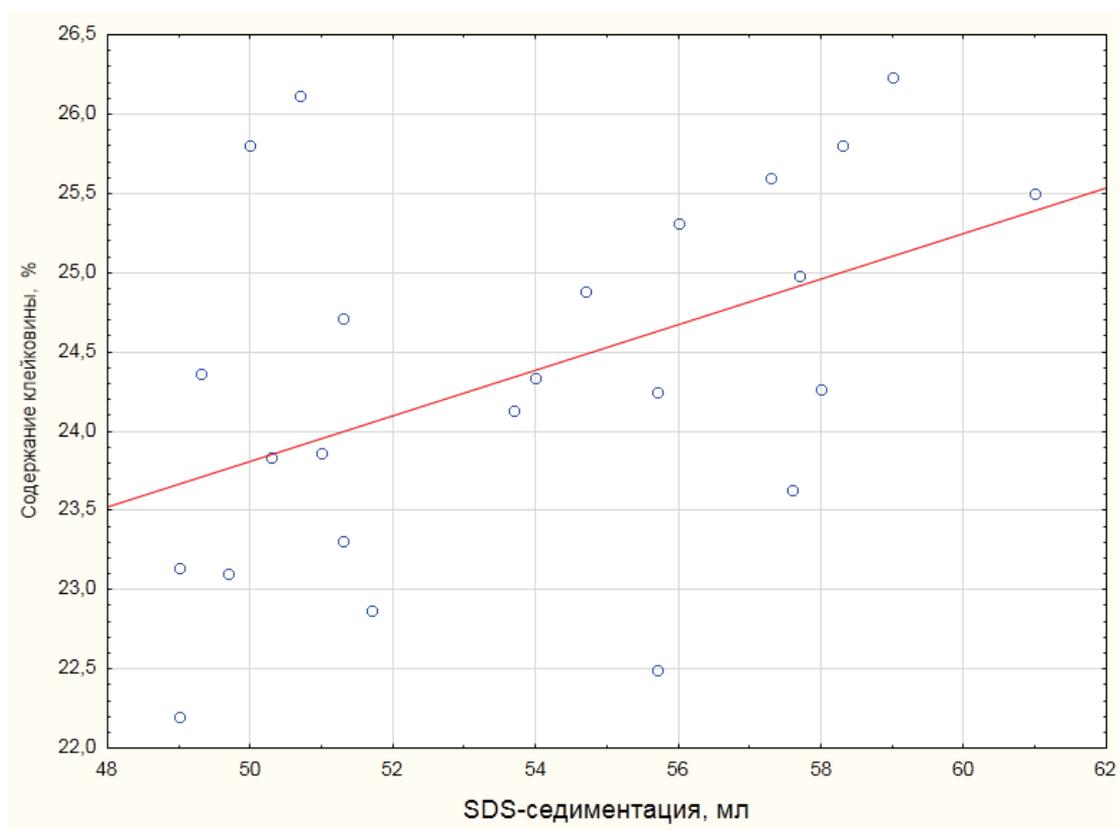


Рис. 1. Взаимосвязь между признаками «SDS-сидиментация» и «содержание клейковины в зерне» у сортов озимой мягкой пшеницы

Fig. 1. The correlation between the traits 'SDS-sedimentation' and 'gluten content in grain' in the winter bread wheat varieties

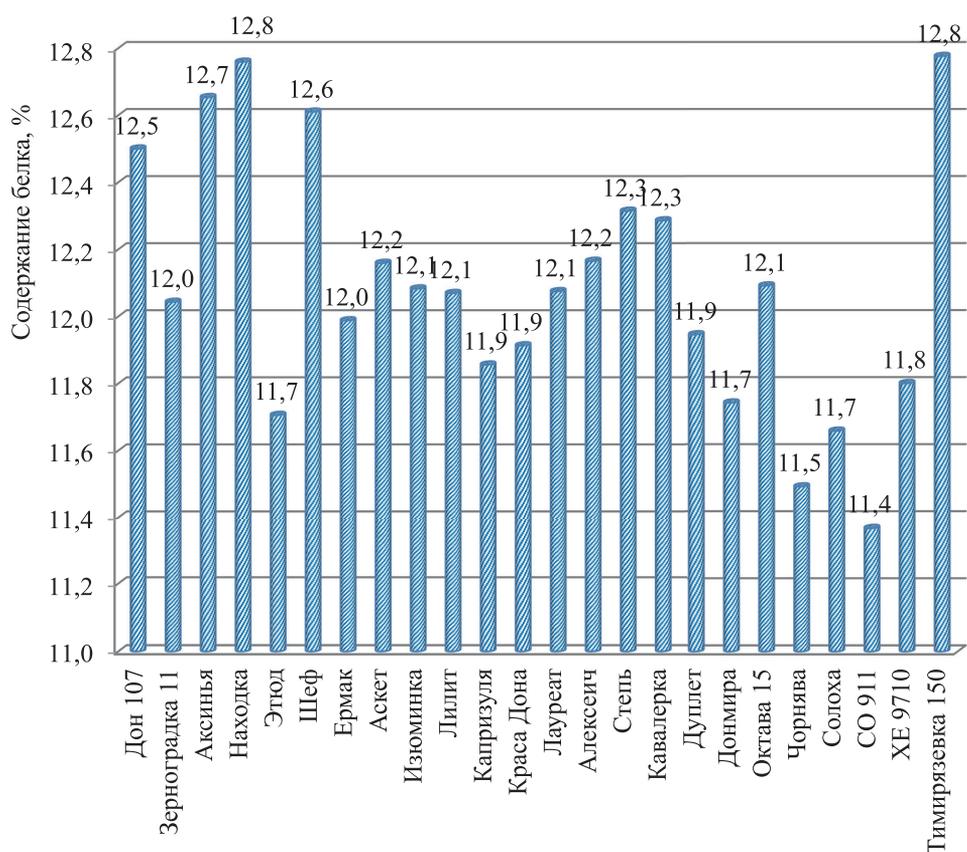


Рис. 2. Содержание белка в зерне сортов озимой мягкой пшеницы (2017–2019 гг.)

Fig. 2. Protein percentage in grain of the winter bread wheat varieties (2017–2019)

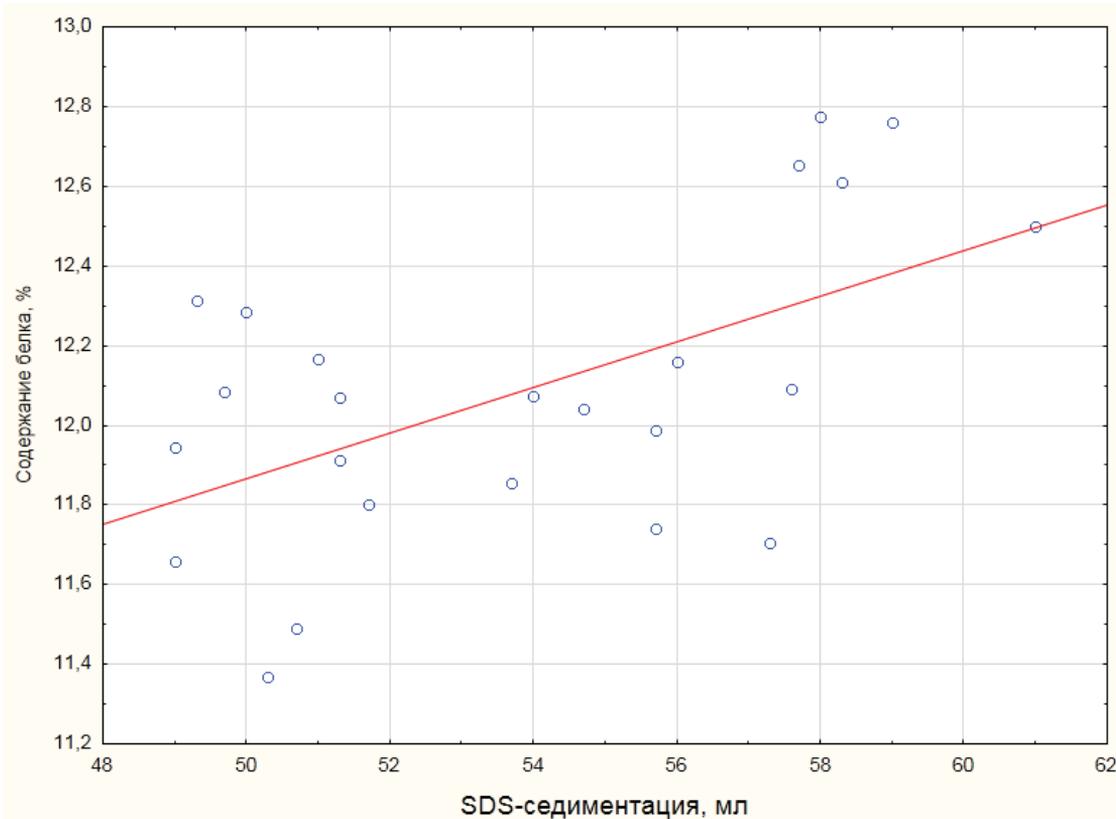


Рис. 3. Взаимосвязь между признаками «SDS-сидиментация» и «содержание белка в зерне» у сортов озимой мягкой пшеницы

Fig. 3. The correlation between the traits 'SDS-sedimentation' and 'protein percentage in grain' in the winter bread wheat varieties

Выводы. В результате изучения сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании было выявлено, что большинство образцов по уровню SDS-сидиментации соответствовали сильной пшенице (50–63 мл). Выделены генотипы с наибольшими значениями данного признака, такие как Шеф (58 мл), Находка (59 мл) и Дон 107 (61 мл).

Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у сортов Дон 107, Шеф, Кавалерка, Тимирязевка 150 и Находка (25,5–26,2%).

По содержанию белка в зерне выделены сорта Дон 107, Шеф, Аксинья, Находка, Тимирязевка 150 (12,5–12,8%).

По комплексу изучаемых признаков выделены сорта Дон 107, Шеф, Находка и Тимирязевка 150, которые рекомендуется привлекать в селекционный процесс, направленный на повышение качества зерна озимой мягкой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Абугалиева А.И., Савин Т.В. Биохимический состав и технологическая оценка зерна интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы с участием различных видов *Triticum* и *Aegilops* // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(3). С. 353–362. DOI: 10.18699/VJ18.371.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд., перераб. и доп. Стереотип. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Копусь М.М., Нецветаев В.П., Копусь Е.М. и др. Экспресс-методы оценки селекционного материала пшеницы по качеству зерна // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 19–21.
4. Лещенко М.А. Взаимосвязь показателя SDS-сидиментации с основными признаками качества зерна озимой твердой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 1. С. 20–23.
5. Марченко Д.М., Филенко Г.А., Некрасов Е.И. Семеноводство озимой пшеницы в Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 57–59.
6. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Рыбась И.А. и др. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6(60). С. 46–49. DOI: 10.31.367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
7. Нецветаев В.П., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. оценка качества зерна мягкой пшеницы SDS-сидиментацией // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 3. С. 63–70.
8. Сыздыкова Г.Т., Середа С.Г., Малицкая Н.В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.

9. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

References

1. Abugalieva A.I., Savin T.V. Biohimicheskij sostav i tekhnologicheskaya ocenka zerna introgressivnyh form ozimoy myagkoj pshenicy s uchastiem razlichnyh vidov Triticum i Aegilops [Biochemical composition and technological estimation of grain of introgressive winter bread wheat forms with the participation of various species of Triticum and Aegilops] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(3). S. 353–362. DOI: 10.18699/VJ18.371.

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

3. Kopus' M.M., Necvetaev V.P., Kopus' E.M. i dr. Ekspress-metody ocenki selekcionnogo materiala pshenicy po kachestvu zerna [Express methods for estimating wheat breeding material according to grain quality] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 1. S. 19–21.

4. Leshchenko M.A. Vzaimosvyaz' pokazatelya SDS-sedimentacii s osnovnymi priznakami kachestva zerna ozimoy tverdoj pshenicy [Correlation between the SDS-sedimentation index and the main traits of grain quality of the winter durum wheat] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. № 1. S. 20–23.

5. Marchenko D.M., Filenko G.A., Nekrasov E.I. Semenovodstvo ozimoy pshenicy v Rostovskoj oblasti [Seed production of winter wheat in the Rostov region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30. № 11. S. 57–59.

6. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Rybas' I.A. i dr. Izuchenie urozhajnosti i elementov ee struktury u sortov ozimoy myagkoj pshenicy po predshestvenniku podsolnechnik [The study of productivity and elements of its structure of winter bread wheat varieties sown after sunflower] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 6(60). S. 46–49. DOI: 10.31.367/2079-8725-2018-60-6-46-49.

7. Necvetaev V.P., Lyutenko O.V., Pashchenko L.S., Popkova I.I. ocenka kachestva zerna myagkoj pshenicy SDS-sedimentaciej [Estimation of the grain quality of bread wheat according to SDS-sedimentation] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2010. № 3. S. 63–70.

8. Syzdykova G.T., Sereda S.G., Malickaya N.V. Podbor sortov yarovoj myagkoj pshenicy po adaptivnosti k usloviyam stepnoj zony Akmolinskoj oblasti Kazahstana [Selection of spring bread wheat varieties according to adaptability to the conditions of the steppe zone of Akmola region of Kazakhstan] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 1. S. 103–110. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.103rus.

9. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

Поступила: 9.08.21; принята к публикации: 23.08.21.

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. Некрасова О.А. – концептуализация исследований, выполнение лабораторных опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г. Копусь М.М. – выполнение лабораторных опытов и анализ данных; Марченко Д.М. – анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЯРОВАЯ ТВЁРДАЯ ПШЕНИЦА БЕЗЕНЧУКСКАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ

П.Н. Мальчиков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, sagrs-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836;

М.Г. Мясникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, marina.myasnikova.61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7224-0308;

Т.В. Чахеева, научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, chakheeva@icloud.com, ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова – филиал СамНЦ РАН, 446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, п. г. т. Безенчук, ул. К. Маркса, 41; e-mail: samniish@mail.ru

Среднее Поволжье традиционно является регионом производства высококачественного зерна твёрдой пшеницы. Для устойчивого ведения растениеводства здесь развивается система сортов твердой пшеницы. Для её диверсификации создан новый сорт Безенчукская юбилейная. Селекционный процесс от проведения гибридизации и до изучения сорта в конкурсном сортоиспытании выполнен в условиях экспериментального поля Самарского НИИСХ. Конкурсное сортоиспытание проведено параллельно в Федеральном Алтайском научном центре агробиотехнологий, эколого-географическое изучение в системе КАСИБ – в течение 2-х лет (2017, 2018) в 9-и экопунктах различных учреждений России и Казахстана. В период создания сорта (2004–2020 гг.) отмечены весенне-летние засухи – одна очень сильная и 6 – сильных, 2- сильных весенних засухи и по одной сильной летней, средней весенне-летней и средней весенней засухи. В этот же период в течение 5 лет наблюдались эпифитотии различных патогенов. При изучении в конкурсном сортоиспытании сильная весенне-летняя засуха отмечена в 2016, 2018, 2019 годы, эпифитотии листовых пятнистостей (фузариоз, пиренофороз) и стеблевой ржавчины – в 2016 году. Благоприятными для процессов формирования урожая зерна были 2017 и 2020 годы. Реализованная урожайность Безенчукской юбилейной – (6,04 т/га) отмечена в 2018 году в ФГБНУ ФАНЦА (Алтайский НИИСХ). В конкурсном сортоиспытании Самарского НИИСХ новый сорт за 5 лет превысил уровень стандарта по урожайности зерна на 0,25 т/га. По засухоустойчивости, устойчивости к бурой ржавчине сорт имел преимущество над стандартом. Сорт устойчив (тип проявления устойчивости – R/MR) к листовым пятнистостям, качество зерна и макаронных изделий на уровне стандарта. Целью данной работы являлось описание методов создания, свойств и апробационных признаков нового сорта.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum durum* Desf.), сорт, селекция, адаптивность, устойчивость, стабильность, качество.

Для цитирования: Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В. Яровая твёрдая пшеница Безенчукская юбилейная // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 41–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-41-45.



THE SPRING DURUM WHEAT VARIETY 'BEZENCHUKSKAYA YUBILEINAYA'

P.N. Malchikov, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher, sagrs-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836;

M.G. Myasnikova, Candidate of Agricultural Sciences, ведущий researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding, marina.myasnikova.61@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7224-0308;

T.V. Chukheeva, researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding, chakheeva@icloud.com, ORCID ID: 0000-0002-9328-473X

Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS, 446254, Samara region, v.of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

The Middle Volga region is traditionally a production region of high-quality durum wheat. For sustainable grain crop production, a system of durum wheat varieties' breeding is being developed here. For its diversification there has been developed the new variety 'Bezenchukskaya Yubileinaya'. The breeding process from hybridization of the variety to its study in the competitive variety testing was carried out in the experimental plots of the Samara Research Institute of Agriculture. The competitive variety testing was carried out in parallel at the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology. There was conducted the ecological and geographical study in the KASIB system for 2 years (in 2017 and 2018) in 9 eco-points of various institutions in Russia and Kazakhstan. During the period of the variety development (2004–2020) there were spring and summer droughts, one being very strong and 6 being strong, 2 being strong spring and one strong summer droughts, one moderate spring-summer and one moderate spring drought. In the same period, there was an epiphytotics of various pathogens for 5 years. When studied in the competitive variety testing, there were severe spring-summer droughts in 2016, 2018, 2019; there was an epiphytotics of leaf blotches (fusarium, pyrenophorosis) and stem rust in 2016. The years 2017 and 2020 were favorable for the grain yield formation. The realized productivity of the variety 'Bezenchukskaya Yubileinaya' was 6.04 t/ha at FSBSI FANTSA (Altai Research Institute of Agriculture) in 2018. In the competitive variety testing of the Samara Research Institute of Agriculture, the new variety productivity exceeded that of the standard one on 0.25 t/ha for 5 years. According to drought resistance, resistance to leaf rust, the variety had an advantage over the standard one. The variety is resistant (R/MR type of

resistance) to leaf blotches, grain and pasta quality is at the standard level. The purpose of the current work was to describe the methods of development, properties and testing traits of the new variety.

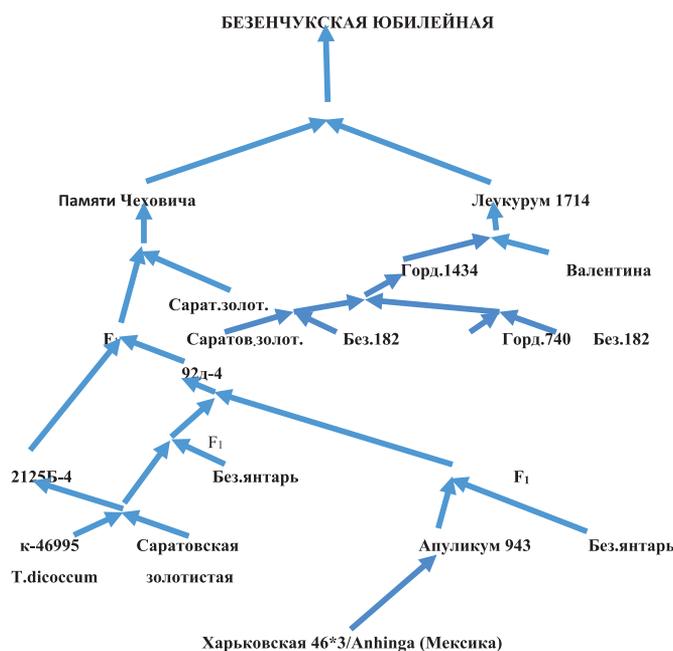
Keywords: spring wheat (*Triticum durum* Desf.), variety, breeding, adaptability, resistance, stability, quality.

Введение. Диверсификация сортовых систем в соответствии со спектром и доминированием тех или иных лимитирующих факторов среды в эколого-географическом регионе – основная стратегическая цель современной селекции (Васильчук, 2001; De Vita et al., 2010). В Среднем Поволжье в настоящее время сформирована сортовая популяция твёрдой пшеницы, включающая разные типы сортов по высоте растений, вегетационному периоду, устойчивости к патогенам, вредителям и качеству зерна. Широко распространены сорта Марина, Безенчукская нива, Безенчукская крепость, имеющие близкие параметры по высоте растений, вегетационному периоду, устойчивые к листовым пятнистостям, но различающиеся по реакции на патогены мучнистой росы, бурой ржавчины, повреждению растений хлебным пилильщиком, содержанию белка и каротиноидов в зерне. В дополнение к этой группе в государственный реестр сортов допущенных к использованию с более высокой устойчивостью к абиотическим стрессам и стабильностью урожайности, по Средневолжскому региону включен сорт Безенчукская юбилейная. Сорт выведен в результате функционирования совместной программы Самарского НИИСХ и ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный

центр агробиотехнологий» (ФГБНУ «ФАНЦА»). Целью данной работы являлось описание методов создания, свойств и апробационных признаков нового сорта.

Материалы и методы исследований.

Сорт создан методом индивидуального отбора из популяции F_7 Памяти Чеховича / Леукурум 1714. Генотипическая изменчивость в исходной популяции получена в результате ряда внутривидовых и межвидовых скрещиваний на основе принципов (сорта, признака, гена), предложенных С. Бороевичем (1984). Первый родительский сорт Памяти Чеховича создан в результате ступенчатой гибридизации с привлечением следующих сортов и селекционных линий: Харьковской 46, Безенчукского янтаря, Саратовской золотистой, образца *T. dicoccum* к-46995 из коллекции ВИРа, мексиканского сорта Anhinga – донора гена редукции высоты растений RhtAnh и промежуточных селекционных линий 92Д-4 и 2125Б-4. Второй родительский компонент – линия Леукурум 1714, происходит от скрещивания сорта НИИСХ Юго-Востока Валентина и селекционной линии Самарского НИИСХ Гордеиформе 1434. Детальное происхождение Безенчукской юбилейной показано на рисунке.



Генеалогия сорта яровой твёрдой пшеницы 'Bezenchukskaya Yubileynaya'
Genealogy of the spring durum wheat variety 'Bezenchukskaya Yubileynaya'

Скрещивание Памяти Чеховича / Леукурум 1714 выполнено в 2004 году. Отбор элитного колоса сделан в 2011 году в F_7 , изучение линии (1506Д-36 – Безенчукская юбилейная) в селекционных питомниках, малом и конкурсном сортоиспытании проведено соответственно в 2013–2015 гг., 2015 г. и в 2016–2020 годы. Межстанционное испытание сорт прохо-

дил в ФГБНУ «ФАНЦА», Актюбинской СХОС (Казахстан), в системе КАСИБ (9 экологических точек, 2017–2018 гг.) в России и Казахстане. По этим данным он передан на Государственное сортоиспытание по Средневолжскому региону, где изучался в 2019–2020 гг.

Организацию полевых экспериментов, учёты и наблюдения в конкурсном и межстан-

ционном испытании, проводили на основе методики Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений. Опытные делянки площадью 20,0–22,0 м² размещали рендомизированными блоками в 4–6 повторениях. Для оценки стабильности и отзывчивости по урожайности зерна в системе эколого-географических испытаний по программе КАСИБ были использованы следующие параметры: коэффициент регрессии b_i Эберхарда-Рассела (1966), Hom (гомеостатичность) В.В. Хангильдина (1978) и параметры Кильчевского, Хотылевой (1997) – σCAS_i (варианса специфической адаптивной способности), $100-S_{ji}$ (относительная стабильность сорта), CCG_i (селекционная ценность генотипа). Данные по урожайности, параметрам стабильности и отзывчивости обрабатывали методом факторного анализа с распределением сортов в координатах 2-х главных компонент на кластеры. Значимость различий между кластерами по урожайности, σCAS_i , относительной стабильности, b_i , CCG_i и Hom , определялась по критерию Фишера на основе однофакторного дисперсионного анализа методом неорганизованных повторений, где в качестве повторений брали данные по сортам, включенным в кластеры. Биохимические анализы и оценка макаронных качеств зерна проводены в лаборатории технологии зерна и массовых анализов Самарского НИИСХ по общепринятым прописям.

За период от гибридизации до изучения в конкурсном испытании (2004–2020 гг.) отмечены весенне-летние засухи – одна очень сильная и 6 сильных, 2 сильных весенних засухи и по одной сильной летней, средней весенне-летней и средней весенней засухи. Помимо засухи в этот же период в течение 5 лет негативное действие на продукционный процесс оказывали эпифитотии различных патогенов. При изучении в конкурсном сортоиспытании лимитирующими факторами были в 2016 году – сильная весенне-летняя засуха и эпифитотии

листовых пятнистостей (фузариоз, пиренофороз) и стеблевой ржавчины, в 2018–2019 годы наблюдалась сильная весенне-летняя засуха. Благоприятными для процессов формирования урожая зерна были 2017 и 2020 годы. В целом варьирование условий среды и лимитирующих факторов способствовали отбору устойчивого к засухе и патогенам селекционного материала.

Результаты и их обсуждение. Оценка сорта Безенчукская юбилейная по методике государственного сортоиспытания выявила, что он отличается от других сортов, однороден по основным идентификационным признакам и стабилен в их проявлении в фенотипе. По этим данным апробационные признаки нового сорта имеют следующие особенности. Разновидность – леукурум. Куст – прямостоячий. Флаговый лист без опушения с очень сильным восковым налетом на пластинке и влагалище. Растение среднерослое или высокорослое. Соломина выполнена в слабой или средней степени. Колос пирамидальной формы, рыхлый или средний по плотности. Нижняя колосковая чешуя – ланцетная, плечо – приподнятое, узкое, зубец средней длины, слегка изогнутый, наружная поверхность нижней колосковой чешуи без опушения. Колос – белый, ости белые, длиннее колоса. Зерновка удлинённой формы, имеет короткий хохолок, окрашивание фенолом – светлое.

На государственных сортоучастках в Средневолжском регионе лучшие результаты по урожайности получены в 6-и сортопытах в Самарской области (+0,18 т/га – 7,2% к уровню стандарта) и в 4-х сортопытах в Мордовской республике (+0,29 т/га – 10,1% к стандарту). Реализованный потенциал урожайности зафиксирован в ФГБНУ «ФАНЦА» (г. Барнаул) – 6,04 т/га в 2018 году. Средняя урожайность в конкурсном сортоиспытании Самарского НИИСХ за 5 лет (2016–2020 гг.) составила 2,63 т/га, что на 0,25 т/га, или на 10,5%, превышает уровень стандартного сорта Безенчукская 210 (табл. 1).

1. Хозяйственно-биологические признаки нового сорта яровой твердой пшеницы Безенчукская юбилейная, полученные в конкурсном сортоиспытании в Самарском НИИСХ (2016–2020 гг.)

1. Economic and biological traits of the new variety of spring durum wheat 'Bezenchukskaya Yubileinaya' obtained in the competitive variety testing at the Samara Research Institute of Agriculture (2016–2020)

Параметр	Единица измерения	Новый сорт Безенчукская юбилейная	Стандарт Безенчукская 210	HCP _{0,05}
Реализованный потенциал урожайности	т/га	6,04	–	–
Урожайность 2016–2020 гг., Безенчук	т/га	2,63	2,38	0,18
Максимальная урожайность, 2017 г.	т/га	5,76	5,10	0,45
Минимальная урожайность, 2018 г.	т/га	1,26	1,17	0,095
Период «всходы-колошение»	дней	44,1	43,1	–
Устойчивость к засухе	балл (1–9)*	8,0	7,0	–
Длина соломины	см	73,3	64,0	5,7
Устойчивость к полеганию	балл (1–9)*	7,0	7,0	–
К.хоз, растения	%	42,1	40,8	1,5
Натура зерна	г/литр	778	780	Ff < Ft
Масса 1000 зерен	г	50,4	38,7	5,2
Число зерен в колосе	Шт.	23,7	21,9	1,5

Параметр	Единица измерения	Новый сорт Безенчукская юбилейная	Стандарт Безенчукская 210	HCP _{0,05}
Поражение листьев бурой ржавчиной (<i>Puccinia recondita</i>)	тип/%*	2/5	2–3/12,5	–
Поражение листьев <i>Fusarium sp.</i>	R...S*	R	R	–
Поражение листьев <i>Alternaria sp.</i>	R...S*	R/MR	R/MR	–
Содержание белка в зерне	%	14,6	15,1	Ff < Ft
Содержание клейковины в зерне	%	29,0	27,0	Ff < Ft
Стекловидность	%	87,7	87,3	Ff < Ft
SDS седиментация	мл	32,0	32,0	Ff < Ft
ИДК	еп	100,0	100,0	Ff < Ft
Цвет макарон	балл	5,0	5,0	Ff < Ft
Общая оценка макарон	балл	4,8	4,2	Ff < Ft

*Минимум за годы изучения.

Безенчукская юбилейная относится к среднеспелому морфотипу. Высота растений у нее ежегодно значимо превосходила показатели стандарта. Стебель в зависимости от условий среды варьирует между среднерослым и высокорослым типом, прочный, достаточно устойчивый к полеганию. Безенчукская юбилейная отличается хорошим наливанием зерна – масса 1000 зерен в среднем за 5 лет составила 50,4 грамма, что на 11,7 грамма больше стандарта, что при одинаковой натурной массе зерна (778 и 780 г/л соответственно) оценивается как положительный селекционный сдвиг. По засухоустойчивости, жаростойкости и устойчивости к бурой ржавчине новый сорт превосходит стандарт, устойчив к фузариозной листовой пятнистости и пиренофорозу на уровне стандарта. Содержание белка, клейковины, её качество и качество макаронных изделий нового сорта соответствуют стандартному сорту. В системе эколого-географических испытаний КАСИБ в 2017–2018 годы (Мальчиков и др., 2018) было изучено 29 сортов, которые по адаптивности, отзывчивости, стабильности, селекционной ценности генотипа по урожайности методом факторного анализа

в координатах 2-х главных компонент были распределены на три кластера (табл. 2). Различия между кластерами по урожайности, относительной стабильности, СЦГ_i и Hom, были достоверны. По σ_{CAC_i} и b_i различий между кластерами не обнаружено. Сорта, вошедшие в первый кластер с низкими показателями средней урожайности, стабильности, СЦГ_i и Hom отнесены к сортам локального значения. Сорта третьего кластера достоверно превосходили по этим параметрам сорта первого и второго кластеров, обладают свойствами сортов широкого ареала. Безенчукская юбилейная вошла в третий кластер, т.е. принадлежит к сортам широкого ареала.

Среди сортов, вошедших в третий кластер, Безенчукская юбилейная отличается самой высокой урожайностью (табл. 3). Если учесть, что межсортовая вариабельность в этом кластере по стабильности (100-Sg_i) и селекционной ценности генотипа (СЦГ_i) незначительная (CV = 3,93–4,28%), то можно предположить наличие у Безенчукской юбилейной генетической системы высокой потенциальной продуктивности со стабильной реализацией при широком варьировании условий среды.

2. Параметры урожайности, стабильности, отзывчивости и селекционной ценности по средним значениям сортов, включенных в кластеры, КАСИБ (2017–2018 гг.)

2. Parameters of productivity, stability, response and breeding value according to the mean values of the varieties introduced in clusters, KASIB (2017–2018)

Номер кластера***	Урожайность, т/га	σ_{CAC_i}	100-Sg _i	СЦГ _i	b_i	Hom
1	2,66a	13,1	51,0a	9,9a	1,16	1,37a
2	2,88a	11,3	60,9b	14,4b	0,99	2,15b
3	3,29b	11,2	66,2c	18,6c	0,97	2,94c
Сорт Безенчукская юбилейная	3,83	15,8	62,3	18,9	1,26	3,12
F критерий	12,6*	NS	34,5*	163,9**	NS	22,5*

*5% и **1% уровни значимости различий по критерию Фишера; цифры, сопровождаемые одинаковыми буквами, различаются недостоверно по критерию Дункана. ***1-й кластер включает сорта локального значения; 3-й кластер – сорта широкого ареала; 2-й кластер – сорта с промежуточными свойствами.

3. Параметры урожайности, стабильности, отзывчивости и селекционной ценности Безенчукской юбилейной и других сортов широкого ареала, КАСИБ (2017–2018 гг.)

3. Parameters of productivity, stability, response and breeding value of the variety 'Bezenchukskaya Yubileynaya' and other varieties of a wide range, KASIB (2017–2018)

Сорт	Оригинатор	Урожайность, т/га	σ_{CAC_i}	100-Sg _i	СЦГ _i	b_i	Hom
Каргала 223	Актюбинская СХОС	2,91	9,9	69,9	17,5	0,78	4,11
Гордеиформе 178-05-02	НПЦЗХ им. А.И. Бараева	3,33	23,8	66,8	18,9	0,92	3,12
Гордеиформе 05-42-12	ФИЦ «Омский АНЦ»	3,36	24,8	64,7	17,9	0,97	2,72

Сорт	Оригинатор	Урожайность, т/га	σ_{CAC}	100-Sg	СЦГ _i	b _i	Hom
1429-10	Самарский НИИСХ	3,38	19,4	67,7	18,9	0,89	3,78
Триада	Самарский НИИСХ	3,67	30,7	66,0	19,7	0,98	3,43
Безенчукская юбилейная	Самарский НИИСХ	3,83	15,8	62,3	18,9	1,26	3,12
Среднее	–	3,41	20,7	66,2	18,6	1,0	3,40
CV%	–	9,30	35,4	3,93	4,28	16,6	14,9

Примечание: в таблице 3 приведены данные только лучших сортов 3-го кластера.

Выводы. Создан высокопродуктивный сорт яровой твёрдой пшеницы Безенчукская юбилейная, хорошо адаптированный к условиям Среднего Поволжья с потенциалом по реализованной урожайности 6,0 т/га. По данным эколого-географического испытания, в 9-и пунктах (18 сортопытов) в степных провинциях России и Казахстана проявил свойства сорта широкого ареала с высокой потенциальной продуктивностью и стабильностью при значительном варьировании условий среды. Сорт высокоустойчив к фузариозной листовой пятнистости,

пиренофорозу и бурой ржавчине. По устойчивости к засухе и высоким температурам он превосходит стандарт Безенчукскую 210. Качество зерна и макаронных изделий Безенчукской юбилейной соответствует стандарту. Сорт рекомендован для хозяйственного использования в Средневолжском регионе Российской Федерации, его целесообразно использовать в дополнение к сортам Безенчукская нива, Безенчукская крепость, Марина как на интенсивных фонах, так и в условиях с высокой вероятностью проявления засухи разных типов.

Библиографические ссылки

1. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений. М.: «Колос». 984. 344 с.
2. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 124 с.
3. 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.
4. Хангильдин В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа // Сборник научных трудов: Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1978. С. 111–116.
5. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
6. De Vita P., Mastrangelo A.M., Matteu L., Mazzucotelli E., Virzì N., Palumboc M., Lo Storto M., Rizza F., Cattivelli L. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy // Field Crops Res. 2010;119:68-77. DOI 10.1016/j.fcr.2010.06.016.
7. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966; 6: 36–40. DOI 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.

References

1. Boroevich S. Principy i metody selekcii rastenij [Plant breeding principles and methods]. M.: «Kolos». 984. 344 s.
2. Vasil'chuk N.S. Selekcija yarovoj tvrdoj pshenicy [Spring durum wheat breeding]. Saratov, 2001. 124 s.
3. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tvrdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazahstana [Productivity amount and stability of modern spring durum wheat breeding material (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22(8). S. 939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.
4. Hangil'din V.V. O principah modelirovaniya sortov intensivnogo tipa [On the modeling principles of the varieties of intensive type] // Sbornik nauchnyh trudov: Genetika kolichestvennyh priznakov sel'skohozyajstvennyh rastenij. M.: Nauka, 1978. S.111–116.
5. Kil'chevskij A.V., Hotyleva L.V. Ekologicheskaya selekcija rastenij [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 s.
6. De Vita P., Mastrangelo A.M., Matteu L., Mazzucotelli E., Virzì N., Palumboc M., Lo Storto M., Rizza F., Cattivelli L. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy // Field Crops Res. 2010;119:68-77. DOI 10.1016/j.fcr.2010.06.016.
7. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966; 6: 36–40. DOI 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.

Поступила: 21.03.21; принята к публикации: 28.06.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Мальчиков П.Н. – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Мясникова М.Г. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных, подготовка рукописи; Чахеева Т.В. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОДНОМУ СТРЕССУ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

Г.Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
Н.А. Шевченко, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, kckck-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
447740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Направления хозяйственного использования кукурузы различны: фуражное, пищевое, техническое. Учитывая, что она относится к мезофитам, наиболее вредоносным стресс-фактором для нее является засуха. Селекция на засухоустойчивость считается важнейшим направлением для этой культуры. Цель исследований: изучение засухоустойчивости исходного материала – самоопыленных линий и гибридов кукурузы. Исследования выполнены в 2018–2020 годах в «Аграрном научном центре «Донской», находящемся в зоне недостаточного увлажнения. Засухоустойчивость определена методом остаточного водного дефицита (ОВД). В качестве исходного материала использованы 24 самоопыленных линии и 50 тесткроссных гибридов кукурузы. Выделены новые засухоустойчивые среднеранние и среднеспелые самоопыленные линии: КС 317 А, КВ 240, ЛШ 16, С 86, ЛШ 17 и ЛШ 2, СП 246/276-2, ДС 498/203-4, ДС 298/203-3, ДС 257/85-0, СП 280-3, КВ 373, которые имели низкий остаточный водный дефицит в фазе цветения (7,7–10,4%) и незначительно увеличивали их течение вегетации к фазе молочно-восковой спелости (до 10,3–12,6%). К засухоустойчивым гибридам отнесены: Степняк МВ, ГК 26 АМ × ДС 257/85-0, Р 101 × Зр 498 А, КВ 399 × С 232, ГК 26 АМ × КВ 373, ГК 26 АМ × СП 246/276-2, С 204 × КС 318. Они характеризовались низким водным дефицитом в период цветения (7,4–10,4%) и низким его приростом (1,4–3,7%) в течение вегетации. В состав засухоустойчивых гибридов, как правило, входили засухоустойчивые линии. Новый среднеспелый трехлинейный гибрид кукурузы Степняк МВ ((КВ 262 М × КВ 326 ЗМ) × КВ 498 МВ)), созданный на основе засухоустойчивых линий КВ 262 М и КВ 498 МВ, по результатам Госсортоиспытания, с 2019 года внесен в госреестр. Гибрид сформировал высокую урожайность зерна (4,55 т/га), в засушливые годы (2018–2020) характеризовался высокими значениями основных хозяйственно-ценных признаков: высокой устойчивостью к полеганию (0,5% полегших растений), высоким содержанием крахмала в зерне (72,0%), оптимальной влажностью зерна (14,0%) к моменту уборки.

Ключевые слова: кукуруза, инбредные линии, гибриды, устойчивость к водному стрессу, остаточный водный дефицит.

Для цитирования: Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50.



WATER STRESS RESISTANCE OF THE NEW SELF-POLLINATED MAIZE LINES AND HYBRIDS

G.Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
N.A. Shevchenko, technician-researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, kckck-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X
Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The directions of the economic use of maize are different, namely fodder, food, technical. Considering that maize belongs to mesophytes, the most harmful stress factor for it is drought. The breeding maize for drought tolerance is considered the most important direction for this crop. The purpose of the current paper was to present study results of the drought resistance of the initial material, namely the self-pollinated maize lines and hybrids. The study was carried out at the Agricultural Research Center "Donskoy", located in the zone of insufficient moisture in 2018–2020. Drought tolerance was determined by the method of residual water deficit (RWD). As an initial material, there were used 24 self-pollinated maize lines and 50 test-cross hybrids. There have been identified the new drought-resistant middle-early and middle-ripening self-pollinated lines 'KS 317 A', 'KV 240', 'LSh 16', 'S 86', 'LSh 17' and 'LSh 2', 'SP 246 / 276-2', 'DS 498 / 203-4', 'DS 298 / 203-3', 'DS 257 / 85-0', 'SP 280-3', 'KB 373', which had a low residual water deficit in the flowering phase (7.7–10.4%) and did not significantly increase it during the period from vegetation to milky-wax ripeness (up to 10.3–12.6%). The drought-resistant hybrids include 'Stepnyak MV', 'GK 26 AM × DS 257 / 85-0', 'P 101 × Zr 498 A', 'KB 399 × S 232', 'GK 26 AM × KB 373', 'GK 26 AM × SP 246 / 276-2', 'C 204 × KS 318'. They were characterized by a low water deficit during the flowering period (7.4–10.4%) and its low increase (1.4–3.7%) during the growing season. Drought-resistant hybrids, as a rule, included drought-resistant lines. According to the results of the State Variety Testing, the new middle-ripening three-line maize hybrid 'Stepnyak MV' ((KB 262 M × KB 326 ZM) × KB 498 MV)), developed on the basis of the drought-resistant lines 'KB 262 M' and 'KB 498 MV', has been included into the State Register since 2019. The hybrid possessed a high grain yield (4.55 t/ha) in the dry years of 2018–2020. It was characterized by high values of the main economically valuable traits, such as high resistance to lodging (0.5% of lodged plants), high starch content in grain (72.0%), optimum grain moisture (14.0%) by the harvesting time.

Keywords: maize, inbred lines, hybrids, resistance to water stress, residual water deficit.

Введение. Одна из важнейших сельскохозяйственных культур – кукуруза. Она входит в тройку мировых лидеров наряду с пшеницей и рисом по посевным площадям и валовым сборам зерна. По своему народохозяйственному значению, кукуруза – одна из наиболее универсальных культур (Супрунов, 2014). Однако, учитывая что эта культура относится к мезофитам, она очень сильно реагирует на недостаток влаги, снижая урожайность зерна в засушливые годы по сравнению с влагообеспеченными в 3–4 раза. Засуха является наиболее вредоносным для нее стресс-фактором, поэтому селекция на устойчивость к засухе считается наиболее важным направлением (Yadav et al., 2015). Так как основные посевные площади кукурузы расположены в засушливых зонах, селекция гибридов кукурузы, устойчивых к водному стрессу, актуальна в целом для Российской Федерации. Важность этого направления возрастает в связи с усилением аридности климата, о чем свидетельствует анализ метеоданных за последние десятилетия (Попов и др., 2012).

Выведение новых засухоустойчивых гибридов требует создания и выделения нового засухоустойчивого исходного материала. У гибридной кукурузы в качестве исходного материала (родительских форм) используются константные инбредные линии (Супрунов, 2020).

В последнее время усилились работы по изучению засухоустойчивости растений, используя различные методы (Worku et al., 2020, Olagunju et al., 2020). Один из наиболее распространенных – метод остаточного водного дефицита (Газе и др., 2017). Он широко используется для изучения устойчивости к водному стрессу различных сельскохозяйственных культур, позволяет получить объективную оценку, дифференцировать селекционный материал и выделить перспективный для дальнейшей работы.

Цель исследований – изучение засухоустойчивости исходного материала самоопыленных линий и гибридов кукурузы.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2018–2020 годах в «Аграрном научном центре «Донской», находящемся в зоне недостаточного увлажнения. Исследования выполнены в засушливые годы,

что позволило выделить генотипы, устойчивые к водному стрессу. В 2018 году за вегетационный период кукурузы количество осадков составило 93,4 мм (46,6% от среднемноголетней нормы). В 2019 за вегетационный период кукурузы количество осадков составило 129,7 мм (70,8% от среднемноголетней нормы). В 2020 году – 224,1 мм осадков, что на уровне среднемноголетней нормы. Тем не менее, из-за неравномерного их распределения посевы кукурузы страдали от засухи в период наибольшего водопотребления. В июне количество осадков составило 38,8 мм (54,4% от среднемноголетней нормы).

В качестве объекта исследований послужили 24 новые константные (16) самоопыленные линии кукурузы, создание которых было завершено в 2017 году. При создании новых линий учитывали косвенные критерии оценки засухоустойчивости и продуктивности, выявленные в предыдущих исследованиях (2011–2013 гг.): бесплодие и озерненность початков.

В качестве стандартов взяты линии из мировой коллекции с известной засухоустойчивостью: PLS 61 3М (среднеранняя) и ГК 26 АМ (среднеспелая).

Объектом исследования также послужили 50 новых тесткроссных гибридов кукурузы, в качестве стандарта использовали гибрид кукурузы Зерноградский 282 МВ.

Полевые опыты выполнены на основе методических рекомендаций по проведению полевых опытов с кукурузой (1980). Засухоустойчивость оценена методом остаточного водного дефицита по Л.С. Литвинову (Литвинов, 1988).

Результаты и их обсуждение. Трехлетнее изучение (2018–2020 гг.) позволило выделить новые засухоустойчивые среднеранние самоопыленные линии кукурузы. Они отличались минимальными значениями остаточного водного дефицита в фазу цветения: КС 317 А (7,9%), КВ 240 (10,3%), ЛШ 16 (9,7%), С 86 (9,1%), ЛШ 17 (10,4%), ЛШ 2 (9,9%). Прирост ОВД у них, несмотря на усиление засухи, был незначительным (1,5–3,3%), невысоким водный дефицит в фазу молочно-восковой спелости (11,2–12,6%) (рис. 1).

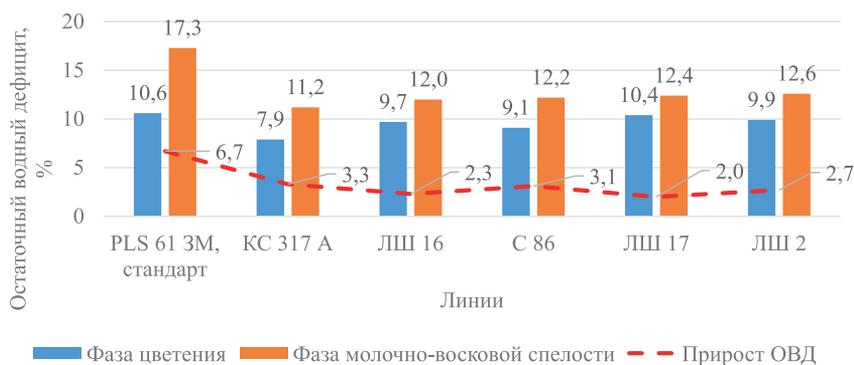


Рис. 1. Изменение остаточного водного дефицита у среднеранних инбредных линий кукурузы (2018–2020 гг.)
Fig. 1. The change of residual water deficit in the middle-early inbred maize lines (2018–2020)

Стандартная среднеранняя инбредная линия PLS 61 3М характеризовалась слабой засухоустойчивостью, что согласуется с исследованиями 2011–2013 гг. Значение ОВД у нее в фазу цветения составило 10,6%, однако к фазе молочно-восковой спелости водный дефицит значительно увеличился до 17,3%, прирост составил 6,7%.

Среднеспелый стандарт – линия ГК 26 АМ в отличие от среднераннего стандарта характеризовался высокой засухоустойчивостью:

низкий водный дефицит в фазу цветения (9,9%) и невысокий в фазу молочно-восковой спелости (11,9%), с незначительным его приростом (2,0%). Выделены новые засухоустойчивые инбредные линии кукурузы: СП 246/276-2, ДС 498/203-4, ДС 498/203-3, ДС 257/85-0, СП 280-3, КВ 373 с минимальными значениями остаточного водного дефицита в фазу цветения (7,7–10,0%) и слабым приростом ОВД (1,4–3,1%) к фазе молочно-восковой спелости (до 10,3–11,4%) (рис. 2).

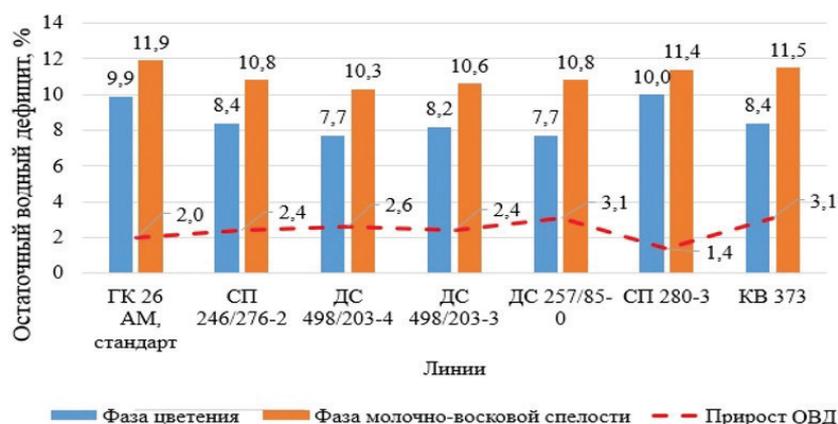
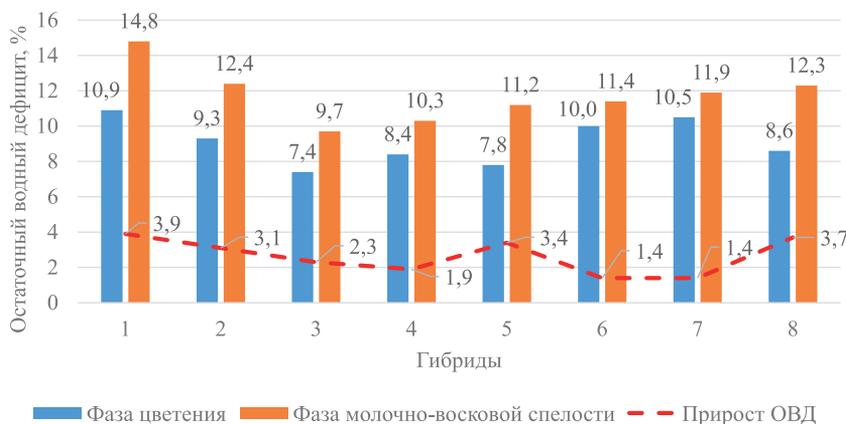


Рис. 2. Изменение остаточного водного дефицита у среднеспелых инбредных линий кукурузы (2018–2020 гг.)
Fig. 2. The change of residual water deficit in the middle-ripening inbred maize lines (2018–2020)

Новые самоопыленные линии, изучаемые в 2018–2020 гг., а также засухоустойчивые самоопыленные линии, выделенные в предыдущие годы исследований (2011–2013, 2015–2017), были включены в программы скрещиваний для получения гибридных комбинаций. В скрещивания были включены и не засухоустойчивые линии, но характеризующиеся высокими значениями других важнейших хозяйственных признаков (комбинационная способность, продуктивность, устойчивость к полеганию, уборочная влажность зерна и другие). Новые гибридные комбинации оценены по величине водного дефицита и его прироста.

Стандарт – гибрид Зерноградский 282 МВ – характеризовался средней засухоустойчивостью: остаточный водный дефицит в фазу цветения – 10,9%, в фазу молочно-восковой спелости – 14,8%, прирост – 3,9%. К устойчивым к водному стрессу отнесены следующие гибридные комбинации: (КВ 262 М × КВ 326 3М) × КВ 498 МВ; ГК 26 АМ × ДС 257/85-0; Р 101 × Зр 498 А; КВ 399 × С 232; ГК 26 АМ × КВ 373; ГК 26 АМ × СП 246/276-2; С 204 × КС 318; КВ 399 × СП 73/498-2. Они имели минимальный ОВД в фазу цветения (7,4–10,5%) и слабый его прирост к фазе молочно-восковой спелости (1,4–3,7%) (рис. 3).



1 – Зерноградский 282 МВ, стандарт, 2 – (КВ 262 М × КВ 326 3М) × КВ 498 МВ, 3 – ГК 26 АМ × ДС 257/85-0, 4 – Р 101 × Зр 498 А, 5 – КВ 399 × С 232, 6 – ГК 26 АМ × КВ 373, 7 – ГК 26 АМ × СП 246/276-2, 8 – С 204 × КС 318.

Рис. 3. Изменение остаточного водного дефицита у новых гибридов кукурузы (2018–2020 гг.)
Fig. 3. The change of residual water deficit in the new maize hybrids (2018–2020)

Анализируя и сопоставляя величину водного дефицита и его прироста у гибридов и составляющих их линий, выявлено, что высокой засухоустойчивостью, как правило, отличались гибриды, состоящие как минимум из одной засухоустойчивой линии. Так, гибрид ГК 26 АМ × ДС 257/85-0 имел минимальный ОВД как в фазу цветения (7,4%), так и в фазу молочно-восковой спелости (9,7%). Инбредные линии ГК 26 АМ и ДС 257/85-0, входящие в состав гибрида, также характеризовались низкими значениями ОВД (7,7–9,9% в фазу цветения и 10,8–11,9% в фазу молочно-восковой спелости).

Аналогичные результаты получены по гибридам ГК 26 АМ × КВ 373, ГК 26 АМ × СП 246/276-2, которые отнесены к засухоустойчивым, составляющие их самоопыленные линии ГК 26 АМ, КВ 373 и СП 246/276-2 характеризуются высокой засухоустойчивостью. У гибрида Р 101 × ЗР 498 А высокой засухоустойчивостью отличалась линия ЗР 498 А (по результатам изучения 2011–2013 гг.).

Новый засухоустойчивый гибрид Степняк МВ (КВ 262 М × КВ 326 ЗМ) × КВ 498 МВ включает в свой состав линии КВ 262 М и КВ 498 МВ. Эти линии были выделены по ОВД в предыдущих исследованиях (2011–2013 и 2015–2017 годах) (Кривошеев и др., 2020). Гибрид Степняк МВ по результатам Госсортоиспытания внесен с 2019 года в Госреестр селекционных достижений и допущен к использованию в производстве Северо-Кавказского и Нижне-Волжского регионов. Благодаря высокой устойчивости к водному стрессу гибрид формирует высокую урожайность зерна в засушливые годы. В среднем за годы конкурсного испытания (2017–2020) получен урожай зерна 4,55 т/га, что выше на 0,66 т/га (17,0%) чем у стандарта Зерноградский 354 МВ. Новый гибрид характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (0,5% полегших растений), слабо поражается пузырчатой головней на естественном фоне (2,8%). Содержание крахмала в спелом зерне высокое – 72% (см. таблицу).

Хозяйственно-биологическая характеристика гибрида кукурузы Степняк МВ (2018–2020 гг.) Economic and biological characteristics of the maize hybrid 'Stepnyak MV' (2018–2020)

Признаки	Единица измерения	Степняк МВ	Зерноградский 354 МВ, стандарт	± к стандарту
Урожайность зерна при 14% влажности	т/га	4,55	3,89	+0,66
Влажность зерна	%	14,0	14,6	-0,6
Длина вегетационного периода	дн.	111	111	0
Полегание	%	0,5	0,7	-0,2
Поражение пузырчатой головней	%	2,8	4,5	-1,7
Урожайность зеленой массы	т/га	30,5	30,7	-0,2
Содержание крахмала в зерне	%	72,0	71,4	+0,6
Высота растения	см	181,0	187,0	-6,0
Высота прикрепления початка	см	69,0	65,5	+3,5
Количество на 1 растение	шт.	1,1	1,0	+0,1
Семенная продуктивность материнской формы	т/га	2,0	2,0	0

Разновидность зубовидная (*Zea mais* L. *indentata*). Растение среднерослое (175–195 см), некустающееся, хорошо облиственное (16–17 листьев), с высоким прикреплением початка (64–71 см). Початок средний (135–145 г) слабоконусовидной формы, длиной 16–18 см, рядов зерен 16–18, стержень початка красный, выход зерна при обмолоте 80–82%. Зерно зубовидное желтое, масса 1000 зерен 245–255 г.

Выделенный гибрид созревает в среднем за 111 дней. По направлению хозяйственного использования универсален, предназначен для выращивания на зерно, силос и зеленый корм.

Выводы. Выделены новые среднеранние засухоустойчивые самоопыленные линии кукурузы КС 317 А, КВ 240, ЛШ 16, С 86, ЛШ 17 и ЛШ 2, которые имели минимальные значе-

ния остаточного водного дефицита в фазе цветения (7,9–10,4%) и слабо увеличивали его несмотря на усиление засухи к фазе молочно-восковой спелости (11,2–12,6%). Выделены новые среднеспелые засухоустойчивые линии СП 246/276-2, ДС 498/203-4, ДС 298/203-3, ДС 257/85-0, СП 280-3, КВ 373, характеризующиеся минимальным ОВД в фазу цветения (7,7–10,0%) и слабым приростом к фазе молочно-восковой спелости (1,4–3,1%).

Выделены новые засухоустойчивые гибриды кукурузы Степняк МВ, ГК 26 АМ × ДС 257/85-0, Р 101 × ЗР 498 А, КВ 399 × С 232, ГК 26 АМ × КВ 373, ГК 26 АМ × СП 246/276-2, С 204 × КС 318, с невысоким водным дефицитом, как в фазу цветения (7,4–10,5%), так и в фазу молочно-восковой спелости (9,7–12,4%).

Библиографические ссылки

- Газе В.Л., Лиховидова В.А., Шарова В.М., Анисимова Н.Н., Лютова Л.Н. Остаточный водный дефицит, как один из показателей засухоустойчивости // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1(49). С. 7–9.
- Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А., Игнатьев А.С. Результаты и перспективы селекции кукурузы в «Аграрном научном центре «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 32–38.
- Литвинов Л.С. Методы оценки засухоустойчивости // Семеноводство. 1988. № 6. С. 7–12.

5. Попов А.С., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Кравченко М.Е. Особенности погодных условий в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3(21). С. 56–59.
6. Супрунов А.И. Успех в селекции кукурузы // Земледелие. 2014. № 3. С. 5–6.
7. Супрунов А.И., Хамади А.И., Чесноков И.М., Макшанов В.В. Селекция гибридов лопающейся кукурузы в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко // Рисоводство. 2020. № 3(48). С. 20–24.
8. Olagunju K.O., Ogunniyi A.I., Awotide B.A., Ashagidigbi W.M. Evaluating the distributional impacts of drought-tolerant maize varieties on productivity and welfare outcomes: an instrumental variable quantile treatment effects approach // Climate and Development. 2020. Vol. 12, Part 10, P. 865–875.
9. Yadav O.P., Hossain F., Karjagi C.G., Kumar B., Zaidi P.H., Jat S.L., Chawla J.S., Kaul J., Hooda K.S., Kumar P., Yadava P., Dhillon B. S. Genetic Improvement of Maize in India: Retrospect and Prospects // Agricultural Research. 2015. Vol. 4. Part 4. P. 325–338.
10. Worku M., Groote R., Munyua B., Makumbi D., Owino F. On-farm performance and farmers' participatory assessment of new stress-tolerant maize hybrids in Eastern Africa // Field Crops Research. 2020. Vol. 2461. No 107693.

References

1. Gaze V.L., Lihovidova V.A., SHarova V.M., Anisimova N.N., Lyutova L.N. Ostatochnyj vodnyj deficit, kak odin iz pokazatelej zasuhoustojchivosti [Residual water deficit as one of the indicators of drought tolerance] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 1(49). S. 7–9.
2. Krivosheev G.YA., SHEvchenko N.A., Ignat'ev A.S. Rezul'taty i perspektivy selekcii kukuruzy v «Agrarnom nauchnom centre «Donskoj» [Results and prospects of maize breeding in the Agricultural Research Center "Donskoy"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 32–38.
3. Litvinov L.S. Metody ocenki zasuhoustojchivosti [Methods for drought tolerance estimation] // Semenovodstvo. 1988. № 6. S. 7–12.
5. Попов А.С., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Кравченко М.Е. Особенности погодных условий в южной зоне Ростовской области [Features of weather conditions in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2012. № 3(21). S. 56–59.
6. Супрунов А.И. Успех в селекции кукурузы [Success in maize breeding] // Земледелие. 2014. № 3. С. 5–6.
7. Супрунов А.И., Хамади А.И., Чесноков И.М., Макшанов В.В. Селекция гибридов лопающейся кукурузы в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко [Snap corn hybrids' breeding in the National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko] // Рисоводство. 2020. № 3(48). С. 20–24.
8. Olagunju K.O., Ogunniyi A.I., Awotide B.A., Ashagidigbi W.M. Evaluating the distributional impacts of drought-tolerant maize varieties on productivity and welfare outcomes: an instrumental variable quantile treatment effects approach // Climate and Development. 2020. Vol. 12, Part 10, P. 865–875.
9. Yadav O.P., Hossain F., Karjagi C.G., Kumar B., Zaidi P.H., Jat S.L., Chawla J.S., Kaul J., Hooda K.S., Kumar P., Yadava P., Dhillon B. S. Genetic Improvement of Maize in India: Retrospect and Prospects // Agricultural Research. 2015. Vol. 4. Part 4. P. 325–338.
10. Worku M., Groote R., Munyua B., Makumbi D., Owino F. On-farm performance and farmers' participatory assessment of new stress-tolerant maize hybrids in Eastern Africa // Field Crops Research. 2020. Vol. 2461. No 107693.

Поступила: 22.06.21; принята к публикации: 13.08.21.

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. Шевченко Н.А. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Кривошеев Г.Я. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Т.Б. Кулеватова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна, Rogozhkina2008@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;

С.В. Лящева, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая селекционным центром, lyaschevasveta@eandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6790-0770;

Л.Н. Злобина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории качества зерна, L9172193438@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;

Л.В. Андреева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна, l.v.andreeva_75@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3631-1084

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», 410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Известно, что в селекционном процессе имеется большая потребность в методах быстрых, работающих на минимальных навесках экспериментального материала и раскрывающих качественный потенциал сортообразцов. Для этого в практике лабораторных оценок, чтобы освободиться от неперспективных номеров, прибегают вначале к седиментационному анализу, а в первичных звеньях селекции и при оценках озимой пшеницы в предуборочный период этот вид анализа может являться основным. Цель настоящего исследования – выявить методом седиментационного анализа наиболее ценные генотипы в селекционных питомниках для оптимизации селекционного процесса озимой мягкой пшеницы на качество зерна. Показатель седиментации оценивали по методике с использованием 2% раствора поверхностно-активного вещества додецилсульфата натрия (SDS) и 9,4% молочной кислоты. Содержание клейковины и ее качество, объемный выход хлеба и число падения определяли по общепринятым методикам. В целях наиболее точной интерпретации результатов исследований применяли однофакторный дисперсионный анализ.

Пределы варьирования показателя седиментации в питомнике КСИ составили 35–57 мл (2017 г.); 50–83 мл (2018 г.); 56–84 мл (2019 г.); в КП-1: 44–95 мл (анализировали 945 образцов); в КП-2 – 50–94 мл (анализировали 100 образцов). В изучаемом питомнике КСИ, который размещали по пару, 25 из 36 сортообразцов являются очень сильными по качеству; 7 – сильными; 4 – средними; удовлетворительных и слабых не выявлено. Что же касается питомника КП-2 88 из 100 – очень сильные, 11 – сильные и только 1 – средний по качеству. В КП-1 из 945 номеров 480 – очень сильные, что составляет 51%; 440 – сильные (46%), и только 3% (25 шт.) – средние по качеству; удовлетворительных и слабых нет.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, седиментация, качество зерна, селекция, поверхностно-активные вещества (ПАВ), додецилсульфат натрия (SDS).

Для цитирования: Кулеватова Т.Б., Лящева С.В., Злобина Л.Н., Андреева Л.В. Особенности определения качества озимой мягкой пшеницы методом седиментационного анализа // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-51-56.



ESTIMATION FEATURES OF WINTER BREAD WHEAT QUALITY BY THE METHOD OF SEDIMENTATION ANALYSIS

T.B. Kulevatova, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for grain quality, Rogozhkina2008@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;

S.V. Lyasheva, Candidate of Agricultural Sciences, head of the breeding center, lyaschevasveta@eandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6790-0770;

L.N. Zlobina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for grain quality, L9172193438@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;

L.V. Andreeva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain quality, l.v.andreeva_75@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3631-1084

Federal Agricultural Research Center of South-East, 410010, Saratov, Tulaykov Str., 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

It is known that the breeding process is in a great need for fast methods, working on minimal weights of experimental material and revealing the qualitative potential of the varieties. For this purpose, in order to get rid of unpromising numbers, the laboratory assessments widely use a sedimentation analysis, this type of analysis being the main one at the primary stages of breeding and when estimating winter wheat in the pre-harvesting period. The purpose of the current study was to identify the most valuable genotypes in seed plots by sedimentation analysis to optimize the breeding process of winter bread wheat for grain quality. The sedimentation index was estimated by the method using a 2% surfactant (SAS) solution of the sodium dodecyl sulfate (SDS) and 9.4% lactic acid. Gluten content and its quality, volumetric bread yield and falling number were assessed according to generally accepted methods. For the most accurate interpretation of the study results there has been used a one-way analysis of variance. The range of variation of the sedimentation index in the seed plot of CVT was 35–57 ml (2017); 50–83 ml (2018); 56–84 ml (2019); in KP-1 it was 44–95 ml (there were analyzed 945 samples); in KP-2 it was 50–94 ml (there were analyzed 100 samples). In the studied seed plot of CVT, which was laid fallow, 25 of 36 variety samples were very strong in quality; 7 ones were

strong; 4 ones were medium; there were not identified any satisfactory and weak samples. As for the seed plot KP-2, 88 of 100 were very strong, 11 ones were strong and only one sample was average in quality. In the seed plot KP-1 480 of 945 were very strong (51%); 440 samples were strong (46%), and only 3% (25 pieces) were average in quality; there were not identified any satisfactory and weak samples.

Keywords: winter bread wheat, sedimentation, grain quality, breeding, surfactants (SAS), sodium dodecyl sulfate (SDS).

Введение. Процесс оседания частиц дисперсной фазы в газообразной или жидкой среде под действием силы тяжести называют седиментацией и подчиняется закону Стокса: $v = (2g(p-p_0)) r^2/9\eta$. Известно, что метод седиментационного анализа широко используется в неорганической химии, в частности для определения размера частиц веществ посредством построения интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размеру. Что касается органических соединений, то в системах на их основе наблюдают явление набухания биополимеров при взаимодействии частиц размолотого зерна с органическими жидкостями, так как в состав зерна входят крахмал, белковые молекулы и т.д. Для получения агломератов, чтобы зафиксировать движение их в органических системах, используются ПАВ – поверхностно-активные вещества, в частности додецилсульфат натрия (SDS). С помощью такого подхода разработаны и успешно применяются методики определения качества зерна в интересах селекции (Абугалиева и Савин, 2018; Бебякин и Бунтина, 1991). Известно, что в селекционном процессе имеется потребность в методах быстрых, работающих на минимальных навесках экспериментального материала и раскрывающих качественный потенциал сортообразцов; для этого в практике лабораторных оценок, чтобы освободиться от неперспективных номеров, прибегают вначале к седиментации, а в первичных звеньях селекции и при оценках озимой пшеницы в предуборочный период этот вид анализа может являться основным (Пономарева и Пономарев, 2019; Копусь и др., 2010). Детально были разработаны методики седиментационного анализа для яровой мягкой и яровой твердой пшеницы. Что касается озимой пшеницы, то применение данных методик не дало нужной информативности. Напомним, что под информативностью признака понимают его количественную выраженность, лимитированность по годам, селекционную значимость: сортовую изменчивость, генотип-средовые взаимодействия по данному признаку и технологическую ценность. Количественная выраженность признака является необходимой ступенью для оценки пластичности и стабильности сортов и линий по признакам качества (Козлов и др., 2018; Чешкова и др., 2020).

Проведенная в последнее время работа по изучению седиментации в системе «цельнозерновое зерно озимой пшеницы-органическая жидкость» позволило определить наиболее информативную методику определения качества зерна данной культуры. Показатели, полученные по предложенной методике, в лучшей степени дифференцировали сортообраз-

цы и были теснее и стабильнее сопряжены по годам с другими критериями качества зерна. Так, разрешающая способность (CV) по рекомендованной методике – 18,9–34,6%. При этом взаимосвязь последней модификации с показателем ИДК-1 колебалась по годам в пределах $-0,51^* \dots -0,71^{**}$, где * – показатель 5%-го уровня значимости (95%-й уровень вероятности), а ** – 1%-го уровня значимости (99%-й уровень вероятности).

Известно, что в селекционном процессе система индексов качества зерна озимой пшеницы включает: содержание клейковины в муке, вязкость клейстеризованной суспензии и площадь, ограниченную кривой альвеографа (Бебякин и др., 2007). Количество и качество клейковины находятся в неблагоприятных отношениях для отбора ценных генотипов ($r = 0,59^{**} - 0,82^{**}$). Если в период формирования и налива зерна наблюдается неравномерное количество осадков или их относительный избыток. Это значит, что вероятнее всего, отбор по одному из вышеназванных показателей может противоречить другому. Показатель SDS (додецилсульфат натрия) – седиментации коррелирует с силой муки ($r = 0,59^{**} - 0,72^{**}$, $r_g = 0,74^{**}$) и с ОВХ ($r = 0,74^{**}$; $r_g = 0,59^{**}$).

Цель настоящего исследования – выявить наиболее ценные генотипы методом седиментационного анализа для оптимизации селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна.

Материалы и методы исследований. Исследованию подвергались сорта и перспективные линии озимой мягкой пшеницы, выращенные в питомниках конкурсного сортоиспытания (КСИ) лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» г. Саратов урожая трех лет (2017, 2018, 2019 гг.) в количестве 36, 35 и 36 штук соответственно; питомников КП-1 (контрольный питомник первого года изучения) в количестве 945 штук и КП-2 (контрольный питомник второго года изучения) урожая 2019 года в количестве 100 штук по предшественнику черный пар. Регион характеризуется умеренно-континентальным климатом, преобладают почвы – черноземы южные.

Показатель седиментации оценивали по методике с использованием 2% раствора поверхностно-активного вещества додецилсульфата натрия и 9,4% молочной кислоты (Бебякин и др., 1987). Ранее исследователями (Копусь и др., 2010) была предложена дифференцированная шкала градации сортов озимой пшеницы по качеству зерна в зависимости от количественной выраженности показателя SDS-седиментации (табл. 1).

1. Дифференцированная шкала градаций качества зерна озимой пшеницы по показателю SDS-седиментации
1. Differentiated scale of winter wheat grain quality gradations in terms of SDS-sedimentation

Культура	Очень сильная (5 баллов)	Сильная (4 балла)	Средняя (3 балла)	Удовлетворительная (2 балла)	Слабая (1 балл)
Озимая мягкая пшеница по пару	66 мл и выше	65–55 мл	54–45 мл	44–40мл	39 мл и ниже
Озимая мягкая пшеница по непаровым предшественникам	64 мл и выше	63–50 мл	49–95 мл	44–40мл	39 мл и ниже
Твердая озимая пшеница по пару	40 мл и выше	39–35 мл	34–30 мл	29–25мл	24 мл и ниже

Содержание клейковины и ее качество оценивали по ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины; число падения – по ГОСТ 27676-88 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения; объемный выход хлеба – по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1988 г). В целях наиболее точной интерпретации результатов исследований, для выявления достоверности различий между показателями седиментации применяли однофакторный дисперсионный анализ. Была проведена оценка НСР (наименьшая существенная разница при достоверности F-критерия). По выра-

женности данного показателя и по критерию множественных сравнений частных средних оценивали значимость различий между сортообразцами. Взаимодействия «генотип-среда» определяли по коэффициенту фенотипической корреляции (r) с помощью корреляционного метода статистической обработки данных в пакете программ «Agros».

Анализируя данные метеорологических условий в годы проведения эксперимента (табл. 2 и 3), можно сделать выводы об особенностях вегетационного периода, ответственного за налив и созревание зерна озимой мягкой пшеницы.

2. Количество осадков за период весна-лето по фазам развития растений озимой мягкой пшеницы в сравнении с многолетними данными (2017–2019 гг.)
2. Amount of precipitation for the spring-summer period according to vegetation periods of winter bread wheat in comparison with long-term data (2017–2019)

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	мм	Процент (%) от среднемноголетних значений	мм	Процент (%) от среднемноголетних значений	мм	Процент (%) от среднемноголетних значений	мм	Процент (%) от среднемноголетних значений
2017	99,3	231	66,7	148	51,5	100	3,3	113
2018	26,1	65	14,1	31	87,7	172	4,4	10
2019	34,3	80	21,0	47	49,9	98	46,6	106

3. Температура воздуха за период весна-лето по фазам развития растений озимой мягкой пшеницы в сравнении с многолетними данными (2017–2019 гг.)
3. Air temperature for the spring-summer period 2017–2019 compared to long-term data

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	Т °С	Процент (%) от среднемноголетних значений	ГТК	Т °С	Процент (%) от среднемноголетних значений	ГТК	Т °С	Процент (%) от среднемноголетних значений	ГТК	Т °С	Процент (%) от среднемноголетних значений	ГТК
2017	13,9	92,6	0,7	18,0	92,8	0,4	21,7	101,4	0,2	22,4	112,6	0,01
2018	18,3	12,2	0,1	19,9	102,6	0,1	23,7	110,7	0,4	21,7	19,9	0,02
2019	18,5	123	0,2	22,8	109,6	0,1	21,4	103,3	0,2	19,2	96,5	0,24

Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) определяли отношением суммы осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С к сумме температур за это же время, умноженной в 10 раз. Он характеризует увлажненность территории. Чем ниже гидротермический коэффициент, тем засушливее местность. Оптимальным считается увлажнение при его значениях от 1,0 до 1,5; избыточным – при ГТК более 1,6; недостаточным – при ГТК < 1.

Результаты и их обсуждение. Анализ образцов КП-1 и КП-2 особенно важен для дальнейшей оптимизации работы, так как данные

питомники представляют собой начальные этапы селекционного процесса. Питомник конкурсного сортоиспытания (КСИ) является завершающим этапом селекционного процесса – после него передают изучаемые линии на государственное испытание. Важно проводить всестороннюю оценку материала в данном питомнике как на урожайность, так и на качество зерна.

Принято считать, что основное влияние на качество зерна оказывают погодные условия именно в период его формирования и налива; для озимой мягкой пшеницы – это первая, вторая декады июня и первая декада июля.

Анализируя данные, представленные в таблицах 1 и 2, можно охарактеризовать май, июнь 2017 года и август 2019 как аномально холодные; август 2017 года, май, июль 2018 и май, июнь 2019 года – как экстремально теплые; а июнь, август 2018 года и июль 2019 – как аномально теплые месяцы. Таким образом, погод-

ные условия в годы проведения эксперимента были различными.

Пределы варьирования показателя седиментации в питомнике КСИ составили 35–57 мл (2017 г.); 50–83 мл (2018 г.); 56–84 (2019 г.) мл (табл. 4); в КП-1 – 44–95 мл (анализировали 945 образцов); в КП-2 – 50–94 мл (анализировали 100 образцов).

4. Показатель SDS-седиментации зерна сортов озимой мягкой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания
4. Indicator of SDS-sedimentation of winter bread wheat grain in the seed plot of the Competitive Variety Testing

№ п/п	Название сорта, линии	Показатель седиментации (мл)			\bar{X}
		годы			
		2017	2018	2019	
1.	Гостианум 237	50	83	84	72,3 h
2.	Лютесценс 230	40	68	75	61,0 cdefg
3.	Саратовская 8	45	70	64	59,7 cdefg
4.	Виктория 95	37	60	60	52,3 abc
5.	Губерния	35	50	56	47,0 a
6.	Мироновская 808	42	58	74	58,0 bcdef
7.	Донская безостая	53	63	82	66,0 defgh
8.	Саратовская 90	50	60	74	61,3 cdefg
9.	Левобережная 1	56	65	79	66,7 efgh
10.	Жемчужина Поволжья	54	57	64	58,3 bcdefg
11.	Смуглянка	35	64	68	55,7 abcd
12.	Саратовская 17	57	74	75	68,7 gh
13.	Калач 60	47	50	58	51,7 abc
14.	Созвездие	55	69	81	68,3 fgh
15.	Эльвира	40	57	65	54,0 abc
16.	Анастасия	38	53	56	49,0 ab
НСР		9,2			
F		5,6*			
CV		22,4%			

Примечание: Значимо не различающиеся между собой значения показателя седиментации обозначены одинаковой латинской буквой.

Самые высокие показатели седиментации были у сортов Гостианум 237, Донская безостая, Левобережная 1, Саратовская 17 и Созвездие.

При составлении исследовательских программ в селекции необходимо учитывать эффекты взаимодействия генотипов со средой. Известно, что изменение условий среды неодинаково влияет на количественную выраженность признаков у различных генотипов. Если коэффициент корреляции по одному и тому же признаку между средами равен +1, это значит, что взаимодействие «генотип-среда» отсутствует, генотипические значения изменяются

совершенно одинаково при разных условиях. Чем больше коэффициент корреляции отклоняется от +1, тем сильнее выражено взаимодействие. Определение его между одноименными признаками у генотипов, выращенных в различных условиях, является одним из наиболее простых способов оценки взаимодействий «генотип-среда» (Копусь и др., 2010).

Высокий коэффициент корреляции между одноименным признаком по годам свидетельствует о том, что показатель SDS-седиментации слабо чувствителен к изменениям условий внешней среды (табл. 5).

5. Эффекты «генотип-среда» (сезонные эффекты) по показателю SDS-седиментации
5. 'Genotype-environment' effects (seasonal effects) according to SDS-sedimentation

Годы	2017	2018	2019
2017	1,0000	–	–
2018	0,4387* (Sr = 0,064)	1,0000	–
2019	0,6313** (Sr = 0,055)	0,7406** (Sr = 0,048)	1,0000

*Примечание: *, ** – Взаимосвязь достоверна соответственно на 5 и 1%-м уровнях значимости. Sr = стандартная ошибка коэффициента корреляции.*

На основании количественной выраженности индексов качества перспективных линий

озимой мягкой пшеницы из питомника КСИ (табл. 6) был проведен корреляционный ана-

лиз, который установил, что показатель SDS-седиментации положительно взаимосвязан с объемным выходом хлеба ($r = 0,3749$; $Sr = 0,22$);

с содержанием клейковины ($r = 0,26904$; $Sr = 0,23$) и отрицательно с числом падения ($r = -0,2465$; $Sr = 0,23$).

6. Показатели качества зерна перспективных линий озимой мягкой пшеницы (питомник КСИ, урожай 2019 г.)

6. Indicators of grain quality of the promising winter bread wheat lines (seed plot of CVT, yield of 2019)

№ селекционный	Показатель SDS-седиментации, мл	Содержание клейковины в муке, %	Показатель ИДК, ед. прибора	Объем хлеба, см ³	Число падения, с
17.	75	23,8	65	855	495
18.	80	28,3	73	880	365
19.	70	26,8	62	805	483
20.	69	30,0	76	850	433
21.	71	25,6	67	770	372
22.	75	26,9	74	840	455
23.	74	28,1	77	860	372
24.	72	24,5	67	750	396
25.	75	25,0	68	785	445
26.	72	29,2	70	800	278
27.	70	33,2	82	790	424
28.	75	28,4	72	880	474
29.	80	28,8	70	790	356
30.	75	28,8	63	785	488
31.	69	30,0	73	820	489
32.	71	26,8	75	870	505
33.	86	30,6	70	865	423
34.	87	30,5	73	880	382
35.	80	33,5	82	850	426
36.	78	28,7	68	765	–

Более высоко значимых результатов можно ожидать при увеличении числовой выборки сортообразцов при статистическом анализе. Важно, что показатель SDS-седиментации значимо коррелирует с точкой экстремума миксолабограммы – C_2 , которая характеризует разжижение теста ($r = 0,4747^*$; $Sr = 0,21$). Согласно градации, приведенной в разделе «Материалы и методы исследования», в изучаемом нами питомнике КСИ, который размещали по пару, 25 из 36 сортообразцов являются очень сильными по качеству; 7 – сильными; 4 – средними; удовлетворительных и слабых не выявлено. В КП-1 из 945 номеров 480 очень сильные, что составляет 51%; 440 – сильные (46%), и только 3% (25 штук) – средние по качеству; удовлетворительных и слабых нет. В КП-2 из 100 номеров 88 очень сильных (88%), 1 средний и 11 (11%) сильных по качеству сортообразцов.

Выводы. Полученные данные позволяют со всей ответственностью рекомендовать к применению показатель седиментации

для объективной оценки перспективных по качеству зерна линий, выращенных в различных селекционных питомниках из года в год и сделать следующие выводы:

1. Использование показателя SDS-седиментации для оценки качества зерна озимой мягкой пшеницы в селекции высоко информативно.

2. Показатель SDS-седиментации слабо чувствителен к изменениям условий внешней среды.

3. Большинство сортообразцов (более 80%) озимой мягкой пшеницы в питомниках КП-1, КП-2 и КСИ лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» являются «очень сильными» и «сильными» по качеству зерна.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о значительных успехах саратовских специалистов в создании селекционного материала озимой мягкой пшеницы высокого качества.

Библиографические ссылки

1. Абугалиева А.И., Савин Т.В. Биохимический состав и технологическая оценка зерна интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы с участием различных видов *Triticum* и *Aegilops* // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2018. Том 22. № 3. С. 353–362. DOI 10.18699/VJ18371.

2. Бебякин В.М., Бунтина М.В., Васильчук Н.С. Эффективность SDS-седиментационной и миксографической оценок при тестировании качества зерна яровой твердой пшеницы // Вестник сельскохозяйственной науки. 1987. № 7. С. 65–70.

3. Бебякин В.М., Сергеева А.И., Крупнова О.В., Прянишников А.И., Кулеватова Т.Б. Фенотипическая стабильность сортов озимой пшеницы по критериям качества зерна // Агро XXI. 2007. № 4-6. С. 14–16.

4. Козлов В.Е., Пономаренко В.И., Размахнин Е.П. Пластичность образа жизни у групп озимых образцов пшеницы и тритикале // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 3. С. 310–315. DOI:10.18699/VJ18.365.

5. Копусь М.М., Нецветаев В.П., Копусь Е.М., Маркарова А.Р., Нецветаева О.В. Экспресс-методы оценки селекционного материала пшеницы по качеству зерна // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 19–22.

6. Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Кайргалиев Д.В., Лихолетов Е.А. О качестве зерна озимой пшеницы // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4(36). С. 92–97.

7. Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Свистунов Ю.С. О качестве зерна озимой пшеницы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1-3. С. 47–48.

8. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. 23(3). С. 320–327. DOI 10.18699/VJ19.496.

9. Самофалова Н.Е., Копусь М.М., Скрипка О.В. Марченко Д.М., Самофалов А.П., Иличкина Н.П., Гричаникова Т.А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.

10. Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Алейников А.Ф., Гребенникова И.Г., Пономаренко В.И. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Том 24. № 3. С. 267–275. DOI:10.18699/VJ20.619.

References

1. Abugaliev A.I., Savin T.V. Biohimicheskij sostav i tekhnologicheskaya ocenka zerna introgressivnyh form ozimoy myagkoj pshenicy s uchastiem razlichnyh vidov Triticum i Aegilops [Biochemical composition and technological estimation of grain of introgressive winter bread wheat forms with the participation of various species of Triticum and Aegilops] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. Tom 22. № 3. S. 353–362. DOI 10.18699/VJ18371.

2. Bebyakin V.M., Buntina M.V., Vasil'chuk N.S. Effektivnost' SDS-sedimentacionnoj i miksograficheskoy ocenok pri testirovanii kachestva zerna yarovoj tverdoj pshenicy [Efficiency of SDS-sedimentation and mixographic estimation in testing grain quality of spring durum wheat] // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1987. № 7. S.65–70.

3. Bebyakin V.M., Sergeeva A.I., Krupnova O.V., Pryanishnikov A.I., Kulevatova T.B.. Fenotipicheskaya stabil'nost' sortov ozimoy pshenicy po kriteriyam kachestva zerna [Phenotypic stability of winter wheat varieties according to grain quality criteria] // Agro XXI. 2007. № 4-6. S. 14–16.

4. Kozlov V.E., Ponomarenko V.I., Razmahnin E.P. Plastichnost' obraza zhizni u grupp ozimyh obrazcov pshenicy i tritikale [Adaptability of winter wheat and triticale samples] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. T. 22. № 3. S. 310–315. DOI:10.18699/VJ18.365.

5. Kopus' M.M., Necvetaev V.P., Kopus' E.M., Markarova A.R., Necvetaeva O.V. Ekspres-metody ocenki selekcionnogo materiala pshenicy po kachestvu zerna [Express methods for assessing wheat breeding material according to grain quality] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 1. S. 19–22.

6. Kulevatova T.B., Andreeva L.V., Kajrgaliev D.V., Liholetoev E.A. O kachestve zerna ozimoy pshenicy [About the quality of winter wheat grain] // Izvestiya Nizhnevolskogo Agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. № 4(36). S. 92–97.

7. Kulevatova T.B., Andreeva L.V., Svistunov YU.S. O kachestve zerna ozimoy pshenicy [About the quality of winter wheat grain] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2013. № 1-3. S. 47–48.

8. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N. Optimizaciya parametrov kachestva zerna dlya selekcii ozimoy rzi [Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. 23(3). S. 320–327. DOI 10.18699/VJ19.496.

9. Samofalova N.E., Kopus' M.M., Skripka O.V. Marchenko D.M., Samofalov A.P., Ilichkina N.P., Grichanikova T.A. SDS-sedimentaciya v poetapnoj ocenke selekcionnogo materiala ozimoy pshenicy po kachestvu zerna (nauchno-prakticheskie rekomendacii) [SDS-sedimentation in the stage-by-stage estimation of winter wheat breeding material according to grain quality (scientific and practical recommendations)]. Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.

10. Cheshkova A.F., Styopochkin P.I., Alejnikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I. Sravnenie statisticheskikh metodov ocenki stabil'nosti urozhajnosti ozimoy pshenicy [Comparison of statistical methods for estimating the stability of winter wheat productivity] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. Tom 24. № 3. S. 267–275. DOI:10.18699/VJ20.619.

Поступила: 2.03.21; 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. Кулеватова Т.Б. – концептуализация исследования, анализ данных и подготовка рукописи; Лящева С.В. – выполнение полевых опытов, сбор материала для исследования; Злобина Л.Н. – выполнение лабораторных опытов, математическая обработка данных; Андреева Л.В. – выполнение лабораторных опытов, систематизация данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11:631.524.84

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62

**ВЛИЯНИЕ КУЩЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В РАЗЛИЧНЫХ АГРОМЕТЕОУСЛОВИЯХ**

Т.А. Барковская, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства,
ORCID ID: 0000-0002-4453-0367;

О.В. Гладышева, кандидат сельскохозяйственных наук, директор,
ORCID ID: 0000-0001-9030-0055

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

Работу проводили в 2010–2019 годах на базе института семеноводства и агротехнологий, расположенном в Рязанской области, с целью определения доли участия побегов кущения в формировании урожайности сортов яровой пшеницы в различных агрометеословиях. В исследовании принимали участие сорта Лада, Агата, РИМА, Маэстро селекции Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Урожайность яровой пшеницы в среднем по сортам, в зависимости от уровня влагообеспеченности вегетационных периодов, имела значительный разброс 2,20–5,29 т/га. Густота стеблестоя в среднем по сортам варьировала от 216 до 620 шт/м². Минимальное значение в 153–253 шт/м² формировалось в условиях жесткой засухи, с улучшением влагообеспеченности отмечено резкое увеличение показателя, в среднем в 2,6 раза. Выявлено, что в более влажных условиях (ГТК 0,98–1,55) растения смогли в большей степени реализовать потенциальные возможности кущения, общие показатели кущения по сортам находились в пределах 1,06–1,23 и 1,63–2,11. Оценено влияние второстепенных побегов на урожайность, которое в среднем по опыту составило 35,2%, а в зависимости от генотипа и условий внешней среды – от 10,6 до 48,3%. Установлено снижение побегообразования у сорта Лада при дефиците влаги в 2,4 раза. Выяснено, что сорт РИМА обладает наименьшим коэффициентом кущения по всем периодам вегетации и вклад в его урожайность преимущественно вносит масса зерна с главного колоса. Во влагодефицитных периодах доля влияния боковых побегов у сорта Агата находилась на уровне средних значений, и больше, чем у сортов Лада и РИМА на 9,9 и 13,1% соответственно. Максимальное значение урожая на боковых побегах формировал сорт Маэстро, доля урожайности с второстепенных побегов во всех периодах у него была выше, чем у всех сортов и составила 39,1–48,3%.

Ключевые слова: пшеница яровая, урожайность, влагообеспеченность, степень кущения, побегообразование, густота стеблестоя, боковые побеги.

Для цитирования: Барковская Т.А., Гладышева О.В. Влияние кущения на урожайность яровой пшеницы в различных агрометеословиях // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 57–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62.

**THE EFFECT OF TILLERING ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITY
IN VARIOUS AGRO-WEATHER CONDITIONS**

T.A. Barkovskaya, senior researcher of the department of breeding and seed production,
ORCID ID: 0000-0002-4453-0367;

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

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

The current study was carried out on the basis of the Institute of Seed Production and Agrotechnologies, located in the Ryazan Region in 2010–2019, in order to determine the participation share of tillering shoots in the formation of spring wheat productivity in various agro-weather conditions. The objects of the study were the varieties 'Lada', 'Agata', 'RIMA', 'Maestro' developed by the Federal Research Agro-Engineering Center VIM. The mean productivity of the studied spring wheat varieties, depending on the level of moisture supply of the growing seasons, had a significant range of 2.20–5.29 t/ha. The mean density of the stems varied from 216 to 620 pcs/m² among the varieties. The minimum value of 153–253 pcs/m² was formed under severe drought conditions. When moisture supply improved, the indicator sharply increased in 2.6 times. There has been established that in more humid conditions (HTC 0.98–1.55) the plants were able to realize their potential tillering to a greater extent, the general indicators of tillering among the varieties ranged from 1.06 to 1.23 and 1.63 to 2.11. There was estimated an effect of secondary shoots on productivity, which was 35.2% on average in the trial, and from 10.6% to 48.3% depending on the genotype and environmental conditions. There has been found a shoot formation decrease in 2.4 times of the variety 'Lada' under a moisture deficit. There has been determined that the variety 'RIMA' had the lowest tillering coefficient for all vegetation periods, and grain weight per a main spike mainly contributed to its productivity. During the moisture deficit periods, the share of the effect of lateral shoots in the variety 'Agata' was at the level of mean values, and on 9.9% and 13.1% more than in the varieties 'Lada' and 'RIMA', respectively. The maximum value of the productivity on the lateral shoots was formed

by the variety 'Maestro', the productivity share of the secondary shoots during all periods was higher than that of all varieties and amounted to 39.1–48.3%.

Keywords: spring wheat, productivity, moisture supply, tillering degree, shoot formation, stand density, lateral shoots.

Введение. Основным направлением современного растениеводства является повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Механизмы её формирования сложны, полигенны и подвержены существенному влиянию многих факторов, в т.ч. влагообеспеченности, её иррегулярности и неустойчивости по фазам развития растений (Колесников и др., 2015; Рыбась, 2016; Сыздыкова и др., 2018; Шаманин и др., 2018).

Уровень урожайности зерновых культур, в т.ч. яровой пшеницы, зависит от числа продуктивных растений и веса зерна с колоса (Кумаков, 1995; Радченко и др., 2016; Барковская и др., 2019), эти показатели в свою очередь являются интегралом ряда переменных.

Величина продуктивного стеблестоя зависит от типа формирования растений, т.е. кустистости, степень которой положительно влияет на продуктивность культуры. Одним из аспектов получения высокой и стабильной урожайности зерна является создание сортов, способных за счёт побегообразования формировать оптимальный по плотности продуктивный стеблестой, где доля участия побегов кущения при достаточной влагообеспеченности может составлять 15–25% (Неттевич, 1976).

Большое влияние на процесс формирования побегов кущения яровой пшеницы оказывают гидротермические условия, сортовые особенности, площадь питания растений и запасы питательных веществ в семенном зерне. Изучение вклада в урожайность яровой пшеницы отдельных элементов её структуры, в частности густоты продуктивного стеблестоя, имеет актуальное значение, так как при загущенном посеве обостряется конкуренция за питательные вещества, свет и влагу, появляются оптимальные условия для поразения вредителями и болезнями, что приводит к снижению продуктивности. И наоборот, разреженный стеблестой, даже при повышенной способности сорта к кущению приводит к резкому снижению урожайности.

Современные сорта обладают высокой способностью к побегообразованию, что можно использовать при формировании технологии возделывания. В связи с этим необходимы знания особенностей формирования этого параметра у новых сортов и культуры в целом, с учетом настоящих агрометеорологических условий конкретной зоны.

Цель исследований – определить долю участия побегов кущения в формировании урожайности сортов яровой пшеницы в различных агрометеорологических условиях.

Материалы и методы исследований. Работа проведена в 2010–2019 годах на базе института семеноводства и агротехнологий, расположенном в Рязанской области. Климат области типичен для средней полосы Европейской

части России и относится к зоне неустойчивого увлажнения, вследствие частых засушливых периодов и неравномерного выпадения атмосферных осадков по сезонам.

В исследовании принимали участие сорта, оригинатором которых является ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, в том числе широко используемый в производстве сорт Лада, современные сорта – Агата, РИМА и перспективный – Маэстро.

Агротехническая характеристика опытного участка: тип почвы темно-серый лесной, гранулометрический состав тяжелосуглинистый, уровень плодородия средний: содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 3,05%, азота нитратного (ГОСТ 26951-86) – 26,7 мг/кг, азота аммонийного (ГОСТ 26489-85) – 1,65 мг/кг, РН солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85) – 4,89 ед. рН, подвижного фосфора (ГОСТ 54650-2011) – 270,8 мг/кг, подвижного калия (ГОСТ 54650-2011) – 168 мг/кг, обменного магния (ГОСТ 26487-85) – 1,58 ммоль/ 100 г почвы.

Агротехника в опыте общепринятая с использованием сложного удобрения, рекомендованного под данную культуру – азофоска в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ (Гладышева и др., 2008), посев проведен после озимой пшеницы, с нормой высева семян – 6,0 млн зёрен на гектар. Площадь учетной делянки – 12 м², повторность четырехкратная. Опыт двухфакторный: фактор А – сорт, фактор В – условия (ГТК).

Научные исследования осуществляли согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985). Математическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (2012).

В ходе анализа элементов структуры урожая учитывали общее число стеблей, продуктивный стеблестой, массу зерна с растения, с главного колоса и боковых побегов.

Интегральный показатель увлажненности (ГТК) рассчитывали по Г.Т. Селянинову: увлажнение избыточно – более 1,5; оптимально – 1,0–1,5; засушливо – 0,7–1,0; очень засушливо – 0,4–0,7; сухо – менее 0,4.

По степени увлажнения вегетационные периоды 2010–2019 гг. относятся к трём группам: острозасушливый, засушливый и оптимальный. Средний коэффициент влагообеспеченности всех вегетационных периодов яровой пшеницы составил 0,87, это на 13% ниже оптимального коэффициента, что указывает на некоторую засушливость зоны проведения опыта. Оптимальными условиями характеризовались четыре года (2012, 2013, 2018, 2019) с ГТК 0,98–1,55 и суммой активных температур 1536–1999 °С. В острозасушливые годы (2010, 2011) коэффициент влагообеспеченности находился в интервале 0,28–0,39, количество осадков было на 64,3% меньше среднееголетних значений (табл. 1).

1. Гидротермический коэффициент, количество осадков и сумма активных температур в различные вегетационные периоды, май – I декада августа (2010–2019 гг.)

1. Hydrothermal coefficient, amount of precipitation and the sum of active temperatures in different vegetation periods, May – First decade of August (2010–2019)

Вегетационный период	Годы	ГТК	Количество осадков, мм	Сумма активных температур, °С
Острозасушливый	2010, 2011	0,28–0,39	60–89	2174–2458
Засушливый	2012, 2013, 2018, 2019	0,67–0,87	125–137	2062–2287
Оптимальный	2014, 2015, 2016, 2017	0,98–1,55	164–252	1526–1999

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что в зависимости от уровня влагообеспеченности вегетационных периодов урожайность яровой пшеницы в среднем по сортам в опыте имела значительный разброс: 2,20–5,29 т/га.

В условиях острой засухи была получена самая низкая урожайность сортов 1,57–2,82 т/га, что ниже средних значений опыта в 1,8 раза,

или на 1,71 т/га. Это следствие сильной изреженности растений яровой пшеницы, слабой степени кущения и сохранности к уборке незначительного числа продуктивных стеблей в острозасушливые периоды. Важно отметить, что наибольшее значение урожайности в эти периоды зафиксировано у сортов Агата и Маэстро – 2,48 и 2,82 т/га соответственно (табл. 2).

2. Урожайность сортов и густота стояния растений яровой пшеницы (2010–2019 гг.)

2. Productivity of the varieties and stand density of spring wheat (2010–2019)

Сорт	Урожайность, т/га	Всего стеблей, шт. на 1 м ²	Коэффициент общего кущения	Продуктивный стеблестой, шт. на 1 м ²	Коэффициент продуктивного кущения	Доля не продуктивных стеблей, %
Острозасушливые: 2010, 2011 (ГТК 0,28-0,39)						
Лада	1,94	213	1,17	206	1,13	3,2
Агата	2,48	245	1,23	239	1,21	2,5
РИМА	1,57	153	1,06	149	1,04	2,6
Маэстро	2,82	253	1,17	247	1,14	2,4
Среднее	2,20	216	1,16	210	1,13	2,7
Засушливые: 2012, 2013, 2018, 2019 (ГТК 0,67-0,87)						
Лада	3,79	387	1,36	366	1,28	5,4
Агата	4,39	432	1,59	419	1,50	3,0
РИМА	4,02	353	1,31	343	1,23	2,8
Маэстро	4,78	440	1,47	425	1,42	3,4
Среднее	4,24	403	1,43	388	1,37	3,7
Оптимальные: 2014, 2015, 2016, 2017 (ГТК 0,98-1,55)						
Лада	4,88	565	1,64	531	1,57	6,0
Агата	5,18	673	2,11	638	2,02	5,2
РИМА	4,98	555	1,63	536	1,54	3,4
Маэстро	6,13	688	1,81	642	1,70	6,6
Среднее	5,29	620	1,79	588	1,71	5,3
Среднее по опыту	3,91	413	1,46	395	1,40	4,3
НСР _{0,5} для А	0,29	9,43	–	8,09	–	–
В	0,78	44,4	–	43,6	–	–

Достаточная влагообеспеченность по вегетации (ГТК 0,98–1,55) способствовала увеличению урожайности яровой пшеницы в среднем в 2,4 раза в сравнении с острозасушливым периодом. Урожайность культуры зависит от элементов структуры, которые в свою очередь находятся в тесной взаимосвязи с количеством стеблей и кустистостью.

Структурный анализ растений различных сортов позволил оценить влияние погодных условий на формирование элементов урожайности. Густота стеблестоя в зависимости от агрометеоусловий в среднем по сортам варьировала от 216 до 620 шт/м². Минимальное значение в 153–253 шт/м² формировалось в ус-

ловиях жесткой засухи, с улучшением влагообеспеченности отмечено резкое увеличение показателя, в среднем в 2,6 раза. Наиболее сильно на улучшение условий отреагировал сорт РИМА, увеличив стеблестой в 3,6 раза.

В экстремальных условиях (ГТК 0,28–0,39) в среднем у изучаемых сортов коэффициент общего и продуктивного кущения варьировал в пределах 1,04–1,23. Наибольший коэффициент общего кущения в этих условиях отмечен у сорта Агата – 1,23, проявление устойчивости к недостатку влаги и лучшая способность к побегообразованию – характерная черта этого сорта. С улучшением влагообеспеченности (ГТК 0,67–0,87) показатель кустистости

в целом был выше по всем сортам и составлял 1,31–1,59.

В более влажных условиях (ГТК 0,98–1,55) растения смогли в большей степени реализовать потенциальные возможности кущения. Общие показатели кущения по сортам находились в пределах 1,06–1,23 и 1,63–2,11, при среднем значении – 1,79. У всех сортов коэффициент общего кущения по сравнению с острозасушливым периодом увеличился на 29–42%.

В целом увеличение влагообеспеченности влечет образование дополнительных стеблей, которые могут быть как продуктивными, так и непродуктивными. В течение всех лет исследований в среднем по опыту доля непродуктивных стеблей по всем сортам составила 4,3%. Наибольшее количество непродуктивных сте-

блей формировалось в оптимальные годы. В острозасушливые периоды их доля составила 2,7%, в засушливые – увеличилась на 1% и составила 3,7%, в оптимальные периоды увеличение произошло практически в 2 раза по сравнению с острозасушливыми. Наиболее отзывчивыми сортами на улучшение влагообеспеченности были сорта Лада и Маэстро.

По годам вегетации продуктивность одного растения имела значительный разброс. Так, в острозасушливых периодах в среднем масса зерна с растения составляла 1,14 г, в оптимальные периоды она повышалась до 2,08 г, практически в 2 раза. Исследуемые сорта имели существенные различия по величине продуктивности с растения, главного колоса и боковых побегов (табл. 3).

3. Масса зерна растения и влияние боковых побегов на урожайность яровой пшеницы (2010–2019 гг.)

3. Grain weight per plant and the effect of lateral shoots on spring wheat productivity (2010–2019)

Сорт	Масса зерна, г			Доля влияния боковых побегов, %
	растения	главного колоса	боковых побегов	
Острозасушливые 2010, 2011 (ГТК 0,28-0,39)				
Лада	0,94	0,81	0,13	13,8
Агата	1,18	0,90	0,28	23,7
РИМА	1,04	0,93	0,11	10,6
Маэстро	1,38	0,84	0,54	39,1
Среднее	1,14	0,87	0,27	23,7
Засушливые 2012, 2013, 2018, 2019 (ГТК 0,67-0,87)				
Лада	1,34	0,89	0,45	33,6
Агата	1,67	1,03	0,64	38,3
РИМА	1,43	1,10	0,33	23,1
Маэстро	1,78	0,98	0,80	44,9
Среднее	1,56	1,0	0,56	35,9
Оптимальные 2014, 2015, 2016, 2017 (ГТК 0,98-1,55)				
Лада	1,88	1,07	0,81	43,1
Агата	2,26	1,33	0,93	41,1
РИМА	1,79	1,33	0,46	25,7
Маэстро	2,38	1,23	1,15	48,3
Среднее	2,08	1,24	0,84	40,4
Среднее по опыту	1,59	1,07	0,56	35,2
НСР _{0,5} для А	0,06	0,05	0,04	–
В	0,09	0,10	0,09	–

По массе зерна с главного колоса в опыте выделены сорта Агата и РИМА с превышением над средними значениями на 3,0–7,3 и 6,8–10,0%, соответственно.

Наибольшая масса зерна с боковых побегов во все годы исследований зафиксирована у сортов Агата и Маэстро, выше средних значений на 3,7–14,3 и 36,9–100% соответственно.

В исследованиях установлена доля влияния второстепенных побегов на продуктивность, которая в среднем по опыту составила 35,2%, а в зависимости от генотипа и условий внешней среды – от 10,6 до 48,3%.

В сухие годы среднее значение этого показателя составляло 23,7%, с улучшением условий увлажнения увеличивалось до 35,9%, или в 1,5 раза. Дальнейшее улучшение влагообеспеченности до оптимальных значений уве-

личивало вклад боковых побегов в урожайность до 40,4%.

Выявлено, что боковые побеги в критических условиях мало влияли на урожайность сортов Лада и РИМА. У сорта Лада при дефиците влаги отмечено снижение побегообразования в 2,4 раза, сорт требователен к условиям увлажнения и способен формировать плотный стеблестой только при достаточном влагообеспечении. У сорта РИМА обладающего наименьшим коэффициентом кущения, по всем периодам вегетации вклад в урожайность преимущественно вносит масса зерна с главного колоса.

Во влагодефицитных периодах доля влияния боковых побегов сорта Агата находилась на уровне средних значений, однако больше, чем у сортов Лада и РИМА на 9,9 и 13,1% соот-

ветственно. Максимальное значение урожая на боковых побегах формировал сорт Маэстро, доля продуктивности с второстепенных побегов во всех периодах у него была выше, чем у всех сортов и составляла 39,1–48,3%.

Выводы. В результате исследования выявлена доля побегов кушения в формировании продуктивности, которая в среднем по опыту составила 35,2%. Доля влияния второстепенных побегов на продуктивность в зависимости от генотипа и условий внешней среды составила от 10,6 до 48,3%. Урожайность сорта РИМА во все годы формировалась в основном за счёт

главного колоса. За счёт второстепенных побегов происходило формирование продуктивности сорта Маэстро, их вклад в продуктивность составил 39,1–48,3%. В засушливые и оптимальные годы боковые побеги наиболее сильно влияли на продуктивность сортов Агата – до 38,3–41,1% и Лада – до 33,6–43,1%.

При уменьшении влагообеспеченности отмечено резкое снижение продуктивности культуры – в 2,4 раза. Полученные данные в исследованиях можно использовать в дальнейшем при разработке сортовой технологии возделывания.

Библиографические ссылки

1. Барковская Т.А., Гладышева О.В. Образцы яровой мягкой пшеницы с ценными признаками // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 28–31. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/28-32>.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.
3. Колесников Л.Е., Сурин В.Г., Киселев М.В., Колесникова Ю.Р. Применение спектрометрического анализа при оценке адаптивного потенциала мягкой пшеницы к условиям Северо-Западного региона РФ // Вестник СПбГУ. 2015. № 2. С. 78–89.
4. Кумаков В.А. Физиология формирования урожая яровой пшеницы и проблемы селекции // Сельскохозяйственная биология. 1995. № 5. С. 3–19.
5. Неттевич Э.Д. Яровая пшеница в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1976. 220 с.
6. Радченко Л.А., Радченко А.Ф. Уровень проявления генетического потенциала сорта в зависимости от условий выращивания // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1. С. 52–56.
7. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>.
8. Сыздыкова Г.Т., Середя С.Г., Малицкая Н.В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticumaestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 103–110. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>.
9. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Морфометрические параметры корневой системы и продуктивность растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 587–597. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3/587rus>.

References

1. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V. Obrazcy yarovoj myagkoj pshenicy s cennymi priznakami [Spring bread wheat samples with valuable traits] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 4. S. 28–31. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/28-32>.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M., 2012. 352 s.
3. Kolesnikov L.E., Surin V.G., Kiselev M.V., Kolesnikova YU.R. Primenenie spektrometricheskogo analiza pri ocenke adaptivnogo potenciala myagkoj pshenicy k usloviyam Severo-Zapadnogo regiona RF [Application of spectrometric analysis when estimating the adaptive potential of bread wheat to the conditions of the North-West region of the Russian Federation] // Vestnik SPbGU. 2015. № 2. S. 78–89.
4. Kumakov V.A. Fiziologiya formirovaniya urozhaya yarovoj pshenicy i problemy selekcii [Physiology of spring wheat yield formation and breeding problems] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1995. № 5. S. 3–19.
5. Nettevich E.D. Yarovaya pshenica v Nechernozemnoj zone [Spring wheat in the Non-Blackearth Zone]. M.: Rossel'hozizdat, 1976. 220 s.
6. Radchenko L.A., Radchenko A.F. Uroven' proyavleniya geneticheskogo potenciala sorta v zavisimosti ot uslovij vyrashchivaniya [The level of manifestation of the variety genetic potential, depending on the growing conditions] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 1. S. 52–56.
7. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur [Adaptability improvement when breeding grain crops] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 617–626. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>.
8. Syzdykova G.T., Sereda S.G., Malickaya N.V. Podbor sortov yarovoj myagkoj pshenicy (*Triticumaestivum* L.) po adaptivnosti k usloviyam stepnoj zony Akmolinskoj oblasti Kazakhstana [Selection of spring bread wheat varieties (*Triticumaestivum* L.) for adaptability to the conditions of the steppe zone of the Akmola region of Kazakhstan] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 1. S. 103–110. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>.
9. SHamanin V.P., Potockaya I.V., SHepelev S.S., Pozherukova V.E., Morgunov A.I. Morfometricheskie parametry kornevoj sistemy i produktivnost' rastenij u sinteticheskikh linij yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Zapadnoj Sibiri v svyazi s zasuhoustojchivost'yu [Morphometric parameters of the root system and plant productivity in synthetic spring bread wheat lines under conditions of Western Siberia according

to drought tolerance] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 3. S. 587–597. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3/587rus>.

Поступила: 9.02.21; принята к публикации: 11.05.21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гладышева О.В. – концептуализация исследований; Барковская Т.А. – подготовка опыта; Барковская Т.А. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных; Гладышева О.В., Барковская Т.А. – анализ данных и их интерпретация; Гладышева О.В., Барковская Т.А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯЧМЕНЯ-ДВУРУЧКИ СОРТА МАРУСЯ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Попов¹, доктор 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, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Д.П. Донцов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя; ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

Г.М. Зеленская², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и садоводства, ORCID ID: 0000-0002-1537-9207;

И.В. Фетюхин², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции, ORCID ID: 0000-0003-4975-8085;

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 государственный аграрный университет»,

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, Персиановский п., ул. Кривошлыкова, 24

В условиях неустойчивого увлажнения регионов возделывания наблюдаются колебания урожайности сельскохозяйственных культур, что определяется в основном складывающимися гидротермическими условиями. Цель исследований – определить влияние гидротермических условий на формирование урожайности ячменя при осенних и весенних сроках сева в южной зоне Ростовской области. При проведении исследований растения ячменя испытывали дефицит влажности воздуха и были недостаточно обеспечены осадками, как в осеннем, так и весеннем посевах, а коэффициент влагообеспеченности посевов ячменя составлял 0,53 и 0,45 соответственно. Установлено, что наибольший период вегетации – 235 дней отмечен при посеве 10 сентября, когда сумма положительных температур также была наибольшей – 2010,4 °С. В весеннем посеве эти показатели были наименьшими: вегетационный период – 83 и 92 дня, сумма положительных температур – 1555,2 и 1579,3 °С соответственно. Выявлено, что на формирование урожайности (6,38 т/га) ячменя-двуручки сорта Маруся в осеннем посеве суммарный расход влаги в среднем за 2018–2020 гг. составил 308,5 мм на 1 га, а суммарный расход влаги на 1 тонну зерна – 483,5 м³. В суммарном расходе влаги осадки составили 95%, а доля почвенной влаги – 5%. При посеве весной сорт Маруся формировал урожайность 4,26 т/га и на это расходовалось в сумме 211,4 мм влаги с 1 га, а суммарный расход влаги на 1 тонну зерна составил 496,2 м³. В суммарном расходе влаги осадки составили всего 34%, а доля почвенной влаги – 66%.

Ключевые слова: ячмень-двуручка, посев, потребность в воде, осадки, обеспеченность осадками, ГТК, влагообеспеченность, урожайность.

Для цитирования: Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Донцов Д.П., Зеленская Г.М., Фетюхин И.В., Лесных О.С. Влияние гидротермических условий на формирование урожая ячменя-двуручки сорта Маруся в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68.



THE EFFECT OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF THE FACULTATIVE BARLEY VARIETY 'MARUSYA' IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION

A.S. Popov¹, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of cultivation technologies of row crops, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;

G.V. Ovsyannikova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

A.A. Sukharev¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;

A.A. Dontsova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

D.P. Dontsov¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of barley breeding and seed production; ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;

G.M. Zelenskaya², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant breeding and horticulture, ORCID ID: 0000-0002-1537-9207;

I.V. Fetyukhin², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agriculture and technology of plant preservation, ORCID ID: 0000-0003-4975-8085;

O.S. Lesnykh², post graduate of the department of plant breeding 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, Krivoslykov Str., 24

In the cultivation regions with unstable moisture there are fluctuations in grain crop productivity, which is mainly determined by the definite hydrothermal conditions. The purpose of the current study was to determine the effect of hydrothermal conditions on the formation of barley productivity during autumn and spring sowing periods in the southern part of the Rostov region. When conducting the trial, barley plants experienced a lack of air humidity and were insufficiently provided with precipitation, both in autumn and spring sowing periods, and the coefficient of moisture supply for barley crops was 0.53 and 0.45, respectively. There was found that the longest vegetation period of 235 days was observed during sowing on September 10, when the sum of positive temperatures was also the highest, 2010.4 °C. In the spring sowing periods, these indicators were the smallest: the vegetation period was 83 and 92 days, the sum of positive temperatures was 1555.2 and 1579.3 °C, respectively. There was established that for productivity formation (6.38 t/ha) in autumn sowing, the total moisture consumption of the facultative barley variety 'Marusya' was 308.5 mm per 1 ha, and the total moisture consumption per 1 ton of grain was 483.5 m³ on average for 2018-2020. In the total consumption of moisture, precipitation was 95%, and the share of soil moisture was 5%. When sowing in the spring, the variety 'Marusya' produced 4.26 t/ha and consumed 211.4 mm of moisture per hectare, and the total moisture consumption per 1 ton of grain was 496.2 m³. In the total consumption of moisture, precipitation was only 34%, and the share of soil moisture was 66%.

Keywords: facultative barley, sowing, water demand, precipitation, precipitation supply, HThC, moisture supply, productivity.

Введение. Ячмень – одна из самых важных зерновых культур во всем мире (Javadi, 2021). Формирование стабильных урожаев и валовых сборов зерна затруднено нерегулируемыми факторами окружающей среды, негативное действие которых предотвратить не удается. Погодные условия определяют продолжительность вегетации растений и урожайность. Высокие среднесуточные температуры воздуха, недостаточная влагообеспеченность ускоряют прохождение фенологических фаз развития растений и способствуют снижению урожайности ячменя (Liu, 2021; Riediger, 2021).

Уровень урожайности ячменя определяется такими показателями погоды, как температурный режим, относительная влажность воздуха и влагообеспеченность растений в период вегетации (Васько и др., 2017; Шикина, автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук, 2007; Ильинская и Рычкова, 2018). В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения выращивание ячменя зависит также от распределения осадков по фазам роста и развития в течение вегетации (Гольдварг и др., 2019; Филин и Балакшина, 2019). Немаловажным фактором, определяющим урожайность зерна ячменя, является сумма температур в период вегетации (Бишарев и др., 2018; Горянин и др., 2020).

В целом почвенно-климатические ресурсы Ростовской области благоприятны для возделывания ячменя. Однако, в зоне неустойчивого увлажнения наблюдаются колебания урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур, что определяется в основном гидро-термическими условиями. Цель исследований – определить влияние гидро-термических условий на формирование урожая ячменя-дву-

ручки сорта Маруся при осенних и весенних сроках сева в южной зоне Ростовской области.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на опытном поле лаборатории технологии возделывания зерновых культур Федерального государственного бюджетного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» в 2018–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, обладающий значительной порозностью, аэрацией, газообменом, водопроницаемостью и влагоемкостью. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 3,6%; подвижного фосфора и обменного калия – 20,7 и 335 мг/кг почвы соответственно; CaCO₃ – 2,2%; pH_{кол} – 7,0–7,1.

Объектом исследований был сорт ячменя-двуручки Маруся. Предшественники – кукуруза на зерно и подсолнечник. Сроки осеннего посева – 10, 20, 30 сентября, 10 октября и 15 ноября (подзимний). Сроки весеннего посева: 1-й – физическая спелость почвы; 2-й – через 10 дней после 1-го срока посева. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га.

В ходе проведения исследований были использованы общепринятые методики (Алпатьев, 1954; Доспехов, 2011; Каюмов, 2019; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 2019; Селянинов, 1977).

Результаты и их обсуждение. Для влагообеспеченности посевов полевых культур в южной зоне Ростовской области важным фактором выступают осадки. Сумма осадков за сельскохозяйственные годы (метеостанция «Зерноград») в период исследований была в интервале от 453,6 до 527,9 мм, что ниже нормы на 16,9–91,2 мм (табл. 1).

1. Сумма осадков за 2018–2020 сельскохозяйственные годы, мм 1. Amount of precipitation in the agricultural years of 2018–2020, mm

Сельскохозяйственный год	Количество осадков, мм	+,- к норме за год	Период вегетации			
			сентябрь-октябрь	ноябрь-март	апрель-июнь	сентябрь-июнь
2017–2018	453,6	-91,2	73,8	277,4	25,9	377,1
2018–2019	527,9	-16,9	58,2	282,8	101,9	442,9
2019–2020	463,7	-81,1	67,4	154,0	136,9	358,3
Среднее	481,7	-63,1	66,5	238,1	88,2	392,7
Среднемноголетнее	544,8	–	77,3	212,5	154,7	444,5

Средняя сумма осадков за сентябрь-октябрь составила 66,5 мм (при норме – 77,3 мм), а наименьшее их количество выпало в 2018–2019 сельскохозяйственном году – 58,2 мм. За вегетацию ячменя-двуручки сорта Маруся в осеннем посеве (2018–2020 гг.) осадков с сентября по июнь выпало 392,7 мм (норма – 444,5), а в период весенне-летней вегетации (апрель-июнь) – 88,2 мм (норма – 154,7 мм). Весомый недобор осадков в сравнении со среднемноголетней нормой в этот период наблюдался в 2017–2018 сельскохозяйственном году, когда их выпало всего 25,9 мм, или 17% от нормы.

Для характеристики влагообеспеченности посевов полевых культур и определения по-

требности растений в воде в засушливых условиях наряду с количеством осадков важное место занимает сумма дефицитов влажности воздуха и за вегетацию ячменя-двуручки в весеннем посеве она составила 812,5 мм, а потребность в воде – 528,1 мм. (табл. 2). Осадков в среднем за три года выпало 88,2 мм, что почти вдвое меньше нормы (165,3 мм). Обеспеченность осадками вегетационного периода была очень низкая – 17%. Благодаря осенне-зимним осадкам содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см перед посевом ячменя-двуручки весной составило 141,1 мм (на уровне хороших запасов) и коэффициент влагообеспеченности – 0,45.

2. Влагообеспеченность растений за вегетацию ячменя-двуручки при разных сроках посева 2. Moisture supply during the vegetation period of the facultative barley at different sowing dates

Год опыта	Запас влаги в слое почвы 0–100 см к севу, мм	Сумма дефицитов влажности воздуха, мм	Потребность в воде, мм	Осадки, мм	Коэффициент обеспеченности осадками (K _о), ед.	Коэффициент влагообеспеченности (K), ед.
Весенний посев						
2018	148,3	933,7	606,9	25,9	0,04	0,29
2019	135,3	833,1	541,5	101,9	0,19	0,44
2020	139,7	670,6	435,9	136,9	0,31	0,63
Среднее	141,1	812,5	528,1	88,2	0,17	0,45
Осенний посев						
2018	31,9	1307,7	850,0	377,1	0,44	0,48
2019	32,8	1278,2	830,8	442,9	0,53	0,57
2020	0	1034,1	672,2	358,3	0,53	0,53
Среднее	21,6	1206,7	784,3	392,7	0,50	0,53

Для ячменя-двуручки в осеннем посеве сумма дефицитов влажности воздуха увеличилась на 33% по сравнению с весенним посевом и составила 1206,7 мм. В таких условиях потребность растений озимого ячменя в воде увеличилась до 784,3 мм, а обеспеченность осадками повысилась до 50%.

В 2018 году осадков выпало всего 377,1 мм, что способствовало формированию наибольшего дефицита влажности воздуха (1307,7 мм) и потребности растений в воде (850,0 мм). Обеспеченность осадками ячменя-двуручки в осеннем посеве в данных условиях составила 44%, а коэффициент влагообеспеченности – 0,48. В этом же году для ячменя-двуручки в весеннем посеве при сумме дефицитов влажности воздуха в 933,7 мм потребность в воде составила 606,9 мм. В весеннем посеве за вегетацию выпало только 25,9 мм осадков и обеспеченность ими посевов составила всего 4%, коэффициент влагообеспеченности – 0,29. Рост,

развитие растений и формирование зерна ячменя-двуручки в этот период проходили в основном за счет влаги почвы.

В годы исследований перед посевом озимого ячменя (в августе-сентябре) при отсутствии или недостаточном количестве осадков наблюдалось сильное иссушение почвы, особенно по непаровым предшественникам. Запасы влаги в метровом слое почвы по непаровым предшественникам перед посевом озимого ячменя составили в среднем 21,6 мм. В осенних посевах сложились неблагоприятные условия для получения всходов и развития растений ячменя. Всходы получали после выпавших осадков в ноябре. Обеспеченность ячменя-двуручки осадками в осеннем посеве составила 325,4–343,0 мм, а значение гидро-термического коэффициента (ГТК) – 0,78–0,85 (табл. 3). При вегетации ячменя-двуручки в подзимнем посеве ГТК был 0,67, а в весеннем посеве – 0,61 и 0,60.

3. Погодные условия в период вегетации ячменя-двуручки при осеннем, весеннем посевах и урожайность (среднее за 2018–2020 гг.)

3. Weather conditions during the growing season of the facultative barley in autumn and spring sowings and productivity (mean in 2018–2020)

Срок посева	Показатель				
	Продолжительность вегетации, дни	$\sum t$ выше 0, °С	\sum осадков, мм	ГТК	Урожайность, т/га
Осенний посев					
10 сентября	235	2010,4	343,0	0,85	6,47
20 сентября	225	1901,3	327,6	0,78	6,51
30 сентября	222	1872,1	326,5	0,79	6,39
10 октября	217	1809,7	325,4	0,82	6,13
Подзимний посев					
15 ноября	185	1630,1	229,8	0,67	4,69
Весенний посев					
1-й срок	92	1579,3	91,5	0,61	4,43
2-й срок	83	1555,2	89,6	0,60	4,08

Наиболее длительный период вегетации (235 дней) отмечен при первом (раннем) посеве – 10 сентября. При посеве 20, 30 сентября и 10 октября наблюдалось уменьшение вегетационного периода относительно раннего срока на 10, 13 и 18 дней соответственно. Длина вегетационного периода подзимнего срока посева – 185 дней, а наиболее короткий вегетационный период характерен для весенних сроков посева – 92 и 83 дня.

Сумма положительных температур воздуха за вегетационный период была наибольшей при посеве 10 сентября – 2010,4 °С. С уменьшением количества дней вегетации сумма положительных температур воздуха уменьшалась и была наименьшей в весеннем посеве – 1579,3 и 1555,2 °С, как и количество осадков – 91,5 и 89,6 мм.

Складывающиеся гидротермические условия в период вегетации ячменя-двуручки в осеннем и весеннем посевах в разные сроки способствовали формированию урожайности разного уровня. Наибольшую урожайность (6,51 т/га) ячмень-двуручка сорта Маруся формировал в осеннем посеве 20 сентября. Снижение урожайности на 0,38 т/га отмечено при позднем сроке посева (10 октября). Посев в подзимний срок (15 ноября) способствовал снижению урожайности до 4,69 т/га. Наименьшую урожайность зерна ячмень сорта Маруся формировал в весеннем посеве – 4,43 т/га (первый срок, физическая спелость почвы) и 4,08 т/га (через 10 дней после первого срока). В осеннем посеве для формирования 6,38 т/га (среднее по срокам посева) суммарный расход влаги составил 308,5 мм на 1 га (табл. 4).

4. Водопотребление ячменя-двуручки при посеве осенью и весной (среднее за 2018–2020 гг.)

4. Water consumption of the facultative barley when sowing in autumn and spring (mean in 2018–2020)

Показатель	Срок посева	
	осенний	весенний
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к посеву, мм	21,6	141,1
Остаточные запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к уборке, мм	7,7	2,3
Полезные осадки за вегетацию (75%), мм	294,6	72,6
Суммарный расход влаги, мм	308,5	205,0
Урожайность, т/га	6,38	4,26
Суммарный расход влаги, м ³ /т	483,5	496,2
Доля влаги осадков, %	95	34
Доля продуктивной влаги почвы, %	5	66

Суммарный расход влаги на 1 тонну зерна ячменя в осеннем посеве составил 483,5 м³. В суммарном расходе влаги осадки составили 95, а доля почвенной влаги – 5%.

Средняя по срокам посева урожайность ячменя-двуручки сорта Маруся при посеве весной составила 4,26 т/га и на это расходовалось в сумме 211,4 мм влаги с 1 га. Суммарный расход влаги на 1 тонну зерна ячменя в весеннем посеве составил 496,2 м³. В суммарном расходе влаги осадки составили всего 34%, а доля

почвенной влаги увеличилась по сравнению с осенним посевом до 66%.

Выводы. В сложившихся гидротермических условиях южной зоны Ростовской области растения ячменя-двуручки испытывали дефицит влажности воздуха и были недостаточно обеспечены осадками как в осеннем, так и в весеннем посевах, где коэффициент влагообеспеченности составил 0,53 и 0,45 соответственно.

Наиболее длительный период вегетации отмечен при посеве 10 сентября – 235 дней

и сумма положительных температур воздуха также была наибольшей – 2010,4 °С. В весеннем посеве эти показатели были наименьшими – 83–92 дня и 1555,2–1579,3 °С.

Наибольшую урожайность зерна – 6,47; 6,51 и 6,39 т/га – ячмень-двуручка сорта Маруся формировал в осеннем посеве (10, 20 и 30 сентября). Суммарный расход влаги на 1 тону зерна ячменя в осеннем посеве составил 483,5 м³. Количество осадков в суммарном расходе влаги (за минусом расходов почвен-

ной влаги) составило 95%, а доля почвенной влаги – 5%.

Урожайность ячменя-двуручки в подзимнем и весеннем посевах составляла 4,69 и 4,26 т/га и на это расходовалось в сумме 211,4 мм влаги с 1 га. Суммарный расход влаги на 1 тону зерна ячменя в весеннем посеве составил 496,2 м³. Количество осадков в суммарном расходе влаги (за минусом расходов почвенной влаги) составило 34%, а доля почвенной влаги – 66%.

Библиографические ссылки

1. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
2. Бишарев А.А., Шевченко С.Н., Мадякин Е.В. Калякулина И.А., Дюльдина М.А., Дворцова Т.В. Влияние агрометеорологических условий на урожай зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2(4). С. 667–670.
3. Васько Н.И., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Важенина О.Е., Солонечная О.В., Зимогляд А.В. Зависимость продолжительности межфазных периодов и урожайности ярового ячменя от погодных условий // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 77–81.
4. Гольдварг Б.А., Боктаев М.В., Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Влияние количества осадков в период вегетации на урожайность районированных сортов ярового ячменя в засушливой центральной зоне республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С.14–17. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17>.
5. Горянин О.И., Мадякин Е.В., Пронович Л.В., Джангабаев Б.Ж., Яковлева Н.А. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 42–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10908.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 6-е изд., стереотип. 352 с.
7. Ильинская И.Н., Рычкова М.И. Экологическая устойчивость ярового ячменя сорта Прерия на черноземах обыкновенных Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 12–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-12-22>.
8. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1977. 188 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. Вып. 1. 384 с.
10. Селянинов Г.Т. Мировой агроклиматический справочник. Л.-М.: Гидрометеиздат, 1937. 428 с.
11. Филин В.И., Балакшина В.И. Эффективность удобрений в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 72–80.
12. Liu, Q., Niu, J., Sivakumar, B. et al. Accessing future crop yield and crop water productivity over the Heihe River basin in northwest China under a changing climate. / *Geosci. Lett.* 8, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40562-020-00172-6>.
13. Riediger, J., Breckling, B., Nuske, R.S. et al. Will climate change increase irrigation requirements in agriculture of Central Europe? A simulation study for Northern Germany. / *Environ Sci Eur* 26, 18 (2014). <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0018-1>.
14. Javadi, S.M., Shobbar, ZS., Ebrahimi, A. et al. New insights on key genes involved in drought stress response of barley: gene networks reconstruction, hub, and promoter analysis. / *J Genet Eng Biotechnol* 19, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00104-z>.

References

1. Alpat'ev A.M. Vлагоoborot kul'turnyh rastenij [Moisture turnover of cultivated plants]. L.: Gidrometeoizdat, 1954. 248 s.
2. Bisharev A.A., SHEvchenko S.N., Madyakin E.V. Kalyakulina I.A., Dyul'dina M.A., Dvorcova T.V. Vliyanie agrometeorologicheskikh uslovij na urozhaj zerna yarovogo yachmenya v usloviyah Srednego Povolzh'ya [The effect of agrometeorological conditions on the spring barley productivity in the middle Volga region] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2018. T. 20. № 2(4). S. 667–670.
3. Vas'ko N.I., Naumov A.G., Solonechnyj P.N., Vazhenina O.E., Solonechnaya O.V., Zimoglyad A.V. Zavisimost' prodolzhitel'nosti mezhfaznykh periodov i urozhajnosti yarovogo yachmenya ot pogodnykh uslovij [Correlation between the duration of interphase periods and productivity of spring barley and weather conditions] // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2017. № 4. S. 77–81.
4. Gol'dvarg B.A., Boktaev M.V., Filippov E.G., Doncova A.A. Vliyanie kolichestva osadkov v period vegetacii na urozhajnost' rajonirovannykh sortov yarovogo yachmenya v zasushlivoj central'noj zone respublik Kalmykiya [The effect of precipitation amount during the growing season on productivity of zoned spring barley varieties in the arid central zone of the Republic of Kalmykia] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 5(65). S.14–17. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17>.
5. Goryanin O.I., Madyakin E.V., Pronovich L.V., Dzhangabaev B.ZH., YAKovleva N.A. Tekhnologii vzdelyvaniya yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyah Povolzh'ya [Cultivation technologies of

spring barley in arid conditions of the Volga region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 9. S. 42–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10908.

6. Dospelkov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: ID Al'yans, 2011. 6-e izd., stereotip. 352 s.

7. Il'inskaya I.N., Rychkova M.I. Ekologicheskaya ustojchivost' yarovogo yachmenya sorta Preriya na chernozemah obyknovennyh Rostovskoy oblasti [Ecological sustainability of the spring barley variety 'Prairie' on ordinary chernozems of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 3(57). S.12–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-17-22>.

8. Kayumov M.K. Spravochnik po programmirovaniyu urozhaev [Handbook for yield programming]. M.: Rossel'hozizdat, 1977. 188 s.

9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: ООО «Gruppa kompanij More», 2019. Vyp. 1. 384 s.

10. Selyaninov G.T. Mirovoj agroklimaticheskij spravochnik [World Agroclimatic Reference book]. L.-M.: Gidrometeoizdat, 1937. 428 s.

11. Filin V.I., Balakshina V.I. Effektivnost' udobrenij v suhostepnoj zone kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [The efficiency of fertilizers in the dry steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). S. 72–80.

12. Liu Q., Niu, J., Sivakumar, B. et al. Accessing future crop yield and crop water productivity over the Heihe River basin in northwest China under a changing climate. / Geosci. Lett. 8, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40562-020-00172-6>.

13. Riediger J., Breckling, B., Nuske, R.S. et al. Will climate change increase irrigation requirements in agriculture of Central Europe? A simulation study for Northern Germany. / Environ Sci Eur 26, 18 (2014). <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0018-1>.

14. Javadi S.M., Shobbar, ZS., Ebrahimi, A. et al. New insights on key genes involved in drought stress response of barley: gene networks reconstruction, hub, and promoter analysis. / J Genet Eng Biotechnol 19, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00104-z>.

Поступила: 3.06.21; принята к публикации: 26.07.21.

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., Фетюхин И.В. – научное руководство, постановка цели и задач, концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Донцова А.А., Донцов И.В., Лесных О.С. – выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАСОРЁННОСТЬ ПОСЕВОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО (*LINUM USITATISSIMUM L.*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

А.А. Гонгало¹, научный сотрудник лаборатории земледелия, gongalo.nyura@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218;

А.М. Изотов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе, a.m.izotov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0286-9757

¹ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 297010, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150;

²Агротехнологическая академия «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 297010, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Научная, 1А

Контроль сорной растительности остаётся одной из важных задач, которую ставит перед собой современное земледелие, особенно в условиях минимизации производства. Цель наших исследований состояла в сравнительном изучении влияния прямого посева и традиционной технологии возделывания льна масличного при обработке семян комплексом микробных препаратов на засорённость агрофитоценоза. Исследования проводили в 2017–2019 годах в стационарном опыте ФГБУН «НИИСХ Крыма» в суходольных условиях степной части Крымского полуострова, на чернозёме южном малогумусном. Засорённость посевов льна проводили количественным методом с определением видовой состава сорняков в фазу полных всходов и перед уборкой. На всех вариантах, в фазу «ёлочка», против однодольных и двудольных сорных растений применяли баковую смесь гербицидов Гербитокс, ВКР (МЦПА 500 г/л) нормой 0,5 л/га + Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг) нормой 5 г/га. Установлено, что за три года исследований видовой состав сорной растительности отличался несущественно по обеим технологиям, но количество их на прямом посева в фазу полных всходов культуры было в 1,6 раз больше, чем по традиционной технологии. К фазе полной спелости льна происходит снижение количества сорных растений на обеих технологиях: традиционная – в 1,3 раза, прямой посев – в 2,4 раза и разница между технологиями нивелируется. Инокуляция семян не оказала достоверного влияния на засорённость посева культуры. Существенное влияние на сорный компонент агрофитоценоза оказывали условия года.

Ключевые слова: лён масличный, традиционная технология, прямой посев, сорные растения, комплекс микробных препаратов.

Для цитирования: Гонгало А.А., Изотов А.М. Засорённость посевов льна масличного (*Linum usitatissimum L.*) в зависимости от технологий возделывания и инокуляции семян в условиях Степного Крыма // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 69–74. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-69-74.



WEEDINESS OF OIL FLAX (*LINUM USITATISSIMUM L.*) CROPS DEPENDING ON THE CULTIVATION TECHNOLOGIES AND SEED INOCULATION IN THE STEPPE CRIMEA

A.A. Gongalo¹, researcher of the laboratory for agriculture, gongalo.nyura@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218;

A.M. Izotov², Doctor of Agricultural Sciences, professor, deputy director on scientific work, a.m.izotov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0286-9757

¹Research Institute of agriculture in Crimea, 295493, Russian Federation, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Str., 150,

²Agrotechnological Academy "Crimea Federal University named after V.I. Vernadsky", 297010, Russian Federation, Republic of Crimea, Simferopol, Nauchnay Str., 1A

Weed control is one of the important issues that modern agriculture sets itself, especially in conditions of minimization of production. The purpose of the current study was to comparatively research the effect of direct sowing and the traditional cultivation technology of oil flax when treating seeds with a complex of microbial products on the weediness of agrophytocenosis. The study was carried out in the stationary trial of the FSBSI "Research Institute of agriculture in Crimea" in 2017-2019, in dry conditions of the steppe Crimean Peninsula, on southern low-humus blackearth (chernozem). Weediness of flax crops was estimated by a quantitative method with the determination of the varietal composition of weeds in the phase of full germination and before harvesting. In all variants, in the "herringbone" phase there was applied a tank mixture of herbicides Herbitox, VKR (MCPA 500 g/l) with a rate of 0.5 l/ha + Magnum, VDG (metsulfuron-methyl 600 g/kg) with a rate of 5 g/ha to fight against monocotyledonous and dicotyledonous weeds. There was found that for three years of study, the varietal composition of weeds differed insignificantly for both technologies, but their number under a direct sowing in the phase of full sprouting was in 1.6 times more than in the case with traditional technology. By the phase of full flax ripeness, the number of weeds decreased in 1.3 times using traditional technology and in 2.4 times under a direct sowing, and the difference between technologies was leveled. Seed inoculation had no significant effect on the weediness of the sowing. The conditions of the year had a significant effect on the weed component of the agrophytocenosis.

Keywords: oil flax, traditional technology, direct sowing, weeds, a complex of microbial products.

Введение. Проблема контроля сорняков в агрофитоценозах является одной из основных в земледелии (Westwood et al., 2018). В зоне Степного Крыма, которая отличается высокой контрастностью погодных условий, проблема снижения уровня засорённости посевов является особенно острой в связи с большим разнообразием в ней сорных растений (Веселова, 2014).

Актуальна эта проблема и при возделывании льна масличного, особенно при минимизации обработок почвы и переходе на технологию прямого посева (Дридигер и др., 2019).

Исследованиями ряда учёных показано, что сокращение обработок почвы приводит к увеличению видового и количественного числа сорняков (Santín-Montanyá et al., 2016; Plaza et al., 2015), другие исследователи (Женченко и др., 2020) не выявили подобной закономерности. Краткий анализ результатов исследований по проблеме засорённости посевов показал, что влияние обработки почвы не имеет однозначного решения, как и другой технологический элемент – обработка семян микробными препаратами, которому уделено недостаточно внимания.

Поэтому целью наших исследований было оценить влияние традиционной технологии и прямого посева при возделывании льна масличного и инокуляции семенного материала на засорённость посевов культуры в засушливых условиях Степного Крыма.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили на опытном поле ФГБУН «Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма» (Красногвардейский район, с. Клепинино: 45°31'47.3"N 34°11'48.0"E) в 2017–2019 гг., на чернозёме южном слабогумусированном среднемощном на лессовидных глинах (Драган, 2004). Мощность гумусового горизонта не превышает 40 см. Содержание гумуса (по Тюрину) – 2,0–2,2%, подвижного фосфора (по Мачигину) – 4,0–4,2 и обменного калия – около 40 мг / 100 г почвы. Климатические условия проведения полевого опыта относятся к умеренно-холодному, полусухим, континентальным. Весна характеризуется значительной сухостью и частыми холодными ветрами восточного (22%) и северо-восточного (20%) направления. Лето обычно жаркое, засушливое. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,2 °С, в последние годы зафиксирована тенденция к её повышению. Среднегодовое количество атмосферных осадков – около 428 мм, ГТК – 0,7. Коэффициент годового увлажнения – 0,35–0,50.

В опыте высевали лён масличный сорта Флиз нормой 5 млн шт./га всхожих семян. Предшественник – озимая пшеница.

Звено схемы стационарного опыта включало следующие варианты: традиционная технология и прямой посев с обработкой семян комплексом микробных препаратов (КМП) и без инокуляции. Обработку семян комплексом микробных препаратов (КМП) проводили

в день посева раствором водной суспензией из расчета 100 мл на гектарную норму семян. Комплекс микробных препаратов (КМП) включал: «Ризобифит», «Фосфоэнтерин» и «Биополицид». Биоагентами микробных препаратов, являются штаммы Крымской коллекции микроорганизмов. За контроль принят вариант без обработки семян КМП.

Повторность опыта трёхкратная, размещение вариантов рендомизированное, повторений – шахматное в два яруса. Схема эксперимента построена по методу расщепленных делянок. Общая площадь опытной делянки составляла 300 м². Учётная площадь – 50 м².

Традиционная технология состояла из лущения стерни вслед за уборкой предшественника на 10–12 см (ДДН-2,4) с последующими летне-осенними культивациями по мере отрастания сорняков и предпосевной культивации (КПС-4). Вслед за предпосевной культивацией осуществляли посев (СЗ-3,6) с прикатыванием (ЗККШ-6). На варианте прямого посева после уборки предшественника и перед севом основной культуры применяли гербицид сплошного действия Торнадо 540, ВР (калийная соль) нормой 2 л/га, с расходом рабочего раствора 200 л/га, агрегатом МТЗ-82+ОПШ-2000. Сев на прямом посеве проведен специальной сеялкой Gerardi-117, способной проводить посев семян на заданную глубину прямо по растительным остаткам предшествующей культуры. Семена льна высевали по стерне и растительным остаткам предшествующих культур. Уход за посевами в течение вегетации был одинаковым: инсектицидную обработку проводили в фазе всходов, против *Aphthona euphorbiae*, препаратом Брейк, МЭ (лямбда-цигалотрин 100 г/л) нормой 0,07 л/га, расход рабочей жидкости – 150 л/га; обработку льна – баковой смесью гербицидов Гербитокс, ВКР (МЦПА 500 г/л) нормой 0,5 л/га + Магнум, ВДГ (метсульфурон-метил 600 г/кг) нормой 5 г/га в фазе «ёлочки» с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа (Доспехов, 2014) с использованием программного обеспечения ПК. Засорённость делянок определяли дважды: в фазу полных всходов перед гербицидной обработкой и в фазу полной спелости.

Агрометеорологические условия вегетационного периода льна масличного в 2017 году характеризовались выпадением 96,7 мм осадков, что на 74,3 мм (43,5%) меньше среднегодовое количество нормы. В 2018 году осадков выпало за вегетацию 202,5 мм, что на 31 мм (18,1%) больше по сравнению со среднегодовыми данными, но основная их масса ливневого характера, в количестве 142 мм, или 70%, выпала в фазу жёлтой спелости льна и уже существенного влияния на развитие культуры и сорняков не оказала. Количество осадков за вегетацию в 2019 году превысило климатическую норму на 57 мм (33,4%) и составило 228 мм. Средняя

температура воздуха в 2017 и 2019 годах была на уровне средне климатических значений – 16–18 °С, в острозасушливый 2018 г. (ГТК 0,4) – превышала многолетний показатель на 2,8 °С.

Результаты и их обсуждение. Анализ учёта состава сорного компонента агрофитоценоза показал, что в посевах льна масличного отмечен смешанный тип засорённости, состоящий из нескольких биологических групп. Малолетний тип представлен однолетними двудольными: ясколка биберштейна, живокость полевая, горец вьюнковый, молочай солнцегляд, вероника плющелистная, мак самосейка, щирица запрокинутая, портулак огородный, крестовник весенний, хориспора нежная и однодольными (злаковыми) сорными растениями: щетинник сизый. Корнеотпрысковый тип засорённости представлен многолетними двудольными: бодяком и вьюнком полевым.

По годам исследований видовой состав сорного компонента отличался незначительно в зависимости от обработки семян КМП и технологии возделывания льна масличного в условиях Крыма (табл. 1).

1. Засорённость посевов льна масличного в зависимости технологии возделывания и обработки семян, шт./м² (2017–2019 гг.)

1. Weediness of oil flax depending on the cultivation technology and seed treatment, pcs/m² (2017–2019)

Технология возделывания	Обработка семян	Биологическая группа			
		малолетние		многолетние двудольные	всего
		двудольные	однодольные		
Полные всходы					
Традиционная	контроль	32,4	0,0	0,0	32,4
	обработка КМП	31,4	0,0	0,0	31,4
Прямой посев	контроль	50,7	0,0	0,0	50,7
	обработка КМП	51,2	0,0	0,0	51,2
Полная спелость					
Традиционная	контроль	18,9	0,5	2,6	22,0
	обработка КМП	21,6	0,2	2,1	23,9
Прямой посев	контроль	15,6	0,2	5,0	20,9
	обработка КМП	19,0	0,2	2,0	21,1

Следует отметить, что в фазе полных всходов культуры биологическая группа малолетних двудольных сорняков занимала лидирующее место (100%) по всем вариантам опыта.

К моменту полной спелости льна масличного установлено, что происходит перегруппировка видов сорняков в малолетней биологической группе, где снижается доля ранних яровых и растёт процент поздних. Одновременно складываются благоприятно условия для появления многолетней сорной растительности. Распределение биологических групп в опыте следующее: по традиционной технологии: доля малолетних двудольных сорняков составила 85,5% (18,8 шт./м²), малолетних однодольных – 2,3% (0,5 шт./м²), многолетних двудольных – 11,8% (2,6 шт./м²); на варианте с обработкой семян КМП уровень малолетних двудольных составил 90,5% (21,6 шт./м²), однодольных – 0,8% (0,2 шт./м²), многолетние виды составили 8,7% (2,1 шт./м²). При прямом посеве, по данным учёта, на варианте контроля малолетние двудольные сорняки составили 74,9% (15,6 шт./м²), однодольные – 1% (0,2 шт./м²), многолетние двудольные – 24,1% (5,0 шт./м²); при инокуляции доля малолетних двудольных возросла до 90,1% (19 шт./м²), процент однодольных был на уровне контроля – 0,9% (0,2 шт./м²), количество многолетних снизилось до 9% (1,9 шт./м²).

В фазу спелости льна масличного степень засорённости малолетними двудольными оценивалась как «средняя», малолетними одно-

дольными и многолетними находилась в пределах «незначительной».

Влияние технологии посева, при учёте в фазе полных всходов, существенно повлияло в первую очередь на изменение количественного состава сорняков (табл. 2).

Таким образом, на вариантах с традиционной технологией посева в среднем за три года в фазу полных всходов льна насчитывалось в среднем 31,9 шт./м² сорняков, на вариантах прямого посева – 51,0 шт./м², что на 20,9 шт./м², или на 65,5%, превышает традиционный посев. Установлено, что инокуляция не оказала существенного влияния на количественный состав сорной растительности в агрофитоценозе льна масличного по обеим технологиям посева – 41,6 шт./м².

Засорённость льна масличного изменялась по годам исследования. Средние минимальные значения были отмечены во влажном 2019 году с числом сорняков на уровне 27,5 шт./м². Максимальное их число отмечено в засушливом 2018 году, со средним значением 60,6 шт./м², что на 33,1 шт./м², или на 120%, больше данных 2019 года и на 24,3 шт./м², или на 67%, превышает данные 2017 года. Полученные данные свидетельствуют, что в засушливых условиях весны всходы сорняков в посеве льна масличного появляются на поверхности почвы одновременно с культурным растением. Таким образом, на прямом посеве обработка почвы гербицидом сплошного действия перед посевом льна резко снижает свою эффективность.

2. Засорённость посевов льна масличного в фазу полных всходов (перед обработкой гербицидом) в зависимости от технологии возделывания и инокуляции семян, шт./м² (2017–2019 гг.)

2. Weediness of oil flax in the phase of full ripeness (before herbicide treatment), depending on the cultivation technology of and seed inoculation, pcs/m²

Технология возделывания	Обработка семян	Год исследования			Среднее	Среднее по факторам		
		2017	2018	2019		технология	обработка КМП	год
Традиционная	контроль	40,0	24,7	32,7	32,4	31,9	41,6	36,3
	обработка КМП	42,0	23,7	28,7	31,4			
	среднее	41,0	24,2	30,7	–			
Прямой посев	контроль	29,7	98,0	24,3	50,7	51,0	41,6	60,6
	обработка КМП	33,3	96,0	24,3	51,2			
	среднее	31,5	97,0	24,3	–			
НСР _{0,5} по технологии								2,07
НСР _{0,5} по обработке								5,65
НСР _{0,5} по годам								4,37

Применение вегетационного гербицида ле сорняков на исследуемых вариантах опыта в фазе «ёлочка» нивелировало разницу в чис- (табл. 3).

3. Засорённость посевов льна масличного в фазу полной спелости в зависимости от технологии возделывания и обработки семян, шт./м² (2017–2019 гг.)

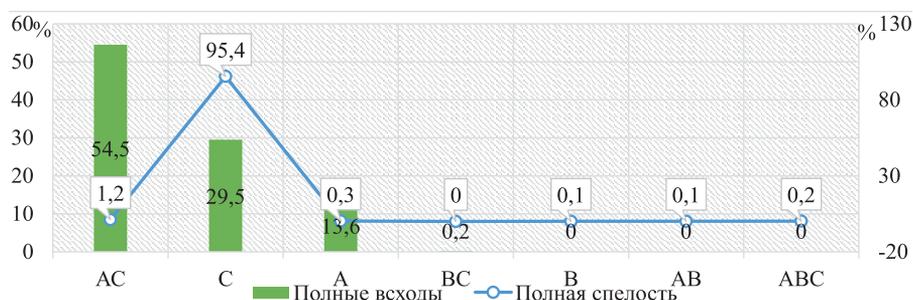
3. Weediness of oil flax in the phase of full ripeness, depending on the cultivation technology of and treatment, pcs/m² (2017–2019)

Технология возделывания	Обработка семян	Год			Среднее	Среднее по факторам		
		2017	2018	2019		технология	обработка семян	год
Традиционная	контроль	45,7	5,0	15,3	22,0	23,0	21,4	44,8
	обработка КМП	50,3	5,0	16,3	23,9			
	среднее	48,0	5,0	15,8	–			
Прямой посев	контроль	42,3	3,0	17,3	20,9	21,0	22,5	17,2
	обработка КМП	40,7	3,0	19,2	21,1			
	среднее	41,5	3,0	18,3	–			
НСР _{0,5} по технологии и по обработке						F _{факт.} < F _{теор.}		
НСР _{0,5} по годам								2,56

К моменту полной спелости льна масличного на традиционной технологии произошло снижение сорного компонента в сравнении с их числом в фазу всходов на 10,4–7,5 шт./м², или на 32,0–24,0%, на вариантах прямого посева их число снизилось на 30,1 шт./м², или на 58,7%.

Дисперсионный анализ данных показал высокую долю влияния на количествен-

ную засорённость посевов льна масличного в фазе всходов условий вегетационного периода (29,4%) и технологии посева (14%) (см. рисунок). К моменту полной спелости культуры на количество сорных растений в посевах максимальное влияние оказали условия года – 95,4%.



Примечание: А – технология, В – обработка семян, С – условия года.

Доля влияния изучаемых факторов на засорённость агрофитоценоза льна масличного в зависимости от технологии возделывания и обработки семян, % (2017–2019 гг.)
The share of the effect of the studied factors on the weediness of the oil flax agrophytocenosis, depending on the cultivation technology of and treatment, % (2017–2019)

Комплекс микробных препаратов за три года наблюдений не оказал достоверного влияния на видовой и количественный состав сор-

ной растительности в посевах льна масличного как при традиционном, так и прямом посевах.

Выводы. По данным трёхлетних исследований, нами установлено, что при изучении технологий традиционного и прямого посева с инокуляцией семян комплексом микробных препаратов и без обработки малолетние двудольные сорные растения занимали лидирующее место в посевах культуры. В период полных всходов льна масличного численность сорня-

ков при прямом посева в 1,6 раза превышает их количество по сравнению с традиционной технологией подготовки почвы. К полной спелости культуры разница между технологиями нивелируется. Комплекс микробных препаратов не оказал существенного влияния на био-разнообразие и количество сорного компонента в посевах льна масличного.

Библиографические ссылки

1. Веселова Л.С. Потенциальная засорённость чернозёма южного при длительном применении минеральных и органо-минеральных удобрений в условиях Республики Крым // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 6(11). С. 91–97. DOI: 10.12737/6832.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Научная монография. Симферополь: Изд-во Доля, 2004. 208 с.
4. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г., Вайцеховская С.С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы // Земледелие. 2019. № 6. С. 28–32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10607.
5. Женченко К.Г., Турин Е.Н., Гонгало А.А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (no-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
6. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дридигер В.К. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. С. 8–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401.
7. Plaza E.H., Navarrete L., Gonzalez-Andujar J.L. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2015. Vol. 207. P. 101–108. DOI:10.1016/j.agee.2015.03.031.
8. Santín-Montanyá M.I., Diana Martín-Lammerding, Zambrana E., Tenorio J.L., Management of weed emergence and weed seed bank in response to different tillage, cropping systems and selected soil properties // Soil and Tillage Research (SOIL TILL RES). 2016. 161. P. 38–46. DOI: 10.1016/j.still.2016.03.007.
9. Westwood J.H., Charudattan R., Duke S.O., Fennimore S.A., Marrone P., Slaughter D.C., Swanton C., Zollinger R. Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed Science // Weed Sci 66, 2018. P. 275–285. DOI:10.1017/wsc.2017.78.

References

1. Veselova L.S. Potencial'naya zasoryonnost' chernozyoma yuzhnogo pri dlitel'nom primeneni mineral'nyh i organo-mineral'nyh udobrenij v usloviyah Respubliki Krym [Potential weediness of southern blackearth (chernozem) with a long use of mineral and organo-mineral fertilizers in the conditions of the Republic of Crimea] // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2014. T. 2. № 6 (11). S. 91–97. DOI: 10.12737/6832.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]: uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Dragan N.A. Pochvennye resursy Kryma [Soil resources of the Crimea]. Nauchnaya monografiya. Simferopol': Izd-vo Dolya, 2004. 208 s.
4. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhiumarov R.G., Vajcekhovskaya S.S. Vliyanie sevooborota na effektivnost' ispol'zovaniya pashni pri vozdeyvaniy polevyh kul'tur bez obrabotki pochvy [The effect of crop rotation on the efficiency of the use of arable land in the cultivation of field crops without tillage] // Zemledelie. 2019. № 6. S. 28–32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10607.
5. Zhenchenko K.G., Turin E.N., Gongalo A.A. Rezul'taty izucheniya sistemy zemledeliya pryamogo poseva (no-till) pri vyrashchivaniy ozimoy pshenicy v Central'noj stepi Kryma [Study results of the farming system of direct sowing (no-till) when growing winter wheat in the Central Steppe of the Crimea] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
6. Ivanov A.L., Kulincev V.V., Dridiger V.K. O celesoobraznosti osvoeniya sistemy pryamogo poseva na chernozemah Rossii [On the feasibility of developing a system of direct sowing on the blackearth (chernozem) of Russia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 4. S. 8–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401.
7. Plaza E.H., Navarrete L., Gonzalez-Andujar J.L. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2015. Vol. 207. P. 101–108. DOI:10.1016/j.agee.2015.03.031.
8. Santín-Montanyá M.I., Diana Martín-Lammerding, Zambrana E., Tenorio J.L., Management of weed emergence and weed seed bank in response to different tillage, cropping systems and selected soil properties // Soil and Tillage Research (SOIL TILL RES). 2016. 161. P. 38–46. DOI: 10.1016/j.still.2016.03.007.
9. Westwood J.H., Charudattan R., Duke S.O., Fennimore S.A., Marrone P., Slaughter D.C., Swanton C., Zollinger R. Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed Science // Weed Sci 66, 2018. P. 275–285. DOI:10.1017/wsc.2017.78.

Поступила: 9.12.20; принята к публикации: 26.01.21.

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. Изотов А.М. – концептуализация исследования; Изотов А.М., Гонгало А.А. – подготовка опыта; Гонгало А.А. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных; Изотов А.М., Гонгало А.А. – анализ данных и их интерпретация; Изотов А.М., Гонгало А.А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.1:631.52:632.25

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-75-80

ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР, ВЫСЕВАЕМЫХ НА ЮГЕ РОССИИ, К ВОЗБУДИТЕЛЮ РОЗОВОЙ СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ (*MICRODOCHIUM NIVALE*)

Г.В. Волкова, доктор биологических наук, профессор по специальности, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета зерновых культур к грибным болезням, galvol.bpp@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3696-2610;
Я.В. Яхник, младший научный сотрудник лаборатории стандартизации и контроля качества биологических средств защиты растений, ORCID ID: 0000-0002-3410-7928;
О.В. Таранчева, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета зерновых культур к грибным болезням, ORCID ID: 0000-0002-0009-3206
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»,
350039, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: vniibzr@mail.ru

Целью исследований являлась иммунологическая оценка сортов озимых зерновых колосовых культур относительно розовой снежной плесени (возбудитель *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett) в фазу проростков. На устойчивость к *M. nivale* были изучены 35 высеваемых на юге РФ сортов пшеницы озимой, 19 сортов и 4 сортообразца ячменя озимого и 13 сортов тритикале озимой селекции ООО «Агростандарт», ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, ФГБНУ ФНЦ Кабардино-Балкарский НЦ РАН, ФГБНУ АНЦ «Донской», ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «ФРАНЦ», НПО «КУБАНЬЗЕРНО», ФГБОУ ВО «КубГАУ», ФГБНУ НИИСХ Крыма. Был обоснован методический подход к проведению исследований по иммунологической оценке сортов озимых зерновых культур в лабораторных условиях. Определена оптимальная температура культивирования патогена – +10/+15 °С (с фотопериодом 12 часов). Выявлено, что для стимуляции спорообразования необходимая температура составляет +5 °С. Оптимальная температура инкубационного периода составляет +5 °С при влажности выше 85%. Установлено, что очень высокой степенью устойчивости к розовой снежной плесени обладает 1 сорт пшеницы озимой – Доля; высокая степень устойчивости выявлена у 2 сортов – Антонина и Бригада; к устойчивым был отнесён 21 сорт. Устойчивость к *M. nivale* проявляют 9 сортов и 3 сортообразца ячменя озимого (Версаль, Иосиф, КА-12, КА-5/КА-3, КА-5/КА-1, Каррера, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь, Мастер, Романс, Сармат). Среди исследуемых сортов тритикале озимой 4 сорта имеют очень высокую степень устойчивости (Аргус, Слон, Тихон, Уллубий) и 9 – высокую степень устойчивости к возбудителю розовой снежной плесени (Азнавур, Арго, Ариозо, Валентин 90, Илия, Сотник, Стюард, Форте, Хлебобоб).

Ключевые слова: пшеница озимая, ячмень озимый, тритикале озимая, розовая снежная плесень, *Microdochium nivale*.

Для цитирования: Волкова Г.В., Яхник Я.В., Таранчева О.В. Иммунологическая оценка сортов озимых зерновых колосовых культур, высеваемых на юге России, к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale*) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 75–80. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-75-80.



ESTIMATION OF IMMUNITY OF THE WINTER GRAIN VARIETIES SOWN IN THE SOUTH OF RUSSIA TO THE PINK SNOW MOLD PATHOGEN (*MICRODOCHIUM NIVALE*)

G.V. Volkova, Doctor of Biological Sciences, professor, main researcher, head of the laboratory for grain crop immunity to fungi pathogens, galvol.bpp@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3696-2610;
Ya.V. Yakhnik, junior researcher of the laboratory for standardization and quality control of biological products for plant protection, ORCID ID: 0000-0002-3410-7928;
O.V. Tarancheva, junior researcher of the laboratory for grain crop immunity to fungi pathogens, ORCID ID: 0000-0002-0009-3206
All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants,
350039, Krasnodar Kray, Krasnodar, p/o 39; e-mail: vniibzr@mail.ru

The purpose of the current study was to estimate immunity of the winter grain varieties sown in the south of Russia to the pink snow mold pathogen (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett) in the sprouting phase. For resistance to *M. nivale* there have been studied 35 winter wheat varieties sown in the south of the Russian Federation, 19 winter barley varieties and 4 variety samples and 13 winter triticale varieties developed in the LLC “Agrostandart”, FSBSI RCG named after P.P. Lukyanenko, FSBSI FRC Kabardino-Balkarian Research Center of the RAS, FSBSI “ARC Donskoy”, FSBSI “North Caucasian FRSC”, FSBSI “FRAC”, NPO “KUBANZERNO”, FSBEI HE “KubSAU”. There has

been substantiated a methodological approach to conducting research on immunological estimation of winter grain varieties in the laboratory conditions. The optimal temperature for the cultivation of the pathogen was +10/+15 °C (with a photoperiod of 12 hours). There was found that the required temperature to stimulate sporulation was +5 °C. The optimum temperature for the incubation period was +5 °C at 85% humidity. There has been established that the only winter wheat variety 'Dolya' had a very high resistance degree to pink snow mold; the varieties 'Antonina' and 'Brigada' had a high resistance degree; 21 varieties were classified as resistant. *M. nivale* resistance was demonstrated by 9 winter barley varieties and 3 variety samples ('Versal', 'Iosif', 'KA-12', 'KA-5/KA-3', 'KA-5/KA-1', 'Karrera', 'Kondrat', 'Kubagro-1', 'Lazar', 'Master', 'Romans', 'Sarmat'). Among the studied winter triticale varieties, 4 varieties had a very high resistance degree ('Argus', 'Slon', 'Tikhon', 'Ullubiy') and 9 varieties had a high resistance degree to pink snow mold pathogen ('Aznavur', 'Argo', 'Arioso', 'Valentin 90', 'Iliya', 'Sotnik', 'Styuard', 'Forte', 'Khleborob').

Keywords: winter wheat, winter barley, winter triticale, pink snow mold, *Microdochium nivale*.

Введение. Возделывание озимых зерновых культур является важной экономической основой сельскохозяйственного комплекса России. Одним из основных лимитирующих факторов, снижающих урожайность и качество зерна злаковых культур, является возбудитель розовой снежной плесени *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett. У фитопатогена широкий спектр филогенетической специализации. Причиной этому стали высокая биологическая пластичность *M. nivale* и отсутствие органотропной приуроченности (Tojo and Newsham, 2012). Ареал обитания *M. nivale* широко распространён. Гриб поражает злаковые и газонные травы в Центральной Европе, Японии, Чехии, США, Швеции, Германии и Канаде (Гагкаева и др., 2020). В России он обнаруживается во всех зонах возделывания озимых зерновых (Tkachenko, 2013).

Патоген сохраняет свою активность при минимальных температурах, а высокий и длительный снежный покров, непромёрзшая почва способствуют его активному проявлению в более поздний период. Вредоносность *M. nivale* заключается в снижении всхожести семян, изреживании посевов, полной их гибели (Matusinsky et al., 2019). Потери урожая при этом могут составлять до 50% (Санин, 1999). Также на интенсивность развития болезни оказывает влияние несоблюдение агротехнических приёмов – нарушение ротации культур, поверхностная обработка почвы, несвоевременный посев (Tkachenko, 2013).

Основной стратегией селекции зерновых колосовых культур против фузариозных заболеваний, к которым до недавнего времени относили и розовую снежную плесень, является создание толерантных сортов, которые способны сформировать урожай при различных степенях поражения. Активные микроэволюционные процессы популяции патогена *M. nivale* на юге России индуцируют быструю сортовую потерю устойчивости. Предварительная оценка сортов и сортообразцов в лабораторных условиях в стадии проростков является важным фактором для обоснования стратегии биологической защиты озимых зерновых культур и получения качественного урожая.

Цель исследований – провести иммунологическую оценку сортов озимых зерновых колосовых культур против возбудителя розовой снежной плесени в фазу проростков. Для ее выполнения было необходимо решить следующие задачи: обосновать методический под-

ход в проведении иммунологической оценки сортов озимых зерновых колосовых культур в лабораторных условиях; провести иммунологическую оценку сортов озимых зерновых колосовых культур относительно возбудителя розовой снежной плесени.

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» г. Краснодар в 2020 году. Объектом исследования являлся возбудитель розовой снежной плесени. Материалами исследования служили 35 сортов пшеницы озимой, 19 сортов и 4 сортообразца ячменя озимого и 13 сортов тритикале озимой различных селекционных учреждений РФ, таких как ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (37 сортов), ООО НПО «КУБАНЬЗЕРНО» (3 сорта совместно с ФГБНУ НЦЗ им. П. П. Лукьяненко), ФГБНУ «АНЦ «Донской» (11 сортов), ФГБНУ Северо-Кавказский «ФНАЦ» (2 сорта), КубГАУ (6 сортов), ООО «Агростандарт» (4 сорта), ФГБНУ НИИСХ Крыма (1 сорт), ФГБНУ ФНЦ Кабардино-Балкарский НЦ РАН (1 сорт совместно с ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), ФГБНУ «ФРАНЦ» (6 сортов).

Для создания искусственного инфекционного фона *M. nivale* сбор инфекционного материала проводили на посевах зерновых культур юга России (180 изолятов из шести районов региона). Гриб культивировали при температуре +10/+15 °C (с фотопериодом 12 часов). Через 5 суток температуру снижали до +5 °C для стимуляции образования конидий. В суспензию (концентрация спор – 105/мл) добавляли смачиватель Твин-20 из расчёта 1–2 капли на 100 мл (Анпилогова и Волкова, 2000).

Поверхностную стерилизацию семенного материала проводили путём обработки 0,5% гипохлоридом натрия (Ren et al., 2015). Предварительно проросшие семена помещали в вазоны размером 0,025 л в количестве 10 штук на 1 вазон. Инокуляцию проводили путём пролива суспензии на песок, затем было проведено опрыскивание растений. После инокуляции растения были накрыты полиэтиленовыми изоляторами для поддержания оптимального уровня влажности, температура была снижена до +5 °C. Учёт производили через 20 дней. Характеристики сортов по устойчивости к возбудителю снежной плесени давали по степени поражения, определённой по адаптированной шкале Л.Т. Бабаянц (Бабаянц и др., 1988).

Здоровым растениям соответствовал 1 балл, степень устойчивости очень высокая (ОВУ). Единичные поражения (2 балла) – растения высокоустойчивые (ВУ). Редкие пятна на нижних и верхних листьях (общая пораженность до 5%) – 3 балла. Редкие пятна (общая пораженность до 10%) – 4 балла, растения характеризовались как устойчивые (У). Слабая восприимчивость (СВ) (5 баллов) отмечалась при общей пораженности 20%. Полное поражение нижних листьев и общая пораженность до 30% – 6 бал-

лов. Общая пораженность до 50%, отмирание боковых побегов – 7 баллов, сорт восприимчивый (В). Высокая восприимчивость наблюдалась при 8 баллах и поражении до 70%. При полной гибели растения (9 баллов) сорта относили к высоковосприимчивым (ВВ).

Результаты и их обсуждение. В результате проведения иммунологической оценки 35 сортов пшеницы озимой относительно *M. nivale* было выявлено, что большая часть исследуемых образцов относится к устойчивым (табл. 1).

1. Иммунологическая оценка сортов пшеницы озимой относительно *M. nivale* (камера искусственного климата, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.)
1. Estimation of immunity of winter wheat varieties to *M. nivale* (artificial climate chamber, FSBSI ARRIBPP, 2020)

Сорт	Балл поражения	Степень устойчивости	Сорт	Балл поражения	Степень устойчивости
Доля ¹	1	ОВУ	Аскет ³	4	У
Антонина ¹	2	ВУ	Трио ¹	4	У
Бригада ¹	2	ВУ	Память ¹	4	У
Лауреат ¹	3	У	Табор ¹	4	У
Сварог ²	3	У	Лебедь ¹	4	У
Гром ¹	3	У	Арабеска ⁴	4	У
Еремеевна ¹	3	У	Дончанка ³	5	СВ
Грация ¹	3	У	Уруп ¹	5	СВ
Краля ¹	3	У	Адель ¹	5	СВ
Курень ¹	4	У	Губернатор Дона ³	5	СВ
Таня ¹	4	У	Стан ¹	5	СВ
Дмитрий ¹	4	У	Этнос ¹	5	СВ
Ермак ³	4	У	Станичная ³	5	СВ
Алексеич ¹	4	У	Бонус ³	5	СВ
Есаул ²	4	У	Киприда ³	6	В
Жива ²	4	У	Калым ¹	6	В
Афина ¹	4	У	Кипчак ³	6	В
Диона ³	4	У	–	–	–

¹ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко.

²ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко / ООО НПО «КУБАНЬЗЕРНО».

³ФГБНУ «АНЦ «Донской».

⁴ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Установлено, что очень высокой устойчивостью к *M. nivale* обладал один сорт Доля (3% от числа изученных). Высокая степень устойчивости выявлена у двух сортов – Антонина и Бригада (6%). Устойчивость к *M. nivale* отмечена у 21 сорта (60%): Алексеич, Арабеска, Аскет, Афина, Грация, Гром, Диона, Дмитрий, Еремеевна, Ермак, Есаул, Жива, Краля, Курень, Лауреат, Лебедь, Память, Сварог, Табор, Таня,

Трио. Слабой восприимчивостью характеризовались восемь сортов (23%): Адель, Бонус, Губернатор Дона, Дончанка, Стан, Станичная, Уруп, Этнос; восприимчивостью – три сорта (8%): Калым, Киприда, Кипчак.

На рисунке 1 представлена картина поражения листьев *M. nivale* на отдельных сортах пшеницы озимой.

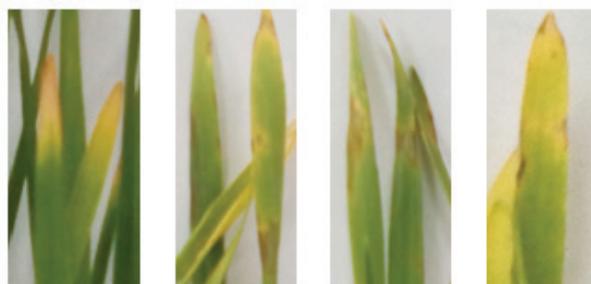


Рис. 1. Поражённые *M. nivale* листья пшеницы озимой Киприда, Калым, Кипчак, Стан в фазу проростков (ориг.)

Fig. 1. Leaves of the winter wheat varieties 'Kiprida', 'Kalym', 'Kipchak', 'Stan' infected with *M. nivale* in sprouting period (orig.)

В результате иммунологической оценки 19 высеваемых на юге РФ сортов и 4 сортообразцов ячменя озимого относительно *M. nivale* была выявлена устойчивость у 9 исследуемых сортов и 3 сортообразцов (табл. 2). Устойчивые сорта составили 52% от числа изученных: Версаль, Иосиф, КА-12, КА-5/КА-3, КА-5/КА-1, Каррера, Кондрат, Кубагро-1, Лазарь, Мастер,

Романс, Сармат. Слабую восприимчивость показали 5 сортов и 1 сортообразец (26%): Агродеум, Гордей, КА-7, Лайс, Рандеву, Тимофей. Восприимчивыми к патогену явились 5 сортов (22%): Амиго, Мадар, Паттерн, Рубеж, Спринтер.

На рисунке 2 представлена картина поражения листьев *M. nivale* на отдельных сортах ячменя озимого.

2. Иммунологическая оценка сортов ячменя озимого относительно *M. nivale* (камера искусственного климата, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.)

2. Immunological assessment winter barley cultivars relative to *M. nivale* (the artificial climate chamber, FGBNU FNCBZR, 2020)

Сорт, сортообразец	Балл поражения	Степень устойчивости	Сорт, сортообразец	Балл поражения	Степень устойчивости
КА-12 ⁵	4	У	КА-7 ⁵	5	СВ
Версаль ⁶	4	У	Агродеум ⁵	5	СВ
Кондрат ¹	4	У	Лайс ⁶	5	СВ
Сармат ¹	4	У	Гордей ¹	5	СВ
Кубагро-1 ⁵	4	У	Рандеву ³	5	СВ
КА-5/КА-3 ⁵	4	У	Тимофей ³	5	СВ
КА-5/КА-1 ⁵	4	У	Мадар ^{1/8}	6	В
Каррера ⁶	4	У	Паттерн ⁴	6	В
Иосиф ¹	4	У	Рубеж ¹	6	В
Лазарь ¹	4	У	Амиго ⁶	7	В
Мастер ⁷	4	У	Спринтер ¹	7	
Романс ¹	4	У	–	–	–

⁵ФГБОУ ВО «КубГАУ».

⁶ООО «Агростандарт».

⁷ФГБНУ НИИСХ Крыма.

^{1/8}ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко / ФГБНУ ФНЦ Кабардино-Балкарский НЦ РАН.



Рис. 2. Поражённые *M. nivale* листья ячменя озимого Амиго, Мадар, Паттерн, Рубеж, Спринтер в фазу проростков (ориг.)

Fig. 2. Winter barley leaves affected by *M. nivale*: 'Amigo', 'Madar', 'Pattern', 'Rubezh', 'Sprinter' in the sprouting phase (orig.)

3. Иммунологическая оценка сортов тритикале озимой относительно *M. nivale* в фазу проростков (камера искусственного климата, ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.)

3. Immunological assessment winter triticale cultivars relative to *M. nivale* in the seedling phase (the artificial climate chamber, FGBNU FNCBZR, 2020)

Сорт	Балл поражения	Степень устойчивости	Сорт	Балл поражения	Степень устойчивости
Тихон ¹	1	ОВУ	Азнавур ⁹	2	ВУ
Слон ¹	1	ВУ	Стюард ⁹	2	ВУ
Уллубий ¹	1	ВУ	Ариозо ⁹	2	ВУ
Аргус ⁹	1	ВУ	Арго ⁹	2	ВУ
Валентин 90 ¹	2	ВУ	Форте ⁹	2	ВУ
Хлебобоб ¹	2	ВУ	Сотник ¹	2	ВУ
Илия ¹	2	ВУ	–	–	–

¹ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко.

⁹ФГБНУ «ФРАНЦ».

Иммунологическая оценка 13 высеваемых на юге РФ сортов тритикале озимой от-

носителем *M. nivale* показала очень высокую степень устойчивости у четырех сортов

(31%) – Аргус, Слон, Тихон, Уллубий (табл. 3). Высокая степень устойчивости была выявлена для девяти сортов (69%) – Азнавур, Арго,

Ариозо, Валентин 90, Илия, Сотник, Стюард, Форте, Хлебобоб (рис. 3).

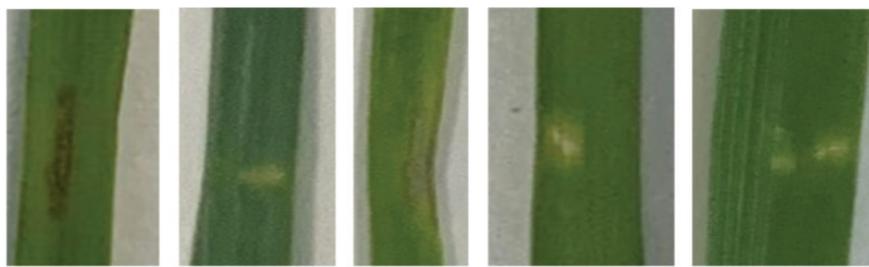


Рис. 3. Поражённые *M. nivale* листья тритикале озимой Валентин 90, Илия, Сотник, Стюард, Форте (с) в фазу проростков (ориг.)

Fig. 3. Winter triticale leaves affected by *M. nivale*: 'Valentin 90', 'Iliya', 'Sotnik', 'Styuard', 'Forte' in the sprouting phase (orig.)

Выводы. Обоснован методический подход в проведении исследований по иммунологической оценке сортов озимых зерновых колосовых культур в лабораторных условиях. Определена температура культивирования патогена +10/+15 °С (с фотопериодом 12 часов). Выявлено, что для стимуляции спорообразования необходимая температура составляет +5 °С, а оптимальная температура инкубационного периода – +5 °С при влажности выше 85%.

В условиях искусственного инфекционного фона очень высокую устойчивость к поражению возбудителем розовой снежной плесени в фазу проростков проявил сорт пшеницы озимой Доля, оригинатором которого является ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. Также высокая степень устойчивости выявлена у сортов Антонина и Бригада (ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко). Отмечена устойчивость у девяти сортов, из них Каррера, Версаль (ООО «Агростандарт»),

Кондрат, Лазарь, Иосиф, Романс, Сармат (ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко), Кубагро-1 (ФГБОУ ВО «КубГАУ»), Мастер (ФГБНУ НИИСХ Крыма) и трех сортообразцов ячменя озимого КА-12, КА-5/КА-3, КА-5/КА-1 (ФГБОУ ВО «КубГАУ»). Сорта тритикале озимой Аргус (ФГБНУ «ФРАНЦ»), Слон, Тихон, Уллубий (ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко) проявили очень высокую степень устойчивости относительно розовой снежной плесени.

Выделенные устойчивые к *M. nivale* сорта и сортообразцы зерновых колосовых культур представляют практический интерес и могут быть рекомендованы для возделывания в районах с широким распространением патогена и в селекционной работе как источники устойчивости.

Благодарность. Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 20-54-00026 Бел_а.

Библиографические ссылки

1. Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). Краснодар: ВНИИБЗР РАСХН, 2000. 28 с.
2. Бабаянц Л.Т., Мештерхази А., Вехтер В., Неклеса Н., Дубинина Л.А. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ // Прага. 1988. С. 321.
3. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П. Разнообразие грибов рода *Microdochium*, выявленных на зерновых культурах в России // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54. № 5. С. 347–364. DOI: 10.31857/S0026364820050049.
4. Санин С.С. Здоровье зернового поля // Защита и карантин растений. 1999. № 2. С. 28–31.
5. Matušinsky P., Svobodová L.L., Svačinová I., Havis N., Hess M., Tvarůžek L. Population genetic structure of *Microdochium majus* and *Microdochium nivale* associated with foot rot of cereals in the Czech Republic and adaptation to penthiopyrad // European Journal of Plant Pathology. 2019. Т. 155, № 1. P. 1–12. DOI:10.1007/s10658-016-1082-8.
6. Ren R., Yang X., Ray R. V. Comparative aggressiveness of *Microdochium nivale* and *M. majus* and evaluation of screening methods for *Fusarium* seedling blight resistance in wheat cultivars // European Journal of Plant Pathology. 2015. Т. 141, № 2. P. 281–294. DOI: 10.1007/s10658-014-0541-3.
7. Tkachenko O.B. Snow mold fungi in Russia // Plant and microbe adaptations to cold in a changing world. Springer, New York. 2013. P. 293–303. DOI: 10.1007/978-1-4614-8253-6_25.
8. Tojo M., Newsham K. K. Snow moulds in polar environments // Fungal Ecology. 2012. Т. 5, № 4. P. 395–402. DOI: 10.1016/j.funeco.2012.01.003.

References

1. Anpilogova L.K., Volkova G.V. Metody sozdaniya iskusstvennyh infekcionnyh fonov i ocenki sortoobrazcov pshenicy na ustojchivost' k vredonosnym boleznyam (fuzariozu kolosa, rzhavchinam, muchnistoj rose) [Methods for creating artificial infectious backgrounds and estimation of wheat varieties for resistance to harmful diseases (head fusarium, rust, powdery mildew)]. Krasnodar: VNIIBZR RASKHN, 2000. 28 s.

2. Babayanc L.T., Meshterhazi A., Vekhter V. Neklesa N., Dubinina L.A. Metody selekcii i ocenki ustojchivosti pshenicy i yachmenya k boleznjam v stranah-chlenah SEV [Methods for breeding and estimating wheat and barley resistance to diseases in the COMECON member countries] // Praga. 1988. S. 321.

3. Gagkaeva T.YU., Orina A.S., Gavrilova O.P. Raznoobrazie gribov roda *Microdochium*, vyyavlennyh na zernovyh kul'turah v Rossii [Diversity of fungi 'Microdochium' identified on grain crops in Russia] // Mikologiya i fitopatologiya. 2020. T. 54. № 5. S. 347–364. DOI: 10.31857/S0026364820050049.

4. Sanin S.S. Zdorov'e zernovogo polya [Health of the grain crop field] // Zashchita i karantin rastenij. 1999. № 2. S. 28–31.

5. Matušinsky P., Svobodová L. L., Svačinová I., Havis N., Hess M., Tvarůžek L. Population genetic structure of *Microdochium majus* and *Microdochium nivale* associated with foot rot of cereals in the Czech Republic and adaptation to penthiopyrad // European Journal of Plant Pathology. 2019. T. 155, № 1. P. 1–12. DOI:10.1007/s10658-016-1082-8.

6. Ren R., Yang X., Ray R. V. Comparative aggressiveness of *Microdochium nivale* and *M. majus* and evaluation of screening methods for *Fusarium seedling blight* resistance in wheat cultivars // European Journal of Plant Pathology. 2015. T. 141, № 2. P. 281–294. DOI: 10.1007/s10658-014-0541-3.

7. Tkachenko O. B. Snow mold fungi in Russia // Plant and microbe adaptations to cold in a changing world. Springer, New York. 2013. P. 293–303. DOI: 10.1007/978-1-4614-8253-6_25.

8. Tojo M., Newsham K. K. Snow moulds in polar environments // Fungal Ecology. 2012. T. 5, № 4. P. 395–402. DOI: 10.1016/j.funeco.2012.01.003.

Поступила: 18.12.20; принята к публикации: 16.03.21.

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. Волкова Г.В. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Яхник Я.В., Таранчева О.В. – выполнение опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АГРОХИМИЯ

УДК 633.15:631.5:631.87(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ
И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО УДОБРЕНИЯ ОРГАНОМИКС
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЗОНЫ
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

С.А. Васильченко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

Г.В. Метлина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

Ю.В. Лактионов², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, laktionov@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6241-0273

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

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, 196608, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 3.

Представлены результаты исследований за 2019–2020 годы по изучению влияния биопрепаратов и микроэлементных удобрений Органомикс на продуктивность кукурузы гибрида Зерноградский 354 МВ, проведенных в лаборатории технологии возделывания пропашных культур (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Почва на опытном участке благоприятна для возделывания кукурузы. Она содержит гумуса в пахотном слое на уровне 3,36%, подвижного фосфора – 24,4 мг, а обменного калия – 360 мг на 1 кг почвы. Уровень pH составляет 7,0. Исследования проводили с целью оценки влияния применения биопрепаратов для обработки семян и микроэлементных удобрений Органомикс для обработки растений на урожайность и экономическую эффективность возделывания кукурузы. Низкая влагообеспеченность посевов отмечалась в период исследований. Отмечалось неравномерное распределение осадков, значение гидротермического коэффициента было менее 1 (2019 г. – 0,64; 2020 г. – 0,65), что свидетельствует о засушливости вегетационного периода. Изучаемые биопрепараты и микроэлементные удобрения оказали влияние на элементы структуры урожая. Применяемые биопрепараты и микроэлементные удобрения Органомикс способствовали повышению выживаемости растений к уборке (густота стояния растений составляла 4,39–4,54 шт./м²), также отмечалось увеличение показателей зерновой продуктивности: массы початка (112,9–125,7 г), массы зерна с початка (94,4–104,8 г) и массы 1000 зёрен (221,2–231,4 г). Увеличение показателей структуры урожая повышало урожайность зерна на 0,25–0,77 т/га. Эффективность экономической показала, что применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений повышало условно-чистый доход до уровня 28 061–34 821 руб/га, рентабельность – до 167,6–201,8% и снижало себестоимость продукции до 4640–5231 руб/т.

Ключевые слова: кукуруза, микроэлементное удобрение, биопрепараты, структура урожая, экономическая эффективность.

Для цитирования: Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85.

**THE EFFECT OF BIOLOGICAL PRODUCTS
AND MICROELEMENT FERTILIZER 'ORGANOMIX'
ON MAIZE PRODUCTIVITY IN THE SOUTHERN PART
OF THE ROSTOV REGION**

S.A. Vasilchenko¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technologies of row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

G.V. Metlina¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technologies of row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

Yu.V. Laktionov², Candidate Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for ecology of symbiotic and associative rhizobacteria, laktionov@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6241-0273

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

²All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology, 196608, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelskiy Sh., 3

The current paper has presented the study results on the effect of biological products and microelement fertilizers 'Organomix' on productivity of the maize hybrid 'Zernogradsky 354MV' carried out in laboratory for cultivation technologies of row crops (FSBSI "ARC "Donskoy") in 2019–2020. The soil in the experimental plot was favorable for the cultivation of corn, containing 3.36% of humus in the arable layer, 24.4 mg of mobile phosphorus, and 360 mg of exchangeable potassium per 1 kg of soil. The soil pH was 7.0. The study was carried out to estimate the effect of the use of biological products for seed treatment and microelement fertilizers 'Organomix' for plant treatment on productivity and economic efficiency of maize cultivation. There was low moisture content of sowings during the period of the trial. There was established an uneven distribution of precipitation, the value of the hydrothermal coefficient was less than 1 (0.64 in 2019 and 0.65 in 2020), which indicated the dryness of the vegetation period. The studied biological products and microelement fertilizers influenced the yield structure elements. The applied biological products and microelement fertilizers 'Organomix' improved survival rate of plants before harvesting (the plant density was 4.39–4.54 pcs/m²). There was increase of grain productivity indicators, namely cob weight ranged from 112.9 to 125.7 g, grain weight per ear varied from 94.4 to 104.8 g and 1000-grain weight was 221.2–231.4 g. The improvement of the yield structure elements increased grain productivity on 0.25–0.77 t/ha. Economic efficiency showed that the use of biological products and microelement fertilizers raised the conditional net income to the level of 28 061–34 821 rubles/ha, profitability up to 167.6–201.8% and reduced production costs to 4640–5231 rubles/t.

Keywords: maize, microelement fertilizer, biological products, yield structure, economic efficiency.

Введение. В России в XXI веке развитие сельского хозяйства связано неразрывно с использованием аграрных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение заданного количества и качества растениеводческой продукции. Задачи эти решаются лишь только при оптимальном использовании необходимого количества ресурсов, среди которых значительная роль принадлежит снабжению культурных растений элементами питания и оптимизации способов основной обработки почвы (Кожемяков и др., 2015; Алабушев и др., 2016).

Применение удобрений и агрохимикатов в современном земледелии должно обеспечивать решение одновременно пяти задач: поддержание экологической безопасности сельскохозяйственного производства на оптимальном уровне и их достаточную окупаемость, повышение и сохранение эффективного плодородия почвы, повышение качества и урожайности сельскохозяйственных культур (Осипов и др., 2018; Кашукоев и др., 2019).

Научные исследования, проведенные в ФГБНУ «АНЦ «Донской», выявили эффективность применения биопрепаратов, микроудобрений и стимуляторов роста растений на яровом ячмене, озимой пшенице (Филенко и др., 2016; Старикова и Костылев, 2014).

Поэтому целью исследований являлась оценка влияния биопрепаратов для обработки семян и микроэлементных удобрений Органомикс для обработки растений на урожайность и экономическую эффективность возделывания кукурузы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в течение двух лет (2019 и 2020 годов) в лаборатории технологии возделывания пропашных культур (ФГБНУ «АНЦ «Донской», южная зона Ростовской области). Почвой опытного участка являлся чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Она содержит гумуса в пахотном слое на уровне 3,36%, подвижного фосфора – 24,4 мг, обменного калия 360 мг на 1 кг почвы, а уровень кислотности был нейтральным (рН 7,0). Исследования проводили на гибриде Зерноградский 354 МВ относящемся к среднеспелой группе.

Возделывание кукурузы осуществляли по агротехнике общепринятой, кроме изучаемого элемента технологии возделывания (Система ведения агропромышленного производства Ростовской области, 2013). Посев проводили селекционной сеялкой для пропашных культур Клён 4,2.

Повторность опыта – четырёхкратная. Площадь делянки – 60 м², учётная площадь делянки – 42 м², расположение делянок систематическое. Глубина заделки семян – 6–8 см. Предшественник – озимая пшеница. Уборку опытных делянок осуществляли с помощью селекционного комбайна Wintersteiger при достижении стандартной уборочной влажности зерна.

Статистическую обработку данных и проведение полевых опытов осуществляли по методике Б.А. Доспехова (2014). Биометрические данные подвергали обработке на персональном компьютере с помощью компьютерных программ Excel 2019, Statistica 10.

Схема опыта следующая:

1. Контрольный вариант(обработка семян и растений не проводилась);
2. Обработка семян штаммом SS-1;
3. Обработка семян штаммом SS-2;
4. Обработка семян Флавобактерином;
5. Обработка растений микроэлементным удобрением Органомикс Универсальный + ОрганомиксZn.

Применяемые биопрепараты были произведены в ФГБНУ ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Действующим веществом являются бактерии, поселяющиеся в ризосфере корня и способствующие улучшению азотного и фосфорного питания растений кукурузы. Препарат Флавобактерин получен на основе штамма *Flavobacterium* sp. L-30. Данные штаммы принято считать штаммом-эталон. Штаммы SS-1 и SS-2 относятся к роду *Bacillus*, выделены из ризосферы пшеницы произрастающей на бурой почве Южного Казахстана. Штаммы SS-1 и SS-2 являются перспективными для получения микробиологических препаратов, обладают высокой активностью по отношению к фитопатогенным грибам, а также имеют хорошую ростстимулирующую активность.

Микроэлементные удобрения Органомикс Универсальный и ОрганомиксZn представляют собой водорастворимую композицию удобрений в форме хелатов.

Годы исследований характеризовались низкой влагообеспеченностью посевов. В течение периода вегетации осадки распределялись неравномерно (рис. 1).

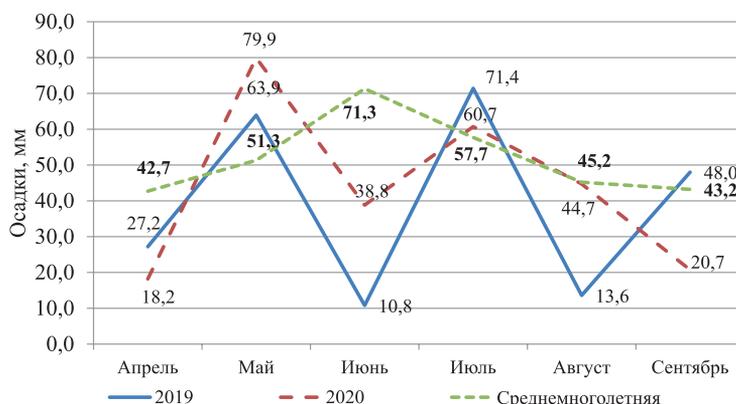


Рис. 1. Количество атмосферных осадков за вегетационный период кукурузы (2019–2020 гг.)
Fig. 1. Amount of atmospheric precipitation during maize vegetation period (2019–2020)

В апреле–сентябре 2019 года сумма осадков составляла 234,9 мм против 263,0 мм в 2020 году, что ниже на 76,5 и 48,4 мм среднегоголетней нормы осадков за этот период.

Среднесуточная температура воздуха в апреле–сентябре в 2019 и 2020 гг. была выше среднегоголетней нормы соответственно на 1,6 и 1,3 °С. Высокие среднесуточные тем-

пературы воздуха в сентябре 2020 года способствовали более раннему созреванию. Продолжительность вегетационного периода в 2019 году составляла 120 дней. В 2020 году налив семян происходил при менее высоких температурах воздуха в сравнении с 2019 годом, продолжительность вегетационного периода кукурузы была 121 день (рис. 2).

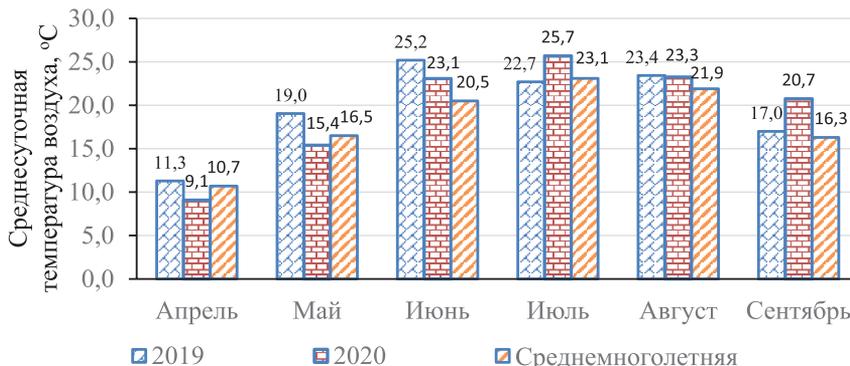


Рис. 2. Среднесуточная температура воздуха в вегетационный период возделывания кукурузы (2019 и 2020 гг.)

Fig. 2. Average daily air temperature during vegetation period of maize cultivation (2019 and 2020)

Гидротермический коэффициент за вегетационный период кукурузы был менее 1 (2019 г. – 0,64; 2020 г. – 0,65), что свидетельствует о засухливости вегетационного периода в годы исследований.

Результаты и их обсуждение. Применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений способствовало увеличению сохранности растений к уборке. Наибольшая выживаемость растений к уборке отмечалась при обработке семян биопрепаратом Флавобактерин (75,7%). Подобная высокая выживаемость объясняется способностью флавобактерий

(*Flavobacterium* sp. L-30) вырабатывать антибиотик, способствующий успешной борьбе с почвенными патогенами при прорастании семян, а также повышению иммунного статуса растений, что в итоге приводит к более полноценному развитию растений в целом.

Применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений способствовало улучшению показателей зерновой продуктивности. Так, масса початка при применении биопрепаратов и микроэлементных удобрений увеличивалась на 7,3–20,1 г, а масса зерна с початка на 6,4–16,8 г (табл. 1).

1. Влияние агроприёмов на элементы структуры урожая и урожайность кукурузы (2019–2020 гг.)

1. The effect of agricultural practices on yield structure elements and maize productivity (2019–2020)

Вариант	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Масса, г			Урожайность с 1 га, т	Прибавка к контрольному варианту, т/га
		початка	зерна с одного початка	1000 зёрен		
Контрольный вариант	4,06	105,6	88,0	205,9	2,95	–
SS-1	4,39	112,9	94,4	221,2	3,20	0,25
SS-2	4,43	117,8	98,2	217,9	3,40	0,45
Флавобактерин	4,54	125,7	104,8	231,4	3,72	0,77
Органомикс Универсальный + ОрганомиксZn	4,47	119,4	100,7	226,9	3,64	0,69
НСП _{0,5}	0,19	6,2	5,2	12,9	0,24	–

Применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений способствовало более полному наливу зерна, что отразилось на показателе «масса 1000 зёрен». В сравнении с контролем отмечалось его увеличение на 12,0–25,5 г.

В результате улучшения показателей зерновой продуктивности отмечалось увеличение урожайности. За годы исследований в среднем урожайность на контрольном варианте составляла 2,95 т/га. Применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений способствовало повышению её на 0,25–0,77 т/га.

Экономическая эффективность применения биопрепаратов проявлялась в более

высокой стоимости валовой продукции (на уровне 3500–10780 руб/га отмечалось превышение к контролю). Наибольшие производственные затраты отмечались при применении Флавобактерина и Органомикса, соответственно 17259 и 18526 руб/га, что связано с более высокой ценой биопрепарата Флавобактерин и затратами на двукратную обработку Органомиксом. Более высокий условно-чистый доход отмечался в вариантах с применением Флавобактерина и Органомикса – 34 821 и 32 434 руб/га (табл. 2).

2. Влияние агроприёмов на урожайность зерна кукурузы (2019–2020 гг.)

2. The effect of agricultural practices on maize productivity (2019–2020)

Вариант	Урожайность с 1 га, т	Стоимость валовой продукции, руб./га*	Производственные затраты, руб./га	Условно-чистый доход, руб./га	Себестоимость продукции, руб./т	Рентабельность, %
Контрольный вариант	2,95	41300	16380	24920	5553	152,1
SS-1	3,20	44800	16739	28061	5231	167,6
SS-2	3,40	47600	16939	30661	4982	181,0
Флавобактерин	3,72	52080	17259	34821	4640	201,8
Органомикс Универсальный + ОрганомиксZn	3,64	50960	18526	32434	5090	175,1

*Цена зерна кукурузы 14 рублей за 1 кг.

Себестоимость основной продукции была ниже в изучаемых вариантах на 322–913 руб/т, чем на контроле. Рентабельность при применении биопрепаратов и микроэлементных удобрений находилась на уровне 167,6–201,8% против 152,1% на контроле.

Выводы. Применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений Органомикс способствовало повышению выживаемости растений к уборке (густота стояния растений составляла 4,39–4,54 шт./м²), а также уве-

личению показателей зерновой продуктивности, массы початка, массы зерна с початка и массы 1000 зёрен, что способствовало значительному увеличению урожайности зерна на 0,25–0,77 т с 1 га. Экономическая эффективность показала, что применение биопрепаратов и микроэлементных удобрений повышало показатель условно-чистого дохода до уровня 28 061–34 821 руб/га, рентабельность – до 167,6–201,8%, а себестоимость продукции, напротив, снижало до 4640–5231 руб/т.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Сухарев А.А., Попов А.С., Камбулов С.И., Янковский Н.Г., Овсянников Г.В. Минимизация обработки почвы под пропашные культуры и их продуктивность // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 6(55). С. 30–33.

2. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. 302 с.

3. Кашукоев М.В., Хуцинова М.М., Канукова Ж.О. Довсходовое применение гербицидов в посевах кукурузы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 22–28. DOI: 10.30850/vrnsn/2019/4/22-28.

4. Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В., Попова Т.А., Орлова А.Г., Кокорина А.Л., Вайшла О.Б., Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Чураков А.А., Яковлева М.Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 3. С. 369–376.

5. Осипов Ю.Ф., Каленич В.И., Красноштанова В.С. Пути повышения эффективности использования азота удобрений озимыми злаковыми культурами // Применение удобрений в современном земледелии: Материалы научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика В.И. Шемпеля. Минск УП «ИВЦ Минфина», 2018. 219 с.

6. Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 2013–2020 гг.) Ч. 2. Ростов н/Д, 2013. 272 с.

7. Старикова Д.В., Костылев П.И. Влияние химических стимуляторов и биологических препаратов на продуктивность озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 54–59.

8. Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Донцова А.А. Влияние стимуляторов роста совместно с протравителем семян на продуктивность сорта ярового ячменя Щедрый // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3(45). С. 28–31.

9. Flavobakterin: биофунгицид широкого спектра действия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biopreparaty.ru/flavobakterin>.

10. Жидкие хелатные удобрения Органомикс [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://petrohim.ru/page_id=293.

References

1. Alabushev A.V., Suharev A.A., Popov A.S., Kambulov S.I., Yankovskij N.G., Ovsyannikov G.V. Minimizaciya obrabotki pochvy pod propashnye kul'tury i ih produktivnost' [Minimization of tillage for row crops and their productivity] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 6(55). S. 30–33.

2. Zavalin A.A. Biopreparaty, udobreniya i urozhaj [Biological products, fertilizers and productivity]. M.: Izd-vo VNIIA, 2005. 302 s.

3. Kashukoev M.V., Hucinova M.M., Kanukova ZH.O. Dovskhodovoe primenenie gerbicidov v posevah kukuruzy [Pre-sprouting application of herbicides in maize sowings] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 4. S. 22–28. DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/22-28.

4. Kozhemyakov A.P., Laktionov YU.V., Popova T.A., Orlova A.G., Kokorina A.L., Vajshlya O.B., Agafonov E.V., Guzhvin S.A., Churakov A.A., Yakovleva M.T. Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannyh form mikrobnih biopreparatov dlya zemledeliya [Agrotechnological foundations for the development of improved forms of microbial biological products for agriculture] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 3. S. 369–376.

5. Osipov YU.F. Kalenich V.I., Krasnoshtanova V.S. Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya azota udobrenij ozimymi zlakovymi kul'turami [Ways to increase the application efficiency of nitrogen fertilizers by winter grain crops] // Primenenie udobrenij v sovremennom zemledelii: Materialy nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 110-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.I. SHempelya. Minsk UP «IVC Minfina», 2018. 219 s.

6. Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Rostovskoj oblasti (na period 2013–2020 gg.) [The system of agro-industrial production of the Rostov region (for the period 2013–2020)]. CH.2. Rostov n/D, 2013. 272 s.

7. Starikova D.V., Kostylev P.I. Vliyanie himicheskikh stimulyatorov i biologicheskikh preparatov na produktivnost' ozimoy pshenicy [Influence of chemical stimulants and biological products on winter wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1(31). S. 54–59.

8. Filenko G.A., Firsova T.I., Doncova A.A. Vliyanie stimulyatorov rosta sovместno s protravitelem semyan na produktivnost' sorta yarovogo yachmenya SHCHedryj [Influence of growth stimulants together with seed protectants on productivity of the spring barley variety 'Shchedry'] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 3(45). S. 28–31.

9. Flavobakterin: biofungicid širokogo spektra dejstviya ['Flavobacterin', a broad spectrum biofungicide] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://biopreparaty.ru/flavobakterin>.

10. Zhidkie helatnye udobreniya «Organomiks» [Liquid chelated fertilizers Organomix] [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://petrohim.ru/page_id=293.

Поступила: 25.03.21; 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. Васильченко С.А., Метлина Г.В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых и лабораторных опытов, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Лактионов Ю.В. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ОЗОНОМ И БИОПРЕПАРАТОМ ЛЮПИНО-ОВСЯНОЙ СМЕСИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Т.М. Морозова, научный сотрудник селекционно-технологического центра, ORCID ID: 0000-0002-5924-0143
*Костромской НИИСХ – филиал ФГБНУ "ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха",
156543, Костромская область, с. Минское, улица Куколевского, 18; e-mail: kniish.dir@mail.ru*

Представлены результаты исследований по воздействию предпосевного озонирования семян люпина узколистного и овса посевного на энергию прорастания, всхожесть, урожайность и качество продукции. Исследования проводили в период с 2018 по 2020 гг. в лабораторных и полевых условиях КНИИСХ – филиала ФГБНУ "ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха". Цель исследований – выяснить эффективность предпосевной обработки семян озонозоонозным потоком и обработки биопрепаратом на энергию прорастания, всхожесть, урожайность и качество продукции. Объект исследования – овёс посевной сорта Яков и люпин узколистный сорта Белозёрный 110. Семена люпино-овсяной смеси озонировали в дозе 5,0 мг/м³ в течение 15 минут и 30 минут с использованием озонатора РИОС-10(20)-0,5. Для сравнения семена были обработаны биопрепаратом Фитоспорин-М, ПС. В конечном итоге были определены наилучшие параметры предпосевной обработки семян люпино-овсяной смеси. В среднем за годы исследований предпосевное озонирование семян обеспечило повышение энергии прорастания сельскохозяйственных культур на 4,8–8,3%, лабораторной всхожести – на 3,0–5,0%. Наибольшая урожайность зеленой массы люпино-овсяной смеси при предпосевной обработке семян за три года составила 26,1 т/га в варианте с дозой озона 5,0 мг/м³ в течение 15 минут, что больше контроля на 29,2%. В варианте с увеличением времени озонирования до 30 минут в среднем урожайность составила 23,2 т/га, что на 14,8% больше чем в контроле. Предпосевное озонирование семян способствует увеличению сухого вещества на 14,2–19,0%, сбора сырого белка – на 32,8–53,2%, сырого протеина – на 14,1–16,8%, обменной энергии – на 3,7–5,1%, кормовых единиц – на 4,3–6,5% по сравнению с контролем. При обработке семян биопрепаратом Фитоспорин-М, в среднем за годы исследований, урожайность составила 22,8 т/га, что больше контроля на 12,9%, прослеживается увеличение сухого вещества на 16,6%, сбора сырого белка на 19,6%, сырого протеина – на 0,8%, обменной энергии – на 1,9%, кормовых единиц – на 1,0%.

Ключевые слова: предпосевное озонирование семян, люпино-овсяная смесь, концентрация озона, биопрепарат, урожайность семян.

Для цитирования: Морозова Т. М. Влияние предпосевной обработки озонотом и биопрепаратом люпино-овсяной смеси на формирование урожайности и качество продукции // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 86–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-86-90.



THE EFFECT OF PRE-SOWING LUPIN-OAT MIXTURE TREATMENT WITH OZONE AND A BIOLOGICAL PRODUCT ON THE PRODUCTIVITY FORMATION AND PRODUCT QUALITY

T.M. Morozova, researcher of the breeding and research center, ORCID ID: 0000-0002-5924-0143
*Kostroma RIA, the branch of the Russian Potato Research Center named after A.G. Lorkh,
156543, Kostroma region, v. of Minskoe, Kukolevsky Str., 18; e-mail: kniish.dir@mail.ru*

There have been presented the study results on the effect of pre-sowing seed ozonation of narrowleaf lupin (*Lupinus angustifolius*) and common oat on their germination energy, germination capacity, productivity and product quality. The study was carried out in the period from 2018 to 2020 in laboratory and field conditions of the Kostroma RIA, the branch of the FSBSI "Russian Potato Research Center named after A.G. Lorkh". The purpose of the current study was to find out the efficiency of pre-sowing seed treatment with an ozone-air flow and treatment with a biological product for their germination energy, germination capacity, productivity and product quality. The objects of the study were the common oats variety 'Yakov' and the narrowleaf lupin variety 'Belozerny 110'. The seeds of the lupin-oat mixture were ozonized at a dose of 5.0 mg/m³ for 15 minutes and 30 minutes using an RIOS-10(20)-0.5 ozonizer. For comparison, the seeds were treated with the biological product 'Fitosporin-M'. Ultimately, there were identified the best parameters of the pre-sowing seed treatment of the lupin-oat mixture. On average, over the years of study, pre-sowing seed ozonation greatly improves the germination energy of agricultural crops on 4.8–8.3%, laboratory germination was improved on 3.0–5.0%. The largest green mass productivity of lupin-oat mixture during pre-sowing seed treatment for three years was 26.1 t/ha in the variant with an ozone dose of 5.0 mg/m³ for 15 minutes, which was more than control on 29.2%. In the variant with ozonation time increase to 30 minutes, the average productivity was 23.2 t/ha, which was 14.8% more than in the control. Pre-sowing seed ozonation contributed to dry matter increase on 14.2–19.0%; crude protein yield increased on 32.8–53.2%; crude protein percentage in grain increased on 14.1–16.8%; metabolizable energy increased on 3.7–5.1%; fodder units increased on 4.3–6.5% compared to control. When treating seeds with a biological product 'Fitosporin-M', the average productivity was 22.8 t/ha, which was on 12.9% more than control, an increase in dry matter was on 16.6%, an increase in crude protein yield was on 19.6%, an increase in crude protein percentage in grain was on 0.8%, an increase in metabolizable energy was on 1.9%, an increase in fodder units was on 1.0%.

Keywords: pre-sowing seed ozonation, lupin-oat mixture, ozone concentration, biological product, seed productivity.

Введение. На сельскохозяйственных предприятиях озонаторы воздуха эффективно помогают решать одну из проблем, которая актуальна круглый год – дезинфекция. Озон – сильное дезинфицирующее средство, являясь экологически безвредным, позволит отказаться от приобретения фунгицидов (Нормов, 2009; Неверов и др., 2018).

Озон является аллотропической модификацией вещества кислорода, самый сильный окислитель. Следовательно, он моментально вступает в реакцию со многими веществами, которые нам известны. Продукт реакции – нейтральные компоненты – вода, углекислый газ, а также соли. Озон используется во многих сферах, что дает особые преимущества, например, в санитарии. Кроме того, вещество получается простым путем, а его использование – не дорогостоящее. Чаще всего получают озон пропусканием атмосферного воздуха через зону объемного электрического разряда. Для получения разряда высокое постоянное или переменное напряжение частотой сотни Гц или десятки кГц подается на электроды, между которыми пропускают поток воздуха. Молекулы кислорода под действием энергии разряда разлагаются на два ионизированных атома. Одиночные и очень активные атомы присоединяются к молекуле обычного кислорода, образуя трехатомную молекулу озона. При нормальных условиях в помещении молекула озона в течение нескольких десятков минут разлагается на молекулу кислорода и его отрицательно ионизированный атом. Это явление позволяет после обеззараживания семян стимулировать биохимические процессы, тем

самым повышая урожайность продукции сельского хозяйства (Алиев и др., 2014; Баскаков, 2016; Морозова, 2020).

В решении проблемы дезинфекции применяют также биопрепараты. Фитоспорин-М – бактериальный препарат с широким спектром действия. Основа препарата – споровая бактериальная культура *Bacillus subtilis* 26Д. Препарат предназначен для защиты сельскохозяйственных культур от комплекса грибных и бактериальных болезней, обладает также свойством стимулировать рост растений и повышать их иммунитет (Першакова и др., 2017).

Цель исследований – выяснить эффективность предпосевной обработки семян озоноздушным потоком и обработки биопрепаратом на энергию прорастания, всхожесть, урожайность и качество продукции.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в лаборатории и на опытном поле ФГБНУ «Костромской НИИСХ» в период с 2018–2020 год. В полевых условиях выращивали люпин однолетний узколистный сорта Белозёрный 110 и овёс посевной сорта Яков в смеси. Для установления оптимального режима предпосевной обработки семян изучался один режим их обработки при разном времени экспозиции. Также был вариант с обработкой биопрепаратом и контроль. Предпосевное озонирование семян было проведено озонатором РИОС-20-0,5 М за 7 дней до посева. Обработку биопрепаратом Фитоспорин-М (450 мл/т) проводили за сутки перед посевом. Схема опыта по предпосевной обработке семян представлена в таблице 1.

**1. Схема полевого опыта за 2018–2020 гг.
1. Scheme of a field trial in 2018–2020**

№ варианта	Варианты опыта
1	Контроль (без предпосевной обработки)
2	Озонирование 5,0 мг/м ³ , в течение 15 минут
3	Озонирование 5,0 мг/м ³ , в течение 30 минут
4	Биопрепарат Фитоспорин-М

Предшественник – озимая пшеница. Посев люпино-овсяной смеси проводили в третьей декаде мая ручной сеялкой точного высева EarthWayMODEL-1001-B, способ посева – рядовой. Глубина посева – 3 см, междурядья – 15 см, температура почвы – 10 °С. Норма высева в смешанных посевах для люпина 0,9 млн шт., для овса – 2 млн шт. всхожих семян на 1 гектар. Уборку люпино-овсяной смеси на зеленый корм проводили вручную поделяночно в начале фазы цветения люпина и выбрасывания метелки у овса. После уборки определяли урожайность зелёной и сухой массы с пересчетом на 1 га, после определяли качество продукции. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая с высоким содержанием подвижного фосфора (388 мг/кг), повышенным содержанием обменного калия (129,8 мг/кг) и низким содержанием гумуса

(1,85%). Минеральные удобрения не вносили, опыт рекомендуется для органического земледелия. Учетная площадь делянки – 6 м², размещение делянок систематическое, повторность – четырёхкратная.

Закладку опытов проводили по общепринятым методикам. Все учеты и наблюдения проводили по стандартным методикам ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса (1997). Анализы образцов почвы проводили следующими методами: гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); рН_{сол} – потенциометрически (ГОСТ 26483-85); Нг – по Каппену (ГОСТ 262112); сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 262112); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-84). С помощью программ AGROS 2.02 и Excel 2007 по методике Доспехова Б.А. проводили статистическую обработку результатов опытов (2014).

Результаты и их обсуждение. Лабораторные исследования в 2018–2020 гг. по определению посевных качеств семян люпина узколистного и овса посевного показали положительное влияние предпосевных обработок. Воздействие озонозовоздушного потока на рост

и развитие семян четко проявилось при озонировании в дозе 5,0 мг/м³ в течение 15 минут. Повышение энергии прорастания у люпина было на 8,3, у овса – на 5,9%, всхожести семян у люпина – на 5,0%, у овса – на 4,8%, чем в контроле (табл. 2).

2. Воздействие предпосевных обработок на посевные качества семян, % (в среднем за 2018–2020 гг.)

2. The effect of pre-sowing seed treatments on the sowing quality, % (average in 2018–2020)

Варианты опыта	Параметры исследований			
	энергия прорастания, %		лабораторная всхожесть, %	
	люпин	овес	люпин	овес
Контроль	88,0	90,0	92,3	91,4
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	96,3	95,9	97,3	96,2
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 30 мин	93,7	94,8	95,3	96,0
Биопрепарат	94,0	93,9	96,3	95,4
НСР _{0,5} , %	0,99	1,16	1,03	0,98

Положительный итог лабораторных экспериментов послужил основанием для закладки полевых опытов.

За три года полевого опыта наиболее благоприятным был вегетационный период 2020 года и по температуре, и по количеству осадков. За период вегетации ГТК составил 1,46, сумма активных температур – 1400 °С, что оптимально для люпино-овсяной смеси. В 2018

(ГТК = 1,8) и 2019 (ГТК = 1,6) годах отмечалось переувлажнение почвы при пониженной температуре воздуха, сумма активных температур составила 1136 °С и 1100 °С соответственно.

Результаты опытов в 2018–2020 гг. показали, что предпосевное озонирование семян положительно воздействовало на высоту люпина и овса в разные фазы развития (табл. 3).

3. Динамика высоты люпина узколистного и овса посевного в зависимости от фазы развития (в среднем за 2018–2020 гг.)

3. Dynamics of plant height of narrowleaf lupin and common oats depending on the phase of development (average in 2018–2020)

Вариант опыта		Высота, см		
		фаза всходов (люпин, овёс)	фаза «стеблевание (люпин) кущение (овёс)»	фаза «цветение (люпин), выметывание (овёс)»
Контроль	люпин	12,9	28,0	60,1
	овёс	15,6	30,1	70,5
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	люпин	16,7	34,4	66,2
	овёс	19,5	41,1	77,8
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 30 мин	люпин	15,3	33,3	63,9
	овёс	18,3	40,2	75,0
Биопрепарат	люпин	15,0	31,3	63,8
	овёс	19,0	38,0	75,1

Из таблицы 3 наглядно видно, что во все фазы развития доминирует вариант 2. В фазу всходов высота у люпина была больше на 3,8 см, или на 29,4%, в фазу стеблевания – на 6,4 см, или на 22,8%, в фазу цветения – на 6,1 см, или на 10,1%, чем в контроле. У овса высота в фазу всходов была больше на 3,9 см, или на 25,0%, в фазу кущения – на 11,0 см или на 36,5%, в фазу выметывания – на 7,3 см или на 10,3%, чем в контроле.

Важнейшей задачей производства сельскохозяйственной продукции является увеличение урожайности выращиваемых культур. Продуктивность на уровне контроля в среднем составила 20,2 т/га. Вариант 2 достоверно пре-

высил по урожайности контроль, прибавка составила от 5,6 до 6,6 т/га (табл. 4).

Установлено, что наибольшая урожайность зеленой массы люпино-овсяной смеси получена в варианте 2–26,1 т/га, что больше на 29,2% чем в контроле. При увеличении времени обработки до 30 минут урожайность выше на 14,8% чем в контроле. Предпосевная обработка биопрепаратом способствовала увеличению урожайности зеленой массы на 12,8%.

Анализируя химический состав зелёной массы люпино-овсяной смеси, можно отметить положительное последствие предпосевного озонирования семян (табл. 5).

4. Продуктивность смешанных посевов люпина узколистного и овса посевного, т/га (в среднем за 2018–2020 гг.)

4. Productivity of the mixed sowings of narrowleaf lupin and common oats, t/ha (average in 2018–2020)

Вариант	Урожайность, т/га	
	зеленой массы	+/- к контролю
Контроль	20,2	–
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	26,1	5,9
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 30 мин	23,2	3,0
Биопрепарат	22,8	2,6
НСР _{0,5} , т/га	2,55	

5. Показатели химического состава зеленой массы люпино-овсяной смеси (среднее за 2018–2020 гг.)

5. Indicators of the chemical composition of the lupin-oat mixture green mass (average in 2018–2020)

Вариант опыта	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Контроль	1,82	0,38	1,51
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	2,11	0,45	1,74
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	2,07	0,42	1,67
Биопрепарат	1,83	0,42	1,61

Наибольшее содержание азота, фосфора и калия в надземной массе люпино-овсяной смеси получено в варианте 2 – 2,11, 0,45, 1,74%, что больше контрольного варианта на 15,9, 18,4, 15,2% соответственно, а в варианте 3 больше на 13,7, 10,5, 10,5%. При обработке биопрепаратом эти показатели увеличились на 0,5, 10,5, 6,6%.

Благодаря предпосевному озонированию семян люпино-овсяной смеси повысился кор-

мопродукционный потенциал. Содержание кормовых единиц в зелёной массе возросло от 4,3 до 6,5%, обменной энергии – от 3,7 до 5,1%, сырого протеина – от 14,1 до 16,8%. При предпосевной обработке биопрепаратом содержание кормовых единиц было больше на 1,0%, обменной энергии – на 1,9%, сырого протеина – на 0,8% чем в контроле (табл. 4).

6. Качество и питательность зеленой массы люпино-овсяной смеси (в среднем за 2018–2020 гг.)

6. Quality and nutritional value of the lupin-oat mixture green mass (average in 2018–2020)

Вариант	Сухое вещество, %	Выход белка, кг/га	Содержание питательных веществ и энергии в 1 кг зеленой массы			
			сырой протеин, %	сырая клетчатка, %	обменная энергия, мДж	кормовые ед., кг
Контроль	21,0	229	11,30	24,46	10,50	0,92
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 15 мин	25,0	351	13,20	21,96	11,04	0,98
Озонирование 5,0 мг/м ³ , 30 мин	24,0	304	12,90	22,83	10,89	0,96
Биопрепарат	24,5	274	11,40	23,90	10,70	0,93

В среднем за три года исследований содержание сырого белка в контроле составило 229 кг/га, в варианте с озонированием 5,0 мг/м³ в течение 15 минут – 351 кг/га, что больше на 122 кг/га или на 53,2%, при увеличении времени обработки до 30 минут – 304 кг/га, или на 32,7%, чем в контроле соответственно. При обработке биопрепаратом Фитоспорин-М содержание сырого белка составило 274 кг/га, что больше контроля на 19,6%.

Выводы. Обработка семян люпино-овсяной смеси озоноздушным потоком обеспечило повышение энергии прорастания на 4,8–8,3 и всхожести на 3,0–5,0%. В среднем в исследованиях 2018–2020 гг. озонирование способствовало повышению продуктивности

на 14,8–29,2%, сухого вещества – на 14,2–19,0%, сбора сырого белка – на 32,8–53,2%, сырого протеина – на 14,1–16,8%, обменной энергии – на 3,7–5,1%, кормовых единиц – на 4,3–6,5%. При обработке озоном прослеживается увеличение содержания азота, фосфора и калия в надземной массе люпино-овсяной смеси на 13,7–15,9, 10,5–18,4, 10,5–15,2% соответственно. Предпосевная обработка семян биопрепаратом Фитоспорин-М в сравнении с озонированием дает положительные результаты, но менее эффективные. Для повышения урожайности и качества продукции зелёной массы люпино-овсяной смеси целесообразно применять предпосевное озонирование при концентрации 5,0 мг/м³ в течение 15 минут.

Библиографические ссылки

1. Алиев А.А., Аскеров А.А., Исаев Э.И., Низамов А.Т., Низамов Т.И. Использование озонирования в чайном производстве // Вестник Московского государственного университета им. Баумана. Естественные науки. 2014. № 4. С. 90–98.
2. Баскаков И.В. Применение процесса озонирования в сельском хозяйстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 3(50). С. 120–125. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.120/
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и дополн. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Морозова Т.М. Особенности влияния предпосевного озонирования семян на повышение урожайности и показатели качества зерна яровой пшеницы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (Сельскохозяйственные науки: агрономия). 2020. № 3(60). С. 51–54. DOI: 10.24411/2078-1318-2020.13051.
5. Неверов А.А., Воскобулова Н.И., Верещагина А.С. Влияние различных доз биологического препарата Фитоспорина-М на формирование урожайности кукурузы // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2018. № 2. С. 33–35. DOI:10.24411/2304-9081-2018-12003.
6. Нормов Д.А. Обеззараживание зерна озонированием // Комбикорма. 2009. № 4. С. 44–46.
7. Першакова Т.В., Купин Г.А., Михайлюта Л.В., Бабакина М.В. Сравнительная оценка эффективности влияния биопрепаратов Витаплан и Фитоспорин М на изменение микробальной обсемененности яблок в процессе хранения // Новые технологии. 2017. № 3. С. 49–54.

References

1. Aliev A.A., Askerov A.A., Isaev E.I., Nizamov A.T., Nizamov T.I. Ispol'zovanie ozonirovaniya v chajnom proizvodstve [The use of ozonation in tea production] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta im. Baumana. Estestvennye nauki. 2014. № 4. S. 90–98.
2. Baskakov I.V. Primenenie processa ozonirovaniya v sel'skom hozyajstve [Application of the ozonation process in agriculture] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 3(50). S. 120–125. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.3.120/
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dopoln. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Morozova T.M. Osobennosti vliyaniya predposevnogo ozonirovaniya semyan na povyshenie urozhajnosti i pokazateli kachestva zerna yarovoj pshenicy [Features of the influence of pre-sowing seed ozonation on improvement of spring wheat productivity and grain quality] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Sel'skohozyajstvennye nauki: agronomiya). 2020. № 3(60). S. 51–54. DOI: 10.24411/2078-1318-2020.13051.
5. Neverov A.A., Voskobulova N.I., Vereshchagina A.S. Vliyaniye razlichnyh doz biologicheskogo preparata Fitosporina-M na formirovaniye urozhajnosti kukuruzy [Influence of various doses of the biological product 'Fitosporin-M' on the formation of maize productivity] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN (elektronnyj zhurnal). 2018. № 2. S. 33–35. DOI:10.24411/2304-9081-2018-12003.
6. Normov D.A. Obezrazhivaniye zerna ozonirovaniem [Decontamination of grain by ozonation] // Kombikorma. 2009. № 4. S. 44–46.
7. Pershakova T.V., Kupin G.A., Mihajlyuta L.V., Babakina M.V. Sravnitel'naya ocenka effektivnosti vliyaniya biopreparatov «Vitalplan» i «Fitosporin M» na izmeneniye mikrobial'noj obsemenennosti yablok v processe hraneniya [Comparative estimation of the efficiency of biological products 'Vitalplan' and 'Fitosporin M' on the change in microbial contamination of apples during storage] // Novye tekhnologii. 2017. № 3. S. 49–54.

Поступила: 5.04.21; принята к публикации: 7.07.21.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Морозова Т.М. – концептуализация исследования, выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.