

# ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

2(62)2019

Учредитель: Федеральное государственное  
бюджетное научное учреждение  
«Аграрный научный центр «Донской»

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Алабушев А. В.** – председатель, д-р с.-х. н., профессор, академик РАН;  
**Ионова Е. В.** – главный редактор, д-р с.-х. н.;  
**Донцова А. А.** – ответственный секретарь, к. с.-х. н.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Баталова Г. А.**, ФГБНУ «Северо-Восточный региональный аграрный научный центр» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Беспалова Л. А.**, ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукияnenко» – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Вислобокова Л. Н.**, филиал ФГБНУ «Россельхозцентр» по Тамбовской области – к. с.-х. н.;  
**Гончаренко А. А.**, МосНИИСХ «Немчиновка» – академик РАН;  
**Зезин Н. Н.**, УралНИИСХ – д-р с.-х. н.;  
**Лукомец В. М.**, ФГБНУ «ВНИИМК» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Медведев А. М.**, РАН – чл.-корр. РАН;  
**Долженко В. И.**, ФГБНУ «ВНИИЗР» – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Артохин К. С.**, НКЦ Ростовский филиал ООО «Агролига» – д-р с.-х. н.;  
**Волкова Г. В.**, ФГБНУ «ВНИИБЗР» – д-р биол. н.;  
**Подколзин А. И.**, Ставропольский ГАУ – д-р биол. н.;  
**Назаренко О. Г.**, ФГБУ ГЦАС «Ростовский» – д-р биол. н.;  
**Романенко А. А.**, ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукияnenко» – академик РАН, д-р с.-х. н.;  
**Сандухадзе Б. И.**, МосНИИСХ «Немчиновка» – академик РАН;  
**Сотченко В. С.**, ВНИИ кукурузы – академик РАН;  
**Храмцов И. Ф.**, СибНИИСХ – академик РАН, д-р с.-х. н., профессор;  
**Шевченко С. Н.**, Самарский НИИСХ – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. н.;  
**Ле Зунь Хай**, Агрогенетический институт (г. Ханой, Вьетнам);  
**Халил Сурек**, Тракийский аграрный НИИ (г. Эдирне, Турция) – д-р н.;

The founder: Federal State  
Budgetary Scientific Institution  
“Agricultural Research Center “Donskoy”

### EDITORIAL COUNCIL:

**Alabushev A. V.** – chairman of editorial council, Doctor of Agr. S., professor, academician of RAS;  
**Ionova E. V.** – chief editor, Doctor of Agr. S.;  
**Dontsova A. A.** – executive secretary, Candidate of Agr. S.

### EDITORIAL BOARD:

**Batalova G. A.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, FSBSI “North-East named after N. V. Rudnitsky”;  
**Bespalova L. A.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, FSBSI “NCG named after P. P. Lukyanenko”;  
**Vislobokova L. N.** – Candidate of Agr. S., branch of the FSBSI “Russian Agricultural Center” in the Tambov region;  
**Gontcharenko A. A.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, FSBSI Moscow RIA “Nemtchinovka”;  
**Zezin N. N.** – Doctor of Agr. S., FSBSI “Ural RIA”;  
**Lukomets V. M.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, FSBSI “RIA of oil crops”;  
**Medvedev A. M.** – RAS, corresponding member of RAS;  
**Dolzhenko V. I.** – Doctor of Agr. S., professor, academician RAS, FSBSI “ARRIPP”;  
**Artohin K. S.** – Doctor of Agr. S., the Rostov Affiliate of the RCC OOO “Agroliga”;  
**Volkova G. V.** – Doctor of Biol. S., FSBSI “ARRIBPP”;  
**Podkolzin A. I.** – Doctor of Biol. S., Stavropolsky SAU;  
**Nazarenko O. G.** – Doctor of Biol. S., FSBI GTsAS “Rostovsky”;  
**Romanenko A. A.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, FSBSI “NCG named after P. P. Lukyanenko”;  
**Sandukhadze B. I.** – academician of RAS, FSBSI “Moscow RIA “Nemchinovka”;  
**Sotchenko V. S.** – academician of RAS, ARRI of maize;  
**Khramtsov I. F.** – Doctor of Agr. S., professor, Academician of RAS, SibRIA;  
**Shevchenko S. N.** – Doctor of Agr. S., academician of RAS, Samarsky RIA;  
**Le Zun Hai** – Agrogenetic Institute (Hanoi, Vietnam);  
**Khalil Surek** – PhD, Trakia Agricultural Research Institute (Edirne, Turkey);

Свидетельство ПИ № ФС 77-38503 от 18 декабря 2009 г. Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Журнал включен в Перечень ВАК Минобразования 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). Импакт-фактор РИНЦ – 0,416.

Перевод на английский язык – Скубедин О. Н.

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 18.04.2019

Дата выхода 28.04.2019. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 1272-19

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

# ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

## Содержание

### ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Васильченко С. А., Метлина Г. В., Кравченко Н. С. Влияние сроков посева на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания сои 3

Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Павлова М. Д., Дубяга В. М., Томашевич Н. С., Хомяк А. И., Цыгичко А. А., Бондарчук Е. Ю., Сидорова Т. М. Эффективность инокуляции семян озимой пшеницы бактериями рода *Bacillus*, перспективными для создания биопрепаратов 8

Левакова О. В. Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области 13

Гольдварг Б. А., Грициенко В. Г., Боктаев М. В. Влияние изменения климата на продуктивность зерновых культур в центральной зоне Республики Калмыкия 17

Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Беляева М. В. Технологические и хлебопекарные качества тритикале 21

### СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Шишова Е. А., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Романюкин А. Е. Создание и хозяйствственно-биологическая характеристика сорго-суданковых гибридов 27

Некрасова О. А., Подгорный С. В., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Громова С. Н., Чернова В. Л., Кравченко Н. С. Результаты изучения селекционных линий озимой мягкой пшеницы в конкурсантом сортоиспытании по урожайности и качеству зерна 32

Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Восстановительная и закрепительная способность линий кукурузы в стерильной цитоплазме «М» и «С» типов ЦМС 38

Игнатьев С. А., Регидин А. А., Грязева Т. В., Горюнов К. Н. Результаты изучения морфо-биологических признаков образцов люцерны из Северной Америки 42

Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П. Оценка сортов озимого ячменя по хозяйственно-ценным признакам в условиях юга Ростовской области 47

Каменева А. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Олдырева И. М. Оценка сортов различного экологического происхождения по основным признакам и свойствам 52

Арженовская Ю. Б., Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Филенко Г. А. Анализ сортового состава и качества высеваемых семян ярового ячменя в сельхозпредприятиях Ростовской области 58

### ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Волкова Г. В., Астапчук И. Л. Распространение *Pyrenophora teres* на посевах ячменя в Северо-Кавказском регионе 63

Шишгин Н. В., Дерова Т. Г., Гульяева Е. И., Шайдаяук Е. Л. Эффективность генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине в условиях Ростовской области 69

Бучнева Г. Н., Гусев И. В., Корабельская О. И., Дубровская Н. Н., Чекмарев В. В. Видовой состав и частота встречаемости грибов рода *Fusarium* на сортах пшеницы в Тамбовской области 74

# GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

## Contents

### GENERAL AGRICULTURE AND PLANT-BREEDING

Vasilchenko S. A., Metlina G. V., Kravchenko N. S. The sowing term effect on seed quality, economic and energetic efficiency of soybean cultivation 3

Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Pavlova M. D., Dubyaga V. M., Tomashevich N. S., Homyak A. I., Tsygichko A. A., Bondarchuk E. Yu., Sidorova T. M. Efficiency of winter wheat seed inoculation by the *Bacillus* bacteria promising for the development of bio medicines 8

Levakova O. V. The study results of adaptive-ecological traits of the new varieties and promising lines of winter soft wheat in the Ryazan region 13

Goldvarg B. A., Gritsienko V. G., Boktaev M. V. The effect of climate changing on grain crop productivity in the Central part of the Republic of Kalmykia 17

Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Belyaeva M. V. Technological and bread baking traits of triticale 21

### PLANT-BREEDING AND SEED-GROWING OF AGRICULTURAL CROPS

Shishova E. A., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Roman'yukin A. E. Development and economic-biological characteristics sorghum-Sudan hybrids 27

Nekrasova O. A., Podgorny S. V., Skripka O. V., Samofalov A. P., Gromova S. N., Chernova V. L., Kravchenko N. S. The study results of productivity and grain quality of the breeding lines of winter soft wheat in the competitive variety-testing 32

Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. Reconstructive and stabilizing ability of the maize lines in sterile cytoplasm "M" and "C" types of CMS 38

Ignatiev S. A., Regidin A. A., Grayzeva T. V., Goryunov K. N. The study results of morpho-biological traits of North American alfalfa samples 42

Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P. The estimation of winter barley varieties according to economic-valuable traits in the south of the Rostov region 47

Kameneva A. S., Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Makarova T. S., Dubinina O. A., Kostylenko O. A., Oldyrev I. M. Estimation of the varieties with different ecological origin according to their main traits and properties 52

Arzhenovskaya Yu. B., Filippov E. G., Dontsova A. A., Filenko G. A. The analysis of the varietal composition and sown seed quality of spring barley in the agricultural farms of the Rostov region 58

### PLANT PROTECTION

Volkova G. V., Astapchuk I. L. The spread of *Pyrenophora teres* on barley crops in the North-Caucasus region 63

Shishkin N. V., Derova T. G., Gultyayeva E. I., Shaydayuk E. L. Efficiency of wheat resistance genes to brown rust in the Rostov region 69

Buchneva G. N., Gusev I. V., Korabel'skaya O. I., Dubrovskaya N. N., Chekmarev V. V. Varietal composition and frequency of *Fusarium* presence on winter wheat varieties in the Tambov region 74

## ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.34:631.53.04

DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7

### ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА НА КАЧЕСТВО СЕМЯН, ЭКОНОМИЧЕСКУЮ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

**С. А. Васильченко**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур,  
wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

**Г. В. Метлина**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания пропашных культур,  
metlina\_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

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

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

Пищевая ценность семян сои заключается в высоком содержании белка (до 35%) и жира (до 25%). В Российской Федерации отмечается положительная динамика по увеличению посевных площадей под соей (с 1,537 млн га в 2013 г. до 2,919 млн га в 2018 г.). Полевые опыты проводили в лаборатории технологии возделывания пропашных культур ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград, южная почвенно-климатическая зона Ростовской области) в 2016–2017 гг. Опыты проводили на сортах местной селекции Дон 21 и Дива, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ по 6-му региону, различающихся по продолжительности вегетационного периода. Почва опытного участка благоприятная для возделывания сои: содержание гумуса в пахотном слое – 3,36%; pH – 7,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 24,4; K<sub>2</sub>O – 360 мг/кг почвы. В зависимости от срока посева урожайность сои изменялась в пределах от 0,85 до 1,25 т/га по сорту Дон 21 и от 0,77 до 1,38 т/га – по сорту Дива. Содержание белка в семенах сои было наибольшим в четвертом сроке посева – 41,9 и 39,8%, а жира в первом сроке – 19,0 и 20,2% соответственно по сортам Дон 21 и Дива. Анализ экономической и энергетической эффективности выявил наиболее эффективные варианты опыта (у сорта Дон 21 – второй срок посева, у сорта Дива – третий), где отмечались небольшие уровни рентабельности (129,8 и 147,7%) и коэффициенты энергетической эффективности (2,03 и 2,18).

**Ключевые слова:** соя, урожайность, белок, жир, экономическая и энергетическая эффективность.



### THE SOWING TERM EFFECT ON SEED QUALITY, ECONOMIC AND ENERGETIC EFFICIENCY OF SOYBEAN CULTIVATION

**S. A. Vasilchenko**, Candidate of Agricultural Sciences,  
senior researcher of the laboratory of cultivation technology of row crops,  
wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

**G. V. Metlina**, Candidate of Agricultural Sciences,  
leading researcher of the laboratory of cultivation technology of row crops,  
metlina\_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

**N. S. Kravchenko**, Candidate of Agricultural Sciences,  
researcher of the laboratory of biochemical assessment of breeding material and grain quality,  
ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548

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

The nutritional value of soybean seeds is in high protein (up to 35%) and fat (up to 25%) percentage. In the Russian Federation, there is a positive trend in increasing the soybean acreage (e. g. from 1.537 million hectares in 2013 to 2.919 million hectares in 2018). The field trials were carried out in the laboratory of cultivation technology of row crops of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” (Zernograd, southern soil-climatic region of the Rostov region) in 2016–2017. The experiments were conducted with the varieties of local breeding “Don 21” and “Diva”, included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in 6 regions, differing in the length of vegetation period. The soil of the experimental plot is favorable for soybean cultivation, the humus content in the topsoil is 3.36%; pH is 7.0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is 24.4; K<sub>2</sub>O is 360 mg/kg of soil. Depending on the sowing period, the soybean yields varied from 0.85 to 1.25 t/ha for the variety “Don 21” and from 0.77 to 1.38 t/ha for the variety “Diva”. The protein content in soybean seeds was the highest in the fourth term of sowing (41.9 and 39.8%), and the fat content in the first term was 19.0 and 20.2% (the varieties “Don 21” and “Diva” respectively). The analysis of economic and energy efficiency identified the most effective variants of the trial. The variety “Don 21” had the second sowing period, the variety “Diva” had the third one, with the highest values of profitability (129.8 and 147.7%) and the energy efficiency ratio (2.03 and 2.18).

**Keywords:** soybean, productivity, protein, oil, economic efficiency, energetic efficiency.

**Введение.** Соя является мировым лидером среди культурных растений по содержанию белка в семенах. Семена сои также содержат высокое количество жира (до 25%). Она находит широкое применение в питании людей, кормлении животных и птицы, в различных отраслях промышленности, ба-

зирующих на переработке ее зерна и получаемых белковых и жировых компонентах для производства пищевых продуктов, кормовых добавок, технических средств, фармацевтических и медицинских препаратов (Соя в России – действительность и возможность).

В России в последние годы отмечается тенденция к увеличению урожайности культуры. Так, если в 2008 г. урожайность составляла 1,08 т/га, то в 2017 г. – 1,47 т/га (+36,1%), однако она намного меньше среднемировой урожайности (2,7 т/га).

В России соя пользуется стабильно высоким спросом. По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2017 г. было произведено 3,621 млн т зерна сои, что недостаточно для полного удовлетворения потребительского спроса (Валовые сборы сельскохозяйственных культур в Российской Федерации (ч. 2); Соя – основная сельскохозяйственная культура региона).

Ростовская область относится к зоне рискованного земледелия (неустойчивое и недостаточное увлажнение), поэтому возделывание сои связано с определенным риском не получить планируемую урожайность. Основным сдерживающим фактором для роста посевных площадей под соей в регионе является слабая влагообеспеченность посевов в критические фазы водопотребления растений (цветение – налив семян). За последнее время в Ростовской области посевные площади под соей изменились в широких пределах – от 3,5 тыс. га в 2008 г. до 24,7 тыс. га в 2010 г. Динамика к уменьшению посевных площадей под соей отмечается в годы, следующие после неурожайного года, что наблюдалось в 2008 и 2011 гг. Также на желание сельхозтоваропроизводителей возделывать культуру оказывает влияние спрос на нее, который традиционно высокий. По данным интернет-сайта «Зерно Он-Лайн», в России на 1 марта 2019 г. цена за 1 кг соевых бобов составляет не менее 26 рублей. Высокой цене реализации соответствует более качественная продукция (содержание белка – более 36%) (Соя в Ростове-на-Дону и Ростовской области).

На качественные показатели семян сои влияют различные факторы: тепло- и влагообеспеченность растений в течение вегетационного периода, условия минерального питания и др.

Целью исследований являлось изучение влияния сроков посева сои на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальные исследования проводили в 2016–2017 гг. на полях научного севооборота лаборатории технологии возделывания пропашных культур ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской», г. Зерноград).

Объектом исследований были два сорта сои селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» различных групп спелости: Дон 21 – среднеранний и Дива – среднеспелый. Оба сорта включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации по 6-му региону (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2017).

Схема опыта (в скобках представлены календарные даты посева 2016 и 2017 гг.):

I срок – посев при температуре почвы на глубине заделки семян 8–10 °C (13.04; 13.04);

II срок – посев при температуре почвы на глубине заделки семян 12–14 °C (21.04; 24.04);

III срок – посев при температуре почвы на глубине заделки семян 16–18 °C (4.05; 10.05);

IV срок – посев при температуре почвы на глубине заделки семян 20–22 °C (15.05; 20.05).

Повторность опыта – четырехкратная; учетная площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>; расположение делянок – систематическое. Глубина заделки семян – 5–6 см.

Предшественник – озимая пшеница. Агротехника – общепринятая для возделывания культуры в южной зоне Ростовской области (Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы, 2013). Посев проводили селекционной сеялкой СС-11 Альфа. Способ посева – широкорядный с между рядьями 45 см. Норма высея – 0,5 млн всхожих семян/га. Уборку опытных делянок осуществляли с помощью селекционного комбайна Сампо 2010. Убранные семена подвергали очистки и доводили до 100% чистоты и 12% влажности.

Проведение полевых опытов и статистическую обработку данных осуществляли по методике Б. А. Доспехова (Доспехов, 2014). Биометрические данные обрабатывали на персональном компьютере с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2003, CXStat, Statistica 10.0.

Качественные показатели семян сои определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна (ФГБНУ «АНЦ «Донской») по следующим методикам: ГОСТ 10486-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения содержания белка» и ГОСТ 29033-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». Оценку экономической эффективности возделывания сои осуществляли по методике А. В. Алабушева (2009), а энергетической эффективности – по методике А. И. Пупонина (1998). Экономические и энергетические затраты определяли по технологической карте планирования процессов и операций при возделывании сои.

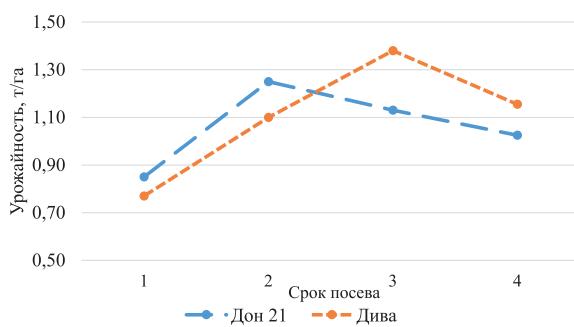
Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,36%; pH – 7,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 24,4; K<sub>2</sub>O – 360 мг/кг почвы. Толщина гумусного слоя превышает 1 м.

Климат южной зоны области характеризуется как полузасушливый с умеренно жарким летом и умеренно мягкой зимой. Среднегодовое количество осадков составляет 582,4 мм, из них 2/3 выпадает в теплое время года при среднесуточной температуре воздуха выше 10 °C. Среднегодовая температура воздуха составляет +9,6 °C; сумма положительных температур за период вегетации равна 3400–3600 °C; гидротермический коэффициент (ГТК) составляет 0,80–0,85, что характеризует зону проведения исследований как засушливую. За летний период отмечается более 40 суховейных дней.

При проведении полевых опытов гидротермические условия за вегетационный период различались, что позволило объективно оценить изучаемые сорта и сроки посева (Васильченко, 2018).

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследований было выявлено влияние сроков посева на показатели качества семян, а также показатели экономической и энергетической эффективности возделывания сои. Определена реакция сортов сои на сроки посева.

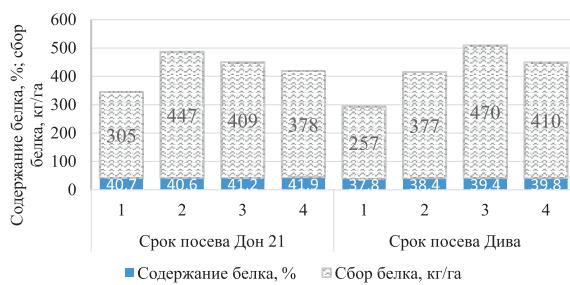
Изучаемые сроки посева оказали влияние на урожайность сортов сои. Статистический анализ выявил существенное превышение урожайности как между отдельными вариантами опыта (HCP<sub>05</sub> для частных различий – 0,05 т/га), так и между факторами «сорт» (HCP<sub>05</sub> = 0,04 т/га) и «срок посева» (HCP<sub>05</sub> = 0,05 т/га). В среднем наиболее высокая урожайность за годы исследований отмечалась у среднеспелого сорта Дива в третьем сроке посева – 1,38 т/га, а у среднераннего сорта Дон 21 – во втором сроке посева – 1,25 т/га (рис. 1).



**Рис. 1.** Влияние сроков посева на урожайность сортов сои (2016–2017 гг.)

**Fig. 1.** Effect of sowing time on productivity of soybean varieties (2016–2017)

Отмеченная максимальная урожайность сформировалась благодаря более лучшим гидротермическим условиям в этих сроках посева.



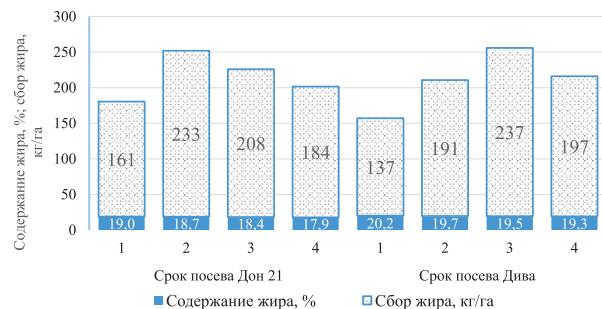
**Рис. 2.** Влияние сроков посева на содержание белка в семенах сои (%) и сбор белка с гектара (кг/га) (2016–2017 гг.)

**Fig. 2.** Effect of sowing time on protein percentage (%) in soybean seeds and protein yield per hectare (kg/ha) (2016–2017)

Важной составляющей в оценке агроприема является качественная оценка полученной продукции. Так, при более позднем посеве отмечалось увеличение содержания белка в семенах сои как по сорту Дон 21, так и по сорту Дива. Максимальный сбор белка с гектара площади посева (447 и 470 кг соответственно

по сортам Дон 21 и Дива) отмечался в вариантах опыта, где была получена максимальная урожайность семян (рис. 2).

Другим важным показателем качества семян сои является содержание жира, которое находилось в пределах 17,9–19,0 и 19,3–20,2% соответственно по сортам Дон 21 и Дива. Содержание жира в семенах сои уменьшалось от первого срока посева к четвертому как по сорту Дон 21, так и по сорту Дива (рис. 3).



**Рис. 3.** Влияние сроков посева на содержание жира в семенах сои (%) и сбор жира с гектара (кг/га) (2016–2017 гг.)

**Fig. 3.** Effect of sowing time on oil percentage (%) in soybean seeds and oil yield per hectare (kg/ha) (2016–2017)

Расчет экономической эффективности возделывания сои является важнейшей составляющей при оценке агроприема возделывания. Для расчета стоимости валовой продукции с гектара использовали цену в размере 26 рублей за килограмм семян сои. Производственные затраты определялись согласно технологической карты. Более высокие производственные затраты в третьем и четвертом сроках посева связаны с тем, что была проведена еще одна дополнительная культивация для очистки опытного участка от сорной растительности. Величина условно чистого дохода, получаемая как разность между стоимостью валовой продукции и производственными затратами, свидетельствует о том, что отсутствует отрицательная доходность при посеве сои в различные сроки. Наибольший условно чистый доход отмечался в вариантах с максимальной урожайностью (табл. 1).

## 1. Влияние сроков посева на экономическую эффективность возделывания сои

### 1. Effect of sowing time economic efficiency of soybean cultivation

Сорт	Срок посева	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
Дон 21	1	22 100	14 106	7994	16 595	56,7
	2	32 500	14 142	18 358	11 314	129,8
	3	29 380	14 448	14 932	12 786	103,3
	4	26 650	14 437	12 213	14 085	84,6
Дива	1	20 020	14 100	5920	18 312	42,0
	2	28 600	14 135	14 465	12 850	102,3
	3	35 880	14 483	21 397	10 495	147,7
	4	30 030	14 459	15 571	12 519	107,7

В среднем за годы исследований себестоимость продукции находилась в пределах от 10 495 до 18 312 рублей за тонну. Наименьшая себестоимость продукции отмечена во втором сроке посева по сорту Дон 21 и третьем сроке посева по сорту Дива, а также в этих вариантах опыта был максималь-

ный уровень рентабельности – 129,8 и 147,7% соответственно по сортам.

Оценка энергетической эффективности позволяет определить степень окупаемости энергозатрат энергосодержанием урожая. Так, наибольшее количество энергии с урожаем было получено во втором

сроке посева по сорту Дон 21 и третьем сроке посева по сорту Дива – 22,63 и 24,98 ГДж/га соответственно. В поздних посевах сои затраты совокупной энер-

гии были более высокими по сравнению с ранними, что связано с дополнительной культивацией зяби для уничтожения ранних яровых сорняков (табл. 2).

## 2. Влияние сроков посева на энергетическую эффективность возделывания сои 2. Effect of sowing time on energetic efficiency of soybean cultivation

Сорт	Срок посева	Получено энергии с урожаем, ГДж/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т	КЭЭ*
Дон 21	1	15,39	10,95	4,44	12,88	1,41
	2	22,63	11,14	11,49	8,91	2,03
	3	20,45	11,35	9,10	10,04	1,80
	4	18,55	11,30	7,25	11,02	1,64
Дива	1	13,94	10,91	3,03	14,17	1,28
	2	19,91	11,06	8,85	10,05	1,80
	3	24,98	11,45	13,53	8,30	2,18
	4	20,91	11,34	9,57	9,82	1,84

Примечание: КЭЭ\* – коэффициент энергетической эффективности.

Чистый энергетический доход, получаемый как разность энергии, полученной с урожаем семян, и затрат совокупной энергии, был положительным во всех вариантах опыта и находился в пределах от 3,03 до 13,53 ГДж/га. Максимальные значения чистого энергетического дохода получены во втором сроке посева по сорту Дон 21 (11,49 ГДж/га) и третьем сроке посева по сорту Дива (13,53 ГДж/га).

Наибольшая энергоемкость продукции отмечена в первом сроке посева как по сорту Дон 21, так и по сорту Дива – 12,88 и 14,17 ГДж/га, что было связано с получением минимальной урожайности в этих вариантах опыта. Наименее энергоемкими вариантами опыта были второй срок посева по сорту Дон 21 (8,91 ГДж/т) и третий – по сорту Дива (8,30 ГДж/т). В этих же вариантах опыта получены максимальные значения коэффициента энергетической эффективности – 2,03 и 2,18, свидетельствующие о более 100% превышении энергозатрат энергией, полученной с урожаем.

## Выводы

1. Сроки посева оказывали влияние на урожайность и биохимический состав семян сои. Наибольшая урожайность семян у среднержанного сорта Дон 21 отмечалась во втором сроке посева (1,25 т/га), а у среднеспелого сорта Дива – в третьем сроке посева (1,38 т/га).

2. Наибольшее содержание белка отмечалось в четвертом сроке посева – 41,9 и 39,8%, а жира – в первом – 19,0 и 20,2% соответственно по сортам Дон 21 и Дива.

3. Наилучшие показатели экономической и энергетической эффективности отмечались во втором сроке посева у сорта Дон 21 и третьем сроке посева у сорта Дива, где отмечалась максимальная рентабельность – 129,8 и 147,7%, а также наибольший коэффициент энергетической эффективности – 2,03 и 2,18.

## Библиографические ссылки

1. Валовые сборы сельскохозяйственных культур в Российской Федерации (ч. 2) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516).
2. Васильченко С. А., Метлина Г. В. Влияние сроков посева на продуктивность сортов сои селекции АНЦ «Донской» в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 9–13. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-9-13.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. М., 2017. 483 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд. Перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб., 1985 г. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Зональная система земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. II. Ростов н/Д., 2013. 272 с.
6. Соя в России – действительность и возможность [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/monitoring-selskohozjaistvennyh-tovarov/soja-v-rossii-deistvitelnost-i-vozmozhnost.html>.
7. Соя в Ростове-на-Дону и Ростовской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rostov.zol.ru/Soya/soya.html>.
8. Соя – основная сельскохозяйственная культура региона [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agroamur.ru/4/4.html>.

## References

1. Valovye sbory sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Rossiskoj Federacii (ch. 2) [Ehlektronnyj resurs] [Gross harvest of grain crops in the Russian Federation (part 2)]. Rezhim dostupa: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516).
2. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V. Vliyanie srokov poseva na produktivnost' sortov soi selekcii ANC "Donskoi" v yuzhnnoj zone Rostovskoj oblasti [Effect of sowing time on productivity of soybean varieties developed by the ARC "Donskoy" in the southern zone of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 6. S. 9–13. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-9-13.
3. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyy k ispol'zovaniyu [The State List of Breeding Achievements approved for use]. T. 1. Sorta rastenij. M., 2017. 483 s.

4. 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 study results)]: uchebnik dlya vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij. Stereotip. izd. Perepech. s 5-go izd., dop. i pererab., 1985 g. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Zonal'naya sistema zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013–2020 gody [Regional agricultural system of the Rostov region for 2013–2020]. Ch. II. Rostov n/D., 2013. 272 s.
6. Soya v Rossii – dejstvitel'nost' i vozmozhnost' [Ehlektronnyj resurs] [Soybean in Russia: the reality and the opportunity]. Rezhim dostupa: <https://www.agroxxi.ru/monitoring-selskohozjaistvennyh-tovarov/soja-v-rossii-dejstvitelnost-i-vozmozhnost.html>.
7. Soya v Rostove-na-Donu i Rostovskoj oblasti [Ehlektronnyj resurs] [Soybean in Rostov-on-Don and in the Rostov Region]. Rezhim dostupa: <https://rostov.zol.ru/Soya/soya.html>.
8. Soya – osnovnaya sel'skohozyajstvennaya kul'tura regiona [Ehlektronnyj resurs] [Soybean is the main crop of the region]. Rezhim dostupa: <http://agroamur.ru/4/4.html>.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ БАКТЕРИЯМИ РОДА *BACILLUS*, ПЕРСПЕКТИВНЫМИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ

**А. М. Асатурова**, кандидат биологических наук,  
зав. лабораторией создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0002-0060-1995;

**Н. А. Жевнова**, научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0003-4702-1709;

**М. Д. Павлова**, младший научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0002-1714-2326;

**В. М. Дубяга**, научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0003-0083-6505;

**Н. С. Томашевич**, старший научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0002-7297-5929;

**А. И. Хомяк**, научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0001-9360-2323;

**А. А. Цыгичко**, младший научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0001-7209-3849;

**Е. Ю. Бондарчук**, младший научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0003-2164-5935

**Т. М. Сидорова**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов,  
ORCID ID: 0000-0003-4281-5278

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»,  
350039, г. Краснодар, п/о-39

В результате ступенчатого скрининга были отобраны перспективные штаммы бактерий для создания на их основе лабораторных образцов биопрепаратов для защиты озимой пшеницы от возбудителей фузариозных корневых гнилей. Цель работы – определить ростстимулирующий и защитный эффекты лабораторных образцов *Bacillus subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 на растения озимой пшеницы, а также определить антиагонистическое действие штаммов в отношении грибов рода Fusarium. В результате работы было отмечено положительное влияние лабораторных образцов на рост, развитие и всхожесть растений в условиях теплицы и способность значительно ингибировать мицелий фитопатогенных грибов *F. graminearum*, *F. culmorum* и *Microdochium nivale* в лабораторных условиях. Исследования на искусственном инфекционном фоне в условиях климатической камеры не только показали высокое защитное действие лабораторных образцов, но и позволили определить регламенты их применения. Проведенные испытания доказывают перспективность новых биоагентов в качестве экологически безопасных средств защиты растений.

**Ключевые слова:** бактерии-антагонисты, *Bacillus subtilis*, фузариозные корневые гнили, биологическая защита растений, стимуляция роста растений.



## EFFICIENCY OF WINTER WHEAT SEED INOCULATION BY THE *BACILLUS* BACTERIA PROMISING FOR THE DEVELOPMENT OF BIO MEDICINES

**А. М. Асатурова**, Candidate of Biological Sciences,  
head of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0002-0060-1995;

**Н. А. Жевнова**, researcher  
of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0003-4702-1709;

**М. Д. Павлова**, junior researcher  
of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0002-1714-2326;

**В. М. Дубяга**, researcher  
of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0003-0083-6505;

**Н. С. Томашевич**, senior researcher  
of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0002-7297-5929;

**A. I. Homyak**, researcher

of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0001-9360-2323;

**A. A. Tsygichko**, junior researcher

of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0001-7209-3849;

**E. Yu. Bondarchuk**, junior researcher

of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0003-2164-5935;

**T. M. Sidorova**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher

of the laboratory of development of microbiological means of plant protection and collection of microorganisms,  
ORCID ID: 0000-0003-4281-5278

FSBSI "All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants",  
350039, Krasnodar, p/of. 39

As a result of stage screening, there were selected promising bacterial strains to create laboratory samples of biological products on their basis to protect winter wheat from the causative agents of fusarium root rot. The purpose of the work is to determine the growth-stimulating and protective effect of laboratory samples of *Bacillus subtilis* BZR 336g and *B. subtilis* BZR 517 on winter wheat plants, as well as to determine the antagonistic effect of strains on *Fusarium* fungi. As a result of the work, there was established a positive effect of laboratory samples on the growth, development and germination of plants in greenhouse conditions and the ability to significantly inhibit the mycelium of phytopathogenic fungi *F. graminearum*, *F. culmorum* and *Microdochium nivale* in laboratory conditions. The study of the samples artificially infected in a climatic chamber showed not only a high protective effect of these laboratory samples, but also made it possible to determine the regimes for their use. The conducted tests prove the viability of new bioagents as environmentally friendly plant-protective products.

**Keywords:** bacteria-antagonists, *Bacillus subtilis*, Fusarium root rots, biological protection of plants, plant growth stimulation.

**Введение.** Заболевания, вызываемые грибами рода *Fusarium*, провоцируют корневые и прикорневые гнили всходов, трахеомикозное увядание растений, загнивание семян, поражение репродуктивных частей растений, увядания, что приводит к снижению качества зерна и значительным потерям урожая (Коломиец и Панкратова, 2016).

Современная стратегия предполагает применение биологических средств защиты растений, способствующих снижению химической нагрузки на агроценозы. Но, несмотря на современную тенденцию развития экологически безопасного земледелия, защита растений преимущественно основана на использовании химических пестицидов. Эти средства высокоеффективны, но имеют ряд недостатков: накопление токсичных остатков в окружающей среде, отсутствие избирательности действия, формирование устойчивых рас патогенов (Пожарский и Боканча, 2016).

По сравнению с химическими аналогами микробные биопрепараты обладают рядом преимуществ: высокая эффективность при правильном применении, избирательность действия в отношении широкого спектра патогенов, экологическая безопасность и др. (Азизбекян, 2013; Максимов и др., 2015).

Перспективность использования бактериальных штаммов против болезней, вызываемых грибами рода *Fusarium*, доказывают исследования зарубежных и российских ученых (Gagkaeva et al., 2014; Mnasri et al., 2017).

Сотрудниками лаборатории создания микробиологических средств защиты растений и коллекции микроорганизмов ФГБНУ ВНИИБЗР в результате ступенчатого скрининга были отобраны перспективные штаммы бактерий р. *Bacillus* для создания на их основе биопрепаратов для защиты озимой пшеницы от возбудителей фузариоза (Асатурова и др., 2016). Штаммы адаптированы к условиям южного региона – основного производителя зерновых культур Российской Федерации.

Цель работы – определить ростстимулирующий и защитный эффекты лабораторных образцов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 на растения озимой пшеницы, а также определить антигрибистическое действие штаммов в отношении грибов рода *Fusarium*.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2012–2013 гг. Объектами исследований служили лабораторные образцы биопрепа-

ратов на основе штаммов *B. subtilis* BZR 336g (патент № 2553518) и *B. subtilis* BZR 517 (патент № 2552146) из рабочей коллекции ФГБНУ ВНИИБЗР (Асатурова и др., 2016), тест-культуры фитопатогенных грибов *Fusarium graminearum* Schwabe, *Fusarium culmorum* (Sm.) Sacc., *Microdochium nivale* (anamorph: *Fusarium nivale*) (Fr.) Ces.

Лабораторные образцы биопрепаратов обоих штаммов были получены в системах культивации клеток New Brunswick Scientific Excella E25 (США) (180 об/мин) методом посева агаровых блоков в жидкую картофельно-глюкозную среду. Культивирование осуществляли в течение 48 ч.

Определение ростстимулирующего действия на растения озимой пшеницы сорта Батько осуществляли в теплице при 24–25 °C и освещенности 14 000 люкс. Семена, обработанные лабораторными образцами биопрепаратов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517, высевали в ламированные стаканы (объем выборки – 30 шт.). Спустя 14 дней определяли длину и массу побегов и корней проростков.

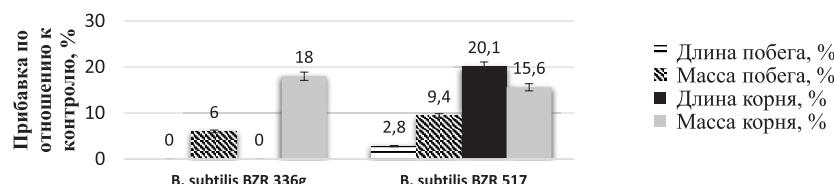
Антигрибистическую активность штаммов-продуцентов лабораторных образцов биопрепаратов определяли методом двойных (встречных) культур на картофельно-глюкозном агаре и среде Кинга Б (Егоров, 1957).

Оценку влияния лабораторных образцов на всхожесть семян озимой пшеницы определяли в лабораторных условиях. Семена озимой пшеницы сорта Батько, обработанные *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517, проращивали в чашках Петри (ЧП) в камере непрерывного роста растений Binder KWWF 720 (Германия) при температуре 24 °C, влажности 65% и освещенности 5000 люкс. Отмечали количество взошедших растений по сравнению с контролем.

Определение биологической эффективности и регламента применения лабораторных образцов биопрепаратов осуществляли в условиях климатической камеры непрерывного роста растений Binder KWWF 720 на фоне искусственного заражения грибом *F. graminearum*. Для подготовки инфекционного фона чистую культуру *F. graminearum* выращивали на стерильном зерне, измельчали лабораторной мельницей IKAA 11 basic (Германия), смешивали с чистым песком в соотношении 1 : 60 в ламированных стаканах. В этот субстрат высаживали семена озимой пшеницы сорта Батько (объем выборки – 30 шт.), обработанные лабораторными образцами с экспериментальны-

ми нормами применения 1, 2 и 3 л/т (расход рабочей жидкости – 10 л/т). В качестве биологического эталона использовали Фитоспорин-М, Ж (B. *subtilis* 26 Д, 1 л/т), в качестве химического – фунгицид Кинто Дуо (тритиконазол, прохлораз, 2 л/т). Растения выращивали при 24 °С, влажности 65% и освещенности 14 200 люкс. Проводили учет распространения и развития фузариозных корневых гнилей 15-дневных проростков и рассчитывали биологическую эффективность (Долженко, 2009).

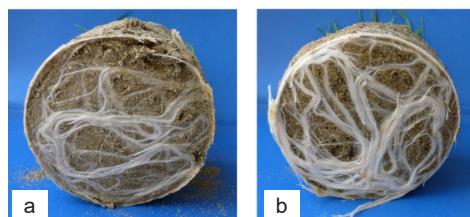
**Результаты и их обсуждение.** В ходе исследований было отмечено положительное влияние лабораторных образцов биопрепараторов на основе штаммов B. *subtilis* BZR 336g и B. *subtilis* BZR 517 на рост и развитие растений пшеницы. Так, при обработке семян ЖК штамма B. *subtilis* BZR 336g отмечено увеличение массы побега и корня на 18,0%. При обработке семян ЖК штамма B. *subtilis* BZR 517 отмечено увеличение массы побега на 9,4%, корня – на 15,6%, длины корня – на 20,1% (рис. 1).



**Рис. 1.** Влияние обработки водной суспензией штаммов на рост и развитие проростков озимой пшеницы сорта Батько  
**Fig. 1.** Effect of the treatment with a water suspension of strains on the growth and development of the winter wheat variety "Batko"

Необходимо отметить, что в результате обработки лабораторными образцами биопрепараторов увеличилось количество боковых корней, приходящихся на единицу

площади субстрата, что в полевых условиях, возможно, будет способствовать более эффективному поглощению почвенного раствора растением (рис. 2).



**Рис. 2.** Влияние лабораторных образцов на развитие корневой системы озимой пшеницы сорта Батько:  
а – контроль; б – обработка лабораторным образцом биопрепарата  
**Fig. 2.** Effect of the laboratory samples on the development of root system of the winter wheat variety "Batko":  
a – control; b – treatment with a laboratory sample of the bio medicines

В целом штаммы B. *subtilis* BZR 336g и B. *subtilis* BZR 517 показали высокую антифунгальную активность к возбудителям фузариозных корневых гнилей, ингибируя рост мицелия патогенов к концу периода инкубации от 42,2 до 54%.

По степени ингибирования мицелия патогена можно отметить следующие закономерности: степень ингибирования штаммом B. *subtilis* BZR 336g роста мицелия F. *graminearum* к 10-м суткам достигла максимума – 51,7%, затем начала снижаться и к концу периода инкубации составила 50,2%. В отношении M. *nivale*

ситуация была аналогичной: на 10-е сутки степень ингибирования составила 47,3% и к 20-м суткам снизилась до 44,3%, в то время как степень ингибирования F. *culturorum* и на 10-е сутки достигала максимума – 48,2% и оставалась неизменной на протяжении всего периода инкубации. Но, несмотря на небольшое снижение значения константы ингибирования, штамм B. *subtilis* BZR 336g эффективно сдерживал рост мицелия патогена благодаря высокой подвижности, стремлению занять всю поверхность ЧП (табл. 1).

### 1. Антифунгальная активность штамма B. *subtilis* BZR 336g в отношении фитопатогенных грибов родов Fusarium и Microdochium

#### 1. Antifungal activity of strain B. *subtilis* BZR 336g in relation to phytopathogenic Fusarium and Microdochium fungi

Штамм	Рост мицелия от посевного блока, мм; время инкубации, сутки				Ингибирование роста мицелия, %; время инкубации, сутки			
	5	10	15	20	5	10	15	20
F. <i>graminearum</i>	28,3±2,9	32,3±2,1	33,0±2,6	33,3±2,9	12,4	51,7	50,7	50,2
F. <i>culturorum</i>	27,0±4,2	27,5±3,5	27,5±3,5	27,5±3,5	43,9	48,2	48,2	48,2
Microdochium <i>nivale</i> (F. <i>nivale</i> )	35,0±2,6	38,5±0,7	36,0±4,4	37,3±2,1	15,3	47,3	46,3	44,3

Степень ингибирования штаммом B. *subtilis* BZR 517 мицелия патогена F. *graminearum* к 10-м суткам совместной инкубации составила 52,2%, осталась неизменной на 15-е сутки и к концу периода совместной инкубации увеличилась и достигла максимального значения – 54,0%, в то время как в отношении F. *culturorum* она достигала максимума уже на 10-е сут-

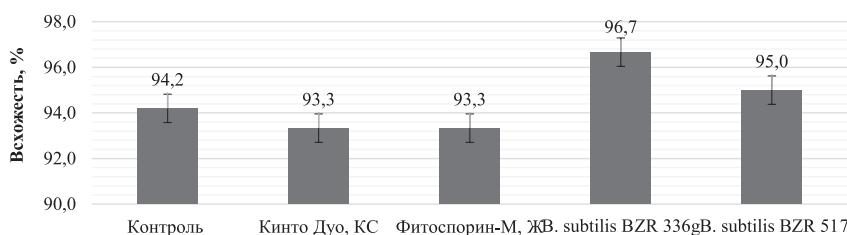
ки – 44,4%, а затем снизилась до 42,2% и осталась неизменной до конца периода инкубации. Аналогичную картину наблюдали в отношении патогена M. *nivale*: степень ингибирования мицелия патогена на 10-е сутки была максимальной – 57,6%, затем данный показатель падал до 52,7% и оставался неизменным до периода совместной инкубации (табл. 2).

**2. Антифунгальная активность штамма *B. subtilis* BZR 517  
в отношении фитопатогенных грибов родов *Fusarium* и *Microdochium***  
**2. Antifungal activity of the strain *B. subtilis* BZR 517  
against phytopathogenic *Fusarium* and *Microdochium* fungi**

Штамм	Рост мицелия от посевного блока, мм; время инкубации, сутки				Ингибирование роста мицелия, %; время инкубации, сутки			
	5	10	15	20	5	10	15	20
<i>F. graminearum</i>	26,5±3,5	29,0±5,7	29,0±5,7	27,5±4,9	36,9	52,5	52,5	54,0
<i>F. culmorum</i>	25,0±1,0	25,0±2,0	26,0±2,6	26,0±2,6	39,0	44,4	42,2	42,2
<i>Microdochium nivale</i> ( <i>F. nivale</i> )	25,0±2,0	33,5±7,8	29,0±1,4	29,0±1,4	0	57,6	52,7	52,7

Также была проведена оценка способности штаммов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 обеспечивать защиту семян и проростков на фоне искусственного заражения грибом *F. graminearum*. Отмечено положительное влияние лабораторных образцов биопрепаратов на всхожесть семян озимой пшеницы в ус-

ловиях влажной камеры. Так, всхожесть семян в вариантах со штаммами *B. subtilis* BZR 517 и *B. subtilis* BZR 336g составила 95,0 и 96,7% соответственно, что превышало данный показатель в контроле, а также в вариантах с биологическим и химическим эталонами (рис. 3).



**Рис. 3. Влияние лабораторных образцов биопрепаратов на всхожесть семян озимой пшеницы сорта Батко**  
**Fig. 3. Effect of the laboratory samples of the biomedicine on germination of the winter wheat variety "Batko"**

Учет поражения корневыми гнилями фузариозной этиологии показал, что в контрольном варианте развитие болезни составило 21,3%, а распространенность – 80,5%. Важно отметить, что биологическая эффективность варьировала в зависимости от нормы применения лабораторного образца. Установлено, что предпосевная обработка семян

озимой пшеницы лабораторными образцами новых биопрепаратов на фоне искусственного заражения *F. graminearum* обеспечивала биологическую эффективность от 71,8 до 77,9% при эффективности биологического эталона Фитоспорин-М, Ж и химического эталона Кинто Дуо, КС – 71,4 и 38% соответственно (табл. 3).

**3. Оценка защитного действия лабораторных образцов биопрепаратов  
на фоне искусственного заражения грибом *F. graminearum***  
**3. Estimation of protective effect of the laboratory samples of the biomedicine  
on the background of artificial infection with the fungus *F. graminearum***

Варианты опыта	Норма применения, л/т, кг/т	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %	Биологическая эффективность, %
Контроль с инфекцией	–	80,5	21,3	–
Химический эталон Кинто Дуо, КС	2,5	21,5	6,1	71,4
Биологический эталон Фитоспорин-М, Ж	0,45	41,6	13,2	38,0
<i>B. subtilis</i> BZR 336g	1,0	23,9	6,0	71,8
	2,0	41,3	11,0	48,4
	3,0	23,6	5,9	72,3
<i>B. subtilis</i> BZR 517	1,0	22,5	7,6	64,3
	2,0	18,8	4,7	77,9
	3,0	46,0	14,0	34,3

Оценка защитного действия перспективных штаммов на фоне искусственного заражения позволила определить не только биологическую эффективность, но и оптимальные нормы применения каждого лабораторного образца: для штамма *B. subtilis* BZR 336g – 3 л/т, а для штамма *B. subtilis* BZR 517 – 2 л/т.

**Выводы.** Таким образом, нами были установлены высокая биологическая эффективность и оптимальные нормы применения лабораторных образцов биопрепаратов, обеспечивающие высокий защитный эффект в отношении *F. graminearum*. Проведенные опыты выявили, что лабораторные образцы биопре-

паратов на основе новых штаммов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 обеспечивали эффективную защиту семян и проростков озимой пшеницы, одновременно оказывая стимулирующее действие на растения озимой пшеницы, что выражалось в увеличении массы корней и побегов. Также было отмечено общее положительное влияние лабораторных образцов биопрепаратов на рост и развитие растений, что делает штаммы *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 перспективными для использования в сельскохозяйственной практике в качестве агентов биоконтроля возбудителей фузариозных корневых гнилей.

### Библиографические ссылки

1. Азизбекян Р. Р. Использование спорообразующих бактерий в качестве биологических средств защиты растений // Биотехнология. 2013. № 1(29). С. 69–77.
2. Асатурова А. М., Жевнова Н. А., Хомяк А. И. и др. Эффективность применения новых биопрепараторов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* против фузариоза озимой пшеницы на фоне искусственного заражения // Наука Кубани. 2016. № 1. С. 9–14.
3. Долженко В. И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 280 с.
4. Егоров Н. С. Выделение микробов-антагонистов и биологические методы учета их антибиотической активности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1957. 78 с.
5. Коломиец Т. М., Панкратова Л. Ф. Патогенный комплекс возбудителей корневой гнили пшеницы в разных регионах России // Защита и карантин растений. 2016. № 2. С. 37–40.
6. Максимов И. В., Веселова С. В., Нужная Т. В. и др. Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам // Физиология растений. 2015. № 62(6). С. 763–775.
7. Пожарский В. Г., Боканча И. Н. Биотехнологии – платформа будущего // Защита и карантин растений. 2016. № 8. С. 28–29.
8. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. No. 1. Pp. 32–37.
9. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébali N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahou S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clunorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. No. 3(147). Pp. 501–515. DOI 10.1007/s10658-016-1018-3.

### References

1. Azizbekyan R. R. Ispol'zovanie sporoobrazuyushchih bakterij v kachestve biologicheskikh sredstv zashchity rastenij [The use of spore-forming bacteria as biological plant protection products] // Biotekhnologiya. 2013. № 1(29). С. 69–77.
2. Asaturova A. M., Zhevnova N. A., Homyak A. I. i dr. Ehffektivnost' primeneniya novyh biopreparatorov na osnove shtammov bakterij *Bacillus subtilis* protiv fuzarioza ozimoj pshenicy na fone iskusstvennogo zarazheniya [The effectiveness of the utilization of new biological products based on the bacterial strains of *Bacillus subtilis* against winter wheat Fusarium on the background of artificial infection] // Nauka Kubani. 2016. № 1. S. 9–14.
3. Dolzhenko V. I. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam fungicidov v sel'skom hozyajstve [Methodical recommendations for registration tests on fungicides in agriculture Isolation of antagonist microbes and biological methods accounting for their antibiotic activity]. SPb.: VIZR, 2009. 280 s.
4. Egorov N. S. Vydelenie mikrobov-antagonistov i biologicheskie metody ucheta ih antibioticheskoy aktivnosti [Isolation of antagonist microbes and biological methods accounting for their antibiotic activity]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1957. 78 s.
5. Kolomiec T. M., Pankratova L. F. Patogennyj kompleks vozбудitelej kornevoj gnili pshenicy v raznyh regionah Rossii [Pathogenic complex of root rot pathogens on wheat in different regions of Russia] // Zashchita i karantin rastenij. 2016. № 2. S. 37–40.
6. Maksimov I. V., Veselova S. V., Nuzhnaya T. V. i dr. Stimuliruyushchie rost rastenij bakterii v reguliacii ustojchivosti rastenij k stressovym faktoram [Bacteria stimulating plant growth in the regulation of plant resistance to stress factors] // Fiziologiya rastenij. 2015. № 62(6). S. 763–775.
7. Pozharskij V. G., Bokancha I. N. Biotehnologii – platforma budushchego [Biotechnology is the platform of the future] // Zashchita i karantin rastenij. 2016. № 8. S. 28–29.
8. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. No. 1. Pp. 32–37.
9. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébali N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahou S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clunorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. No. 3(147). Pp. 501–515. DOI 10.1007/s10658-016-1018-3.

**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.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ АДАПТИВНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**О. В. Левакова**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, levakova.olga@bk.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-5400-669X

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

Целый ряд объективных причин современного аграрного комплекса указывает на тот факт, что большую часть агроформирований необходимо ориентировать на более широкое внедрение экологически пластичных сортов. Учитывая актуальность данной темы, в данной статье проанализированы результаты исследований конкурсного сортоиспытания в 2016–2018 гг. 6 сортов, 2 из которых находятся на ГСИ, и 11 селекционных линий озимой пшеницы местной селекции по параметрам экологической адаптивности в сельскохозяйственной зоне Рязанской области. Изучали такие показатели, как стрессоустойчивость, генетическая гибкость, коэффициент вариации, коэффициент адаптации, размах урожайности, индекс стабильности и показатель ПУСС. В результате исследований было установлено, что урожайность стандартного сорта Ангелина составила 7,59 т/га. Больше стандарта среднюю урожайность показали сорта Глафира, Окская краса (8,25 и 8,31 т/га соответственно) и селекционные линии Л 45/18, Л 48/18, Л 49/18, Л 65/18, Л 64/18, Л 46/18, Л 63/18, имеющие среднюю урожайность от 7,72 до 8,16 т/га. Выявлено, что исследуемые сорта и линии озимой пшеницы имели разную устойчивость к стрессу ( $-0,9 \dots -3,1$ ), большой разброс по показателям генетической гибкости (6,9–8,34), индекса стабильности (3,4–19,0) и ПУСС (39,6–223,6%). Установлено, что из 17 изучаемых сортов и линий только 10 (58,8%) в среднем за 3 года имели коэффициент адаптивности выше 1. В результате проведенных исследований были выделены сорт Глафира и селекционные линии Л 43/18, Л 44/18, Л 45/18, обладающие высокой пластичностью и стабильностью в условиях Рязанской области.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сорт, линия, урожайность, стрессоустойчивость, пластичность, адаптивность.



## THE STUDY RESULTS OF ADAPTIVE-ECOLOGICAL TRAITS OF THE NEW VARIETIES AND PROMISING LINES OF WINTER SOFT WHEAT IN THE RYAZAN REGION

**О. В. Левакова**, Candidate of Agricultural Sciences,  
senior researcher of the department of plant-breeding and seed-growing, levakova.olga@bk.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-5400-669X

*Institute of Seed-growing and Agrotechnologies, affiliate  
of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Agroengineering Center VIM"  
390502, Ryazan region, Ryazan, v. Podvyazie, Parkovaya Str., 1; e-mail: podvyaze@bk.ru*

A number of objective reasons for the modern agrarian complex show that it is necessary to orient the most part of the agricultural establishments to a wider introduction of environmentally adaptable varieties. Due to the relevance of this problem, the article analyzes the study results of the competitive variety trials (2016–2018) of 6 varieties, 2 of which are on the SVT, and 11 breeding lines of winter wheat of local selection according to the parameters of ecological adaptability in the agricultural zone of the Ryazan region. There were studied such indicators as stress tolerance, genetic flexibility, coefficient of variation, coefficient of adaptability, yield range, index of stability and indicator of PUSS. As a result of research, it was found that the yield of the standard variety "Angelina" was 7.59 t/ha. The varieties "Glaflira", "Okskaya Krasa" (8.25 and 8.31 t/ha, respectively) produced larger average productivity than the standard variety. The breeding lines "L 45/18", "L 48/18", "L 49/18", "L 65/18", "L 64/18", "L 46/18", "L 63/18" had an average productivity of 7.72 to 8.16 t/ha. It was established that the studied winter wheat varieties and lines had different stress resistance ( $-0,9 \dots -3,1$ ), a large variation in genetic flexibility (6.9–8.34), different stability index (3.4–19.0) and PUSS (39.6–223.6%). It was found that only 10 (58.8%) varieties and lines out of 17 studied ones had an average adaptability factor higher than 1. The study has identified that the variety "Glaflira" and the breeding lines "L 43/18", "L 44/18", "L 45/18" are the most adaptable and stable ones in the conditions of the Ryazan region.

**Keywords:** winter wheat, variety, line, productivity, stress stability, adaptability.

**Введение.** Проблема соотношения потенциальной продуктивности и экологической устойчивости сельскохозяйственных культур приобретает все большее значение. Важную роль в повышении величины и качества урожая играет приспособленность культур к местным условиям (Неволина, 2015).

Урожайность пшеницы в России в прошлом году достигла удивительно высокого уровня для страны, но этот показатель по-прежнему ниже, чем в среднем по миру, и отстает от таких крупных экспортёров,

как Европейский союз, Украина, Канада и Аргентина, догнав лишь среднюю урожайность пшеницы в США (<http://agroinvestor.ru>).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что увеличение урожайности является важным критерием при возделывании озимой пшеницы.

Присущая Нечерноземной зоне нестабильность показателей по годам и контрастность гидротермического режима в важнейшие периоды онтогенеза суще-

ственно сказываются на урожайности данной культуры (Сандухадзе и др., 2018).

Но, как и любая наука, селекция не стоит на месте, а постоянно движется вперед. Поэтому работа по созданию еще более совершенных сортов и линий озимой мягкой пшеницы продолжается.

Целью данного исследования является изучение экологической пластичности и стабильности сортов и перспективных линий озимой пшеницы в условиях Рязанской области, рассчитанная по признаку «урожайность».

**Материалы и методы исследований.** Для оценки параметров адаптивности сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2016–2018 гг. были проведены полевые исследования в конкурсном сортоиспытании. В испытании участвовало 6 сортов, 2 из которых находятся на ГСИ, и 11 линий местной селекции. Стандартный сорт – Ангелина. Повторность – четырехкратная. Учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>; норма высева – 5,0 млн всхожих зерен на 1 га. Почва опытного участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели: реакция почвенного раствора рНсол. – 5,25; рНгидролит. – 4,92 мг-экв/100 г; содержание гумуса – 5,3% (по Тюрину); содержание подвижного фосфора – 340 мг/кг почвы (по Кирсанову); содержание обменного калия – 192 мг/кг почвы (по Кирсанову); азот общий – 0,25%; азот гидролизный – 122,8 мг/кг. Предшественник – черный пар.

Статистическая обработка результатов проведена по методике полевого опыта (Доспехов, 1979) с использованием программ Diana и Microsoft Excel.

Уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания (У2 – У1) рассчитан по А. А. Гончаренко (2005), а размах урожайности (d) – по В. А. Зыкину (1984). Анализ продуктивного и адаптивного потенциала сорта по показателю «урожайность» провели по методике Л. А. Животкова и др. (1994). Индекс стабильности и коэффициент вариации рассчитан по А. А. Грязнову (2005), показатель уровня стабильности и урожайности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу и др. (1985). Погодные условия за годы исследований сильно отличались друг от друга и наиболее полно отражали особенности региона.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований было обнаружено, что устойчивость к стрессу и способность формировать стабильную продуктивность в неординарных условиях среды имеют 2 сестринские линии Л 43/18 и Л 44/18 (–0,9 и –0,51). Имея отрицательное значение, он отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Считается, что чем меньше разрыв между этими значениями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире интервал его приспособительных возможностей. Из изучаемых сортов по этому признаку выделился сорт Глафира (–1,26). Самую низкую стрессоустойчивость имели сорт Галина (–3,1) и линии Л 63/18 (–3,27), Л 73/18 (–2,5), Л 65/18 (–2,49) (табл. 1).

Установлено, что наибольшую генетическую гибкость с высоким соответствием между генотипом и факторами среды имели сорта Глафира и Окская краса, а также линии Л 45/18, Л 49/18, Л 64/18, Л 65/18, Л 46/18, Л 48/18.

### 1. Показатели урожайности, экологической пластичности и стабильности сортов и линий озимой пшеницы (2016–2018 гг.)

### 1. Indicators of productivity, environmental adaptability and stability of winter wheat varieties and lines (2016–2018)

№ п/п	Название сорта, линии	Стрессоустойчивость, У2 – У1	Генетическая гибкость сорта, $\frac{U_1 + U_2}{2}$	Коэффициент вариации (CV), %	Средняя урожайность за 3 года, т/га (Xi)	Размах варьирования урожайности (min – max), т/га
1	Ангелина, ст.	–1,38	7,67	9,31	7,59	6,98–8,36
2	Галина	–3,1	7,13	21,6	7,25	5,58–8,68
3	Глафира (ГСИ)	–1,26	8,19	7,86	8,25	7,56–8,82
4	Даная	–2,17	7,77	13,97	7,86	6,68–8,85
5	Виола	–2,23	7,83	14,3	7,79	6,71–8,94
6	Окская краса(ГСИ)	–2,70	8,34	16,2	8,31	6,99–9,69
7	Л 43/18	–0,90	7,73	5,96	7,69	7,28–8,18
8	Л 44/18	–0,51	7,39	3,84	7,32	7,13–7,64
9	Л 73/18	–2,50	6,90	18,2	7,10	5,65–8,15
10	Л 45/18	–1,26	8,15	7,75	8,13	7,52–8,78
11	Л 49/18	–1,52	8,02	9,86	7,92	7,26–8,78
12	Л 65/18	–2,49	7,90	15,8	7,88	6,65–9,14
13	Л 64/18	–2,03	7,95	12,97	7,88	6,93–8,96
14	Л 63/18	–3,27	7,79	21,2	7,72	6,15–9,42
15	Л 46/18	–1,68	8,10	11,7	7,88	7,26–8,94
16	Л 48/18	–2,18	8,32	13,8	8,16	7,23–9,41
17	Л 51/18	–1,51	7,61	10,3	7,50	6,85–8,36
HCP <sub>0,05</sub>	2016 г.				0,88	
	2017 г.				0,65	
	2018 г.				0,61	

Выявлено, что наибольшую стабильность при изменении условий вегетации с наименьшими значениями коэффициента вариации (CV, %) проявили сорт Глафира (7,86%) и линии Л 43/18, Л 43/18 (5,96

и 3,84%). Все остальные линии и сорта имели низкий (7–12%) и средний (13–20%) коэффициент вариации.

В результате исследований было обнаружено, что высокую среднюю урожайность (Xi) за годы ис-

пытания показали сорта Глафира, Окская краса (8,25 и 8,31 т/га соответственно) и линии Л 45/18, Л 48/18, Л 49/18, Л 65/18, Л 64/18, Л 46/18, Л 63/18. Средняя урожайность стандартного сорта Ангелина составила 7,59 т/га.

В наших условиях минимальное значение размаха урожайности показали линии Л 43/18 и Л 44/18 –

11,0 и 6,7% соответственно. Чем ниже размах урожайности (d), тем стабильнее объект в конкретных условиях. У остальных сортов и линий размах урожайности находился в пределах 14,4–35,7%. Высокий размах урожайности имели сорт Галина (35,7%) и селекционная линия Л 63/18 (34,7%) (табл. 2).

## 2. Показатели адаптивности, стабильности и отзывчивости сортов и линий озимой пшеницы (2016–2018 гг.)

### 2. Indicators of adaptability, stability and responsiveness of winter wheat varieties and lines (2016–2018)

№ п/п	Название сорта, линии	Размах урожайности (d), %	Коэффициент адаптации (КА)	Индекс стабильности (L')	Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), %
1	Ангелина, ст.	16,5	0,98	8,2	100
2	Галина	35,7	0,92	3,4	39,6
3	Глафира (ГСИ)	14,3	1,06	10,5	139,3
4	Даная	24,5	1,01	5,6	70,8
5	Виола	24,9	1,0	5,4	67,6
6	Окская краса (ГСИ)	27,9	1,07	5,1	68,1
7	Л 43/18	11,0	0,99	12,9	159,5
8	Л 44/18	6,7	0,95	19,0	223,6
9	Л 73/18	30,7	0,91	3,9	44,5
10	Л 45/18	14,4	1,06	10,5	137,2
11	Л 49/18	17,3	1,02	8,0	101,9
12	Л 65/18	27,2	1,01	5,0	63,3
13	Л 64/18	22,7	1,01	6,1	77,3
14	Л 63/18	34,7	0,98	3,6	44,7
15	Л 46/18	18,8	1,01	6,7	84,9
16	Л 48/18	23,2	1,05	5,9	77,4
17	Л 51/18	18,1	0,97	7,3	88,0

В наших исследованиях коэффициент адаптивности (КА), который указывает на продуктивные возможности изучаемых сортов, варьировал от 0,92 до 1,06. Для сравнения общей видовой адаптивной реакции мы брали «среднесортовую урожайность года». Из 17 изучаемых сортов и линий только 10 (58,8%) в среднем за 3 года имели коэффициент адаптивности выше 1. Самый высокий коэффициент адаптивности имели сорт Глафира и линия Л 45/18 (1,06); самый минимальный – сорт Галина и линия Л 73/18 (0,92 и 0,91 соответственно).

Образцы, приспособленные и более стабильные к данным условиям произрастания, обладают высоким индексом стабильности ( $L'$ ). Максимальный индекс стабильности отмечен у сорта Глафира (10,5), линий Л 43/18, Л 44/18, Л 45/18 (12,9, 19,0 и 10,5 соответственно). Это указывает на то, что эти линии оптимально подходят для выращивания в сельскохозяйственной зоне Рязанской области. Самый низкий индекс стабильности имели сорт Галина и линия Л 63/18 (3,4 и 3,6 соответственно).

В анализируемом нами опыте показатель уровня стабильности урожайности (ПУСС) изменялся от 39,6% у сорта Галина до 223% у линии Л 44/18.

ПУСС является комплексным показателем гомеостатичности, поскольку позволяет одновременно учитывать уровень и стабильность урожайности и характеризует способность образца отзываться на улучшение условий выращивания, а при их ухудшении – поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности. Чем выше ПУСС, тем сорт лучше. Достоверно по уровню стабильности урожайности превысили стандарт сорт Глафира (139,3%) и следующие сортообразцы: 2 сестринских линии Л 43/18 и Л 44/18 (159,5 и 223,6%), Л 45/18 (137,2%).

**Выходы.** На основании проведенных трехгодичных исследований были выделены сорт Глафира и селекционные образцы Л 43/18, Л 44/18 и Л 45/18, обладающие высокой пластичностью и стабильностью в условиях Рязанской области, о чем свидетельствуют следующие показатели: низкий коэффициент вариации, высокая стрессоустойчивость и генетическая гибкость, высокий индекс стабильности и показатель ПУСС.

Таким образом, созданные новые линии и сорта, в сравнении с предшествующими, имеют преимущество по продуктивности независимо от погодных условий.

#### Библиографические ссылки

1. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Грязнов А. А. Селекция ячменя в Северном Казахстане // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
5. Неволина К. Н. Адаптивная способность и стабильность озимых зерновых культур при возделывании в условиях Пермского края // Аграрная наука. 2015. № 6. С. 13–15.

6. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества зерна // Вестник с.-х. науки. 1985. № 1. С. 66–73.
7. Сандухадзе Б. И., Марченкова Л. А., Мамедов Р. З. и др. Изучение адаптивности сортов озимой пшеницы на фоне искусственно создаваемых стрессов // Инновационные разработки по селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур: мат. Междунар. науч. конференции, приуроченной к 90-летию со дня рождения академика Э. Д. Неттевича. М.: ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», 2018. С. 109–114.
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://agroinvestor.ru>.

#### References

1. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur [On adaptability and environmental tolerance of grain crop varieties] // Vestnik Rossel'hozakademii. 2005. № 6. S. 49–53.
2. Gryaznov A. A. Selekcija yachmenya v Severnom Kazahstane [Barley selection in North Kazakhstan] // Vestnik RASKHN. 2005. № 6. S. 49–53.
3. 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 study results]. M.: Kolos, 1979. 416 s.
4. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutaeva L. I. Metodika vyvayleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoj pshenicy po pokazatelyu "urozhajnost'" [Methodology of identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat according to the trait "productivity"] // Selekcija i semenovodstvo. 1994. № 2. S. 3–6.
5. Nevolina K. N. Adaptivnaya sposobnost' i stabil'nost' ozimyh zernovyh kul'tur pri vozdelyvanii v usloviyah Permskogo kraja [Adaptability and stability of winter grain crops cultivated in the Perm region] // Agrarnaya nauka. 2015. № 6. S. 13–15.
6. Nettevich Eh. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Povyshenie effektivnosti otbora yarovojo pshenicy na stabil'nost' urozhajnosti i kachestva zerna [Improvement of effective breeding of spring wheat on yield stability and grain quality] // Vestnik s.-h. nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
7. Sanduhadze B. I., Marchenkova L. A., Mamedov R. Z. i dr. Izuchenie adaptivnosti sortov ozimoj pshenicy na fone iskusstvenno sozdavaemyh stressov [Study of the adaptability of winter wheat varieties through the artificially created stresses] // Innovacionnye razrabotki po selekcii i tekhnologii vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: mat. Mezhdunar. nauch. konferencii, priurochennoj k 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Eh. D. Nettevicha. M.: FGBNU "FIC "Nemchinovka", 2018. S. 109–114.
8. Ehlektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://agroinvestor.ru>.

**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.

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

**Б. А. Гольдварг**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
главный научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства,  
ORCID ID: 0000-0003-4791-7783;

**В. Г. Грициенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
старший научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства,  
ORCID ID: 0000-0001-8679-9068;

**М. В. Боктаев**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства,  
ORCID ID: 0000-0002-3337-4987

*Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Б. Нармаева – филиал  
«Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН»,  
358011, г. Элиста, пл. О. И. Городовикова, 1; e-mail: gb\_kniish@mail.ru*

Представлены результаты анализа метеорологических критериев и исследований их влияния на продуктивность озимых и яровых зерновых культур за 20 лет (1999–2018 гг.) в центральной зоне Республики Калмыкия. Метеорологическую информацию анализировали дифференцированно: за весь период, по пятилетним циклам, отдельным годам и сезонным периодам. Проведен анализ урожайности по результатам испытаний 2170 сортообразцов озимой мягкой пшеницы, 334 сортообразцов озимой тритикале и 503 сортов ярового ячменя. За годы работы температурный режим изменялся в сторону потепления. Среднегодовая температура воздуха за 20 лет превысила климатическую норму на 1,3 °C (+10,7 °C). Аналогичную закономерность наблюдали как по отдельным пятилетним циклам, так и по сезонным периодам. Зимой температура воздуха превысила норму на 1,7 °C (-2,5 °C); весной – на +1,7 (+10,5 °C); летом – на +1,4 (+24,5 °C); осенью – на +0,6 °C (+10,0 °C). Количество выпавших осадков в ответственный (летний) период формирования урожая зерна снизилось на 25,6% (85,6 мм) от климатической нормы (115 мм). Выявлено, что основное накопление влаги осадков (179,1 мм, или 55,1%) происходило осенью – 25,8% (83,8 мм) и весной – 29,3% (95,3 мм). Конtrастные погодные условия позволили установить влияние аномальных климатических параметров на урожайность озимой пшеницы, озимой тритикале и ярового ячменя. Результаты анализа урожайности в среднем за 2014–2018 гг. показали, что озимая мягкая пшеница (3,19 т/га), озимая тритикале (3,45 т/га) и яровой ячмень (2,53 т/га) в изменившихся условиях вегетации имели тенденцию к повышению продуктивности на 0,34; 1,49 и 0,56 т/га соответственно по сравнению с 1996–2000 гг.

**Ключевые слова:** температура воздуха, осадки, пятилетний цикл, урожайность, озимая мягкая пшеница, озимая тритикале, яровой ячмень.



## THE EFFECT OF CLIMATE CHANGING ON GRAIN CROP PRODUCTIVITY IN THE CENTRAL PART OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

**Б. А. Гольдварг**, Candidate of Agricultural Sciences,  
chief researcher of the, department of arid agriculture, forage production and seed-growing,  
ORCID ID: 0000-0003-4791-7783;

**В. Г. Грициенко**, Candidate of Agricultural Sciences, docent,  
senior researcher of the, department of arid agriculture, forage production and seed-growing,  
ORCID ID: 0000-0001-8679-9068;

**М. В. Боктаев**, Candidate of Agricultural Sciences,  
senior researcher of the, department of arid agriculture, forage production and seed-growing,  
ORCID ID: 0000-0002-3337-4987

*Kalmykia Research Agricultural Institute named after M. B. Narmaev,  
affiliate "Pre-Kaspy Agricultural Federal Research Center RAS",  
358011, Elista, Gorodovikov O. I. Sq., 1; e-mail: gb\_kniish@mail.ru*

The paper presents the analysis of meteorological criteria and the study of their influence on productivity of winter and spring grain crops through 20 years (1999–2018) in the Central zone of the Republic of Kalmykia. Meteorological information was analyzed differentially, i. e. for the entire period, over five-year terms (cycles), in separate years and seasons. The yield analysis was carried out according to the test results of 2170 variety samples of winter soft wheat, 334 samples of winter triticale and 503 spring barley varieties. Over the years the temperature was constantly becoming warmer. The average annual air temperature through 20 years exceeded the climatic norm on 1.30 °C (+10.7 °C). A similar situation took place both over five-year terms and in separate seasons. In winter the air temperature exceeded the norm by 1.7 °C (-2.5 °C), in the spring by +1.7 (+10.50 °C), in summer by +1.4 (+24.50 °C), in the autumn by +0.6 °C (+10.0 °C). In the important (summer) period of grain yield formation the amount of precipitation decreased by 25.6% (85.6 mm) of the climatic norm (115 mm). It was established that the main moisture accumulation (179.1 mm (55.1%)) of precipitation occurred in the autumn (25.8% (83.8 mm)) and in the spring (29.3% (95.3 mm)). Contrasting weather conditions made it possible to establish the effect of anomalous climatic parameters on productivity of winter wheat, winter triticale and spring barley. The results of productivity analysis through 2014–2018 showed that in the changed vegetation conditions winter soft wheat (3.19 t/ha), winter triticale (3.45 t/ha) and spring barley (2.53 t/ha) tended to increase average productivity by 0.34, 1.49 and 0.56 t/ha, respectively, compared with 1996–2000.

**Keywords:** air temperature, precipitations, five-year term (cycle), productivity, winter soft wheat, winter triticale, spring barley.

**Введение.** За последние 20–30 лет в средствах массовой информации и на форумах различного уровня среди ученых и практиков проходят дискуссии по поводу изменения климата. При этом высказываются самые различные точки зрения на происходящее глобальное потепление на планете (Урманова и др., 2007; Бернштейн и др., 2007). Отметим некоторые предполагаемые учеными и специалистами сценарии, относящиеся к сельскому хозяйству. Так, потепление климата может привести к увеличению наводнений из-за ураганов, сокращению летних осадков на 15–20% в основных сельскохозяйственных регионах и опустыниванию (Урманова и др., 2007). Разрушение традиционных систем ведения сельского хозяйства под воздействием засух, нерегулярных осадков и других причин может привести на грань голода огромное число населения земного шара. Более продолжительными и более экстремальными по температуре могут быть периоды жаркой погоды (Мазуров и др., 2002).

По сведениям Росгидромета, климат в России меняется в 2,5 раза быстрее, чем в среднем на планете Земля, и тенденции к замедлению потепления нет (Груда и др., 2015).

Цель исследований – установить характер и направление изменения климатических параметров, их относительные величины, а также влияние изменившихся аномальных климатических условий на продуктивность озимых и яровых зерновых культур.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследования служила метеорологическая информация (температура воздуха и осадки) за 1999–2018 гг. метеопоста в поселке Верхний Яшкуль, расположенного на базе Калмыцкого научно-исследовательского института сельского хозяйства им. М. Б. Нармаева, находящегося в центральной зоне Республики Калмыкия.

Зона исследования характеризуется резкой континентальностью климата – от очень засушливого до сухого. Количество осадков – 250–300 мм; ГТК – 0,3–0,7. Сумма активных температур воздуха (>10 °C) за вегетационный период полевых культур составляет 3400–3500 °C. Продолжительность периода с температурой воздуха выше +5 °C колеблется от 205 до 225 дней. Переход температуры воздуха через +5 °C

в сторону повышения начинается чаще в конце марта – первой декаде апреля, а через +10 °C – во второй декаде апреля (Народецкая, 1974).

Анализ метеорологических параметров проводили дифференцированно: за весь период 1999–2018 гг., по отдельным пятилетним циклам, внутри циклов по годам и сезонным периодам.

В качестве контрольного варианта (к) служила среднемноголетняя информация метеостанции (Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР, 1974) города Элисты, относящейся к зоне исследований. Материалом для исследования служили сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы – 2170 сортообразцов, озимой тритикале – 334 образца и ярового ячменя – 503 сорта различных селекционных учреждений, таких как НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, АНЦ «Донской», Северо-Кавказский ФНАЦ, Прикумская и Краснокутская ОСС, сорта совместной селекции НЦЗ им. П. П. Лукьяненко и Калмыцкого НИИСХ им. М. Б. Нармаева.

Опыты по изучению продуктивности озимых и яровых культур закладывали в четырехкратной повторности, расположение вариантов – систематическое. Общая площадь делянки – 60 м<sup>2</sup>; учетная – 50 м<sup>2</sup>. Учеты и наблюдения за ростом и развитием растений вели согласно методике Госсортсели (Федин, 1985). Обмолот осуществляли комбайном Сампо 500 попеременно с последующим взвешиванием и статистической обработкой по методике Б. А. Доспехова (Доспехов, 1985). Анализ урожайности проводили по сортообразцам каждой культуры по годам, пятилетним циклам и в целом за весь период исследований.

Технология возделывания озимых и яровых культур соответствовала рекомендованной для центральной зоны Республики Калмыкия, согласно которой лучший предшественник в зернопаровом и зернопропашном севооборотах для озимых культур (озимая пшеница и тритикале) – чистый пар, а для ярового ячменя – озимые, идущие по чистому пару или второй культурой после пары, а также бобовые культуры.

**Результаты и их обсуждение.** Наши исследования показали, что температура воздуха в годы проведения исследований (1999–2018 гг.) существенно отличалась от климатической нормы (табл. 1.).

## 1. Динамика гидротермических параметров зерновых культур в центральной зоне Республики Калмыкия

### 1. Dynamics of hydrothermal parameters of grain crops in the central zone of the Republic of Kalmykia

Пятилетка, гг.	В среднем за год	В том числе			
		зима декабрь – февраль	весна март – май	лето июнь – август	осень сентябрь – ноябрь
Температура воздуха, °C					
1999–2003	10,4	-2,5	10,1	24,1	9,5
2004–2008	10,5	-2,9	10,1	24,5	10,5
2009–2013	10,7	-2,9	10,6	24,7	10,2
2014–2018	11,0	-1,8	11,1	24,7	9,9
1999–2018	10,7	-2,5	10,5	24,5	10,0
Климатическая норма (к)	9,4	-4,2	8,8	23,1	9,4
Осадки, мм					
1999–2003	351,3	64,2	92,7	100,2	94,1
2004–2008	329,7	64,6	102,2	77,7	85,1
2009–2013	288,2	54,5	90,0	73,2	70,5
2014–2018	331,4	58,5	96,2	91,3	85,4
1999–2018	325,2	60,5	95,3	85,6	83,8
Климатическая норма (к)	351,0	64,0	84,0	115,0	88,0

Так, среднегодовая температура воздуха в среднем за 20 лет превысила климатическую норму на 1,3 °С. В течение всего периода исследований наблюдали устойчивое нарастание температуры. В каждом пятилетнем цикле температурный режим превышал климатическую норму на 1,0–1,6 °С. Особенно жаркими были последние 10 лет (2009–2018 гг.) с превышением нормы на 1,3–1,6 °С соответственно.

Среднесезонный анализ температуры воздуха также показал значительное отклонение от климатической нормы. Зима потеплела в среднем на 1,7 °С. Особенно теплой она была в периоды 1999–2003 и 2014–2018 гг. со средними температурами –2,5 и –1,8 °С соответственно. Зимой стали редкими низкие температуры в диапазоне от –15 до –20 °С и ниже. Часто отмечали отсутствие устойчивого снежного покрова или наблюдали короткими периодами незначительным слоем. Продолжительнее стали январские и февральские окна. Отмечено, что зимний период стал короче календарного. Осадки выпадали иногда в виде дождя, тумана, мороси. Весна наступала часто раньше календарного срока. Температурный режим весной в среднем на 1,7 °С превышал норму, что приводило к более раннему (на 10–12 дней и более) отрастанию озимых посевов и началу весенних полевых работ. В результате такого потепления в посевах полевых культур накапливалось больше вредителей и болезней (Мониторинг Россельхозцентра по РК).

Лето по температурному режиму в среднем на 1,4 °С превышало норму с варьированием по циклам от 1,0 до 1,6 °С. Повышение температуры воздуха с сильными восточными ветрами приводило к снижению относительной влажности воздуха (до 30% и меньше) и возникновению суховеев с пыльными бурями, которые оказывали негативное влияние на формирование урожая (Наблюдения метеопоста п. Верхний Яшкуль и данные учета урожая), приводя к «запалам» и «захватам» зерна. Такие моменты возникали в критические периоды роста и развития растений, когда у озимых и яровых культур наступали налив и молочно-восковая спелость зерна.

Осенний сезон при средней температуре +10,0 °С также характеризовался повышенным (на 0,6 °С) температурным режимом по сравнению с климатической нормой. Особенно такую закономерность наблюдали в 2004–2008 гг., когда средняя температура достигла +10,5 °С, что на 1,1 °С выше нормы.

Детальный анализ по годам внутри каждого пятилетнего цикла показал, что варьирование температурного режима было еще более значительным в сравнении со средним по пятилетним циклам. Самые высокие температуры зарегистрированы в 2009–2013 и 2014–2018 гг. Так, в 2013 г. среднегодовая температура соответствовала +11,3 °С, а в 2016 и 2018 гг. – +12,1; +11,4 °С, что соответственно на 1,9; 2,7; 2,0 °С выше нормы.

Среднегодовое количество осадков в среднем за 20 лет составило 325,2 мм при норме 351,0 мм. Обильным на осадки был пятилетний цикл 1999–2003 гг. со среднегодовым показателем 351,3 мм. Особенно неблагоприятным по количеству осадков был период 2009–2013 гг. с величиной этого показателя 288,2 мм (82,1% от нормы). Однако внутри каждого временного цикла (5 лет) наблюдали значительное варьирование осадков по годам. Так, за 1999–2003 гг. наибольшее количество осадков отмечали в 2000 г. – 416,1 мм, что на 65,1 мм (18,5%) выше нормы. Наиболее контрастной была последняя в исследовании пятилетка (2014–2018 гг.): в 2014 г. – 267,6 мм (76,2% от годовой нормы); в 2015 г. – 253,2 мм; в 2016 г. – 423,9 мм (120,8%); в 2017 г. – 404,0 мм; в 2018 г. – 278,5 мм.

Особенностью климата исследуемой зоны была неравномерность выпадения осадков по сезонам года. В предпоследнюю пятилетку (2009–2013 гг.) в 2011 г. из 362,2 мм годовых осадков за весенне-летнюю вегетацию (март – I декада июля) озимых и яровых зерновых колосовых культур выпало 200,9 мм (55,2%). В 2012 г. из 260,4 мм годовых осадков за весенне-летнюю вегетацию выпало 105,5 мм (40,5%).

Анализ урожайности (озимой пшеницы, озимой тритикале и ярового ячменя) за 20 лет показал, что шесть из них (30%) оказались неблагоприятными. Для озимых колосовых это были 1999, 2003, 2006, 2014 гг., когда в среднем сбор зерна был на уровне 0,42–1,34 т/га. Для ярового ячменя такими отмечены 2000, 2007, 2014 гг. со средней урожайностью 0,57–1,25 т/га. В каждом пятилетнем цикле 1–2 года были неурожайными. Особенно тяжелым был период 1999–2003 гг., где 2000 г. стал неурожайным для ярового ячменя, а 1999 г. – для озимых колосовых культур. В 2014–2018 гг. неурожайным для озимых и яровых колосовых посевов отмечен 2014 г., когда с посевов озимой мягкой пшеницы собирали 1,27 т/га; озимой тритикале – 1,40 т/га; ярового ячменя – 1,25 т/га зерна (табл. 2).

## 2. Урожайность зерновых культур в Калмыцком НИИСХ им. М. Б. Нармаева – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», т /га

**2. Grain crops productivity  
in the Kalmykia Research Agricultural Institute  
named after M. B. Narmaev, affiliate "PFAFC RAS"**

Пятилетка, гг.	Средняя по сортообразцам урожайность		
	пшеница мягкая озимая	тритикале озимая	ячмень яровой
1999–2003	2,85	1,96	1,97
2004–2008	2,48	2,18	2,18
2009–2013	2,29	2,47	2,19
2014–2018	3,19	3,45	2,53
1999–2018	2,7	2,52	2,22

Наши исследования показали, что изучаемые культуры избирательно реагировали на изменяющиеся климатические условия. Например, озимая мягкая пшеница в среднем за 2014–2018 гг. при урожайности 3,19 т/га показала минимальное повышение продуктивности (на 0,34 т/га) по сравнению с озимой тритикале (на 1,49 т/га) и яровым ячменем (на 0,56 т/га) над 1999–2003 гг. На наш взгляд, это связано с более высоким уровнем их устойчивости к стрессовым факторам внешней среды, более высокой экологической адаптивностью. Это также может быть связано с результатами селекции, так как с каждым годом в Реестре селекционных достижений вносят сорта, имеющие большую потенциальную продуктивность и большую стрессоустойчивость. Для озимой тритикале более высокая адаптивность объясняется, на наш взгляд, наличием в своей родословной гена озимой ржи, которая в экстремальных условиях проявляет повышенную жизнеспособность и отличается стабильной продуктивностью, а яровой ячмень по своей биологии – одна из наиболее засухоустойчивых среди яровых колосовых культур (Борисоник, 1974; Гриценко, 2012; Портниковская и др., 2002). Исследование целого ряда неблагоприятных лет показывало, что на формирование урожая зерновых культур в центральной зоне Калмыкии оказывали значительное влияние не только осадки, но и другие не менее важные факторы, как температура и относительная влажность воздуха, суховеи, пыльные бури, условия зимовки (для озимых посевов) и некоторые другие. Успех возможен только

при оптимальном сочетании всех вышеперечисленных факторов, что достигается очень редко.

Сделанный нами более ранний (Грициенко, 2012) прогноз меняющемуся климату в зоне исследования подтверждается сегодня гидротермическими параметрами за более продолжительный (20 лет) период, что указывает на устойчивую тенденцию потепления и аридизации климата центральной зоны Республики Калмыкия.

**Выводы.** Таким образом, проведенный анализ метеорологической информации за последние 20 лет (1999–2018 гг.) позволяет утверждать, что климат центральной зоны Республики Калмыкия имеет устойчивую тенденцию к потеплению и аридизации. Среднегодовая температура воздуха в среднем

за 20 лет превысила на 1,3 °C климатическую норму. Количество осадков за летний период уменьшилось на 25,6% от нормы. Аналогичные изменения отмечены и по другим сезонам года.

Изучаемые культуры проявляли различную избирательность к меняющимся климатическим условиям. Озимая мягкая пшеница в среднем за 2014–2018 гг. при урожайности 3,19 т/га показала повышение продуктивности на 0,34 т/га над 1999–2003 гг. Озимая тритикале и яровой ячмень, как более устойчивые к стрессовым факторам внешней среды и наиболее адаптированные, в среднем за 2014–2018 гг. показали повышение продуктивности на 1,49 и 0,56 т/га соответственно над 1999–2003 гг.

#### Библиографические ссылки

1. Бернштейн Л., Буш П., Канциани О. Изменение климата. Женева, Швейцария: МГЭКИК, 2007. 104 с.
2. Борисоник З. Б. Ячмень яровой. М.: Колос, 1974. 253 с.
3. Грициенко В. Г. Погода и урожай зерновых культур в засушливой центральной зоне Республики Калмыкия // Поле деятельности. 2012. № 8. С. 40–41.
4. Грициенко В. Г. Яровой ячмень в засушливых условиях Юга России. Элиста: «НПП «Джангар», 2012. 131 с.
5. Груза Г. В., Бардин М. Ю., Ранькова Э. Я. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2014 год. М.: Госгидромет, 2015. 107 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
7. Мазуров Г. И., Вишнякова Т. В., Акселевич В. И. Меняется ли климат Земли? // Визуальные методы оценки цикличности в ходе метеоэлементов: мат. Междунар. науч.-практ. конференции. Пермь, 2002. С. 57–60.
8. Народецкая Ш. Ш. Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 172 с.
9. Портуковская С. П., Огарев В. Д. Ячмень на Ставрополье. Ставрополь, 2002. 111 с.
10. Урманова А. Г., Наумов Э. П., Николаев А. А. и др. Проявления современного потепления климата Земли. М.: Мир, 2007. 165 с.
11. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 261 с.

#### References

1. Bernshtejn L., Bosh P., Kanciani O. Izmenenie klimata [Climate changing]. Zheneva, Shvejcariya: MGEHKIK, 2007. 104 s.
2. Borisonik Z. B. Yachmen' yarovoij [Spring barley]. M.: Kolos, 1974. 253 s.
3. Gricienko V. G. Pogoda i urozhaj zernovyh kul'tur v zasushlivoj central'noj zone Respubliki Kalmykiya [Weather and yields of grain crops in the arid central zone of the Republic of Kalmykia] // Pole deyatel'nosti. 2012. № 8. S. 40–41.
4. Gricienko V. G. Yarovojo yachmen' v zasushlivyh usloviyah Yuga Rossii [Spring barley in arid conditions of the South of Russia]. Ehlista: "NPP "Dzhangar", 2012. 131 s.
5. Gruza G. V., Bardin M. Yu., Ran'kova Eh. Ya. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2014 god [The report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2014]. M.: Gosgidromet, 2015. 107 s.
6. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1985. 336 s.
7. Mazurov G. I., Vishnyakova T. V., Akselevich V. I. Menyaetsya li klimat Zemli? / [Is the climate of the Earth changing?] // Vizual'nye metody ocenki ciklichnosti v hode meteoehlementov: mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. Perm', 2002. S. 57–60.
8. Narodeckaya Sh. Sh. Agroklimaticheskie resursy Kalmyckoj ASSR [Agroclimatic resources of the Kalmykskoy ASSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 172 s.
9. Porturovskaya S. P., Ogarev V. D. Yachmen' na Stavropol'e [Barley in the Stavropol region]. Stavropol, 2002. 111 s.
10. Urmanova A. G., Naumov Eh. P., Nikolaev A. A. i dr. Proyavleniya sovremenennogo potepleniya klimata Zemli [Manifestations of the Earth climate warming nowadays]. M.: Mir, 2007. 165 s.
11. Fedin M. A. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M., 1985. 261 s.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ КАЧЕСТВА ТРИТИКАЛЕ

**Е. Н. Шаболкина**, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель лаборатории технологического сервиса, [elenashabolkina@yandex.ru](mailto:elenashabolkina@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

**Н. В. Анисимкина**, старший научный сотрудник лаборатории технологического сервиса, [anisimkina.natalya@yandex.ru](mailto:anisimkina.natalya@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

**М. В. Беляева**, младший научный сотрудник лаборатории технологического сервиса, [s.g.belyaev1990@gmail.com](mailto:s.g.belyaev1990@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3090-9026

ФГБНУ «Самарский НИИСХ»,  
446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: [samniish@mail.ru](mailto:samniish@mail.ru)

Озимая тритикале, несущая гены своих родительских видов, вобрала как положительные свойства пшеницы и ржи (значительное количество белка, наличие клейковины, содержание биологически активных ароматических веществ), так и отрицательные (большое количество растворимых белков альбуминов и глобулинов и в первую очередь это высокая активность амилолитических ферментов). Большое влияние на качество зерна оказывают погодные условия вегетационного периода, а также сортовые особенности данной культуры. Поэтому актуальной проблемой в условиях Степного Заволжья, в зоне рискованного земледелия, остается выращивание озимой тритикале с высокими биохимическими и хлебопекарными свойствами. Исследования, результаты которых приведены в данной статье, проводили в течение 2007–2016 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ. Для установления объективной оценки качества озимой тритикале изучены как биохимические, так и технологические и хлебопекарные показатели. При благоприятных условиях для роста и развития растений озимая тритикале накапливает в зерне значительное количество белка (18,3–18,8%), формирует зерно с крепким крахмалом и низкой ферментативной активностью: «число падения» – 252–274 с и вязкость водно-муичной суспензии по амилографу – 300–520 е. ам. Анализ хлебопекарных достоинств тритикале показал, что необходимо учитывать все тонкости, нюансы, связанные с процессом тестоведения и рецептурой. Вследствие низкой газоудерживающей способности и разжижения теста тритикале в хлебопечении в чистом виде практически не используется. При добавлении к муке тритикале пшеничной муки в количестве 50 и 70% наблюдается существенное улучшение качества хлеба как по объемному выходу, так и по пористости, формоустойчивости и органолептическим показателям (удельный объем – 6,2 см<sup>3</sup>/г; общая хлебопекарная оценка – 4,5 балла). Результаты исследований показывают, что в условиях Степного Заволжья следует больше внимания уделять сортовым особенностям озимой тритикале.

**Ключевые слова:** озимая тритикале, сорта, качество, белок, биохимические показатели, хлебопекарные свойства, смеси.



## TECHNOLOGICAL AND BREAD BAKING TRAITS OF TRITICALE

**E. N. Shabolkina**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: [elenashabolkina@yandex.ru](mailto:elenashabolkina@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

**N. V. Anisimkina**, senior researcher of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: [anisimkina.natalya@yandex.ru](mailto:anisimkina.natalya@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

**M. V. Belyaeva**, junior researcher of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: [s.g.belyaev1990@gmail.com](mailto:s.g.belyaev1990@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3090-9026

FSBSI “Samarsky RIA”,  
446254, Samara region, v. Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; tel.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: [samniish@mail.ru](mailto:samniish@mail.ru)

Winter triticale, carrying the genes of its parental forms, has taken both the positive properties of wheat and rye (a significant amount of protein, presence of gluten, content of biologically active aromatic substances) and negative (a large amount of soluble albumin and globulin proteins and especially high activity of amylolytic enzymes). The weather conditions during the vegetation, as well as the varietal characteristics of this grain crop are of great influence on the grain quality. Therefore, cultivation of winter triticale with high biochemical and baking properties is an important problem in the conditions of the Steppe Zavolzhie, in the zone of risky farming. The article presents the results of study conducted during 2007–2016 on the experimental plots of the Samarsky RIA. To establish an objective assessment of winter triticale quality, there was carried out a study of biochemical, technological and baking traits. Under favorable conditions for plant growth and development, winter triticale accumulates a significant percentage (18.3–18.8) of protein in kernels; forms grain with strong starch and low enzymatic activity (252–274 c of “falling number”, 300–520 a. u. of water-flour viscosity). Analysis of the baking traits of triticale has showed that it is necessary to take into account all the subtleties related to the dough process and the recipe. Due to the low gas-holding capacity and dough thinning (dilution), triticale is almost never used in its pure baking form. When 50 and 70% of triticale is added to flour, there is a significant improvement in bread quality, namely in volume and in texture, in dimensional stability and sensory characteristics (6.2 cm<sup>3</sup>/g of specific volume; 4.5 points of baking). The study results show that more attention should be paid to the varietal characteristics of winter triticale in the conditions of the Steppe Zavolzhie.

**Keywords:** winter triticale, varieties, quality, protein, biochemical characteristics, baking properties, mixture.

**Введение.** Зерновая культура тритикале устойчива к комплексу абиотических и биотических факторов среды и по ряду таких важнейших показателей, как урожайность и питательная ценность, ни в чем не уступает обоим родительским видам, а где-то и превосходит их. В настоящее время данная культу-

ра нашла широкое применение в перерабатывающей промышленности многих стран: выпечка разных видов хлеба, пряников, пончиков, вафель и других кондитерских продуктов, изготовление макаронных изделий (Пашенко и др., 2003; Tsen and Hoover, 1973). В США и Канаде тритикале в связи с высокой фер-

ментативной активностью и растворимостью белков солода используют в пивоварении, а также в качестве сырья для выработки сухих завтраков (Померанц, 1978).

Зерно тритикале является хорошим источником белка с довольно высоким содержанием незаменимых аминокислот и в первую очередь лизина (Турбин и др., 1990). Данная культура объединяет хлебопекарные достоинства пшеницы и положительные свойства ржи – высокое содержание биологически активных ароматических веществ, что позволяет изготавливать специфический диетический продукт. Однако из-за высокой активности амилолитических ферментов и низкой газоудерживающей способности теста, которое в этом отношении приближается к ржаному, тесто из тритикале неустойчиво к механической обработке, поэтому применение данной культуры в чистом виде ограничено из-за сильного разжижения.

Исследования хлебопекарных достоинств озимой тритикале в Самарском НИИСХ ведутся с 2007 г. Результаты проведенных ранее исследований показали (Шаболкина, 2008), что для выпечки хлебных изделий необходимо использовать муку тритикале в смеси с мукой сильных сортов пшеницы, а хлебопекарная оценка зависит от методики тестоведения и рецептуры.

Цель данной работы – изучить биохимические, технологические и хлебопекарные свойства тритикале, оценить смесительную способность муки из зерна озимой тритикале и высококачественной пшеничной муки при разном соотношении компонентов по итогам лабораторной выпечки хлеба.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в течение 2007–2016 гг. на экспериментальной базе Самарского НИИСХ. В качестве исходного материала был использован сорт озимой тритикале Тальва 100 селекции НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева, сорта и перспективные линии селекции СНИИСХ им. Н. М. Тулайкова, предоставленные руководителем лаборатории серых хлебов А. А. Бишаревым.

В соответствии с ГОСТами Российской Федерации и методами ИСО проводили оценку: количества и качества клейковины в зерне, содержания белка, вязкости водно-мучной суспензии – на амилографе Брабендера; «числа падения» – по методу Хагберга – Пертена; пробные лабораторные выпечки хлеба – по Методике государственного сортоспытания сельскохозяйственных культур.

Качество хлеба оценивали по пятибалльной шкале: объем хлеба, внешний вид корки, пористость, цвет и эластичность мякиша. В готовых изделиях определяли физико-химические показатели: влажность, пористость и кислотность мякиша.

**Результаты и их обсуждение.** Качество зерна озимой тритикале, согласно литературным данным (Tsvetkov and Stoeva, 2003; Cyran and Rakowska, 1996), зависит от многих факторов: генотипа, погодных условий в период вегетации, географической зоны выращивания, технологии возделывания. Тритикале накапливает в зерне значительное количество белка, за годы исследований в зависимости от сорта и внешних условий его количество достигало 18,3–18,8%: в 2012 г. – сорт Тальва 100, в 2015 г. – перспективная линия Д 30-4/07 (табл. 1).

### 1. Биохимические показатели зерна сортов озимой тритикале (2012–2016 гг.) 1. Biochemical indicators of winter triticale varieties (2012–2016)

Сорт	Содержание белка, %	«Число падения», с	Высота амилограммы, е. ам.	Общая хлебопекарная оценка, баллы
2012 г.				
Устинья	17,9	71	60	4,2
Кроха	16,2	62	70	4,1
Василиса	17,5	79	110	3,6
Тальва 100	18,3	61	40	3,3
2013 г.				
Привада × АД М5	14,4	95	100	3,6
Кроха	13,8	105	70	4,1
Линия АД 4225	14,8	108	160	3,2
Тальва 100	14,2	74	50	3,6
2014 г.				
Устинья	13,9	295	210	3,9
Кроха	14,9	80	80	3,3
Линия Д 30-4/07	14,4	266	260	4,0
Тальва 100	14,6	66	70	3,0
2015 г.				
Устинья	17,7	159	90	4,5
Кроха	17,6	64	60	3,4
Линия Д 30-4/07	18,8	197	260	5,0
Тальва 100	17,6	67	50	3,6
2016 г.				
Устинья	10,5	269	520	3,2
Кроха	10,0	128	170	4,2
Линия Д 64-7/07	10,5	252	300	3,6
Тальва 100	10,8	168	380	3,2
Точность опыта Р, %	1,60	16,0	19,0	5,9
HCP <sub>0,05</sub>	F <sub>f</sub> < F <sub>t</sub>	68,3	F <sub>f</sub> < F <sub>t</sub>	F <sub>f</sub> < F <sub>t</sub>

На содержание белка большое влияние оказывают метеорологические условия вегетационного периода. В 2012 г. весенне-летний период характеризовался аномально повышенной температурой,

что привело к сокращению фаз развития и значительному накоплению белка в зерне у всех изучаемых сортов озимой тритикале (16,2–18,3%). В 2015 г. в фазу налива и формирования зерна погодные условия

складывались аналогично: недостаток влаги в июне в сочетании с повышенным температурным режимом в значительной степени повлияли на содержание белка в зерне тритикале (17,6–18,8% – максимальные значения за годы исследований). Большие запасы продуктивной влаги в почве в начале вегетационного периода в 2016 г., обилие осадков в апреле и контрастная температура в июне способствовали формированию зерна с наименьшим содержанием белка за годы исследований (10,0–10,8%). Обобщив результаты корреляционного анализа, отмечаем, что осадки в период формирования и налива зерна имеют отрицательную связь с содержанием белка ( $r = -0,56^*$ ), а температурный режим в этот период напротив находится в тесной положительной связи с данным показателем ( $r = 0,48^*$ ).

Содержание клейковины в зерне тритикале более низкое, а по качеству она более слабая и крошащаяся по сравнению с пшеницей: характеризуется невысокими показателями ИДК-ЗМ 99 (116 у. ед. или совсем не отмывается). Однако в засушливых условиях 2012 г. изучаемые сорта озимой тритикале Привада, Тальва 100, Союз × Тальва 100 и линии Д-7-3/07, Д-100-1/07 сформировали клейковину хорошего качества (93–97 у. ед. – 2-я группа качества). По показателю седиментации зерно тритикале уступает пшенице, набухаемость муки в кислоте невысокая (27–30 мл), сказывается влияние генома одного из родителей – ржи, однако в благоприятные для роста и развития годы данный показатель может повышаться до 38–40 мл.

Низкий показатель устойчивости зерна тритикале к прорастанию («число падения» – 65–90 с) и невысокая амилографическая вязкость крахмальных зерен (70–120 е. ам.) свидетельствуют о повышенной амилолитической активности. Выявлена тесная корреляционная связь между признаком «число падения» и вязкостью водно-мучной супензии по амилографу ( $r = 0,80^{**}$ ). Данные показатели сильно влияют на состояние крахмала и, в свою очередь, на образование хлебного мякиша при проведении лабораторной выпечки хлеба из муки тритикале. Высокая активность амилолитических ферментов способствует расщеплению крахмала и образованию дексстринов, которые являются причиной «сыропеклости» и комковатости мякиша.

Погодные условия в период вегетации оказывают значительное влияние на биохимические показатели зерна тритикале. В 2014 г. при благоприятных условиях для роста и развития растений сорт Устинья и линии Д30-4/07, Д30-4/13 показали высокие значения «числа падения», определяемого по методу Хагберга – Пертена (159–295 с), и амилографической

вязкости (190–260 е. ам.). Данные сорта и в 2015 г. имели биохимические показатели на уровне средних, и с учетом максимального содержания белка в зерне за годы исследований общая хлебопекарная оценка была выше среднемноголетних значений (4,5–5,0 балла и максимальный объем хлеба 525–580 см<sup>3</sup>). В 2016 г. избыточное увлажнение в весенний период и высокая температура в июне способствовали формированию зерна озимой тритикале с крепким крахмалом и низкой ферментативной активностью. Все изучаемые сорта при сложившихся погодных условиях вегетационного периода отличались высокими биохимическими показателями: «число падения» составило у сорта Устинья и линий Д-64-7/07, Закл. × Варвара 252–274 с, а вязкость водно-мучной супензии по амилографу у всех сортов была довольно высокой (300–520 е. ам. – максимальная вязкость у сорта Устинья). Сильная тритикалевая мука с низкой ферментативной активности часто при хлебопечении дает хлеб не лучшего качества, поэтому ее лучше использовать в смеси с мукой высокой амилолитической активности или в смеси с пшеничной мукой, что и подтвердили наши исследования в 2016 г.

Обобщив результаты дисперсионного анализа, отмечаем, что различий между сортами озимой тритикале по показателям качества, кроме «числа падения», не наблюдалось. Большое влияние на качество зерна оказали температурный режим и осадки в период формирования и налива зерна. Для установления объективной оценки качества зерна озимой тритикале чрезвычайно важно включить общее состояние белково-протеазного комплекса (содержание белка и клейковины, качество клейковины, «число падения», вязкость крахмального клейстера), на которое оказывают влияние геномы обоих родительских видов – пшеницы и ржи. Для более глубоких исследований по улучшению технологических и хлебопекарных показателей зерна тритикале необходимо, подчеркивают ученые (Щипак и др., 2013; Marciniak and Obuchowski, 2008; Lekgari et al., 2008), больше внимания уделять сортовым особенностям тритикале, так как и в нашей стране, и за рубежом эксперименты проводятся с ограниченным числом сортов. В большинстве публикаций отмечается, что новые сорта обладают улучшенными хлебопекарными качествами.

В настоящее время отдается предпочтение здоровому питанию, в связи с чем возрастает потребление населением хлеба из обтирной муки или ее смеси с сеянной (с большей долей обтирной муки). Изучение химического состава тритикалевой муки показало (табл. 2), что сеянная мука, вырабатываемая практически из чистого эндосперма, богаче крахмалом (61,5–63,9%).

## 2. Химический состав сеянной и обтирной муки озимой тритикале (2007–2009 гг.) 2. Chemical composition of white and medium flour made from winter triticale (2007–2009)

Сорт	Белок, %	Крахмал, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зольность, %
Сеянная мука (выход – 60%)					
Тальва 100	14,6	63,6	0,93	4,41	0,63
Устинья	14,6	61,6	1,07	4,00	0,88
Варвара	15,0	61,5	0,98	4,04	0,74
Василиса	14,2	63,3	1,07	4,64	0,44
Кроха	13,9	63,9	0,93	4,88	0,67
Обтирная мука (выход – 85%)					
Тальва 100	15,8	54,1	1,51	5,39	1,38
Устинья	15,3	53,5	1,58	6,25	1,75
Варвара	15,8	52,6	1,40	4,79	1,42
Василиса	14,6	56,1	1,62	4,92	1,15
Кроха	14,5	56,5	1,53	5,51	1,59

\* – достоверно на 5% уровне; \*\* – достоверно на 1% уровне

Обдирная мука, содержащая определенное количество отрубей, отличается высоким содержанием белка (14,5–15,8%), жира (1,40–1,62%) и клетчатки (4,79–6,43%). Несмотря на высокую пищевую ценность (по содержанию витаминов и минеральных веществ), эта мука обладает невысокими потребительскими достоинствами, а усвояемость ее несколько снижена из-за значительного содержания клетчатки.

Результаты исследований показали, что по содержанию белка (15,3–15,8%) в обдирной муке выделились сорта озимой тритикале Тальва 100, Устинья и Варвара. В сеянной и обдирной муке практически у всех изучаемых сортов наблюдался повышенный показатель клетчатки. Сорт Устинья отличился наиболее высоким содержанием минеральных веществ – 0,88–1,75% (зольность), а сорт озимой тритикале Кроха был богаче крахмалом в обоих типах муки – 56,5–63,9%.

С целью изучения хлебопекарного качества сеянной и обдирной муки из зерна озимой тритикале и улучшения процесса тестоведения нами проведена серия пробных лабораторных выпечек. Лабораторные выпечки проводили с использованием беззапарного мето-

да применительно к пшеничной муке, разработанного Центральной лабораторией Госкомиссии, с добавлением аскорбиновой кислоты (0,006%) и бромата калия (0,001%). Улучшители окислительного действия оказывают благоприятное влияние на реологические свойства теста: при механическом воздействии липкость теста и степень разжижения значительно снижаются.

Высокая амилолитическая активность муки из зерна тритикале и длительное брожение разрушают структуру тритикалевого теста и уменьшают количество меланоидов (реакция Майера), которые при выпечке отвечают за карамелизацию и золотистую окраску поверхности хлебцев. Поэтому после замеса теста, перед его разбивкой, время брожения в термостате свели до минимума, так как при перестое теста хлеб выпекается с надломленной поверхностью и бледной корочкой.

Результаты пробных выпечек показали, что хлебопекарные качества хлебных изделий из сеянной муки озимой тритикале выше, чем из обдирной муки (табл. 3).

### 3. Хлебопекарная оценка сеянной и обдирной муки озимой тритикале (2007–2009 гг.) 3. Bakery evaluation of white and medium flour made from winter triticale (2007–2009)

Сорт	2007 г.		2008 г.		2009 год	
	Объем хлеба, см <sup>3</sup>	Общая хлебопекарная оценка, балл	Объем хлеба, см <sup>3</sup>	Общая хлебопекарная оценка, балл	Объем хлеба, см <sup>3</sup>	Общая хлебопекарная оценка, балл
Сеянная мука						
Тальва 100	370	3,0	335	3,4	370	3,4
Степанида	450	3,7	415	3,4	440	3,6
Кроха	325	3,2	420	3,8	505	3,8
Василиса	325	3,2	415	3,3	350	3,4
Обдирная мука						
Тальва 100	210	3,0	225	3,0	280	3,0
Степанида	275	3,7	240	3,2	280	3,2
Кроха	200	2,8	240	3,5	280	3,0
Василиса	260	3,0	250	3,2	330	3,2

Наиболее высокие показатели по объемному выходу хлеба и хлебопекарной оценке показали сорт Степанида (450 см<sup>3</sup> и 3,7 балла) в 2007 г. и сорт Кроха (505 см<sup>3</sup> и 3,8 балла) в 2009 г. Отличительной особенностью хлеба из сеянной муки являются более светлый и эластичный мякиш, более низкая кислотность. Из обдирной муки объем выпеченных хлебцев и качество мякиша были удовлетворительными. Максимальный объемный выход (280–330 см<sup>3</sup>) наблюдался в 2009 г. по всем сортам. По органолептическим показателям выпеченный хлеб имел низкие показатели качества: поверхность хлеба неровная с незначительными трещинами, мякиш плотный и немного комкующийся, пористость крупная. Объемный выход и общая хлебопекарная оценка хлеба из двух типов муки свидетельствуют о преимуществе сеянной муки, а коэффициент усвояемости хлеба из нее выше, чем из обдирной, но он менее богат белками, клетчаткой, жирами и минеральными веществами.

С целью улучшения хлебопекарного достоинства тритикале использовали ее в смеси с высококачественной пшеничной мукой. Добавление к тритикалевой муке более 40% сильной пшеничной муки (Бебякин и др., 2005) достоверно повышает стойкость теста, валориметрическую оценку и снижает существенно показатель разжижения теста. Хлебопекарный

анализ позволил установить, что хлеб из тритикале, по сравнению с пшеницей, имеет меньший объем, более плотный и слипающийся мякиш с толстостенной структурой и характерным слегка сладким вкусом. Использование высококачественной пшеничной муки (показания ИДК – 65–72 у. ед.) в смеси с мукой из зерна тритикале при проведении выпечки существенно улучшило качество хлеба как по объемному выходу, так и по пористости, формуустойчивости и органолептическим показателям.

Работы по улучшению хлебопекарных свойств муки из зерна тритикале, согласно литературным данным, ведут в разных направлениях: введение пектина в рецептуру для повышения начальной кислотности теста, применение различного количественного соотношения компонентов в смесях, добавление к тритикалевой муке муки из зерна яровой твердой пшеницы. Нами отмечено (Шаболкина, 2010), при проведении исследований на качество хлеба оказывают большое влияние рецептура и методика тестоведения.

Для выяснения смесительной способности тритикале по результатам хлебопекарного анализа к тритикалевой муке сорта Кроха добавляли в количестве от 15 до 70% сильной (ИДК – 62 у. ед.) пшеничной муки (табл. 4).

**4. Оценка качества хлеба при различном количественном соотношении компонентов в смесях**  
**4. Bread quality estimation at different ratio of mixed components**

Хлебопекарная оценка	Тритикале	Пшеница	Доля пшеничной муки в смесях, %				
			15	30	40	50	70
Объем хлеба на 100 г муки, см <sup>3</sup>	515	785	595	625	675	815	788
Форма, балл	3,5	4,0	3,5	3,5	3,5	4,5	4,0
Поверхность, балл	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0
Цвет корки, балл	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5
Цвет мякиша, балл	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5
Пористость, балл	3,0	4,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0
Эластичность, балл	3,0	4,0	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5
Вкус хлеба, балл	4,0	5,0	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0
Общая хлебопекарная оценка, балл	3,5	4,2	3,5	3,7	4,0	4,5	4,4
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,7	5,9	4,4	4,6	4,8	6,2	5,8

В работе использовали безопарный метод с интенсивным замесом теста применительно к пшеничной муке, разработанный Центральной лабораторией Госкомиссии. Применение улучшителей окислительного действия (аскорбиновая кислота и бромат калия) укрепляет тесто и в процессе его разделки, что очень важно, делает его стойким к механическому и ручному воздействию.

Объемный выход хлеба из высококачественной пшеничной муки был недостаточным из-за сильной упругой клейковины (показания ИДК – 65 у. ед. – 1-я группа) и ее способности крепко удерживать газ в порах. Небольшой выход хлеба с плотным мякишем из муки высокобелковых сортов, согласно литературным данным (Мартынова и Гицтугина, 2001), объясняется недостаточной сахараобразующей, но хорошей газоудерживающей способностью мягкой пшеницы. Добавление муки тритикале с высокой сахараобразующей способностью способствовало росту объемного выхода хлеба и улучшило хлебопекарную оценку.

Представленные в таблице 4 результаты показывают, что при добавлении к муке тритикале пшеничной муки в количестве 15% положительного эффекта не наблюдается: мякиш «сыропеклый», комкующийся, а на поверхности хлебцев неровности. С увеличением в смеси доли высококачественной пшеничной муки до 30 и 40% улучшаются реологические свойства теста, повышается объемный выход хлеба, мякиш хлеба становится более эластичным и менее упругим, поверхность хлебцев выравнивается.

При соотношении компонентов в смесях 50 : 50% и 30 : 70% значительно увеличился объем хлеба (788–815 см<sup>3</sup>), что оказалось больше объема выпеченного хлеба из чистой муки мягкой пшеницы. Улучшилась существенно и хлебопекарная оценка: форма (правильная), поверхность (гладкая), цвет корки (золотистый), структура мякиша (эластичная и хорошо восстановливающаяся) и пористость (нежная и мелкая). Сочетание муки с высокой упругостью пшеничной клейковины и муки из зерна тритикале, богатой растворимыми белками (альбумины и глобулины), с большой растяжимостью, дает при выпечке объемный румяный хлеб. В данном случае отчетливо прослеживается эффект компенсации недостающих компонентов, когда учитывается смесительная сила пшеницы и соблюдается оптимальное количественное соотношение компонентов в смесях.

Более высокие хлебопекарные качества отмечены в варианте 50 : 50% (общая хлебопекарная оценка – 4,5 балла; удельный объем – 6,2 см<sup>3</sup>/г). Хлебный мякиш светлый, мелкопористый, с хорошей сжимаемостью и упругостью. При органолептической оценке хлеба важными показателями являются вкус и аромат. Тритикалево-пшеничный хлеб, выпекаемый безопарным методом, обладает приятным ароматом и по вкусу близок к пшеничному. Удельный объем хлеба в варианте 50 : 50% достаточно высокий, практически равный объему хлеба из высококачественной пшеничной муки.

Хлебные изделия из тритикале характеризовались следующими физико-химическими показателями: кислотность – 1,8–2,0 град.; влажность – 45,2% и пористость – 60,6%. Добавление 50% пшеничной муки к муке тритикале способствовало повышению кислотности хлеба до 3,0–3,3 град. и пористости до 69–72%, снижению влажности до 39,0%, что в свою очередь улучшило структурно-механические свойства мякиша – пропала заминаемость и липкость.

**Выводы.** Отмечено, что на биохимические, технологические и хлебопекарные свойства зерна тритикале большое влияние оказывают погодные условия вегетационного периода, а также сортовые особенности данной культуры. В благоприятные для роста и развития годы озимая тритикале накапливает в зерне значительное количество белка (18,3–18,8%), формирует зерно с крепким крахмалом и низкой ферментативной активностью: «число падения» – 252–274 с и вязкость водно-мучной суспензии по амилографу – 300–520 е. ам. За 2014–2016 гг. отличились высокими биохимическими показателями сорт Устинья и перспективные линии Д 30-4/07, Д-64-7/07. Результаты исследований показали, что высокая ферментативная активность влияет на реологические свойства теста, поэтому вследствие низкой газоудерживающей способности и разжижения теста использование тритикале в чистом виде нежелательно. При добавлении к муке тритикале пшеничной муки в количестве 50 и 70% наблюдается положительный эффект: удельный объем хлеба достаточно высокий – 6,2 см<sup>3</sup>/г, общая хлебопекарная оценка – 4,5 балла. Тритикалево-пшеничный хлеб, выпекаемый безопарным методом, обладает приятным ароматом и по вкусу близок к пшеничному.

#### Библиографические ссылки

1. Бебякин В. М., Кулеватова Т. Б., Великанова Н. М., Цетва И. С. О качестве зерна тритикале, ржи и пшеницы на генотипическом уровне, методах и критериях его оценки // Повышение эффективности использования агробиоклиматического потенциала Юго-Восточной зоны России: сб. науч. трудов, посвящ. 95-летию ГНУ НИИСХ Юго-Востока. Саратов, 2005. С. 193–203.

2. Мартынова А. И., Пищугина Е. П. Пробная лабораторная выпечка хлеба – прямой и надежный способ оценки качества зерна пшеницы // Зерновые культуры. 2001. № 2. С. 28–30.
3. Пащенко Л. П., Странадко Г. Г., Любарь А. В. и др. Продукты переработки зерна тритикале в технологии хлебобулочных изделий // Вестник РАСХН. 2003. № 2. С. 84–86.
4. Померанц Й. Соложение тритикале // Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / пер. с англ. М. Б. Евгеньева; под ред. и с предисловием Ю. Л. Гужова. М.: Колос, 1978. С. 255–265.
5. Турбин Н. В., Еркинбаева Р. К., Налеев О. Н. и др. Хлебопекарные качества зерна новых сортов // Доклады ВАСХНИЛ. 1990. № 6. С. 6–8.
6. Шаболкина Е. Н. Разработка методов оценки зерна тритикале по хлебопекарным свойствам // Известия ОГАУ. 2010. № 4(28). С. 33–34.
7. Шаболкина Е. Н. Хлебопекарные качества тритикале в смеси с пшеничной мукой // АгроИнформ. 2008. Апрель. № 114. С. 56.
8. Щипак Г. В., Ципко Ю. В., Щипак В. Г. Хлебопекарные качества сортов озимого гексаплоидного тритикале // Доклады РАСХН. 2013. № 1. С. 3–7.
9. Cyran M., Rakowska M. Relationship between the pentosans of triticale flour and bread loaf volume // Triticale: Today and Tomorrow. 1996. Pp. 771–777.
10. Lekgari L. A., Baenziger P. S., Voger K. P., Baltensperger D. D. Identifying Winter Forage Triticale ( $\times$ Triticosecals Wittmack) Strains for the Central Great Plains // Crop Science. 2008. Vol. 48. Pp. 2040–2048.
11. Marciniak A., Obuchowski W., Makowska A. Technological and nutritional aspects of utilization of triticale for extruded food production // Food Science and Technologi. 2008. Vol. 11. Pp. 3–7.
12. Tsen C. C., Hoover W. J., Farrell E. P. Baking quality of triticale flour // Cereal Chem. 1973. No. 50. P. 16.
13. Tsvetkov S. M., Stoeva I. Bread Making Quality of Winter Hexaploid Triticale ( $\times$ Triticosecals Wittmack) in Bulgaria // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2003. No. 9. Pp. 203–208.

#### References

1. Bebyakin V. M., Kulevatova T. B., Velikanova N. M., Cetva I. S. O kachestve zerna tritikale, rzhii i pshenicy na genotipicheskem urovne, metodah i kriteriyah ego ocenki [About the quality of triticale, rye and wheat grains at the genotypic level, methods and criteria for its assessment] // Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya agrobioklimaticheskogo potenciala Yugo-Vostochnoj zony Rossii: sb. nauch. trudov, posvyashch. 95-letiyu GNU NIISKH Yugo-Vostoka. Saratov, 2005. S. 193–203.
2. Mart'yanova A. I., Pishchugina E. P. Probnaya laboratornaya vypechka hleba – pryamoj i nadezhnyj sposob ocenki kachestva zerna pshenicy [Experimental laboratory bread baking is a direct and reliable way to assess the quality of wheat grain] // Zernovye kul'tury. 2001. № 2. S. 28–30.
3. Pashchenko L. P., Stranadko G. G., Lyubar' A. V. i dr. Produkty pererabotki zerna tritikale v tekhnologii hlebobulochnyh izdelij [Triticale products processing in bakery technology] // Vestnik RASKHN. 2003. № 2. S. 84–86.
4. Pomeranc J. Solozhenie tritikale // Tritikale – pervaya zernovaya kul'tura, sozdannaya chelovekom [Triticale malting] / per. s angl. M. B. Evgen'eva; pod red. i s predisloviem Yu. L. Guzhova. M.: Kolos, 1978. S. 255–265.
5. Turbin N. V., Erkinbaeva R. K., Naleev O. N. i dr. Hleboperekarnye kachestva zerna novyh sortov [Baking qualities of new grain varieties] // Doklady VASKHNIL. 1990. № 6. S. 6–8.
6. Shabolkina E. N. Razrabotka metodov ocenki zerna tritikale po hleboperekarnym svoystvam [Development of methods to assess the grain triticale according to their baking properties] // Izvestiya OGAU. 2010. № 4(28). S. 33–34.
7. Shabolkina E. N. Hleboperekarnye kachestva tritikale v smesi s pshenichnoj mukoj [Triticale baking qualities mixed with wheat flour] // Agro-Inform. 2008. Aprel'. № 114. S. 56.
8. Shchipak G. V., Cipko Yu. V., Shchipak V. G. Hleboperekarnye kachestva sortov ozimogo geksaploidnogo tritikale [Baking qualities of winter hexaploid triticale varieties] // Doklady RASKHN. 2013. № 1. S. 3–7.
9. Cyran M., Rakowska M. Relationship between the pentosans of triticale flour and bread loaf volume // Triticale: Today and Tomorrow. 1996. Pp. 771–777.
10. Lekgari L. A., Baenziger P. S., Voger K. P., Baltensperger D. D. Identifying Winter Forage Triticale ( $\times$ Triticosecals Wittmack) Strains for the Central Great Plains // Crop Science. 2008. Vol. 48. Pp. 2040–2048.
11. Marciniak A., Obuchowski W., Makowska A. Technological and nutritional aspects of utilization of triticale for extruded food production // Food Science and Technologi. 2008. Vol. 11. Pp. 3–7.
12. Tsen C. C., Hoover W. J., Farrell E. P. Baking quality of triticale flour // Cereal Chem. 1973. No. 50. P. 16.
13. Tsvetkov S. M., Stoeva I. Bread Making Quality of Winter Hexaploid Triticale ( $\times$ Triticosecals Wittmack) in Bulgaria // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2003. No. 9. Pp. 203–208.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

# СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.282.2:631.52

DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31

## СОЗДАНИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРГО-СУДАНКОВЫХ ГИБРИДОВ

**Е. А. Шишова**, аспирант, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

**Н. А. Ковтунова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

**В. В. Ковтунов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

**А. Е. Романюкин**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489

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

Сорго благодаря хорошей кустистости, высокой отрастаемости после скашивания можно использовать в зеленом конвейере летом между укосами одно- и многолетних трав и осенью, когда прекращается рост многолетних трав. При скрещивании суданской травы с ЦМС-линиями сорго различных видов (зернового и сахарного) получают высокогетерозисные сорго-суданковые гибриды, превосходящие родительские формы по урожайности зеленой массы в 1,5 и более раз. Исследования с целью выявления новых сорго-суданковых гибридов с высокими эффектами гетерозиса по урожайности зеленой массы и сухого вещества и с последующим внедрением их в производство являются актуальным направлением селекции сорго. Цель данной работы – выделить основные этапы создания сорго-суданковых гибридов и оценить их урожайные и качественные показатели. В качестве объекта исследований использовали ЦМС-линии зернового сорго и сахарного сорго, высокоурожайные сорта суданской травы и новые сорго-суданковые гибриды. Начальный этап – это подбор родительских форм. В качестве опылителей необходимы нерасщепляющиеся и высокоурожайные сорта. В наших исследованиях это сорта Светлопленчатая 1, Чернопленчатая 11 и Чернопленчатая 10 с урожайностью 33–42 т/га зеленой массы за 2 укоса. Новые сорго-суданковые гибриды благодаря более мощному развитию растений имеют урожайность зеленой массы 52–77 т/га зеленой массы в сумме за 2 укоса. Истинный гетерозис составляет 22,6–102,6%. В ходе исследований выделены гибриды, сочетающие максимальные значения урожайности зеленой массы и сухого вещества – АПВ-1115 x Светлопленчатая 1 и Зерста 38 x Чернопленчатая 11.

**Ключевые слова:** суданская трава, сорго-суданковый гибрид, урожайность, зеленая масса, ЦМС-линия, опылитель, сорт.



## DEVELOPMENT AND ECONOMIC-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS SORGHUM-SUDAN HYBRIDS

**Е. А. Shishova**, post-graduate student, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

**N. A. Kovtunova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of forage sorghum breeding and seed-growing, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

**V. V. Kovtunov**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of grain sorghum breeding and seed-growing copro, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

**A. E. Romanyukin**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of forage sorghum breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489

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

Due to a high stooling coefficient and good growing after cutting, sorghum can be used in the green conveyor in the summer between the cutting of annual and perennial grasses, in the fall when the growth of perennial grasses stops. Hybridization of Sudan grass with CMS-lines of various sorghum types (grain and sweet), produces highly heterotic sorghum-Sudan hybrids which exceed the parental forms in green mass productivity by 1.5 times or more. The identification of new sorghum-Sudan hybrids with high heterotic effects on productivity of green mass and dry matter with their future introduction into production is an important direction of sorghum breeding. The purpose of this work is to identify the main stages of the development of sorghum-Sudanese hybrids and to estimate indicators of their productivity and quality. The CMS lines of grain and sweet sorghum, highly productive varieties of Sudanese grass and new sorghum-Sudan hybrids are the objects of the study. The initial stage is the selection of parental forms. Highly productive and permanent varieties are of great necessity as pollinators. In our studies, these are the varieties “Svetloplenchataya 1”, “Chernoplenchataya 11” and “Chernoplenchataya 10” with 33–42 t/ha of green mass for 2 cuttings. Due to the more powerful plant development the new sorghum-Sudanese hybrids produce 52–77 t/ha of green mass for 2 cuttings. Genuine heterosis is 22.6–102.6%. During the study there have been identified the hybrids “APV-1115 x Svetloplenchataya 1” and “Zersta 38 x Chernoplenchataya 11”, that combine the maximum values of the productivity of green mass and dry matter.

**Keywords:** Sudan grass, Sorghum-Sudan hybrid, productivity, green mass, CMS-lines, pollinator, variety.

**Введение.** Одной из главных проблем животноводства остается обеспеченность кормами. Для селекционеров по кормовым культурам стоит задача – создание новых сортов и гибридов с хорошей поедаемостью, переваримостью кормовой массы при высоком содержании в ней протеина, жира, углеводов, микроэлементов, незаменимых аминокислот (Кашеваров и Данилов, 2006; Ковтунов и др., 2010). В связи с этим велика ценность зеленой массы сорго, которая может использоваться как в свежем виде, так и для приготовления сена. Обладая высокой пластичностью к условиям возделывания и уникальной особенностью для кормовых культур – засухоустойчивостью, суданская трава и сорго-суданковые гибриды являются незаменимым компонентом зеленого конвейера (Кадычегова и др., 2014; Бербекова и Токов, 2018). По содержанию протеина сорго травянистое находится выше других злаковых кормовых культур и незначительно уступает бобовым травам. По содержанию БЭВ и жира практически не отличается от большинства однолетних трав, в том числе и бобовых. По содержанию кальция приближено к вику, овсу, а соотношение кальция к фосфору – как у люцерны (Создание и оценка исходного материала для селекции суданской травы в Центрально-Черноземной зоне России, 2000).

Сорго травянистое (суданская трава и сорго-суданковые гибриды) формирует мощную вегетативную массу в июле, то есть в тот период, когда сено ржи, пшеницы уже израсходованы, а многолетние травы и кукуруза еще не успели сформировать мощного стеблестоя. Сорго подстраховывает влаголюбивые травы, стабилизируя производство полноценных кормов. Благодаря хорошей кустистости, высокой отрастаемости после скашивания его можно использовать в зеленом конвейере, например, летом между укосами одно- и многолетних трав, а также осенью, когда прекращается рост многолетних трав (Бельченко и др., 2018).

Суданская трава – интересный объект для изучения (Шишова и др., 2016). При скрещивании ее с ЦМС-линиями сорго различных видов (зернового и сахарного) получают высокогетерозисные сорго-суданковые гибриды, превосходящие родительские формы по урожайности зеленой массы в 1,5 и более раз. Сорго-суданковые гибриды по форме куста, высоте, кустистости сходны с суданской травой, но растения гораздо мощнее, стебель толще, листья крупнее (Даниленко и др., 2013; Ковтунова и Шишова, 2013; Болдырев и Луговская, 2017). Таким образом, исследования с целью выявления новых сорго-суданковых гибридов с высокими эффектами гетерозиса по урожайности зеленой массы и сухого вещества с последующим внедрением их в производство являются актуальным направлением селекции сорго.

Цель данной работы – выделить основные этапы создания сорго-суданковых гибридов и оценить их урожайные и качественные показатели.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объектов исследований использовали:

- ЦМС-линии зернового сорго Зерста 90, Зерста 38, Княжна и сахарного сорго АПВ-1115, А-63;

- высокоурожайные сорта суданской травы Светлопленчатая 1, Чернопленчатая 10 и Чернопленчатая 11;

- новые сорго-суданковые гибриды, полученные на основе гибридизации на стерильной основе.

Гибридизацию проводили на участках гибридизации в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград). В 2017–2018 гг. изучали сорго-суданковые гибриды в питомнике предварительного испытания. Площадь делянки – 14 м<sup>2</sup>; повторность – трехкратная. В качестве стандарта использовали сорго-суданковый гибрид Густолистный, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений. Уборку зеленой массы сорго-суданковых гибридов проводили вручную дважды в фазе «начало выметывания» (июль и сентябрь). Оценку биохимического состава зеленой массы (содержание сухого вещества, сырого протеина, жира, клетчатки, жира, золы) проводили по общепринятым методикам в лаборатории биохимической оценки АНЦ «Донской».

**Результаты и их обсуждение.** Начальным этапом при создании как сортов, так и гибридов является правильный подбор родительских пар для гибридизации, а именно сроков цветения. Цветение метелки у сорго проходит в течение 4–5 дней. Так, если опылитель зацветает на 4–5 дней раньше, чем ЦМС-линия, опыление возможно fertильной пыльцой, образовавшейся на метелках подгонов суданской травы. Хуже при наступлении цветения у ЦМС-линии раньше, чем у опылителя, тогда растение не получает fertильной пыльцы, а семена не завязываются.

Кроме того, в качестве опылителей необходим подбор нерасщепляющихся и высокоурожайных сортов. В наших исследованиях в качестве опылителя были взяты сорта, изучающиеся в конкурсном сортоиспытании, – Светлопленчатая 1, Чернопленчатая 11 и Чернопленчатая 10. Данные сорта отличаются высокой урожайностью зеленой массы за 2 укоса – 33–42 т/га (у стандарта Александрина – 36 т/га). Они относятся к среднеспелой группе созревания (продолжительность периодов «всходы – выметывание (1 укос)» – 53–59 дней; «1–2 укос» – 41–47 дней), среднерослые (в фазе «выметывание» высота растений составляет 179–198 см; площадь листовой поверхности 3-го сверху листа – 69–84 см<sup>2</sup>), хорошо облиственные (9–11 листьев на растении) (табл. 1).

## 1. Характеристика исходных форм (сортов суданской травы и ЦМС-линий сорго сахарного и зернового) (2017–2018 гг.)

### 1. Characteristics of initial forms (Sudan grass varieties and CMS-lines of sweet and grain sorghum) (2017–2018)

Сорт, линия	Период, дней		Высота растений, см	Площадь листа, см <sup>2</sup>	Количество листьев, шт.	Содержание, %		Урожайность, т/га	
	«всходы – 1 укос»	«1–2 укос»				сухого вещества	переваримого протеина	зеленой массы	сухого вещества
Чернопленчатая 10	59	43	198	84	11	19,51	6,85	42	8,1
Чернопленчатая 11	54	41	179	69	9	18,39	8,51	38	7,0
Светлопленчатая 1	53	47	190	72	9	20,56	8,39	33	6,8
А-63	66	59	119	242	12	–	–	22	–
АПВ-1115	58	53	140	201	10	–	–	19	–
Зерста 90	59	52	150	223	10	–	–	18	–
Зерста 38	56	53	120	221	11	–	–	20	–
Княжна	54	51	151	257	10	–	–	22	–

ЦМС-линии, используемые в гибридизации, относятся к среднеспелой группе созревания, цветение у них наступает либо одновременно, либо немного позже, чем на основном стебле опылителя. ЦМС-линии значительно отличаются от сортов суданской травы более мощными листьями (площадь листовой поверхности составляет 201–257 см<sup>2</sup>) и большим их количеством (10–12 шт.), низкорослостью (к фазе «выметывание» их высота достигает 119–151 см, к полному созреванию – 130–160 см), низкой урожайностью зеленой массы (18–22 т/га).

Главный этап при создании сорго-суданковых гибридов – гибридизация. Посев опылителя и всех ЦМС-линий проводили на 3 изолированных участках гибридизации (рис. 1). В результате естественного перекрещивания были получены 13 сорго-суданковых гибридов. Не получено 2 гибрида с ЦМС-линией А-63, так как линия зацвела на 12–13 дней позже основного побега суданской травы, когда у опылителя начали завязываться семена.

Заключительным этапом является оценка сорго-суданковых гибридов. В таблице 2 приведена морфо-биологическая характеристика новых сорго-суданковых гибридов. Они имеют более продолжительный период «всходы – выметывание» – 53–69 дней, высо-

та растений к моменту уборки достигает 188–258 см, кустистость – 1,5–3,3 стебля на растении, количество листьев – 10–12 шт., более крупные, чем у сортов суданской травы, листья (площадь – 93–158 см<sup>2</sup>).



Рис. 1. Участок гибридизации (2016 г.)

Fig. 1. The plot of hybridization (2016)

## 2. Морфо-биологическая характеристика сорго-суданковых гибридов (ПИ) (2017–2018 гг.) 2. Morpho-biological characteristics of Sorghum-Sudan hybrids (PI) (2017–2018)

Гибрид	Период, дней		Высота растений, см	Кустистость, стеб./раст.	Количество листьев, шт.	Площадь листа, см <sup>2</sup>
	«всходы – 1 укос»	«1–2 укос»				
Густолистный, ст.	67	38	216	2,1	12	86
АПВ-1115 x Светлопленчатая 1	64	34	258	1,8	11	103
АПВ-1115 x Чернопленчатая 11	62	39	244	1,8	11	99
АПВ-1115 x Чернопленчатая 10	63	38	223	2,3	12	116
Княжна x Светлопленчатая 1	64	35	204	1,5	10	110
Княжна x Чернопленчатая 11	64	35	221	3,0	10	145
Княжна x Чернопленчатая 10	69	39	228	2,0	11	158
Зерста 38 x Светлопленчатая 1	67	40	229	2,3	12	106
Зерста 38 x Чернопленчатая 11	63	41	258	2,3	11	93
Зерста 38 x Чернопленчатая 10	67	38	204	1,8	10	137
Зерста 90 x Светлопленчатая 1	63	38	226	3,3	12	160
Зерста 90 x Чернопленчатая 10	59	33	209	2,6	11	106
Зерста 90 x Чернопленчатая 11	53	36	220	2,5	11	124
А-63 x Чернопленчатая 10	53	38	188	2,0	11	107
Среднее	62	37	223	2,2	11	118
Стандартное отклонение	5	2	20	0,5	1	24

Благодаря более мощному развитию растений урожайность зеленой массы у сорго-суданковых гибридов значительно выше, чем у сортов суданской травы, и составляет 52–77 т/га зеленой массы в сумме за 2 укоса. Истинный гетерозис составляет

22,6–102,6%. Наибольшая урожайность наблюдается у гибридов Зерста 38 x Светлопленчатая 1 (67 т/га, Г<sub>ист</sub> = 101,5%), Зерста 38 x Чернопленчатая 11 (76 т/га, Г<sub>ист</sub> = 98,7%), АПВ-1115 x Чернопленчатая 11 (77 т/га, Г<sub>ист</sub> = 102,6%) (табл. 3).

## 3. Показатели урожайности и качества зеленой массы сорго-суданковых гибридов (ПИ) (2017–2018 гг.) 3. Indicators of productivity and quality of Sorghum-Sudan hybrid green mass (PI) (2017–2018)

Гибрид	Содержание сухого вещества	Урожайность, т/га			Гетерозис, %	
		зеленой массы	сухого вещества	переваримого протеина	урожайности зеленой массы	урожайности сухого вещества
Густолистный, ст.	20,3	57	11,6	1,00	–	–
АПВ-1115 x Светлопленчатая 1	18,1	63	11,4	0,92	90,9	67,8
АПВ-1115 x Чернопленчатая 11	21,5	77	16,6	1,42	102,6	136,5
АПВ-1115 x Чернопленчатая 10	18,9	52	9,7	0,82	22,6	20,2
Княжна x Светлопленчатая 1	21,5	58	12,5	0,98	75,8	83,3
Княжна x Чернопленчатая 11	17,6	59	10,4	0,78	55,3	48,7
Княжна x Чернопленчатая 10	21,7	52	11,2	0,84	22,6	38,0
Зерста 38 x Светлопленчатая 1	20,1	67	13,3	1,14	101,5	96,2

Зерста 38 x Чернопленчатая 11	21,6	76	16,3	1,15	98,7	133,0
Зерста 38 x Чернопленчатая 10	25,7	62	15,8	1,00	46,4	95,1
Зерста 90 x Светлопленчатая 1	18,9	63	11,8	1,1	89,4	73,7
Зерста 90 x Чернопленчатая 10	19,4	51	9,9	0,81	21,4	21,9
Зерста 90 x Чернопленчатая 11	17,9	56	9,9	0,88	46,1	41,6
A-63 x Чернопленчатая 10	18,6	57	10,6	0,93	72,7	56,1
Среднее	20,1	60	12,2	0,98	65	70
Стандартное отклонение	2,2	8	2,4	0,18	31	38



Рис. 2. Сорго-суданковый гибрид

Зерста 38 x Чернопленчатая 11 и родительские формы

Fig. 2. Sorghum-Sudan hybrid

"Zesta 38 x Chernoplenchataya 11" and parental forms

По качественным показателям сорго-суданковые гибриды также значительно превосходят сорта судан-

ской травы. Так, содержание сухого вещества у гибридов в 2–2,5 раза выше, чем у опылителей, и составляет 17,9–25,7%; урожайность сухого вещества варьирует от 9,7 до 16,6 т/га (наибольшее значение у опылителя было 8,1 т/га). По урожайности сухого вещества следует выделить гибриды Зерста 38 x Чернопленчатая 10 (15,8 т/га, Гист = 95,1%), Зерста 38 x Чернопленчатая 11 (16,3 т/га, Гист = 133,0%), АПВ-1115 x Чернопленчатая 11 (16,6 т/га, Гист = 136,5%). Сбор переваримого протеина у сорго-суданковых гибридов имел значения 0,78–1,42 т/га. Наибольшие значения наблюдались у гибридов Зерста 90 x Светлопленчатая 1 (1,10 т/га), Зерста 38 x Светлопленчатая 1 (1,14 т/га), Зерста 38 x Чернопленчатая 11 (1,15 т/га), АПВ-1115 x Чернопленчатая 11 (1,42 т/га).

В ходе исследований выделены гибриды, сочетающие высокие максимальные значения урожайности зеленой массы и сухого вещества – АПВ-1115 x Светлопленчатая 1 и Зерста 38 x Чернопленчатая 11 (рис. 2).

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования подтверждают высокую ценность сорго-суданковых гибридов в зеленом конвейере, которые позволяют получать 2–3 укоса высококачественной зеленой массы с урожайностью 40–50 т/га каждый даже в самых неблагоприятных условиях возделывания.

#### Библиографические ссылки

1. Бельченко С. А., Дронов А. В., Шаповалов В. Ф. Продуктивность кормового сорго в зависимости от фона минерального питания [Электронный ресурс] // Вестник Ульяновской ГСХА. 2018. № 2(42). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-sortimenta-kormovogo-sorgo-v-zavisimosti-ot-fona-mineralnogo-pitaniya>.
2. Бербекова Н. В., Токов М. М. Суданская трава – один из основных источников растительного сырья в засушливой зоне юга России // Novalinfo.ru. 2018. Т. 1, № 91. С. 67–72.
3. Болдырева Л. Л., Луговская А. А. Суданская трава и сорго-суданковые гибриды как источник исходного материала для селекции // Труды КубГАУ. 2017. № 66. С. 41–45.
4. Даниленко Ю. П., Зибаров А. А., Володин А. Б. Сахарное сорго и сорго-суданковые гибриды в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2013. №2. С. 33–34.
5. Дьяченко В. В., Постевая О. В., Зубарева А. В. и др. Суданская трава – перспективная кормовая культура для юго-запада Центрального региона // Земледелие. 2012. № 8. С. 25–27.
6. Кадычегова В. И., Бородыня А. Н., Кадычегов А. Н. Суданская трава в степной зоне юга Средней Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. 2011. № 7. С. 17–21.
7. Кашеваров Н. И., Данилов В. П. Достижения и перспективы развития кормопроизводства в Западной Сибири [Электронный ресурс] // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-perspektivy-razvitiya-kormoproizvodstva-v-zapadnoy-sibiri>.
8. Ковтунов В. В., Горпиниченко С. И., Сарычева Н. И. и др. Зерно сорго как источник растительного белка для животных // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья: мат. Всерос. науч.-практ. конференции молодых ученых и специалистов. 2010. С. 72–74.
9. Ковнутова Н. А., Шишова Е. А. Сорго-суданковые гибриды селекции ВНИИЗК // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3. С. 38–41.
10. Шишова Е. А., Горпиниченко С. И., Романюк А. Е. и др. Основные направления и результаты селекции сорго травянистого // Зерновое хозяйство России. 2016. № 5. С. 51–55.

#### References

1. Bel'chenko S. A., Dronov A. V., Shapovalov V. F. Produktivnost' kormovogo sorgo v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya [Elektronnyj resurs] [Forage sorghum productivity, depending on the background of mineral nutrition] // Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA. 2018. № 2(42). Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-sortimenta-kormovogo-sorgo-v-zavisimosti-ot-fona-mineralnogo-pitaniya>.
2. Berbekova N. V., Tokov M. M. Sudanskaya trava – odin iz osnovnykh istochnikov rastitel'nogo syr'ya v zasushlivoye zone yuga Rossii [Sudan grass is one of the main sources of plant materials in the arid zone of southern Russia] // Novalinfo.ru. 2018. T. 1, № 91. S. 67–72.

3. Boldyreva L. L., Lugovskaya A. A. Sudanskaya trava i sorgo-sudankovye gibridy kak istochnik iskhodnogo materiala dlya selekcii [Sudan grass and Sorghum-Sudan hybrids as a source of initial breeding material] // Trudy KubGAU. 2017. № 66. S. 41–45.
4. Danilenko Yu. P., Zibarov A. A., Volodin A. B. Saharnoe sorgo i sorgo-sudankovye gibridy v Nizhnem Povolzh'e [Sweet sorghum and Sorghum-Sudan hybrids in the Nizhnee PoVolzhie] // Zemledelie. 2013. № 2. S. 33–34.
5. D'yachenko V. V., Postevaya O. V., Zubareva A. V. i dr. Sudanskaya trava – perspektivnaya kormovaya kul'tura dlya yugo-zapada Central'nogo regiona [Sudan grass is a promising fodder crop for the southwest of the Central region] // Zemledelie. 2012. № 8. S. 25–27.
6. Kadychegova V. I., Borodynya A. N., Kadychegov A. N. Sudanskaya trava v stepnoj zone yuga Srednej Sibiri [Sudan grass in the steppe zone of the south of Central Siberia] // Vestnik Altajskogo GAU. 2011. № 7. S. 17–21.
7. Kashevarov N. I., Danilov V. P. Dostizheniya i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Zapadnoj Sibiri [Ehlektronnyj resurs] [Achievements and prospects for the development of feed production in Western Siberia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2006. № 1. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-perspektivy-razvitiya-kormoproizvodstva-v-zapadnoy-sibiri>.
8. Kovtunov V. V., Gorpichenko S. I., Sarycheva N. I. i dr. Zerno sorgo kak istochnik rastitel'nogo belka dlya zhivotnyh [Sorghum grain as a source of vegetable protein for animals] // Molodye uchenye – agropromyshlennomu kompleksu Povolzh'ya: mat. vseros. nauch.-prakt. konferencii molodyh uchenyh i specialistov. 2010. S. 72–74.
9. Kovnutova N. A., Shishova E. A. Sorgo-sudankovye gibridy selekcii VNIIZK [Sorghum-Sudan hybrids developed by the VNIIZK] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2013. № 3. S. 38–41.
10. Shishova E. A., Gorpichenko S. I., Romanyukin A. E. i dr. Osnovnye napravleniya i rezul'taty selekcii sorgo travyanistogo [The main directions and results of grass sorghum breeding] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 5. S. 51–55.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

**О. А. Некрасова**, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, nekrasova\_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

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

**О. В. Скрипка**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312;

**А. П. Самофалов**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

**С. Н. Громова**, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-8627-279X;

**В. Л. Чернова**, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711;

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

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

Представлены результаты изучения селекционных линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании по урожайности и показателям качества зерна. Исследования проводили на опытном участке лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2016–2018 гг. В качестве изучаемого материала использовали 47 образцов озимой мягкой пшеницы конкурсантов сортоиспытания. В качестве стандарта был использован сорт озимой мягкой пшеницы Ермак. В среднем за годы изучения превысили стандарт Ермак по урожайности 23 линии, прибавка у которых составила от 0,49 до 1,66 т/га. Максимальное количество белка в зерне сформировали образцы 1992/16 (13,5%), 1221/16 (13,5%), 1914/16 (13,6%), 1788/16 (13,9%), 2030/16 (14,0%). Интерес для селекции представляют линии 1854/16, 1990/16, сочетающие высокую урожайность (11,17–11,30 т/га) с содержанием белка 12,9–13,2%. Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у образцов 1992/16, 1914/16, 2030/16, 1221/16, 1093/16 (29,3–30,0%). Были выделены линии 1385/16, 1533/16 и 1862/16, сочетающие высокую урожайность (11,20–11,59 т/га) и содержание клейковины в зерне 27,9–29,1%. Самые высокие показатели «SDS-седиментации» (66–70 мл) отмечены у образцов 1093/16, 1990/16, 2079/16, 1533/16, 1987/16. Линии 1547/16, 1385/16, 1854/16 сочетали высокую урожайность (11,10–11,31 т/га) с высокими значениями признака «SDS-седиментация» (62–65 мл). Выделенный в ходе исследования селекционный материал использован для дальнейшего изучения и вовлечен в гибридизацию для повышения урожайности и качества зерна.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, урожайность, содержание белка, содержание клейковины, SDS-седиментация.



## THE STUDY RESULTS OF PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF THE BREEDING LINES OF WINTER SOFT WHEAT IN THE COMPETITIVE VARIETY-TESTING

**О. А. Некрасова**, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, nekrasova\_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-6183-8312;

**С. В. Подгорный**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

**О. В. Скрипка**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

**А. П. Самофалов**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

**С. Н. Громова**, agronomist of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-8627-279X;

**В. Л. Чернова**, agronomist of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711;

**Н. С. Кравченко**, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory of biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548

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

The article presents the study results of winter soft wheat lines in competitive variety testing according to productivity and grain quality indicators. The study was conducted at the experimental plot of the laboratory of the breeding and seed-growing of winter soft wheat of intensive type in the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy" in 2016–2018. 47 winter soft wheat samples of competitive variety testing were used as the studied material. The winter soft wheat variety "Ermak" was used as a standard. Over the years of study 23 lines exceeded productivity of the standard variety "Ermak", the increase ranged from 0.49 to 1.66 t / ha on average. The maximum protein percentage in grain was formed by the samples "1992/16" (13.5%), "1221/16" (13.5%), "1914/16" (13.6%), "1788/16" (13.9%), "2030/16" (14.0%). The lines "1854/16" and "1990/16" combining high yields (11.17–11.30 t/ha) with protein percentage of 12.9–13.2% are of great interest for breeding. The highest content of gluten in the grain (29.3–30.0%) was identified in the samples "1992/16", "1914/16", "2030/16", "1221/16" and "1093/16". There were identified the lines "1385/16", "1533/16" and "1862/16", combining high yields (11.20–11.59 t/ha) and 27.9–29.1% of gluten in grain. The highest value of SDS-sedimentation (66–70 ml) was found in the samples "1093/16", "1990/16", "2079/16", "1533/16" and "1987/16". The lines "1547/16", "1385/16", "1854/16" combined high yields (11.10–11.31 t/ha) with high value of SDS-sedimentation (62–65 ml). The breeding material identified during the research was used for further study and has been involved in hybridization to increase productivity and grain quality.

**Keywords:** winter soft wheat, productivity, protein percentage, content of gluten, SDS-sedimentation.

**Введение.** Озимая пшеница – важнейшая продовольственная культура, которая имеет значительный удельный вес в структуре зернового клина нашей страны (Некрасов и др., 2018). Выведение новых сортов, способных давать хорошие и стабильные урожаи с высокими технологическими качествами, является одной из первостепенных задач селекции этой сельскохозяйственной культуры.

Подбирая зерно различных сортов озимой пшеницы, можно обеспечить выработку муки с необходимыми характеристиками для производства высококачественного хлеба и хлебобулочных изделий (Neo and Sherman, 2013). В связи с этим выявление нового селекционного материала и научного обоснования его использования для производства хлеба остается актуальным.

Целью исследований являлось изучение продуктивности и качества зерна линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании для использования в скрещиваниях при создании новых сортов.

**Материалы и методы исследований.** Изучали 47 образцов озимой мягкой пшеницы. Посев проводили на опытном участке лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» сеялкой Wintersteiger Plotseed; норма высева – 450 всходящих зерен на 1 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянок – 10 м<sup>2</sup>; повторность – четырехкратная. В качестве стандарта был использован сорт озимой мягкой пшеницы Ермак. Закладку опытов, фенологические наблюдения проводили согласно Методике государственного испытания (1989) и Методике полевого опыта (2014).

Уборку делянок осуществляли комбайном Wintersteiger Classik в фазе полной спелости зерна.

Качество оценивали по следующим критериям: содержание белка в зерне – по ГОСТ 108460-91; со-

держание клейковины в зерне – по ГОСТ 54478-2011 и в соответствии с международным стандартом (ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия). Оценку образцов по SDS-седиментации проводили при помощи научно-практических рекомендаций (Самофалова и др., 2014).

Статистическую обработку информации выполняли с использованием программ Microsoft Office 2010 и Statistica 10.

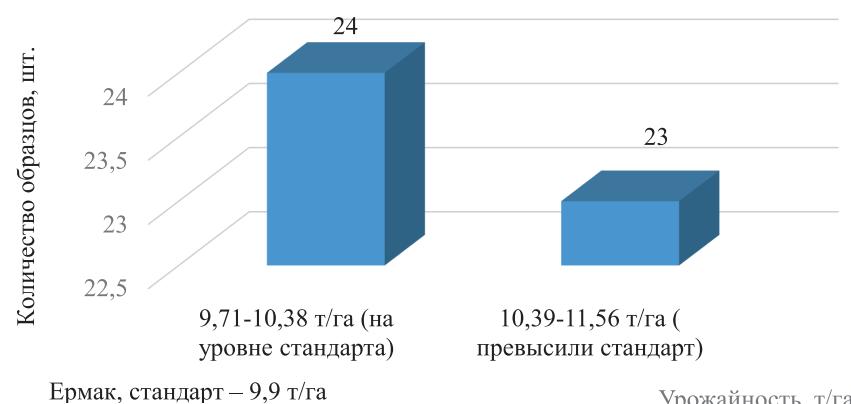
Климат южной зоны Ростовской области характеризуется как полузасушливый. Среднегодовое количество осадков составляет 450–600 мм, из них 2/3 выпадает в теплое время при среднесуточной температуре воздуха 10 °C. Сумма активных температур за период вегетации составляет 3400–3600 °C. Гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,80–0,85. За летний период отмечается 60–65 суховейных дней.

Погодные условия в годы проведения исследований (2016–2018 гг.) в периоды формирования и налива зерна были контрастными. По влагообеспеченности и температурному режиму 2016 и 2017 гг. сложились благоприятно, а 2018 г. отмечался как засушливый.

**Результаты и их обсуждение.** Основной задачей селекции озимой пшеницы является повышение урожайности сортов (Марченко и др., 2016; Рыбась и др., 2018).

За годы проведения исследований средняя урожайность селекционных линий в конкурсном сортоиспытании варьировала от 9,71 т/га (1788/16) до 11,56 т/га (1850/16), у стандартного сорта Ермак она составила 9,9 т/га.

Продуктивность на уровне стандарта отмечена у 24 образцов (9,40–10,38 т/га). Достоверно превысили по урожайности стандартный сорт 23 линии ( $HCP_{05} = 0,48$  т/га), прибавка составила от 0,49 до 1,66 т/га (рис. 1).



**Рис. 1.** Распределение линий озимой пшеницы по урожайности в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)

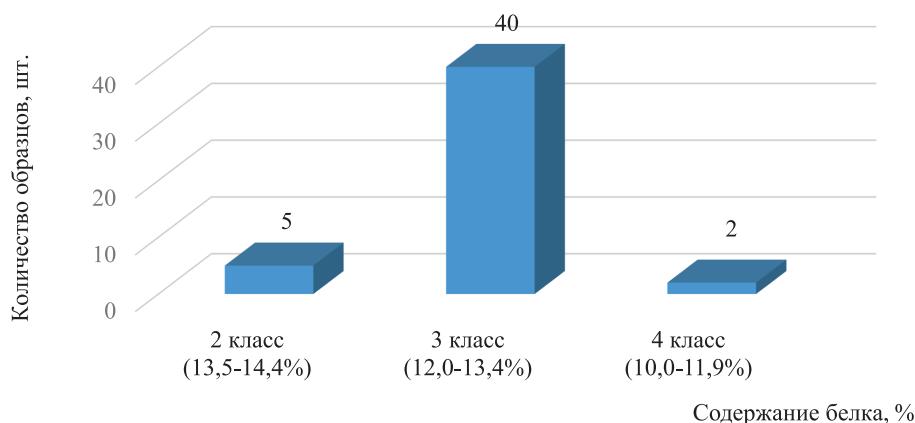
**Fig. 1.** Distribution of winter wheat lines according to productivity in the competitive variety-testing (2016–2018)

Были выделены образцы с максимальной урожайностью, такие как 1842/16, 1547/16, 1854/16, 1990/16, 1850/16 (10,99 т/га; 11,14 т/га; 11,17 т/га; 11,30 т/га; 11,56 т/га соответственно).

Показатели качества зерна определяют его технологическую и потребительскую ценность и могут использоваться как индикатор развития зернового хозяйства (Медведев и Медведева, 2007).

Образцы, которые характеризуются максимальным содержанием белка в зерне, представляют прак-

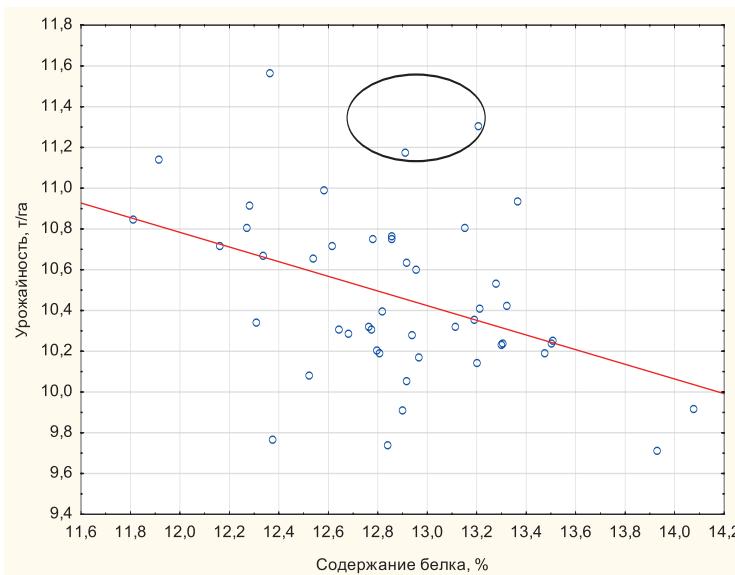
тический интерес для дальнейшей селекционной работы. В среднем за годы исследований содержание белка в зерне у образцов озимой мягкой пшеницы находилось в пределах от 11,8 (1558/16) до 14,0% (2030/16), у стандарта Ермак оно составляло 12,9%. Второму классу качества по содержанию белка в зерне соответствовало 5 изучаемых линий. К 3-му классу качества относилось 40 образцов, к 4-му классу – 2 линии (ГОСТ 9353-2016) (рис. 2).



**Рис. 2. Распределение линий озимой пшеницы по содержанию белка в зерне в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)**  
**Fig. 2. Distribution of winter wheat lines according to protein percentage in kernels in the competitive variety-testing (2016–2018)**

По изучаемому показателю выделились линии 1992/16 (13,5%), 1221/16 (13,5%), 1914/16 (13,6%), 1788/16 (13,9%), 2030/16 (14,0%), сформировавшие наибольшее количество белка в зерне.

В результате корреляционного анализа между урожайностью и содержанием белка в зерне была установлена средняя отрицательная связь ( $r = -0,41 \pm 0,14$ ) (рис. 3).



**Рис. 3. Взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка в зерне у линий озимой мягкой пшеницы (2016–2018 гг.)**  
**Fig. 3. Correlation between productivity and protein percentage in winter soft wheat lines (2016–2018)**

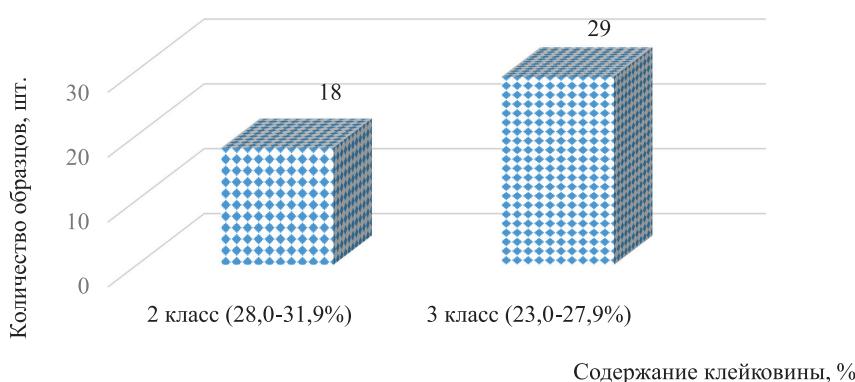
Интерес для селекции представляют линии 1854/16, 1990/16, сочетающие высокую урожайность (11,17–11,30 т/га) с содержанием белка 12,9–13,2%.

Важным признаком при оценке качества зерна пшеницы является количество клейковины. Содержание клейковины в среднем за годы исследований варьировало от 23,5 (1558/16) до 30,0% (1093/16), у стандарта Ермак оно составило 27,4%. Требованиям, предъявляемым ко 2-му классу каче-

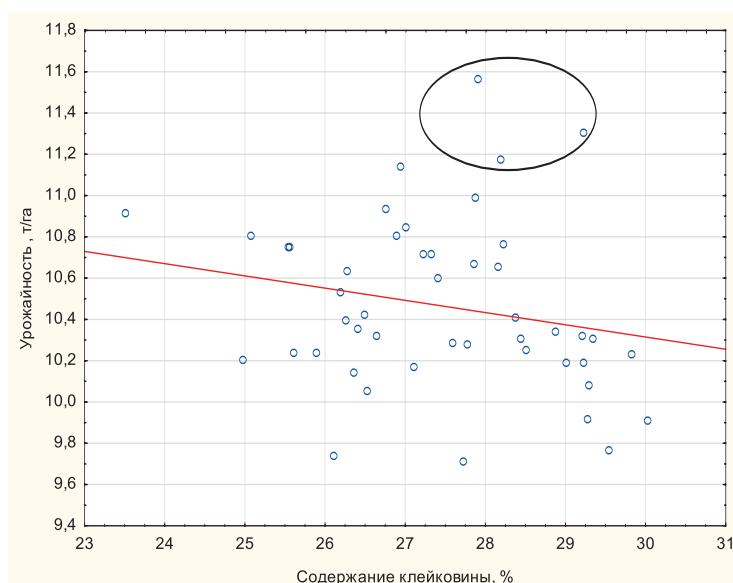
ства, соответствовало 18 линий, а 29 линий относились к 3-му классу качества зерна (рис. 4).

По этому признаку были выделены линии 1992/16, 1914/16, 2030/16, 1221/16, 1093/16, сформировавшие максимальное количество клейковины в зерне (29,3–30,0%) и соответствующих 2-му классу качества зерна.

Между урожайностью и содержанием клейковины в зерне наблюдалась слабая отрицательная корреляционная связь ( $r = -0,21 \pm 0,12$ ) (рис. 5).



**Рис. 4.** Распределение линий озимой пшеницы по содержанию клейковины в зерне в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)  
**Fig. 4.** Distribution of winter wheat lines according to gluten percentage in kernels in the competitive variety-testing (2016–2018)

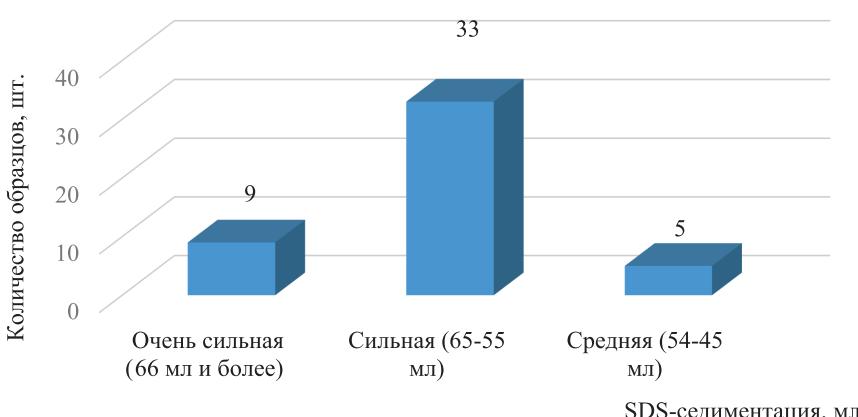


**Рис. 5.** Взаимосвязь между урожайностью и содержанием клейковины в зерне у линий озимой мягкой пшеницы (2016–2018 гг.)  
**Fig. 5.** Correlation between productivity and gluten percentage in winter soft wheat lines (2016–2018)

Селекционные линии 1385/16, 1533/16 и 1862/16 сочетали высокую урожайность (11,20–11,59 т/га) и содержание клейковины в зерне 27,9–29,1%.

По SDS-седиментации у линий в конкурсном сортоиспытании отмечено варьирование от 46 (1622/16) до 75 мл (1385/16), у стандартного сорта

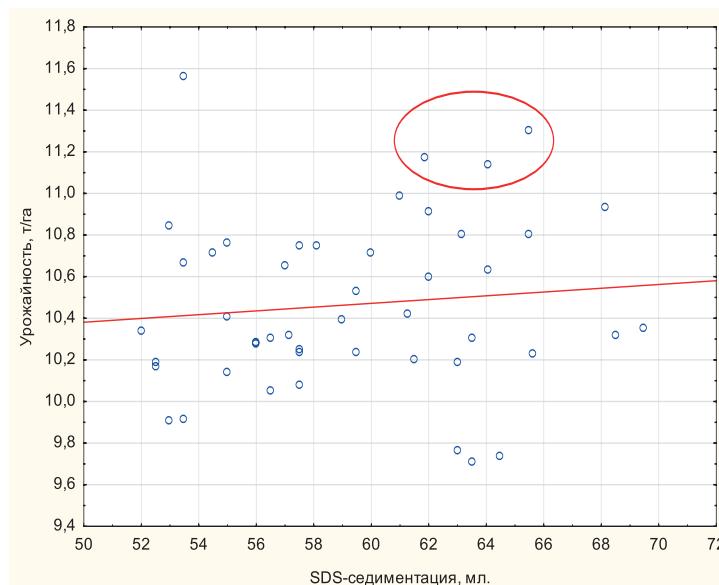
Ермак этот показатель составил 52 мл. К очень сильной пшенице (66 мл и более) относились 9 образцов, к сильной (65–55 мл) – 33 селекционные линии. Средней по хлебопекарному качеству пшенице (54–45 мл) соответствовало 5 изученных образцов (рис. 6).



**Рис. 6.** Распределение линий озимой пшеницы по SDS-седиментации в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)  
**Fig. 6.** Distribution of winter wheat lines according to SDS-sedimentation in the competitive variety-testing (2016–2018)

Самые высокие показатели SDS-седиментации (66–75 мл) отмечены у линий 1093/16, 1990/16, 2079/16, 1533/16, 1385/16.

Корреляционный анализ показал слабую положительную связь между урожайностью и SDS-седиментацией ( $r = 0,20 \pm 0,12$ ) (рис. 7).



**Рис. 7.** Взаимосвязь урожайности с SDS-седиментацией у линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)

**Fig. 7.** Correlation between productivity and SDS-sedimentation in winter soft wheat lines in the competitive variety-testing (2016–2018)

Были выделены линии 1547/16, 1889/16, 1854/16, сочетающие высокую урожайность (11,10–11,31 т/га) с высокими значениями признака SDS-седиментация (62–65 мл).

Выделенный в ходе исследования селекционный материал использован для дальнейшего изучения и вовлечен в гибридизацию для повышения урожайности и качества зерна.

**Выводы.** В конкурсном сортоиспытании в среднем за годы изучения достоверно превысили по урожайности стандартный сорт Ермак 23 линии, прибавка составила от 0,49 до 1,66 т/га.

Максимальное количество белка в зерне сформировали образцы 1992/16 (13,5%), 1221/16 (13,5%), 1914/16 (13,6%), 1788/16 (13,9%), 2030/16

(14,0%). Интерес для селекции представляют линии 1854/16, 1990/16, сочетающие высокую урожайность (11,17–11,30 т/га) с содержанием белка 12,9–13,2%.

Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у образцов 1992/16, 1914/16, 2030/16, 1221/16, 1093/16 (29,3–30,0%). Были выделены линии 1385/16, 1533/16 и 1862/16, сочетающие высокую урожайность (11,20–11,59 т/га) и содержание клейковины в зерне 27,9–29,1%.

Самые высокие показатели SDS-седиментации (66–70 мл) отмечены у следующих образцов: 1093/16, 1990/16, 2079/16, 1533/16, 1987/16. Линии 1547/16, 1385/16, 1854/16 совмещали высокую урожайность (11,10–11,31 т/га) с высокими значениями признака SDS-седиментации (62–65 мл).

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и дополн. М.: Альянс, 2014. 351 с.
2. 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.
3. Медведев А. М., Медведева Л. М. Селекционно-генетический потенциал зерновых культур и его использование в современных условиях. М., 2007. 484 с.
4. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Рыбас И. А. и др. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 46–49. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
5. Рыбас И. А., Марченко Д. М., Некрасов Е. И. и др. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 51–54. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54.
6. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В. и др. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.
7. Heo H., Sherman J. Identification of QTL for grain protein content and grain hardness from winter wheat for genetic improvement of spring wheat // Plant breeding and biotechnology. 2013. No. 1(4). Pp. 347–353. DOI 10.9787/PBB.2013.1.4.347.

#### References

1. 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 study results)]. 5-e izd., pererab. i dopoln. M.: Al'yan, 2014. 351 s.

2. Marchenko D. M., Filenko G. A., Nekrasov E. I. Semenovodstvo ozimoj 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.
3. Medvedev A. M., Medvedeva L. M. Selepcionno-geneticheskij potencial zernovyh kul'tur i ego ispol'zovanie v sovremennoy usloviyah [Breeding and genetic potential of grain crops and their use in modern conditions]. M., 2007. 484 s.
4. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Rybas' I. A. i dr. Izuchenie urozhajnosti i ehlementov ee struktury u sortov ozimoj myagkoj pshenicy po predshestvenniku podsolnechnik [The study of yield and elements of its structure in winter soft wheat varieties sown after sunflower] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 6. S. 46–49. DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49.
5. Rybas' I. A., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. i dr. Ocenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoj myagkoj pshenicy [Estimation of parameters of winter wheat varieties adaptability] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 51–54. DOI 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54.
6. Samofalova N. E., Kopus' M. M., Skripka O. V. i dr. SDS-sedimentaciya v poehtapnoj ocenke selekcionnogo materiala ozimoj pshenicy po kachestvu zerna (nauchno-prakticheskie rekomendacii) [SDS-sedimentation in the gradual assessment of the winter wheat breeding material on the grain quality (scientific and practical recommendations)]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga", 2014. 32 s.
7. Heo H., Sherman J. Identification of QTL for grain protein content and grain hardness from winter wheat for genetic improvement of spring wheat // Plant breeding and bio-technology. 2013. No. 1(4). Pp. 347–353. DOI 10.9787/PBB.2013.1.4.347.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ И ЗАКРЕПИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ В СТЕРИЛЬНОЙ ЦИТОПЛАЗМЕ «М» И «С» ТИПОВ ЦМС

**Г. Я. Кривошеев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**А. С. Игнатьев**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600

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

Семена гибридов кукурузы в Российской Федерации получают с использованием ЦМС, поэтому перевод создаваемых гибридов на стерильную основу является необходимым условием внедрения их в производство. Цель исследований – изучение реакции самоопыленных линий кукурузы на различные типы ЦМС. Оценена реакция 26 самоопыленных линий кукурузы на «М» тип ЦМС и реакция 23 линий на «С» тип ЦМС. В качестве источников стерильности использованы тестеры – простые стерильные гибриды Милена М, Мадонна М, Круча М, Исток С, Нимфа С, Мальвина С, которые являются материнскими формами созданных новых трехлинейных гибридов кукурузы. Самоопыленные линии классифицированы по реакции на «М» тип ЦМС: закрепители стерильности (11), неполные закрепители стерильности (7), восстановители фертильности (6), неоднородные по восстановительной способности (2). По отношению к «С» типу ЦМС выделено 10 закрепителей стерильности, 3 неполных закрепителя стерильности, 7 восстановителей фертильности, 3 неоднородных по восстановительной способности. Наибольший практический интерес представляют восстановители молдавского типа ЦМС: FC 18 А, Т 22 А, ДС 768/83-3, ДС 768/85-4, ДС 768/85, ДС 768/85-5, которые могут быть использованы в качестве естественных восстановителей (отцовских форм) в созданных гибридных комбинациях. Практическую ценность имеют константные естественные восстановители «С» типа ЦМС (Т 22 А, PLS 61, DK 22/325 как отцовские формы гибридов, выращиваемых на стерильной цитоплазме «С» типа). Использование в гибридизации стерильных тестеров позволяет одновременно с созданием новых гибридов начать первый этап перевода их на стерильную основу – оценить реакцию линий на стерильную цитоплазму.

**Ключевые слова:** линии, гибриды, стерильность, фертильность, частичная фертильность, закрепители, восстановители.



## RECONSTRUCTIVE AND STABILIZING ABILITY OF THE MAIZE LINES IN STERILE CYTOPLASM "M" AND "C" TYPES OF CMS

**Г. Ya. Krivosheev**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of maize breeding and seed-growing, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**А. S. Ignatiev**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of maize breeding and seed-growing, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600

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

Seeds of maize hybrids in the Russian Federation are obtained using CMS, therefore it is necessary to transfer the developed hybrids to a sterile basis to introduce them into production. The purpose of the work is to study the reaction of self-pollinated maize lines to various types of CMS. There was estimated the response of 26 self-pollinated maize lines to the "M" type of CMS and the response of 23 lines to the "C" type of CMS. The simple sterile hybrids "Milena M", "Madonna M", "Krucha M", "Istok C", "Nimfa C", "Malvina C", which are the mother forms of the new three-linear maize hybrids have been used as the testers of the sources of sterility. The self-pollinated lines have been classified according to the response to the "M" type of CMS as sterility fixers (11), incomplete sterility fixers (7), fertility reducing agents (6), non-uniform in reconstructing ability (2). In relation to the "C" type of CMS there were identified 10 sterility fixers, 3 incomplete sterility fixers, 7 fertility reducing agents, 3 non-uniform in reconstructing ability. The reducing agents of Moldavian type of CMS "FC 18 A", "T 22 A", "DS 768/83-3", "DS 768/85-4", "DS 768/85", "DS 768/85-5" are of the greatest practical interest as they can be used as natural reducing agents (paternal forms) in the developed hybrid combinations. The constant natural reducing agents of the "C" type of CMS ("T 22 A", "PLS 61", "DK 22/325", as paternal forms of hybrids grown on sterile cytoplasm of the "C" type) are of practical value. The use of sterile testers in hybridization allows simultaneously with the development of new hybrids to start the first stage of their transfer to a sterile basis, namely to evaluate the response of the lines to the sterile cytoplasm.

**Keywords:** lines, hybrids, sterility, fertility, partial fertility, reducing agents, stabilizers.

**Введение.** Преимущество гибридов кукурузы над сортами доказано и не вызывает сомнения. Они более урожайны, выровнены, отличаются, как правило, большей устойчивостью к стресс-факторам среды, что обусловлено проявлением гетерозиса в гибридном потомстве (Югенхаймер, 1979).

Для выращивания гибридов необходимо заладывать участки гибридизации – высевать их ис-

ходные (родительские) формы. Выращивание семян на фертильной основе (с обрыванием метелок на материнских формах) – очень трудоемкий процесс (Сотченко, 2009). Поэтому для снижения затрат необходим перевод гибридов на стерильную основу. Применение ЦМС является необходимым условием организации крупного промышленного семеноводства в Российской Федерации. Зарубежные селекци-

онно-семеноводческие фирмы получают гибридные семена кукурузы преимущественно на фертильной основе, однако в последнее время увеличивается доля семян иностранных гибридов, выращиваемых без обрывания метелок.

Первым этапом перевода гибрида на стерильную основу считается определение реакции исходных форм самоопыленных линий на стерильную цитоплазму. В настоящее время в России наибольшее распространение получили молдавский «М» тип и парагвайский «С» тип ЦМС (Кривошеев, 2004).

Генетический контроль восстановления фертильности молдавского типа ЦМС осуществляется одним основным геном – восстановителем фертильности Rf3, действие которого могут усиливать гены-модификаторы. Генетический контроль «С» типа ЦМС осуществляется тремя комплементарными генами – восстановителями фертильности (Rf4, Rf5, Rf6) (Гонтаровский, 1986).

Цель исследований – изучить реакцию самоопыленных линий кукурузы на «М» и «С» типы ЦМС, используя в качестве стерильных источников тестеры, применяемые в скрещиваниях для создания новых гибридов.

**Материалы и методы исследований.** Исследования выполнены в Аграрном научном центре «Донской» в 2016–2018 гг. В качестве источников стерильности использованы простые стерильные гибриды на «М» типе ЦМС (Милена М, Мадонна М, Круча М) и простые стерильные на «С» типе ЦМС (Исток С, Нимфа С, Мальвина С). Они характеризуются высокой комбинационной способностью по признаку «урожайность зерна», поэтому подобраны не только для оценки реакции линий на стерильную цитоплазму, но и для создания высокогетерозисных трехлинейных комбинаций, представляющих практическую ценность для сельхозпроизводителей. То есть использование в программе скрещиваний форм, характеризующихся высокой комбинационной способностью и стерильностью, предпринято для одновременного решения двух задач.

Для проведения скрещиваний, получения трехлинейных гибридов и оценки реакции на «М» тип ЦМС подобраны 26 самоопыленных линий кукурузы. Для оценки реакции на «С» тип ЦМС взяты 23 линии.

В 2016 г. в полевых условиях самоопыленные линии скрещены с тестерами, получено 147 тесткресстных гибридов. Тесткресстные гибridы высеяны в 2017–2018 гг. и изучены по характеру цветения метелок.

Фертильность растений определяли по шкале Гонтаровского (Гонтаровский, 1971). Уровень фертильности растений выражали в следующих классах: 0 – полная стерильность, все или почти все стерильные пыльники в закрытых колосках; класс 1 – полная стерильность, значительное или массовое количество стерильных пыльников выходят наружу; класс 2 – неполная стерильность, количество фертильных пыльников не превышает 25%; класс 3 – частичная фертильность, количество фертильных пыльников составляет 25–75%; класс 4 – неполная фертильность, количество фертильных пыльников превышает 75%; класс 5 – полная фертильность. Классы 0 и 1 относятся к стерильным; классы 2 и 3 – к частично фертильным; классы 4 и 5 – к фертильным.

К закрепителям стерильности молдавского (3М) и парагвайского (3С) типа отнесены самоопыленные линии, потомства которых от скрещивания со стерильными источниками отличались полной стерильностью (классы 0, 1); к неполным закрепителям молдавского (Н3М) и парагвайского (Н3С) типа отнесены линии, тестеры которых характеризовались цветением невысокого уровня (классы 2, 3). Восстановителями фертильности молдавского (ВМ) и парагвайского (ВС) типа считали линии, потомства которых отличали цветением высокого уровня (классы 4, 5).

**Результаты и их обсуждение.** Тесткресстные гибридные, полученные от скрещивания стерильных тестеров Милена М, Мадонна М и Круча М с самоопыленными линиями КВ 201, КВ 315, С 255, ДК 22/325, КВ 202, КВ 276, СП 75/15-1, СП 75/15-4, СП 75/15-2, ДС 257/85-0, ДС 257/85-2, характеризовались полной стерильностью (классы 0, 1) (табл. 1).

## 1. Реакция самоопыленных линий кукурузы на «М» тип ЦМС (2017–2018 гг.) 1. Response of self-pollinated maize lines on “M” type CMS (2017–2018)

Линия	Тестер			Классификация линий по реакции на «М» тип ЦМС
	Милена М	Мадонна М	Круча М	
КВ 201	с (0)	с (0)	с (0, 1)	3М
FC 18 А	ф (4, 5)	ф (5)	ф (4, 5)	ВМ
Ух 719	с (0, 1)	с (0)	с, чф, ф (0–5)	3М, Н3М, ВМ
RD 12	с (0)	с, чф (0, 2)	с (0)	3М
КВ 315	с (0)	с (0)	с (0)	Н3М
TVA 308	с (0)	с (0)	с (0)	3М
Т 22 А	ф (5)	ф (4, 5)	ф (4, 5)	ВМ
ГС 36	с, чф (1, 2)	с, чф (1–3)	с, чф, ф (1–4)	3М, Н3М, ВМ
С 255	с (0)	с (0)	с (0)	3М
PLS 61	с (0)	с, чф (0–3)	с, чф (0, 1, 2)	Н3М
ДК 22/325	с (0)	с (0)	с (0)	3М
КВ 202	с (0)	с (0)	с (0, 1)	3М
КВ 276	с (0)	с (0, 1)	с, чф (0, 1, 2)	Н3М
СП 75/15-5	с (0)	с (0, 1)	с (0, 1, 2)	Н3М
СП 75/15	с (0)	с (0, 1)	с, чф (0, 2)	Н3М
СП 75/15-1	с (0)	с (0, 1)	с (0)	3М
СП 75/15-4	с (0, 1)	с (0, 1)	с (0)	3М
СП 75/15-2	с (0)	с (0, 1)	с (0, 1)	3М
СП 75/15-3	с, чф (0, 2)	с (0, 1)	с (0)	Н3М
ДС 768/83-3	ф (5)	ф (5)	ф (5)	ВМ
ДС 768/83-4	ф (5)	ф (5)	ф (4, 5)	ВМ
ДС 768/85	ф (4, 5)	чф, ф (2–5)	ф, чф (3–5)	ВМ
ДС 768/85-5	ф, чф (3–5)	ф, чф (2–5)	ф, чф (3–5)	ВМ
ДС 257/85-0	с (0)	с (0)	с (0)	3М
ДС 257/85-2	с (0)	с (0)	с (0)	3М
ДС 257/85-3	с (0)	с, чф (0–2)	с (0)	Н3М

Примечание: 1, 2, 3, 4, 5 – классы по шкале Гонтаровского; с – стерильные; ф – фертильные; чф – частично фертильные.

Такие результаты позволяют классифицировать перечисленные линии как закрепители стерильности «М» типа ЦМС, у которых ген – восстановитель fertилности «М» типа ЦМС (*rfl3*) представлен в рецессивном состоянии. Учитывая, что полная стерильность отмечена в скрещивании со всеми тестерами, не вызывают сомнения надежность и полнота закрепительной способности линий. Они могут быть использованы в качестве естественных закрепителей стерильности, в частности в трехлинейных гибридах в качестве одного из компонентов материнской формы. Создание стерильных аналогов таких линий не сопряжено с какими-либо сложностями.

Другая группа линий (RD 12, PLS 61, KB 276, СП 75/15-5, СП 75/15-3, DC 257/85-3) имела различия в характере цветения метелок в зависимости от комбинации скрещивания от полной стерильности (классы 0, 1) до частичной fertилности невысокого уровня (класс 2). Они классифицированы как неполные закрепители стерильности молдавского типа ЦМС, ген восстановления fertилности (*rfl3*) у них в рецессивном состоянии. Например, самоопыленная линия KB 276 имела полностью стерильное потомство (классы 0, 1) в скрещивании с тестерами Милена М и Мадонна М, однако в потомстве от скрещивания с тестером Круча М встречаются частично fertильные растения (класс 2). Различия по полноте закрепительной способности может быть объяснено наличием или отсутствием генов-модификаторов.

Реакция таких линий в стерильной цитоплазме должна проверяться в каждой конкретной комбинации скрещивания. Решение о возможности использования в качестве естественного закрепителя стерильности принимается для каждой комбинации отдельно. Создание стерильных аналогов может быть сопряжено со сложностями: необходимо первоначально создавать аналог – закрепитель стерильности, а затем с его участием – стерильный аналог.

Самоопыленные линии FC 18A, T 22A, DC 768/83-3, DC 768/83-4 в скрещиваниях со всеми источниками стерильности имели fertильное потомство высокого уровня (классы 4, 5). Они имеют ген – восстановитель

fertилности в доминантном состоянии (*Rfl3*), относятся к естественным восстановителям fertилности молдавского типа ЦМС и будут восстанавливать нормальное цветение в любой комбинации скрещивания. Они представляют наибольшую практическую ценность при создании гибридов кукурузы на стерильной основе и могут быть использованы непосредственно в качестве естественных восстановителей fertилности, в частности в трехлинейных гибридах как отцовские формы.

Тесткрессы самоопыленных линий DC 768/85 и DC 768/85-5 имеют растения с полностью восстановленной fertилностью (классы 4, 5) и не полностью (классы 2, 3), что объясняется отсутствием дополнительных генов-модификаторов, усиливающих действие основного гена *Rfl3*.

Поведение линий Ух 719 и ГС 36 в стерильной цитоплазме молдавского типа ЦМС принципиально отличается от других линий. В скрещивании с одним и тем же источником стерильности, например Круча М, в потомстве присутствуют полностью стерильные растения (классы 0, 1) и растения с высоким уровнем fertилности (классы 4, 5). Это возможно лишь в том случае, если линии неоднородны по генам – восстановителям fertилности, имеются растения, в генотипе которых представлен ген *Rfl3* в доминантном состоянии и рецессивном (*rfl3*). Следовательно, необходимо продолжить самоопыление этих линий для разделения на подлинни – естественные закрепители и восстановители fertилности.

Среди 23 самоопыленных линий, изучаемых по реакции на «С» тип ЦМС, 10 линий оказались закрепителями стерильности: Ух 719, ГС 36, СП7/15-5, СП 75/15, DC 768/83-3, DC 768/85-4, DC 768/85, DC 257/85-0, DC 257/85-2, DC 257/85-3. При скрещивании их с источниками стерильности Исток С, Нимфа С, Мальвина С получены тесткрессы, характеризующиеся полной fertилностью (класс 0). В гибридных комбинациях такие линии целесообразно использовать в качестве материнских форм, поскольку несложно создать их стерильные аналоги (табл. 2).

## 2. Реакция самоопыленных линий кукурузы на «С» тип ЦМС (2017–2018 гг.) 2. Response of self-pollinated maize lines on “C” type CMS (2017–2018)

Линия	Тестер			Классификация линий по реакции на «С» тип ЦМС
	Исток С	Нимфа С	Мальвина С	
KB 201	чф (2)	с, чф (0–3)	чф (2, 3)	НЗС
FC 18 A	с, ф (0, 5)	с, чф (0,2)	чф, ф (2–5)	ЗС, НЗС, ВС
Ух 719	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
C 13	с (0,1)	ф (5)	ф (4)	ВС
KB 315	ф (5)	ф (4, 5)	ф, чф (2–5)	ВС
T 22 A	ф (5)	ф (4, 5)	ф (4, 5)	ВС
ГС 36	с (0)	с (0, 1)	с (0)	ЗС
C 255	с (0, 1)	с (0, 1)	с, чф (0, 3)	НЗС
PLS 61	ф (5)	ф (5)	ф (5)	ВС
ДК 22/325	ф (5)	ф (5)	ф (5)	ВС
СП 75/15-5	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
СП 75/15	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
СП 75/15-1	чф (0, 2)	чф (0, 2)	с, чф (0–3)	НЗС
СП 75/15-4	ф, чф (3, 5)	ф, чф (2–4)	ф, чф (3, 4)	ВС
DC 768/85-3	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
DC 768/85	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
DC 768/85	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
DC 257/85-0	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
DC 257/85-2	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
DC 257/85-3	с (0)	с (0)	с (0)	ЗС
СП 56/57	с, ф, чф (0–5)	чф, ф (3, 4)	ф (4, 5)	ВС
СП 56/57-2	чф, ф (2–4)	ф (4, 5)	ф, чф (3–5)	ВС
СП 56/57-3	с, ф (0–5)	чф, ф (3, 4)	ф, чф (3–5)	ЗС, НЗС, ВС

Примечание: 1, 2, 3, 4, 5 – классы по шкале Гонтаровского; с – стерильные; ф – fertильные; чф – частично fertильные.

К неполным закрепителям стерильности отнесены линии КВ 201, С 255 и СП 75/15-1. Потомства от скрещивания со стерильными тестерами характеризовались полной стерильностью (класс 0) или частичной fertильностью (классы 2, 3), что объясняется сложной природой генетического контроля «С» типа ЦМС. Наличие или отсутствие в доминантном состоянии комплементарных генов Rf4, Rf5, Rf6 влияло на полноту стерильности.

Самоопыленные линии Т 22 А, PLS 61, ДК 22/325 имели fertильное потомство высокого уровня (классы 4, 5) от скрещиваний со всеми тестерами, то есть в генотипе этих потомков представлены все три гена – восстановители «С» типа стерильности в доминантном состоянии (Rf4, Rf5, Rf6). Они относятся к константным восстановителям fertильности «С» типа ЦМС. Можем предположить, что в скрещивании с любыми другими формами, имеющими стерильную цитоплазму «С» типа, будет происходить полное восстановление fertильности. Линии Т 22 А, PLS 61, ДК 22/325 представляют наибольшую ценность при переводе гибридов кукурузы на стерильную основу и могут использоваться в качестве естественных восстановителей «С» типа ЦМС (отцовских форм) в гибридах любой структуры (простых, трехлинейных, двойных межлинейных).

Группа линий С 13, КВ 315, СП 75/15-4, СП 56/75-2 характеризовалась варьированием уровня fertильности в зависимости от комбинации скрещивания от полной стерильности (класс 0), например в комбинации Исток С × С 13, до полной fertильности (класс 5) – в комбинации Нимфа С × С 13. Они относятся к вариабельным восстановителям «С» типа ЦМС, в генотипе этих линий представлены не все гены-восстановители, полнота восстановления должна быть проверена в каждой конкретной комбинации скрещивания.

Выявлены самоопыленные линии FC 18 А, СП 56/57, СП 56/57-3, растения которых различаются по восстановительной способности, то есть в скрещивании с одним и тем же стерильным тестером получены гибридные растения, полностью стерильные (класс 0) и полностью fertильные (класс 5). Это возможно в том случае, если линии неконстантны по генам – восстановителям fertильности, необходимо продолжить их самоопыление для разделения на подлинни – восстановители и закрепители стерильности «С» типа ЦМС.

Соотношение линий кукурузы различной реакции на «М» тип ЦМС составило: закрепители стерильности – 42%; неполные закрепители стерильности – 27%; восстановители fertильности – 23%; линии, неоднородные по реакции, – 8%. По реакции на «С» тип ЦМС соотношение оказалось следующее: закрепители стерильности – 43%; неполные закрепители стерильности – 13%; восстановители – 31%; неоднородные – 13%. Наиболее многочисленной оказалась группа закрепителей стерильности, что свидетельствует о большей частоте встречаемости их в природе.

**Выводы.** Определена реакция линий в конкретной гибридной комбинации и проведена классификация линий, что позволяет прогнозировать их поведение в скрещиваниях с другими стерильными источниками. Выделены следующие линии: закрепители, неполные закрепители и восстановители fertильности «М» и «С» типов ЦМС. Использование в гибридизации в качестве тестеров простых стерильных гибридов Милена М, Мадонна М, Круча М, Исток С, Нимфа С, Мальвина С позволило совместить создание новых гибридных комбинаций с оценкой реакции линий кукурузы на «М» и «С» типы ЦМС.

#### Библиографические ссылки

1. Гонтаровский В. А. Генетическая классификация источников цитоплазматической мужской стерильности у кукурузы // Генетика. 1971. № 9. С. 22–30.
2. Кривошеев Г. Я. Реакция самоопыленных линий кукурузы на ЦМС молдавского «М» и «С» типов // Технология, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сб. статей Азово-Черноморского инженерного института. Зерноград, 2004. С. 60–61.
3. Кукуруза. Современная технология возделывания / под ред. академика РАСХН В. С. Сотченко. М.: РосАгроХим, 2009. 127 с.
4. Югенхаймер Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование. М.: Колос, 1979. 519 с.

#### References

1. Gontarovskij V. A. Geneticheskaya klassifikaciya istochnikov citoplazmaticheskoy muzhskoy sterilitnosti u kukuruzy [Genetic classification of cytoplasmic male sterility sources in maize] // Genetika. 1971. № 9. S. 22–30.
2. Krivosheev G. Ya. Reakciya samoopylennyy linij kukuruzy na CMS moldavskogo "M" i "S" tipov [Response of self-pollinated maize lines to Moldovan CMS and "C" types] // Tekhnologiya, selekciya i semenovodstvo sel'skohozyajstvennyh kul'tur: sbornik statej Azovo-Chernomorskogo inzhenernogo instituta. Zernograd, 2004. S. 60–61.
3. Kukuruza. Sovremennaya tekhnologiya vozdelyvaniya [Maize. Modern cultivation technology] / pod red. akademika RASKHN V. S. Sotchenko. M.: RosAgroHim, 2009. 127 s.
4. Yugenheimer R. U. Kukuruza: uluchshenie sortov, proizvodstvo semyan, ispol'zovanie [Maize: improvement of varieties, seed production, use]. M.: Kolos, 1979. 519 s.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

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

**А. А. Регидин**, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

**Т. В. Грязева**, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6846-1108;

**К. Н. Горюнов**, агроном лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

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

Люцерна – ценнейшая кормовая культура с широким ареалом возделывания по всему миру. Ввиду сортового разнообразия люцерны в странах Северной Америки, в лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» были проведены испытания в коллекционном питомнике 27 образцов селекции США и Канады с целью поиска генетических источников хозяйствственно-биологических признаков. Полевые опыты проводили согласно общепринятым методикам для кормовых культур в 2016–2018 гг. Площадь делянок – 1 м<sup>2</sup>; повторность – двукратная. Изучены фазы «начало весеннего отрастания» и «начало цветения» в зависимости от погодно-климатических условий года исследований. Весенное отрастание в 2016 и 2017 гг. происходило в марте, а в 2018 г. – в 1-й декаде апреля. Начало цветения у изучаемых образцов варьировало от 3-й декады мая по 1-ю декаду июня. В среднем за 3 года число дней в периоде «начало весеннего отрастания – начало цветения» варьировало от 68 до 73. У стандарта число дней в данном периоде в среднем составило 72, у изучаемых образцов этот период был на уровне или на 1–4 дня короче, за исключением К-33299 и К-42249 (73 дня). По урожайности зеленой массы ни один из образцов достоверно не превысил стандартный сорт Ростовская 90 (3,29 кг/м<sup>2</sup>). Изучаемые образцы люцерны формировали урожайность зеленой массы в пределах 1,57–3,58 кг/м<sup>2</sup>. По облиственности растений показатели изучаемых образцов варьировали в диапазоне 42–49%. К-33299 и К-43272 с облиственностью 49% незначительно, но превысили стандартный сорт Ростовская 90 (48%). Выход сена изучаемых образцов варьировал от 31 до 40%, наименьший показатель (31%) сформировал К-43272, наибольший – К-42249 и К-45715 (40%) при выходе сена стандарта 35%. Установлены достоверные корреляционные связи между урожайностью зеленой массы и выходом сена, а также между урожайностью зеленой массы и числом дней в период «начало весеннего отрастания – начало цветения».

**Ключевые слова:** люцерна, начало весеннего отрастания, начало цветения, урожайность зеленой массы, облиственность, выход сена.



## THE STUDY RESULTS OF MORPHO-BIOLOGICAL TRAITS OF NORTH AMERICAN ALFALFA SAMPLES

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

**A. A. Regidin**, junior researcher of the laboratory of breeding and seed-growing of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

**T. V. Grayzeva**, Candidate of Agricultural Sciences, agronomist of the laboratory of breeding and seed-growing of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6846-1108;

**K. N. Goryunov**, agronomist of the laboratory of breeding and seed-growing of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

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

Alfalfa is the most valuable forage crop spread all over the world. Due to the varietal diversity of alfalfa in the countries of North America, the laboratory of breeding and seed-growing of perennial grasses of the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” conducted the experiments over 27 samples of American and Canadian breeding to find genetic sources of economic and biological traits. The field trials were conducted according to generally accepted methods for forage crops in 2016–2018. The area of experimental plots was 1 m<sup>2</sup> with double sequence. The period “beginning of spring germination” and “beginning of flowering” were studied depending on the climatic conditions of the year. In 2016 and 2017 spring germination took place in March, and in 2018 it was in the 1-st decade of April. Beginning of flowering in the studied samples ranged from the 3-d decade of May to the 1-st decade of June. On average, over 3 years, the number of days in the period “beginning of spring germination – beginning of flowering” varied from 68 to 73 days. This period of the standard variety was 72 days. The studied samples had this period on 1–4 days shorter, excluding the samples “K-33299” and “K-42249” (73 days). According to the yield of green mass, none of the samples reliably exceeded the standard variety “Rostovskaya 90” (3.29 kg/m<sup>2</sup>). The studied alfalfa samples formed 1.57–3.5 kg/m<sup>2</sup> of green mass. According to the plant foliage amount, the indicators of the studied samples varied from 42 to 49%. The samples “K-33299” and “K-43272” with 49% of foliage amount slightly exceeded the standard variety “Rostovskaya 90” (48%). The hay yield of the studied samples varied from 31 to 40%, “K-43272” formed the smallest indicator (31%), “K-42249” and “K-45715” (40%) produced the largest amount and when the hay productivity of the standard variety was 35%. There have been identified reliable correlations between the yield of green mass

and hay, as well as between the yield of green mass and the number of days during the period "beginning of spring germination – beginning of flowering".

**Keywords:** alfalfa, beginning of spring sprouting, beginning of blossoming, green mass productivity, foliage, hay yield.

**Введение.** Люцерна – ценнейшая кормовая культура. Ареал ее возделывания распространяется по всему миру. Среди многообразия многолетних трав люцерна чаще всего занимает ведущее место вследствие ее востребованности и высокоурожайности, а также разнообразия использования: зеленый корм, силос, сено, сенаж, сенная мука, на выпас в луговом травосевании (Казарин и др., 2015). Кроме того, люцерна дает рациональные севообороты и повышение урожайности последующих культур как хороший предшественник, а также сохранение и повышение плодородия почв (Игнатьев и др., 2018).

Являясь одним из лучших источников сырого протеина (около 20%), каротина (около 70 мг/кг), клетчатки (около 25%), а также минеральных солей, витаминов и аминокислот, люцерна на сегодняшний день востребована во многих странах как полезная культура в полевом и луговом травосевании (Башкирова, 2017).

Одними из лидирующих экспортёров люцерны являются страны Северной Америки – США и Канада, производящие более 100 млн фунтов семян этой культуры в год. В этих странах люцерна широко используется в качестве кормовой культуры с высоким содержанием белка и является основным компонентом кормовой промышленности (Электронный ресурс).

Ввиду разнообразия сортового состава люцерны стран Северной Америки, в лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» были проведены испытания в коллекционном питомнике 27 образцов, из которых 16 – селекции Канады и 11 – США, из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова в течение одного цикла в условиях Ростовской области. В каче-

стве стандарта использовали сорт местной селекции Ростовская 90.

Целью изучения являлся поиск генетических источников хозяйственно-биологических признаков.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили на полях научного севооборота ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2016–2018 гг.

Почвы под посевами коллекционного питомника были представлены черноземом обыкновенным мощным карбонатным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в слое 0–20 см – 3,6%; подвижного фосфора – 18,0; обменного калия – 320 мг/кг почвы.

Полевые опыты проводили согласно общепринятым методикам для кормовых культур. Коллекционные питомники закладывали по методике Всероссийского института генетических ресурсов растений, согласно которой через каждые десять образцов высевали стандарт – сорт люцерны Ростовская 90. Площадь делянок – 1 м<sup>2</sup>. Посев – рядовой с междуурядьями 20 см. Повторность в опыте – двукратная. Норма высева для люцерны – 2 г/м<sup>2</sup>.

В течение вегетации растений в питомниках проводили фенологические наблюдения. Уборку зеленой массы проводили в фазе начала цветения, взвешивая ее непосредственно в поле. Облистенность и выход сена определяли с помощью пробного снопа весом 1 кг.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с использованием программ Microsoft Office 2010 и Statistica 10.0.

**Результаты и их обсуждение.** Начало весеннего отрастания у изучаемых образцов наступало в разное время по годам изучения. Отрастание в 2016 и 2017 гг. происходило в марте, а в 2018 г. – в 1-й декаде апреля (рис. 1).

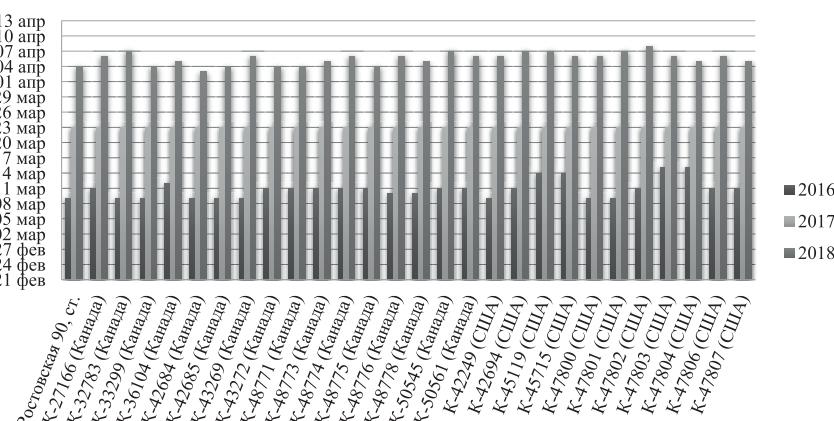


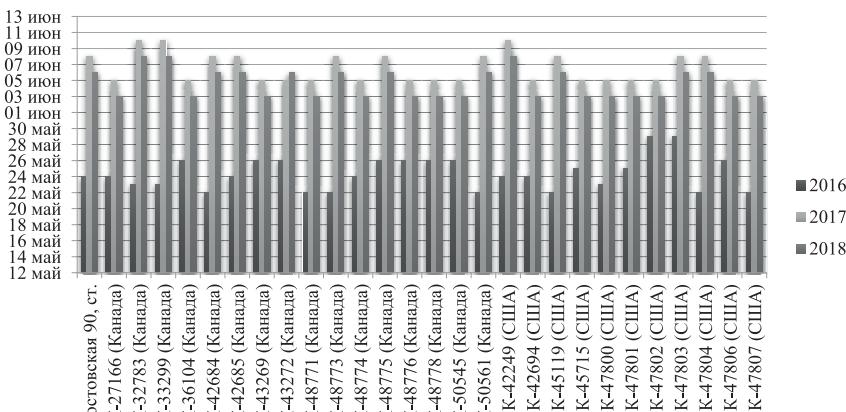
Рис. 1. Начало весеннего отрастания образцов люцерны (2016–2018 гг.)

Fig. 1. Beginning of alfalfa spring sprouting (2016–2018)

Наиболее раннее отрастание (9 марта) отмечено в 2016 г. у стандартного сорта Ростовская 90 и нескольких изучаемых образцов (K-32783, K-33299, K-42685, K-43269 селекции Канады и K-42249, K-47800, K-47801 селекции США). Более позднее отрастание (15 марта) отмечено у двух образцов селекции США – K-47803 и K-47804. Вследствие раннего весеннего отрастания начало цветения также было отмечено в более ранние сроки (22–29 мая) (рис. 2). Начало цветения Ростовской 90 отмечено 24 мая, более раннее

(22–23 мая) оно было у 8 изучаемых образцов. Два образца (K-47802 и K-47803) начали цвети на 5 дней позже стандарта (29 мая).

Весна 2017 г. наступила в оптимальные сроки для вегетации люцерны, вследствие чего отрастание всех изучаемых образцов было отмечено 23 марта. Начало цветения в 2017 г. отмечалось с 5 по 10 июня. Цветение стандарта началось 8 июня, у 16 изучаемых образцов оно отмечалось 5 июня, а K-32783, K-33299, K-42249 начали цвети 10 июня.

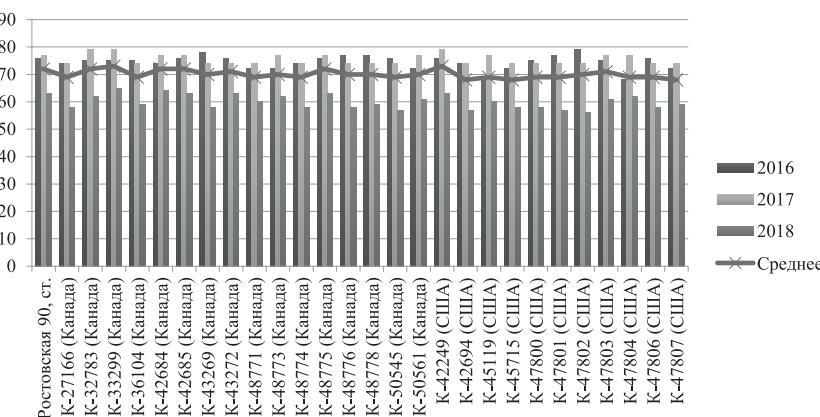


**Рис. 2. Начало цветения образцов люцерны (2016–2018 гг.)**  
**Fig. 2. Beginning of alfalfa blossoming (2016–2018)**

Весеннее отрастание 2018 г. отмечалось в 1-й декаде апреля по причине позднего наступления весны. Отрастание стандарта и образцов К-33299, К-42685, К-43272, К-48771, К-48775 селекции Канады отмечено 4 апреля. Самым ранним началом весеннего отрастания отмечен образец канадской селекции К-42684 (3 апреля). Образцы селекции США начинали отрастать 5–8 апреля. Однако среднесуточный прирост температур апреля и мая 2018 г. был выше среднемноголетней нормы, вследствие чего период «начало весеннего отрастания – начало цветения» у изучаемых образцов сократился в среднем

на 15 дней. Начало цветения Ростовской 90 было отмечено 6 июня, у 15 образцов оно отмечалось 3 июня, а у 3 образцов – 8 июня.

В среднем за 3 года число дней в периоде «начало весеннего отрастания – начало цветения» варьировало от 68 до 73 (рис. 3). У стандарта число дней в данном периоде в среднем составило 72, у изучаемых образцов этот период был на уровне или на 1–4 дня короче, за исключением К-33299 селекции Канады и К-42249 селекции США с количеством дней на 1 больше, чем у стандарта.



**Рис. 3. Число дней в периоде «начало весеннего отрастания – начало цветения» образцов люцерны (2016–2018 гг.)**  
**Fig. 3. Number of days in the period “beginning of spring sprouting – beginning of blossoming” of alfalfa samples (2016–2018)**

За 3 года изучений в среднем образцы изучаемой коллекции формировали невысокую урожайность зеленой массы (табл. 1). По данному показателю ни один из образцов достоверно не превысил стандартный сорт Ростовская 90. Урожайность зеленой массы стандарта составляла 3,29 кг/м<sup>2</sup>. Образцы селекции Канады формировали урожайность зеленой массы в пределах 1,70–3,49 кг/м<sup>2</sup>, лучшим был К-50545 (3,49 кг/м<sup>2</sup>). Из образцов селекции США наибольшую урожайность зеленой массы сформировал К-47806 (3,58 кг/м<sup>2</sup>), остальные были в пределах 1,57–3,22 кг/м<sup>2</sup>.

Облиственность растений – важный признак для кормовой культуры. Показатели по данному признаку варьировали в диапазоне 42–49%. При облиственности стандарта 48% образцы селекции Канады К-33299 и К-43272 незначительно, но превышали

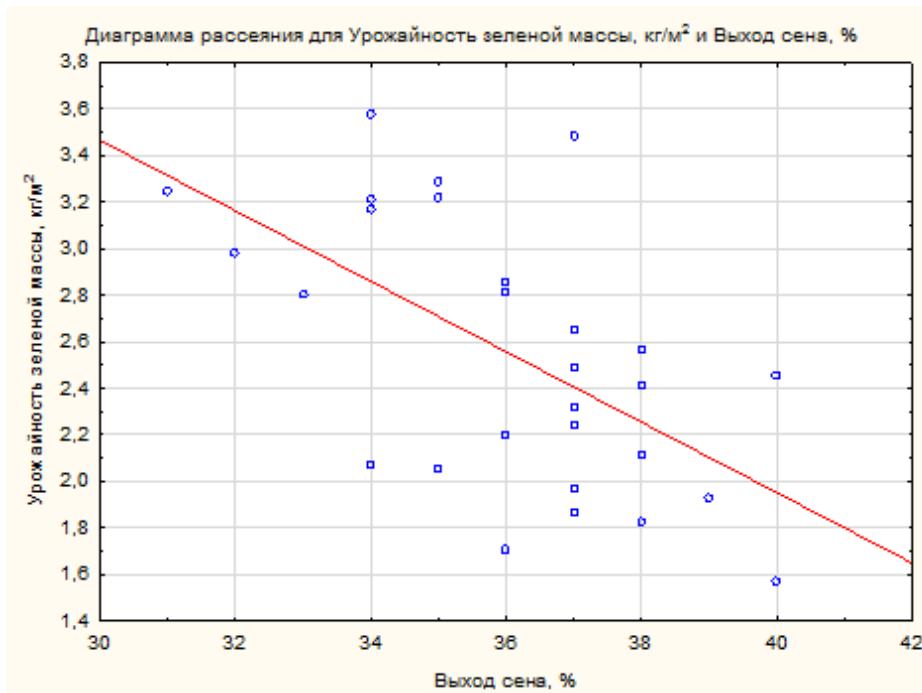
стандарт, а остальные изучаемые образцы формировали меньшую облиственность (42–47%), чем у стандарта.

Выход сена в изучаемой коллекции варьировал от 31 до 40%. Стандартный сорт Ростовская 90 формировал выход сена 35%, образцы К-42684, К-48773, К-48776 селекции Канады превышали стандарт (38%), а К-43272 формировал наименьший выход сена (31%). У образцов селекции США данный показатель был выше или на уровне стандарта, выделились образцы К-42249 и К-45715 с выходом сена 40%.

Анализ корреляционных связей показал, что между признаками «урожайность зеленой массы» и «выход сена» существует средняя отрицательная связь ( $r = -0,6$ ;  $p = 0,1$ ) (рис. 4). Наращение сочной биомассы растений люцерны отрицательно влияет на последующий выход сена.

**1. Показатели хозяйственно ценных признаков образцов люцерны (2016–2018 гг.)**  
**1. Indicators of the economic-valuable traits of the alfalfa samples (2016–2018)**

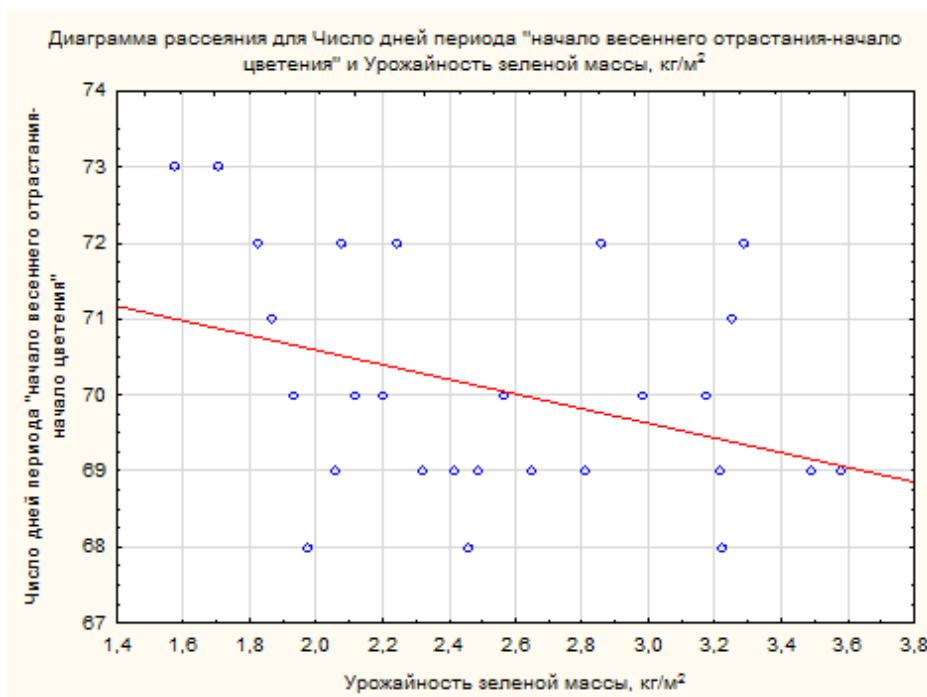
Образец	Урожайность зеленой массы, кг/м <sup>2</sup>	Облиственность, %	Выход сена, %
Ростовская 90, ст.	3,29	48	35
K-27166 (Канада)	2,81	48	33
K-32783 (Канада)	2,08	48	34
K-33299 (Канада)	1,70	49	36
K-36104 (Канада)	2,81	48	36
K-42684 (Канада)	1,83	48	38
K-42685 (Канада)	2,24	43	37
K-43269 (Канада)	2,98	47	32
K-43272 (Канада)	3,25	49	31
K-48771 (Канада)	2,65	43	37
K-48773 (Канада)	2,12	45	38
K-48774 (Канада)	2,32	43	37
K-48775 (Канада)	2,85	45	36
K-48776 (Канада)	2,56	45	38
K-48778 (Канада)	2,20	47	36
K-50545 (Канада)	3,49	47	37
K-50561 (Канада)	3,17	44	34
K-42249 (США)	1,57	47	40
K-42694 (США)	1,97	43	37
K-45119 (США)	3,21	44	34
K-45715 (США)	2,46	46	40
K-47800 (США)	2,41	46	38
K-47801 (США)	2,06	46	35
K-47802 (США)	1,93	47	39
K-47803 (США)	1,87	44	37
K-47804 (США)	2,49	44	37
K-47806 (США)	3,58	42	34
K-47807 (США)	3,22	47	35
HCP <sub>05</sub>	0,58		



**Рис. 4.** Корреляционная связь между урожайностью зеленой массы и выходом сена (2016–2018 гг.)  
**Fig. 4. Correlation between green mass productivity and hay yield (2016–2018)**

Также установлено, что между урожайностью зеленой массы и количеством дней в период «начало весеннего отрастания – начало цветения» сред-

няя отрицательная связь ( $r = -0,4$ ;  $p = 0,18$ ) (рис. 5). Сокращение количества дней до начала цветения способствует увеличению урожайности зеленой массы.



**Рис. 5.** Корреляционная связь между урожайностью зеленой массы и числом дней в период «начало весеннего отрастания – начало цветения» (2016–2018 гг.)

**Fig. 5.** Correlation between green mass productivity and number of days in the period “beginning of spring sprouting – beginning of blossoming” (2016–2018)

Анализ корреляционных связей других изучаемых признаков не показал достоверных результатов.

**Выводы.** По результатам изучения образцов люцерны селекции Канады и США были выделены источники:

– раннего весеннего отрастания K-42684 (Канада);

– короткого периода «начало весеннего отрастания – начало цветения» (68 дней): K-45715 (США), K-47807 (США);  
– облиственности (49%): K-33299 (Канада), K-43272 (Канада);  
– высокого выхода сена (38–40%): K-42684 (Канада), K-48773 (Канада), K-48776 (Канада), K-42249 (США), K-45715 (США).

#### Библиографические ссылки

1. Башкирова Н. В. Проблемы повышения семенной продуктивности люцерны посевной // Идеи Н. И. Вавилова в современном мире: тез. докладов IV Вавиловской Междунар. конференции (г. Санкт-Петербург, 20–24 ноября 2017 г.). СПб.: ВИР, 2017. С. 227.
2. Игнатьев С. А., Грязева Т. В., Игнатьева Н. Г. и др. Изучение динамики продуктивности и качества корма разных сортов люцерны и эспарцета // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5(59). С. 10–14. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-10-14.
3. Казарин В. Ф., Курьянович А. А., Володина И. А. Использование индекса засухоустойчивости для оценки полевой засухоустойчивости образцов люцерны в Поволжском регионе // Кормопроизводство. 2015. № 12. С. 7–12.
4. Alfalfa Seed Marketing in Canada // Agricultural Marketing Guide [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/sis955](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/sis955).

#### References

1. Bashkirova N. V. Problemy povysheniya semennoj produktivnosti lyucerny posevnoj [Problems of improvement of alfalfa seed productivity] // Idei N. I. Vavilova v sovremennom mire: tez. dokladov IV Vavilovskoj Mezhdunar. konferencii (g. Sankt-Peterburg, 20–24 noyabrya 2017 g.). SPb.: VIR, 2017. S. 227.
2. Ignat'ev S. A., Gryazeva T. V., Ignat'eva N. G. i dr. Izuchenie dinamiki produktivnosti i kachestva korma raznyh sortov lyucerny i ehsparceta [The study of productivity dynamics and fodder quality of different alfalfa and sainfoin varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 10–14. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-10-14.
3. Kazarin V. F., Kur'yanovich A. A., Volodina I. A. Ispol'zovanie indeksa zasuhoustojchivosti dlya ocenki polevoj zasuhoustojchivosti obrazcov lyucerny v Povolzhskom regione [The use of drought tolerance index for assessing field drought tolerance of alfalfa samples in the Povolzhsky region] // Kormoproduktovstvo. 2015. № 12. S. 7–12.
4. Alfalfa Seed Marketing in Canada // Agricultural Marketing Guide [Ehlektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/sis955](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/sis955).

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНИ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

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

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

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

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

Озимый ячмень является раннеспелой зерновой культурой. Именно раннеспелость в совокупности с высокой урожайностью, меньшей требовательностью к условиям выращивания определяет большое народнохозяйственное значение этой культуры. Для увеличения и стабилизации валовых сборов озимого ячменя необходимо создавать новые сорта, адаптированные к проявлению негативных факторов среды. Цель исследований – выделение перспективного селекционного материала озимого ячменя для создания сортов с высокой агроэкологической стабильностью и приспособленностью к местным почвенно-климатическим условиям. Исследования проводили в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2015–2018 гг. Объектом исследований являлись коммерческие (Тимофей, Ерема, Виват) и новые сорта (Фокс 1, Маруся) озимого ячменя, а также перспективные селекционные линии. Погодные условия 2017 г. были более благоприятными по сравнению с 2016 и 2018 гг., что способствовало формированию более высокой урожайности. Все изучаемые сорта озимого ячменя даже во влажных условиях 2017 г. проявили высокую устойчивость к полеганию (4–5 баллов по 5-балльной шкале). В весенне-летние месяцы 2018 г. отмечено значительное повышение температурного режима по сравнению с 2017 г. и среднемноголетним показателем. В июне наблюдалась дни с суховейными явлениями, в связи с чем влажность воздуха опустилась до 38% (на 23% ниже среднемноголетней). Анализ структуры урожайности сортов озимого ячменя показал, что в условиях 2016 г. отмечены более высокие значения признаков «число зерен в колосе» и «масса 1000 зерен», а в 2017 г. – «количество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup>». В результате комплексной оценки выделены перспективные сорта озимого ячменя Маруся, Параллелум 1960 и Параллелум 1962, достоверно превысившие стандарт Тимофей по урожайности, а также обладающие комплексной устойчивостью к поражению листовыми болезнями. Сорт Маруся в 2016 г. передан на изучение в Госсортсети РФ по Северо-Кавказскому региону.

**Ключевые слова:** озимый ячмень, сорт, урожайность, масса 1000 зерен, число зерен в колосе, устойчивость к полеганию.



## THE ESTIMATION OF WINTER BARLEY VARIETIES ACCORDING TO ECONOMIC-VALUABLE TRAITS IN THE SOUTH OF THE ROSTOV REGION

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

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

**D. P. Dontsov**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory of spring barley breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864 FSBSI «Agricultural Research Center “Donskoy”, 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Winter barley is one of the early ripening grain crops. It is the early ripeness combined with high productivity, lesser needs in good growing conditions that determines the great national economic importance of this culture. To increase and stabilize gross yields of winter barley, it is necessary to develop new varieties adapted to the negative environmental factors. The purpose of the study is to identify promising breeding material for winter barley to grow varieties with high agroecological stability and adaptability to local soil and climatic conditions. The studies were conducted in the FSBSI «Agricultural Research Center “Donskoy”» in 2015–2018. The objects of research were the commercial varieties “Timofey”, “Yeryoma”, “Vivat”, the new winter barley varieties “Foks 1”, “Marusya”, as well as the promising breeding lines. The weather conditions of 2017 were more favorable compared with those of 2016 and 2018, which allowed producing higher yields. All the studied winter barley varieties, even in the wet conditions of 2017, showed a high resistance to lodging (4–5 points by a 5-point scale). In the spring and summer months of 2018, there was a significant increase in temperature in comparison with that of 2017. In June there were some days with dry wind, and therefore the air humidity dropped to 38% (23% lower than the multiyear average). The analysis of the yield structure showed that in 2016 the winter barley varieties showed higher values of the traits “number of kernels per ear” and “1000-kernel weight”, and “number of productive stems per 1 m<sup>2</sup>” in 2017. According to a comprehensive estimation, there have been identified the promising winter barley varieties “Marusya”, “Parallelum 1960” and “Parallelum 1962”, which significantly exceeded the standard variety “Timofey” in terms of productivity, and showed complex resistance to leaf diseases. In 2016, the variety “Marusya” was sent to be studied in the State Variety Network of RF through the North Caucasus region.

**Keywords:** winter barley, variety, productivity, 1000-kernel weight, number of kernels per head, lodging resistance.

**Введение.** Увеличение производства зерна и повышение его качественных показателей в настоящее время имеют приоритетное значение. Заметная роль в зерновом балансе отводится ячменю как особо ценной культуре разностороннего использования (фураж, пиво, крупы, зеленый корм, сенаж и др.).

В увеличении и стабилизации валовых сборов ячменя, в основном за счет повышения урожайности этой культуры, важная роль принадлежит селекции адаптированных к проявлению засухи новых высокоурожайных сортов (Алабушев и др., 2017).

Потенциал урожайности озимого ячменя определяется особенностями его формирования. Многочисленные исследования показывают, что формирование его урожайности проходит в относительно увлажненный период, эта культура продуктивно использует влагу осенне-зимних осадков, что позволяет экономно расходовать запасы влаги на единицу продукции. В связи с этим по урожайности озимый ячмень значительно превосходит яровой (Филиппов и др., 2014).

Цель исследований – оценка перспективного селекционного материала и сортов озимого ячменя в условиях юга Ростовской области.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2016–2018 гг. Объектом исследований являлись коммерческие (Тимофей, Ерема, Виват) и новые сорта (Фокс 1, Маруся) озимого ячменя, а также перспективные селекционные линии. Площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>; повторность 6-кратная. Предшественник – горох. Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed. Уборку делянок осуществляли комбайном Wintersteiger Classic.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, оценку на устойчивость к полеганию и поражению листовыми болезнями. Степень поражения карликовой ржавчиной определяли по методике Э. Э. Гешеле (1978), мучнистой росой – по методике Майнса и Дитца (1930), поражение пятнистостями определяли по методике О. С. Афанасенко (1987).

Учеты, наблюдения и оценки селекционного материала осуществляли согласно Методике государственного сортоиспытания с.-х. культур (1989) и Методическим указаниям ВИР по изучению мировой коллекции ячменя и овса (1984).

В сентябре 2015 г. выпало всего 0,4 мм осадков, что привело к неравномерному появлению всходов позже оптимальных сроков (в 3-й декаде ноября). В сентябре 2016 г. количество осадков также было незначительным (3,5 мм). Среднесуточная температура воздуха в осенний период 2015 г. была выше средних многолетних данных на 2,3 °С. Осенью 2016 г. данный показатель был примерно на уровне среднемноголетнего. В марте 2017 г. количество осадков было на 7,3 мм меньше по сравнению со средними значениями. В мае 2016 г. количество выпавших осадков было на 105,5% больше среднемноголетнего показателя, что привело к сильному проявлению поражения листовыми болезнями. Июнь 2016 г. был жарким, засушливым, среднесуточная температура воздуха была на 1,8 °С выше среднемноголетней. Осадков выпало 23,8 мм при норме 71,3 мм. В июне 2017 г. количество осадков было больше среднемноголетнего на 24,3%. Среднесуточная температура воздуха в июне была на уровне среднемноголетней (рис. 1, 2).

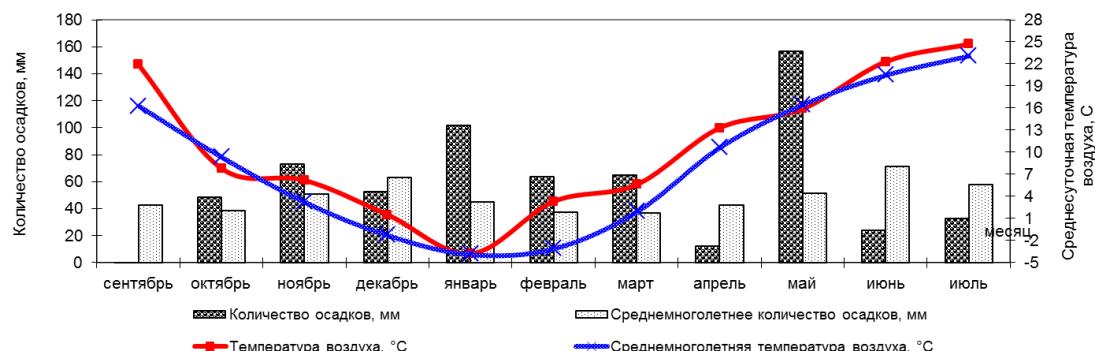


Рис. 1. Метеоданные за 2015–2016 сельскохозяйственный год (метеостанция Зерноград)  
Fig. 1. Weather data for 2015–2016 agricultural year (Zernograd weather station)

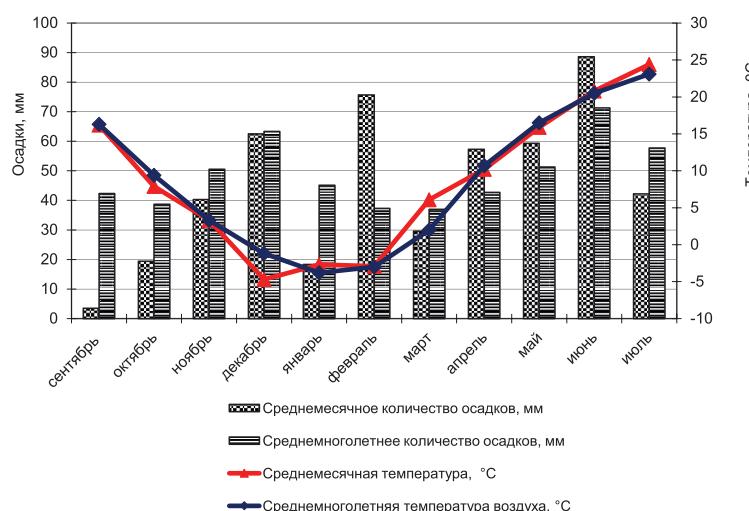


Рис. 2. Метеоданные за 2016–2017 сельскохозяйственный год (метеостанция Зерноград)  
Fig. 2. Weather data for 2016–2017 agricultural year (Zernograd weather station)

В сентябре 2017 г. выпало всего 27,8 мм, что привело к появлению всходов только через 18 дней (9–10 октября). Среднесуточная температура воздуха в осенний период была выше среднемноголетних данных на 0,8–3,3 °С. В марте 2018 г. осадков выпало больше среднемноголетних данных на 6,8 мм. Однако уже в апреле количество осадков резко сократилось как по сравнению со среднемноголетними данными,

так и по сравнению с влажным 2017 г. В мае, июне и июле данная тенденция сохранилась. Кроме того, в эти месяцы было отмечено также значительное повышение температурного режима по сравнению с предыдущим годом и среднемноголетним показателем. В июне наблюдалась дни с суховейными явлениями, в связи с чем влажность воздуха опустилась до 38% (рис. 3).

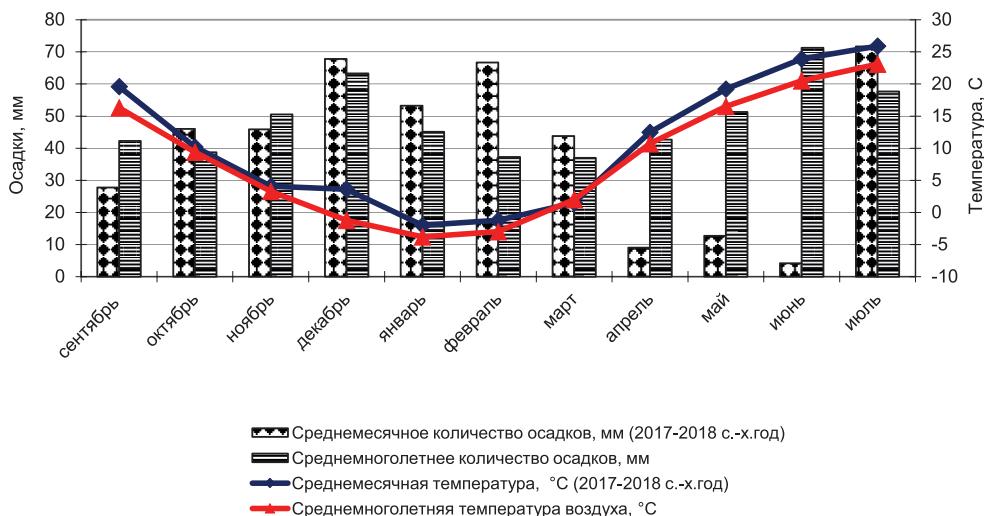


Рис. 3. Метеоданные за 2017–2018 сельскохозяйственный год (метеостанция Зерноград)  
Fig. 3. Weather data for 2017–2018 agricultural year (Zernograd weather station)

В целом сложившиеся климатические условия позволили достаточно полно оценить селекционный материал по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам. Анализ сортов по урожайности показал, что наиболее благоприятным по влагообеспеченности и температурному режиму для озимого ячменя был 2017 г. Наименьшая урожайность была получена в 2016 г. в связи с обильным количеством осадков и низкими температурами в мае, что способствовало массовому развитию листовых болезней на посевах и полеганию.

**Результаты и их обсуждение.** Обильное количество осадков значительно отразилось на показателе «высота растений». Наиболее отзывчивыми на влажные погодные условия 2017 г. стали сорта Тимофей, Параллелум 1962, Параллелум 1952 и Параллелум 1970, у которых высота растений увеличилась более чем на 20 см. Наибольшую стабильность проявил сорт Маруся, высота растений которого увеличилась всего на 8 см (рис. 4).

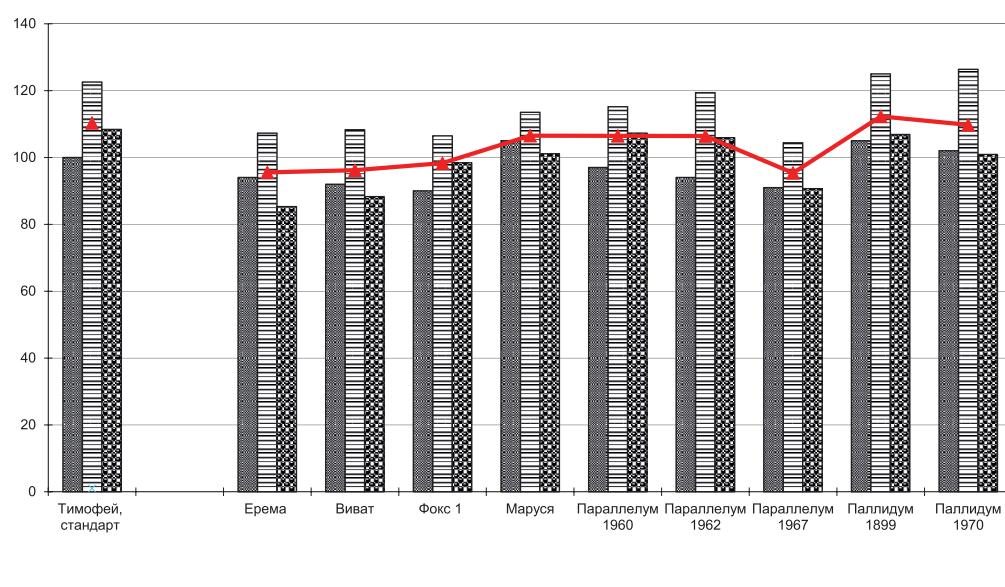


Рис. 4. Высота растений у сортов озимого ячменя (2016–2018 гг.)  
Fig. 4. Plant height of winter barley varieties (2016–2018)

В условиях острой засухи в течение весенней вегетации 2018 г. наибольшее снижение данного показателя по сравнению с влагообеспеченным 2017 г. отмечено у сортов Ерема, Виват и Палладум 1970 ( $-22,0$ ;  $-20,0$ ;  $-25,5$  см соответственно). В целом значения высоты растений варьировали в слабой степени в годы проведения исследований ( $C_v = 5,6$ ;  $6,8$  и  $8,1\%$  соответственно).

Изучаемые сорта озимого ячменя показали высокий уровень устойчивости к полеганию (4–5 баллов по 5-балльной шкале) как в условиях недостатка влаги 2018 г., так и во влажных условиях 2016 и 2017 гг.

В Ростовской области озимый ячмень в некоторые годы, когда складываются благоприятные условия для развития патогенов, может в значитель-

ной мере поражаться болезнями (мучнистой росой, сетчатым гельминтоспориозом, карликовой ржавчиной).

В условиях 2016 г. сильного проявления поражения листовыми болезнями на озимом ячмене выявлено не было, кроме сорта Мастер, проявившего восприимчивость к сетчатому гельминтоспориозу (2,5–3 балла по 4-балльной шкале). В 2017 г. отмечен более высокий уровень поражения на изучаемых сортах озимого ячменя. Однако сорта Параллелум 1960 и Параллелум 1962 проявили комплексную устойчивость к поражению распространенными в регионе листовыми болезнями даже в условиях умеренно теплого лета с обильным количеством осадков в 2017 г. (табл. 1).

## 1. Поражение листовыми болезнями сортов озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)

### 1. The infection of winter barley varieties by leaf diseases in a competitive variety testing (2016–2018)

Сорт	Годы								
	2016			2017			2018		
	M/p	СГС	КРЖ	M/p	СГС	КРЖ	M/p	СГС	КРЖ
Тимофей, ст.	0,1	0,1–1	0	2,5–3	1,5	1–5	–	1–1,5	–
Ерема	01–1	01–1	0,5–1	1,5	1,5	15	–	1	–
Виват	0,1–1	1–1,5	0,5–1	2–2,5	2–2,5	10–15	сл	1,5	–
Фокс 1	0	1,5–2	0	2,5–3	2,5	1–5	–	1,5–2	–
Маруся	0,1–1	1–1,5	0,1	2,5	1,5–2	1–5	1	1–1,5	–
Параллелум 1960	0	1–1,5	0	1–1,5	1–1,5	1–5	–	1,5	–
Параллелум 1962	0,1–1	0,1–1	0	1,5	1–1,5	5	–	1,5	–
Параллелум 1967	0	1–1,5	0,5–1	1,5–2	1,5–2	20	–	1,5	–
Палладум 1899	0,1	1–1,5	0,1	2–2,5	2–2,5	1	сл	1–1,5	–
Палладум 1970	1,5–2	1,5–2	0	1,5–2	1,5–2	1	–	0,1	–

Примечание: M/p – мучнистая роса; СГС – сетчатый гельминтоспориоз; КРЖ – карликовая ржавчина.

Урожайность формируется за счет основных элементов ее структуры, таких как число продуктивных стеблей на  $m^2$ , число зерен в колосе и масса 1000 зерен. В более благоприятных условиях, сложившихся в течение вегетации 2017 г., изучаемые сорта озимого

ячменя сформировали большее количество продуктивных стеблей на  $1 m^2$  по сравнению с 2016 и 2018 гг. Значения данного признака варьировали в средней степени ( $C_v = 10,4$ – $17,8\%$ ) (табл. 2).

## 2. Вариабельность элементов структуры урожая сортов озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании (2016–2018 гг.)

### 2. Variability of the elements of yield structure of winter barley varieties in a competitive variety testing (2016–2018)

Статистические величины	Количество продуктивных стеблей на $1 m^2$ , шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
2016 г.			
Минимум	358,0	51,0	39,6
Максимум	641,0	74,0	48,2
Среднее	474,4	61,5	43,5
Стандартное отклонение	84,6	7,2	2,8
Коэффициент вариации	17,8	11,6	6,3
2017 г.			
Минимум	492,3	46,3	36,0
Максимум	726,0	54,3	51,5
Среднее	621,9	50,8	45,1
Стандартное отклонение	64,5	2,7	4,3
Коэффициент вариации	10,4	5,3	9,4
2018 г.			
Минимум	459,0	47,8	39,7
Максимум	654,0	63,7	56,0
Среднее	549,4	53,0	47,6
Стандартное отклонение	66,6	4,2	4,8
Коэффициент вариации	12,1	7,9	10,0

Более высокие значения признака «число зерен в колосе» отмечены в 2016 г.: коэффициенты вариации находились в пределах 5,3–11,6%, что свидетель-

ствует о низкой степени варьирования значений данных признаков. Более крупное зерно изучаемые сорта озимого ячменя сформировали в 2018 г. Значения

данного признака по годам варьировали в слабой степени ( $C_v = 6,3\text{--}10,0\%$ ).

В годы проведения исследований практически все сорта сформировали достоверно большее коли-

чество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> по сравнению со стандартом Тимофеем. По крупнозерности выделились Маруся, Паллидум 1899 и Паллидум 1970 (табл. 3).

### 3. Элементы структуры урожайности сортов озимого ячменя (2016–2018 гг.) 3. Elements of yield structure of winter barley varieties (2016–2018)

Сорт	Количество продуктивных стеблей на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Тимофеев, ст.	456	63,0	43,2
Ерема	554	59,0	40,2
Виват	622	49,0	43,8
Фокс 1	513	54,0	44,3
Маруся	557	54,0	48,9
Параллелум 1960	515	55,0	46,4
Параллелум 1962	503	60,0	46,8
Параллелум 1967	649	55,0	39,7
Паллидум 1899	560	52,0	50,9
Паллидум 1970	532	54,0	48,3
Std Dev	54	4,0	3,5

Создание сортов с высокой потенциальной урожайностью – главный критерий эффективности любой селекционной программы. В годы проведения исследований урожайность варьировала

в слабой степени ( $C_v = 5,1\text{--}6,0\%$ ). В 2016 г. достоверно превысили стандарт Тимофеев сорта Маруся, Параллелум 1960, Параллелум 1962, Паллидум 1899 (табл. 4).

### 4. Урожайность сортов озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании, т/га (2016–2018 гг.) 4. Productivity of winter barley varieties in a competitive variety testing, t/ha (2016–2018)

Сорт	2016 г.	± к ст.	2017 г.	± к ст.	2018 г.	± к ст.	Среднее
Тимофеев, ст.	5,7	–	9,7	–	8,6	–	8,0
Ерема	5,6	-0,1	11,4	+1,7	8,4	-0,2	8,5
Виват	6,7	+1,0	10,6	+0,9	9,1	+0,5	8,8
Фокс 1	6,5	+0,8	10,0	+0,3	10,0	+1,4	8,8
Маруся	7,2	+1,5	11,2	+1,5	10,0	+1,4	9,5
Параллелум 1960	7,1	+1,4	10,7	+1,0	8,9	+0,3	8,9
Параллелум 1962	7,3	+1,6	10,8	+1,1	8,8	+0,2	9,0
Параллелум 1967	7,0	+1,3	10,2	+0,5	8,5	-0,1	8,6
Паллидум 1899	7,3	+1,6	10,5	+0,8	9,4	+0,8	9,1
Паллидум 1970	6,8	+1,1	10,0	+0,3	9,2	+0,6	8,7
HCP <sub>0,5</sub>	1,3		0,9		0,5		0,9
C <sub>v</sub> , %	5,1		5,2		6,0		

В 2017 г. урожайность была значительно выше в связи с большей влагообеспеченностью в течение вегетационного периода. Достоверную прибавку к стандарту сформировали сорта Ерема, Маруся, Параллелум 1960, Параллелум 1962.

В 2018 г. наибольшие значения урожайности отмечены у сортов Фокс 1, Маруся, Паллидум 1899 и Паллидум 1970. В среднем за 2016–2018 гг. выделилось три сорта – Маруся, Паллидум 1899 и Параллелум 1962.

#### Выводы

1. Значения высоты растений у сортов озимого ячменя в годы проведения исследований варьиро-

вали в слабой степени ( $Cv = 5,6; 6,8$  и  $8,1\%$  соответственно).

2. Сорта Параллелум 1960 и Параллелум 1962 проявили комплексную устойчивость к поражению распространенными в регионе листовыми болезнями.

3. Наиболее крупное и полновесное зерно сформировали сорта Маруся, Паллидум 1899 и Паллидум 1970.

4. Выделены перспективные сорта озимого ячменя Маруся, Паллидум 1899 и Параллелум 1962, достоверно превысившие стандарт Тимофеев по урожайности в среднем за годы проведения исследований.

#### Библиографические ссылки

- Алабушев А. В., Филиппов Е. Г., Донцова А. А. и др. Резервы увеличения урожайности ячменя. Ростов н/Д., 2017. С. 4.
- Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.

#### References

- Alabushev A. V., Filippov E. G., Doncova A. A. i dr. Rezervy uvelicheniya urozhajnosti yachmenya [Reserves to increase barley productivity]. Rostov n/D., 2017. S. 4.
- Filippov E. G., Doncova A. A. Selekcija ozimogo yachmenya. [Winter barley breeding]. Rostov n/D.: ZAO “Kniga”, 2014. 208 s.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ОЦЕНКА СОРТОВ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО ОСНОВНЫМ ПРИЗНАКАМ И СВОЙСТВАМ

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

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

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

**Т. С. Макарова**, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x;

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

**О. А. Костыленко**, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

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

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

Представлены результаты изучения 47 сортов озимой твердой пшеницы различного экологического происхождения в 2016–2018 гг. по продуктивности и качеству. Все изучаемые образцы относятся к полукарликовым и низкорослым формам (высота 61–105 см). Высокой устойчивостью к полеганию отличались полукарликовые формы (3,9 балла). Основная часть образцов (89,3%) в экологическом испытании формировала урожайность зерна от 8,41 до 9,65 т/га. Лишь три сорта (Лазурит, Агат Донской, Андромеда) в опыте озимой твердой пшеницы характеризуются высокой урожайностью в пределах от 9,65–10,0 т/га. Урожайность стандартного сорта Кристелла в среднем за три года (2016–2018 гг.) составила 9,03 т/га. Сорта Кондор (116,8%), Золотко (123,0%), Афина (126,9%) проявили высокую сохранность растений в годы исследований в сравнении со стандартным сортом по морозостойкости Дончанка (100%). Основная часть сортов озимой твердой пшеницы (68%) в экологическом испытании обладала крупным зерном – масса 1000 зерен составляла более 40 г: Амазонка (42,9 г), Лазурит (47,7 г), Диона (42,1 г), Альян парус (43,7 г), Днепрьяна (45,4 г), Крупинка (46,9 г) и др. Изучаемые образцы имели высокие показатели содержания белка (13,6–15,1%), клейковины (22,8–27,0%), SDS-седиментации (30–45 мл), каротиноидов (468–779 мкг/%), натуры (777,0–819,0 г/л), стекловидности (85–98%). Товарно-технические и кулинарные качества макарон основной части образцов характеризовались оценкой «отлично» (Дончанка, Оникс, Киприда, Атолл, Кермен Winter Gold и др.) и «хорошо» (Тейя, Эйрена, Лазурит, Диана, Альян парус, Крупинка, Афина и др.).

**Ключевые слова:** озимая твердая пшеница, сорт, урожайность, качество, каротиноиды.



## ESTIMATION OF THE VARIETIES WITH DIFFERENT ECOLOGICAL ORIGIN ACCORDING TO THEIR MAIN TRAITS AND PROPERTIES

**A. S. Kameneva**, post-graduate, agronomist of the laboratory of winter durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x;

**N. E. Samofalova**, candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of winter durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

**N. P. Illichkina**, candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory of winter durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

**T. S. Makarova**, researcher of the laboratory of winter durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x;

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

**O. A. Kostylenko**, agronomist of the laboratory of winter durum wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

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

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

The article presents the results of productivity and grain quality of 47 winter durum wheat varieties of various ecological origin studied in 2016–2018. All studied samples belong to semi-dwarf and dwarf forms (height of 61–105 cm). Semi-dwarf forms possessed high lodging resistance (3.9 points). The grain harvest of the main part (89.3%) of the samples ranged from 8.41 to 9.65 t/ha in the environmental test. Only three varieties ("Lazurit", "Agat Donskoy", "Andromeda") in the winter durum wheat trial are characterized with high yields ranging from 9.65–10.0 t/ha. The yield of the standard variety of "Khristella" was 9.03 t / ha on average in 2016–2018. The varieties "Kondor" (116.8%), "Zolotko" (123.0%), "Afina" (126.9%) showed high frost tolerance of the plants through the years of research, in comparison with the standard variety "Donchanka" (100%). In the ecological test the main part (68%) of winter durum wheat varieties possessed large grain. "1000-grain weight" was more than 40 g: "Amazon" (42.9 g), "Lazurit" (47.7 g), "Diona" (42.1 g), "Alyi Parus" (43.7 g), "Dnepryana" (45.4 g), "Krupinka" (46.9 g), etc. The studied samples had high percentage of protein

(13.6–15.1%), gluten (22.8–27.0%), SDS-sedimentation (30–45 ml), carotenoids (468–779 µg/%), nature weight (777.0–819.0 g/l), kernel hardness (85–98%). The technical and culinary qualities of the pasta made from the main part of the samples were evaluated as excellent (the varieties "Donchanka", "Oniks", "Kiprida", "Atoll", "Kermen", "Winter Gold", etc.) and as good (the varieties "Teya", "Eirena", "Lazurit", "Diona", "Alyi Parus", "Krupinka", "Afina", etc.).

**Keywords:** winter durum wheat, variety, productivity, quality, carotenoids.

**Введение.** Единственным сырьем для изготовления макарон хорошего качества, характеризующихся слабой разваримостью, высокой прочностью, приятным вкусом, является твердая пшеница. Зерно этой культуры имеет протеин, приближенный к белку молочного происхождения, что дает возможность получать высококачественные продукты детского и диетического питания (Самофалова и др., 2015).

Проблемы селекции озимой твердой пшеницы на продуктивность и качество не нашли еще достаточного освещения в литературе. Еще меньше литературных источников о различиях технологических признаков и свойств у обычных форм пшеницы, кроме содержания белка и клейковины. Поэтому нами больше внимания было уделено показателям качества зерна и макарон озимой твердой пшеницы (Ковтунов и Самофалова, 2006).

Цель исследований – оценить сорта озимой твердой пшеницы различного экологического происхождения по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам, выделить лучшие для дальнейшего использования в практической селекции.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2016–2018 гг. Материалом для исследований послужили 47 сортов озимой твердой пшеницы селекции различного экологического происхождения: Дончанка, Кристелла, Аксинит, Курант, Амазонка, Лазурит, Оникс, Диона, Эренеа, Тейя, Агат Донской, Киприда, Яхонт, Терра, Гелиос, Прикумская 142, Прикумчанка, Крупинка, Золотко, Круча, Кермен, Одари, Уния, Жемчужина Дона, Степной янтарь, Алтана, Кондор, Белгородская янтарная (Россия); Аргонавт, Айсберг одесский, Днепряна, Шулындина, Алый парус, Харьковская 32, Афина, Лагуна, Атолл, Прибуткова, Партенит, Каравелла, Макар, Посейдон, Андромеда, Бурштин, Тур, Континент (Украина); Winter Gold (Германия). В качестве стандарта использовали сорт Кристелла, по морозостойкости – Дончанка.

Посев экологического сортоиспытания осуществляли сеялкой Wintersteiger Plotseed S с нормой высева 500 шт. всхожих семян на 1 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>; повторность – двукратная; размещение делянок – систематическое. Предшественник – сидеральный пар. Уборку проводили комбайном Wintersteiger Classic. Посев, фенологические наблюдения, оценки устойчивости сортов к полеганию, учет урожая, проводили по Методике государственного сортоиспытания (Иванисов, 2016).

Зимостойкость определяли глазомерно в баллах после перезимовки, морозостойкость – путем промораживания в камерах холодильной установки (КНТ-1) по методикам Харьковского НИИРиС.

Качественные показатели зерна (стекловидность, натура, белок, клейковина) определяли по методам, изложенным в изданиях «Методика оценки технологических качеств зерна» (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1988).

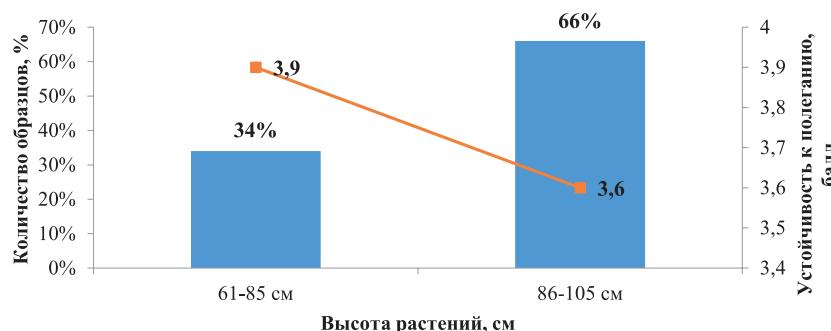
Исследование технологических свойств зерна твердой пшеницы проводили по показателям его физических свойств, мукомольных качеств, приготовления и сушки макарон, анализу товарно-технических свойств (прочность, цвет макарон) и анализу кулинарных качеств (потери сухого вещества, разваримость).

Метеорологические условия 2015–2016 с.-х. г. оказались нетипичными для юга Ростовской области и не совсем благоприятными для роста и развития растений озимой твердой пшеницы. 2016–2017 с.-х. г., несмотря на поздний посев, выпирание растений, поражение болезнями, был благоприятным для формирования высокого урожая зерна, что позволило оценить потенциал продуктивности изучаемого материала. Условия 2017–2018 с.-х. г., несмотря на недостаток осадков, особенно в период налива и созревания, который по всей видимости компенсировался накопленными ранее запасами влаги, по жаростойкой культуре озимая твердая пшеница оказались оптимальными и позволили получить рекордную за всю историю селекционной работы урожайность (от 10 до 13 т/га), крупное, хорошо выполненное, стекловидное зерно.

**Результаты и их обсуждение.** Основными признаками для культуры, которые требуют селекционного улучшения на современном этапе, являются повышение устойчивости к полеганию, зимостойкости, стабильности урожая и качества в различные по годовым условиям годы.

Причинами полегания являются высокорослость, низкая прочность стебля, корневые и стеблевые гнили. Наиболее важная из них – высота растений, от которой в 80% случаев зависит устойчивость пшеницы к полеганию (Ковтунов и Самофалова, 2006).

В годы исследований высота изучаемых сортов варьировала от 73 до 95 см. 34% образцов озимой твердой пшеницы отнесены к полукарликовой группе с высотой 61–85 см, остальные 66% вошли в низкостебельную группу (86–105 см) (рис. 1). Высота стандартного сорта Кристелла составила 85 см.



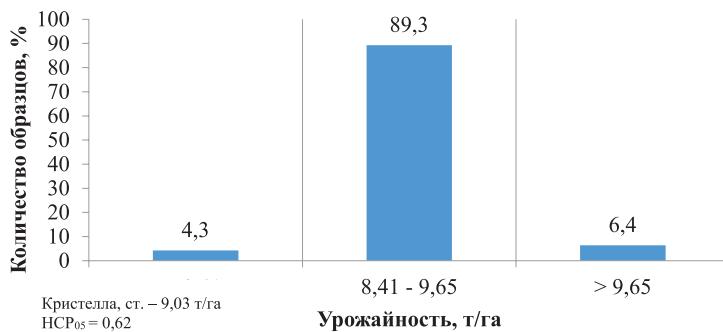
**Рис. 1.** Зависимость устойчивости к полеганию от высоты растений сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.)

**Fig. 1.** Dependence of resistance to lodging on the plants height of winter durum wheat varieties in the environmental testing (2016–2018)

Устойчивость к полеганию в 2016–2018 гг. варьировала от 2,5 до 5,0 балла. Стоит отметить образцы полукарликовой группы, которые по этому признаку превысили низкорослую. Устойчивость их к полеганию составила 3,9 балла. Лучшие из них по этому признаку: Аксинит, Курант, Оникс, Днепряна, Круча, Кондор, Макар, Эйрена, Кермен, Агат Донской, Яхонт, Аргонавт (4–5 баллов).

Урожайность сортов озимой твердой пшеницы в зависимости от условий выращивания существен-

но варьировала по годам. В 2016 г. она находилась в пределах от 5,44 до 7,93 т/га; в 2017 г. – от 6,8 до 9,93 т/га; в 2018 г. – от 10,64 до 13,11 т/га. Урожайность зерна стандартного сорта Кристелла составила 11,52 т/га. В среднем за 3 года изучения урожайность озимой твердой пшеницы варьировала от 7,00 до 9,74 т/га. Основная часть сортов (89,3%) в экологическом испытании сформировала урожайность зерна от 8,41 до 9,65 т/га (рис. 2).



**Рис. 2. Урожайность сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.)**

**Fig. 2. Productivity of winter durum varieties in the environmental testing (2016–2018)**

Достоверно превысили стандарт ( $HCP_{05} = \pm 0,62$  т/га) по урожайности следующие сорта: Лазурит, Агат Донской, Андромеда. Их урожайность находилась в пределах от 9,65 до 10,0 т/га.

Селекция на устойчивость к стрессам, главным из которых для озимой твердой пшеницы является морозостойкость, должна базироваться на изучении влияния низкотемпературных режимов на ход физиологических процессов в различные периоды роста и развития растений озимой пшеницы (Иванисов и Ионова, 2016). Поэтому одним из способов созда-

ния провокационных условий для определения морозостойкости является метод прямого промораживания растений в посевных ящиках (Иванисов, 2016).

Сохранность растений в опыте в среднем за три года исследований относительно стандарта Дончанка варьировала от 59,0% у сорта Бурштин до 126,9% у сорта Афина.

Морозостойкость выделившихся сортов на уровне высокоустойчивого к низким температурам для этой культуры стандарта Дончанка представлена в таблице 1.

## 1. Морозостойкость выделившихся сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.) (КНТ при $-17^{\circ}\text{C}$ )

### 1. Frost resistance of the identified winter durum wheat varieties in the environmental testing (2016–2018) (CST at $-17^{\circ}\text{C}$ )

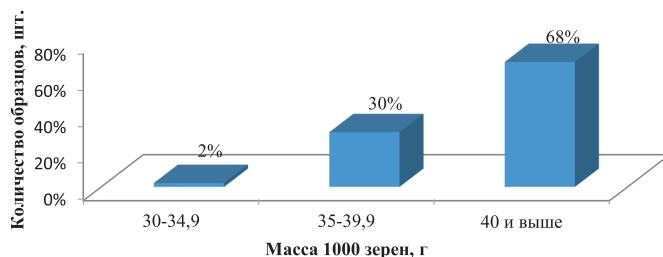
Сорт	Морозостойкость относительно стандарта, %	+ к стандарту	Оценка перезимовки, балл
Дончанка, ст.	100,0	–	4,3
Уния	100,2	+0,2	4,5
Макар	100,3	+0,3	4,5
Белгородская янтарная	100,4	+0,4	4,2
Днепряна	102,2	+2,2	4,5
Яхонт	102,3	+2,3	4,1
Эйрена	110,6	+10,6	4,4
Диона	112,5	+12,5	4,5
Шулындинка	112,5	+12,5	4,5
Кондор	116,8	+16,8	3,5
Золотко	123,0	+23,0	4,5
Афина	126,9	+26,9	4,5
$HCP_{05}$	15,3	–	–

Из них достоверно высокую морозостойкость показали 3 сорта: Кондор, Золотко, Афина ( $HCP_{05} = \pm 15,3$ ).

Важным признаком для твердой озимой пшеницы является крупность зерна. Увеличение массы

1000 зерен приводит к увеличению выхода крупы (Самофалова и др., 2015).

Масса 1000 зерен у изучаемых сортов озимой твердой пшеницы варьировала от 34,9 до 47,7 г. У стандартного сорта Кристелла она составила 39,7 г (рис. 3).



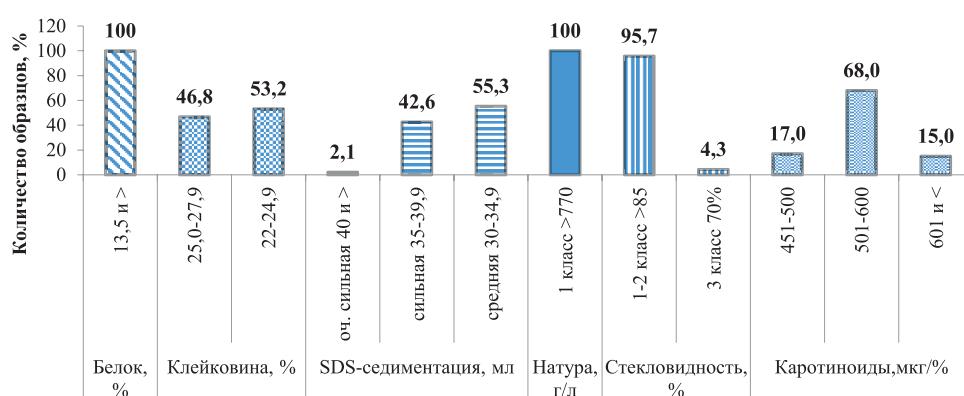
**Рис. 3.** Масса 1000 зерен сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.)  
**Fig. 3.** 1000-kernel weight of winter durum wheat varieties in the environmental testing (2016–2018)

Основная часть сортов (68%) в экологическом испытании сформировала крупное зерно – масса 1000 зерен у них была более 40 г. Средней крупностью характеризовались 30% образцов (35,1–40,0 г). Мелкое зерно с массой 1000 зерен менее 35 г в опыте имел сорт Курант. Выделены сорта Лазурит, Днепряна, Крупинка, Круча, Макар, Агат Донской, Андромеда, Алтана, Кондор, Харьковская 32, у которых масса 1000 зерен была 45 г и выше.

Содержание белка в зерне озимой твердой пшеницы не является сильно лимитирующим факто-

ром, как, например, в зерне мягкой: его количество на уровне 13–15% является вполне достаточным для получения макаронных изделий высокого качества (Иличкина, 2004).

Содержание белка в наших исследованиях находилось в пределах от 13,6 до 15,1% (рис. 4). Высокобелковостью обладали сорта Яхонт (15,08%), Агат Донской (14,98%), Лазурит (14,85%), Жемчужина Дона (14,81%), Оникс (14,68%).



**Рис. 4.** Показатели качества зерна сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.)  
**Fig. 4.** Indicators of grain quality of winter durum wheat varieties in the environmental testing (2016–2018)

За изучаемый период содержание клейковины в зерне сортов озимой твердой пшеницы изменялось от 22,8 (Партенит) до 27,0% (Круча). Данный уровень достаточен для получения прочных макарон.

SDS-седиментации для твердой пшеницы отражает качество клейковины. Этот показатель определяется экспресс-методом. Согласно градации, разработанной АНЦ «Донской», зерно озимой твердой пшеницы делится на 4 группы: 1 – очень сильное (40 и > мл); 2 – сильное (35–39 мл); 3 – среднее (30–34 мл); 4 – слабое (29 и < мл) (Самофалова и др., 2014).

В наших исследованиях показатель «SDS-седиментация» варьировал от 30 до 45 мл. К первой группе относился сорт Курант, который имел величину седиментационного осадка 40 мл и более; основная масса сортов (97,9%) озимой твердой пшеницы относилась ко второй (35–39 мл) и третьей группам (30–34 мл).

Натура зерна является одним из важных показателей технологических свойств твердой пшеницы. Чем она выше, тем больше зерна в единице объема, больше выход крупки. Натурный вес ниже 730 г/л имеет наименьший выход крупки (Иличкина, 2004).

Анализ данных показывает, что зерно изучаемых сортов и линий характеризуется высокой нату-

рой (777–819 г/л) и соответствует требованиям ГОСТ Р 52554-2006 на первый класс.

Стекловидность обычно связывают с макаронно-крупяными свойствами твердой пшеницы. В зерне с высоким показателем этого признака больше белков, образующих клейковину, а поэтому выше макаронно-крупяные свойства муки (Иличкина, 2004).

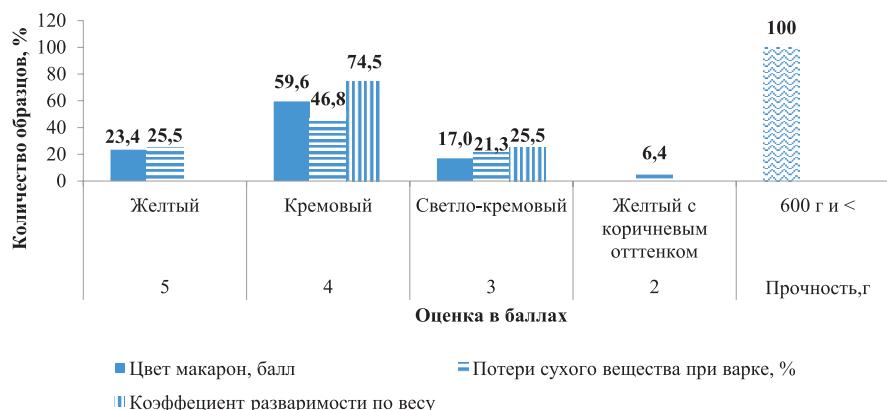
В среднем за три года стекловидность зерна стандартного сорта Кристелла составила 95%. Основная масса 95,7% образцов отличилась высоким значением данного признака (85–98%). Низкую стекловидность в опыте имели сорта Каравелла и Шулындикка (84%), которые по этому показателю отнесены к 3-му классу ГОСТа.

Содержание в зерне озимой твердой пшеницы каротиноидных пигментов является важнейшим признаком качества, обеспечивающим цвет макаронных изделий.

В наших исследованиях содержание каротиноидов у сортов озимой твердой пшеницы варьировало от 468 до 779 мкг%. По данному признаку в ходе селекции ведется непрерывный отбор, и образцы, у которых уровень каротиноидов ниже 400 мкг%, выбраковываются. Высокое содержание каротиноидов (601 и <) отмечено у 7 сортов (15%): Кристелла (стандарт), Winter Gold, Киприда, Каравелла, Кондор, Терра, Партенит.

Одним из лимитирующих признаков качества является цвет макаронных изделий, характеризующий их потребительские свойства (Иличкина, 2004).

В среднем за годы исследований в экологическом испытании основная часть сортов (83%) имела стабильно высокую оценку цвета макарон – от 4,0 до 5,0 балла (от кремового до желтого) (рис. 5).



**Рис. 5. Показатели качества макарон сортов озимой твердой пшеницы в экологическом испытании (2016–2018 гг.)**  
**Fig. 5. Indicators of pasta quality of winter durum wheat varieties in the environmental testing (2016–2018)**

По этому признаку выделились сорта Дончанка, Киприда, Агат Донской, Winter Gold, Оникс и др., которые имели оценку цвета 5,0 балла.

Прочность также является важным показателем качества макаронных изделий. Макароны с хорошей прочностью более 600 г выдерживают длительные хранения и транспортировку (Иличкина, 2004). В наших исследованиях прочность макарон составила от 628 (Диона) до 796 г (Прикумчанка). Лучшими по этому показателю были сорта Жемчужина Дона (772 г), Курант, Яхонт (781 г), Круча (783 г), Прикумчанка (796 г).

При варке макароны из сортов твердых пшениц должны сохранять свою форму, иметь хороший внешний вид и вкусовые качества, что важно для потребителя. По данным Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, лучший коэффициент разваримости по весу считается 3,0–4,3. В наших исследованиях этот показатель варьировал от 3,3 до 3,6. Основная часть сортов (74,5%) в экологическом испытании имела коэффициент разваримости, который соответствовал оценке «хорошо».

Качество макарон при варке характеризуется сухим остатком после выпаривания варочной воды. Чем больше сухой остаток (не должен превышать 9%), тем ниже пищевые достоинства макарон. За годы исследований (2016–2018) все изучаемые образцы характеризовались хорошей устойчивостью к переварке, сухой остаток находился в пределах от 5,3 (Кристелла) до 7,6% (Партенит).

**Выходы.** В результате проведенных исследований выделены следующие сорта озимой твердой пшеницы по комплексу хозяйствственно ценных признаков и свойств: Дончанка, Кристелла, Лазурит, Курант, Аксинит, Агат Донской, Киприда, Крупинка, Круча, Кондор, Золотко, Жемчужина Дона (Россия); Прикумчанка, Андромеда, Макар, Афина (Украина). Эти образцы рекомендуются для дальнейшего использования в практической селекции как источники продуктивности, морозостойкости, качества зерна и макаронных изделий.

#### Библиографические ссылки

1. Иванисов М. М., Ионова Е. В. Морозостойкость сортов и линий озимой мягкой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9-3(51). С. 110–113.
2. Иванисов М. М. Использование метода определения свободного пролина при оценке морозостойкости сортов озимой пшеницы // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства: Международный саммит молодых ученых: мат. конференции (г. Краснодар, 26–30 июля 2016 г.). Краснодар: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса», 2016. С. 58–62.
3. Иличкина Н. П. Селекция полукарликовых сортов озимой тургидной и твердой пшеницы в условиях Дона // Технология, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сборник / Азово-Черноморский инженерный институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде. Зерноград, 2004. С. 16–18.
4. Ковтун В. И., Самофалова Н. Е. Селекция озимой пшеницы на юге России: монография. Ростов н/Д., 2006. 480 с.
5. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Лещенко М. А., Дубинина О. А., Кравченко Н. С., Дерова Т. Г. Состояние и задачи селекции твердой озимой пшеницы в изменяющихся условиях климата // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12(142). С. 18–23.
6. 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. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 32 с.

#### References

1. Ivanisov M. M., Ionova E. V. Morozostojkost' sortov i linij ozimoj myagkoj pshenicy [Frost resistance of winter soft wheat varieties and lines] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 9-3(51). S. 110–113.
2. Ivanisov M. M., Ispol'zovanie metoda opredeleniya svobodnogo prolina pri ocenke morozostojkosti sortov ozimoj pshenicy [The use of the method of determining free proline to assess the frost resistance of winter wheat

varieties] // Sovremennye resheniya v razvitiu sel'skohozyajstvennoj nauki i proizvodstva: Mezhdunarodnyj sammit molodyh uchenyh: mat. konferencii (g. Krasnodar, 26–30 iyulya 2016 g.). Krasnodar : FGBNU "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut risa", 2016. S. 58–62.

3. Illichkina N. P. Selekcija polukarikovyh sortov ozimoj turgidnoj i tverdoj pshenicy v usloviyah Dona [Breeding of semi-dwarf varieties of winter turgid and durum wheat on Don] // Tekhnologija, selekcija i semenovodstvo sel'skohozyajstvennyh kul'tur: sbornik / Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut – filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya "Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet" v g. Zernograde. Zernograd, 2004. S. 16–18.

4. Kovtun V. I., Samofalova N. E. Selekcija ozimoj pshenicy na yuge Rossii [Winter wheat breeding in the south of Russia]: monografiya. Rostov n/D., 2006. 480 s.

5. Samofalova N. E., Illichkina N. P., Leshchenko M. A., Dubinina O. A., Kravchenko N. S., Derova T. G. Sostoyanie i zadachi selekcii tverdoj ozimoj pshenicy v izmenyayushchihsya usloviyah klimata [The state and objectives of winter durum wheat breeding in the changing climate conditions] // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 12(142). S. 18–23.

6. Samofalova N. E., Kopus' M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Illichkina N. P., Grichanikova T. A. SDS-sedimentaciya v poehtapnoj ocenke selekcionnogo materiala ozimoj pshenicy po kachestvu zerna [SDS-sedimentation in the gradual assessment of the winter wheat breeding material according to the quality of grain]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga", 2014. 32 s.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## АНАЛИЗ СОРТОВОГО СОСТАВА И КАЧЕСТВА ВЫСЕВАЕМЫХ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ю. Б. Арженовская**, экономист лаборатории экономики производства зерна,  
ORCID ID: 0000-0003-3855-372X;

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

**А. А. Донцова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
зав. лабораторией селекции и семеноводства озимого ячменя, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

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

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

Представлены посевные площади и урожайность ярового ячменя в Ростовской области. Выполнен анализ возделываемых сортов по году размещения их в Госреестре РФ (по периодам). Выявлены посевные площади сортов ярового ячменя в зависимости от сроков нахождения в производстве. Проведен анализ состава высеваемых семян (оригинальных, элитных и репродукционных) ярового ячменя за период с 2017 по 2018 г. Выявлены наиболее распространенные сорта ярового ячменя в Ростовской области и их репродукционный состав. Отмечена целесообразность увеличения производства ярового ячменя в регионе за счет увеличения посевных площадей и внедрения новых высокоадаптивных сортов.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, сортовой состав, сортовые качества, сорта-лидеры.



## THE ANALYSIS OF THE VARIETAL COMPOSITION AND SOWN SEED QUALITY OF SPRING BARLEY IN THE AGRICULTURAL FARMS OF THE ROSTOV REGION

**Yu. B. Arzhenovskaya**, economist of the laboratory of grain production economy,  
ORCID ID: 0000-0003-3855-372X;

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

**A. A. Dontsova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher,  
head of the laboratory of winter barley breeding and seed-growing, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

**G. A. Filenko**, Candidate of Agricultural Sciences,  
старший исследователь лаборатории первичного семеноводства и семеноведения,  
ORCID ID: 0000-0003-4271-0003

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

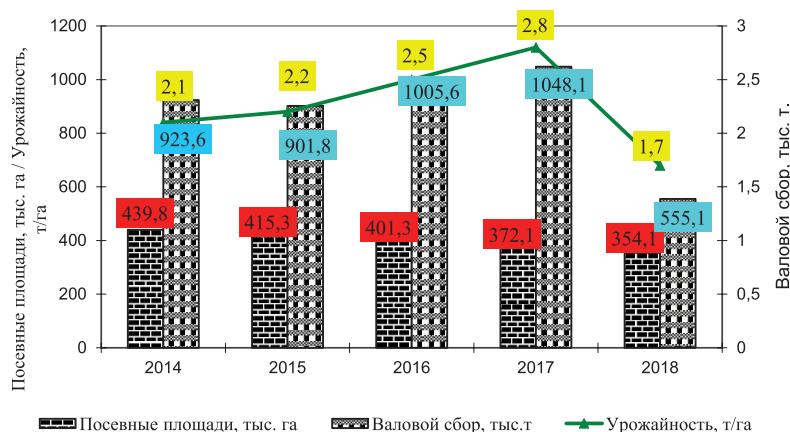
The article presents analysis of the sown areas and spring barley productivity in the Rostov region. There has been made analysis of the cultivated varieties according to the year of their introduction into the State List of the Breeding Achievements of the Russian Federation (period-by period). There have been revealed the sown areas of spring barley varieties depending on the time spent in the production. There has been carried out the analysis of the composition of the sown spring barley seeds (original, elite and reproductive) from 2017 to 2018. There have been identified the most widely spread varieties of spring barley in the Rostov region and their reproductive composition. There has been considered expediency to improve spring barley production in the region by increasing the acreage and introducing new highly adaptable varieties.

**Keywords:** spring barley, varietal composition, varietal traits, leading varieties.

**Введение.** Яровой ячмень в условиях Ростовской области является значимой зерновой продовольственной, кормовой и технической культурой. Наилучший сорт и качественные семена являются важным условием для увеличения валовых сборов (Филиппов и др., 2014; Золотарева и др., 2016). Новый сорт – это биологический фундамент, на котором строятся все остальные элементы технологии возделывания. Успехи селекции современных сортов реализуются благодаря семеноводству, которое решает такие задачи, как ускоренное размножение новых, вводимых в производство сортов и сохранение высоких качеств семян созданных сортов. В связи с этим проводится сортосмена и сортобновление. Одной из проблем семеноводства на современном этапе является медленное внедрение в сельское хозяйство нового сорта из-за плохой

управляемости процессами сортобновления и сортосмены (Алабушев и др., 2012).

**Результаты и их обсуждение.** За последние годы в Ростовской области отмечено значительное снижение посевных площадей, занимаемых яровым ячменем, при неуклонном росте его урожайности и объемов производства зерна. Однако, несмотря на этот факт, яровой ячмень, как и прежде, является основной зернофуражной культурой в Ростовской области, посевные площади которого варьируют по годам от 354,1 до 439,8 тыс. га, что составляет 7,6–10,1% в структуре посевных площадей. Средняя урожайность по области за 2014–2018 гг. составила 2,3 т/га, варьируя по годам от 1,7 т/га в острозасушливом 2018 г. до 2,8 т/га в наиболее благоприятном 2017 г. (Единая межведомственная информационно-статистическая система) (рис. 1).

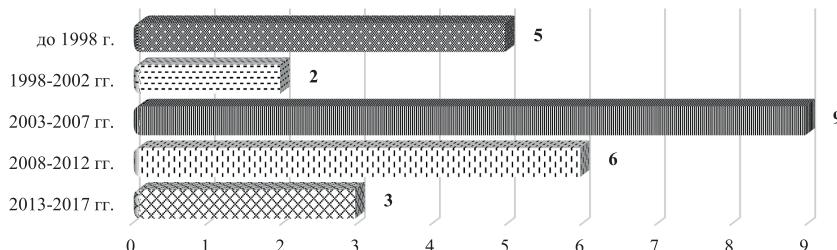


**Рис. 1.** Динамика посевных площадей, урожайности и валовых сборов ярового ячменя в Ростовской области (2014–2018 гг.) (по данным сайта [www.fedstat.ru](http://www.fedstat.ru))

**Fig. 1.** Dynamics of sown areas, productivity and gross yield of spring barley in the Rostov region (2014–2018) (according to the site [www.fedstat.ru](http://www.fedstat.ru))

Селекция ячменя в Российской Федерации ведется довольно интенсивно. На 2018 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ включено 215 сортов ярового ячменя. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому региону, включено 24 сорта ярового ячменя, из которых 6 внесены за последние 4 года (Государственный реестр, 2018).

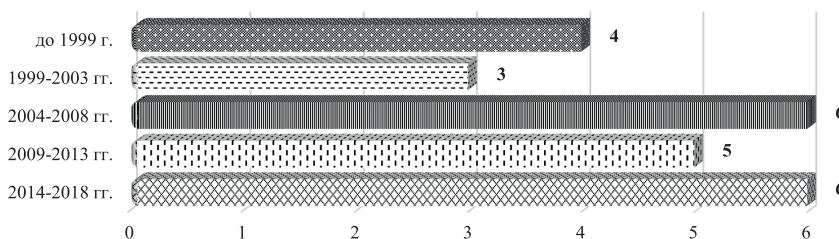
Сельхозтоваропроизводителями в Ростовской области высевалось в 2017 г. 25 сортов ярового ячменя. В Госреестр РФ больше 1/3 всех выращиваемых сортов было включено в период с 2003 по 2007 г. Только три из возделываемых сортов были внесены в Госреестр РФ за последний пятилетний период (рис. 2).



**Рис. 2.** Распределение сортов ярового ячменя, высеваемых в Ростовской области, по году внесения в Госреестр, 2017 г.  
**Fig. 2.** Distribution of spring barley varieties, sown in the Rostov region, according to the year of registration in the State List, 2017

В 2018 г. общее количество сортов незначительно снизилось и составило 24 единицы. Из общего числа сортов, внесенных в Госреестр РФ, шесть сортов

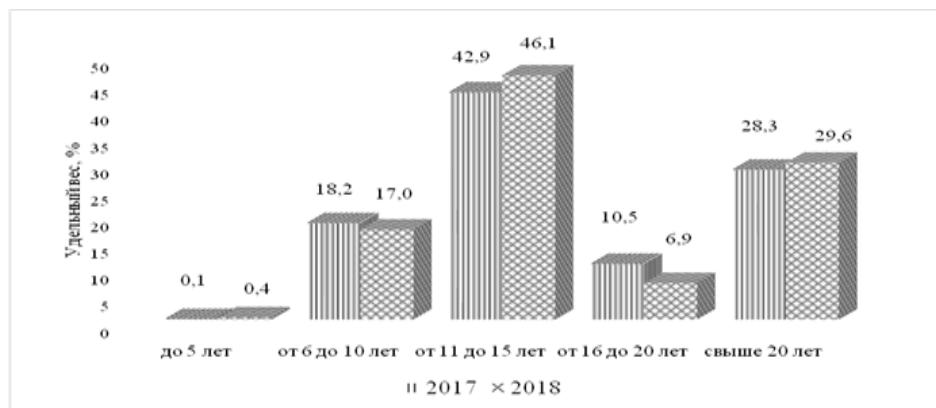
были внесены за последний период, что в два раза больше, чем в 2017 г., а количество «устаревших» сортов, напротив, снизилось до 16,7% (рис. 3).



**Рис. 3.** Распределение сортов ярового ячменя, высеваемых в Ростовской области, по году внесения в Госреестр, 2018 г.  
**Fig. 3.** Distribution of spring barley varieties, sown in the Rostov region, according to the year of registration in the State List, 2018

Результаты анализа удельного веса сортов ярового ячменя в посевных площадях в зависимости от сроков нахождения в производстве в условиях Ростовской области показывают, что наибольшую долю в посевной площади ярового ячменя за исследуемые годы занимали сорта, находящихся в производстве от 11

до 15 лет. В 2017 г. это 9 сортов, суммарная доля которых в посевах составила 42,9%; в 2018 г. количество таких сортов значительно сократилось (до 6), а площадь под ними увеличилась до 46,1% от всей посевной площади ярового ячменя в Ростовской области (рис. 4).

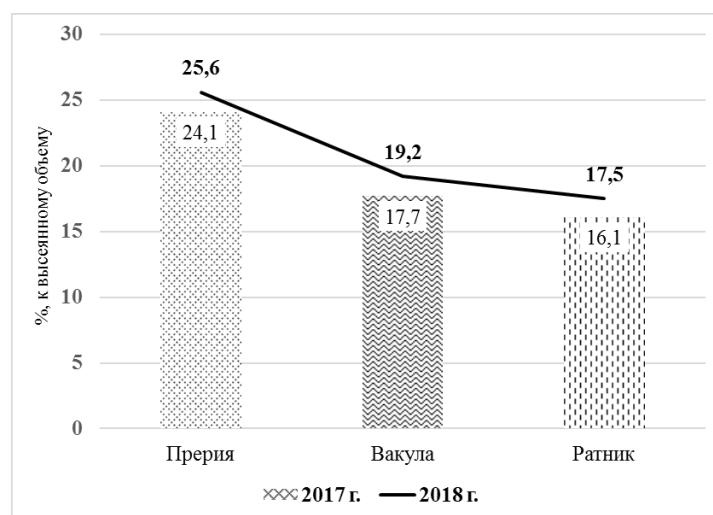


**Рис. 4.** Удельный вес сортов ярового ячменя в посевных площадях в зависимости от сроков нахождения в производстве в 2017 и 2018 гг., %

**Fig. 4.** The share of spring barley varieties in the sown areas, depending on the period in production in 2017 and 2018, %

Новые сорта, находящиеся в производстве в последний пятилетний период, занимали от 0,1% в 2017 г. до 0,4% в 2018 г. площади посевов. Выявлено, что удельный вес под «устаревшими» сортами, которые возделываются более 20 лет, не только не уменьшился в 2018 г. (28,3% к общей площади посевов ярового ячменя), а, напротив, незначительно увеличился до 29,6%.

Среди высеваемых сортов ярового ячменя наибольший удельный вес отмечался у таких сортов, как Прерия (1992 г. внесения сорта в Госреестр), Вакула (2007 г.), Ратник (2004 г.). Суммарная доля их в посевах составляла от 57,9% в 2017 г. до 62,3% в 2018 г. Именно они являются сортами-лидерами в сортовых ресурсах данной культуры (рис. 5).



**Рис. 5.** Сорта-лидеры ярового ячменя в Ростовской области (2017–2018 гг.)

**Fig. 5.** Spring barley leading varieties of in the Rostov region (2017–2018)

Выделившиеся сорта-лидеры занимают довольно стабильное положение, так как их доля в посевах в 2018 г. относительно 2017 г. возросла.

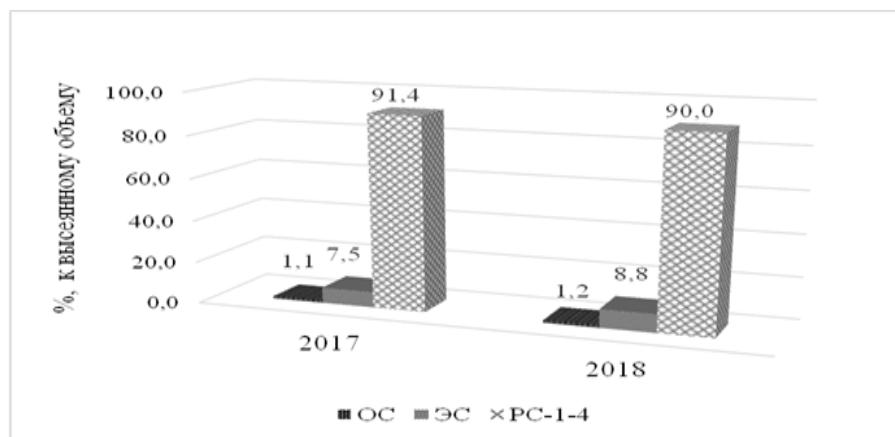
Особенностью сортовой структуры ярового ячменя является то, что в производстве используется значительное количество «устаревших» сортов, таких как Виконт, Мамлюк, Одесский 100, Прерия и Зерноградец 770. Все это свидетельствует о необходимости проведения сортосмены «устаревших» сортов на рекомендованные к возделыванию современные сорта. Новые сорта Грис, Медикум 157 пришли им на смену, но еще их не вытеснили. Так, сорт Грис в 2017 г. занимал площадь 0,4 тыс. га, а в следующем году – уже 1,1 тыс. га, что составило 0,3% от посевной площади ярового ячменя в Ростовской области. Данный сорт используется на зернофураж и продовольственные цели, характеризуется высокой адаптивностью к почвенно-климатическим условиям Ростовской области. С 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Ростовской

области внесен новый высокопродуктивный, жаростойкий зернофуражный сорт ярового ячменя Федос, пришедший на смену старому сорту Сокол. Сорт Федос формирует высокую урожайность за счет большого количества продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup>, хорошей озерненности колоса и крупности зерна. Кроме того, этот сорт является раннеспелым, благодаря чему фазы налива зерна проходят в более благоприятных климатических условиях. Исследованиями ряда ученых установлено, что использование новых сортов, обладающих высоким уровнем адаптивности в совокупности с высоким качеством зерна и стабильной урожайностью, является важным элементом повышения эффективности производства и рационального использования земельных ресурсов, а следовательно, и экономического роста (Рыбась и др., 2018; Ионова и др., 2018).

Проанализировав среднегодовые объемы высеванных семян в 2017 и 2018 гг., следует отметить, что в Ростовской области необходимо продолжить

целенаправленную работу по улучшению сортовых качеств семян. Доля оригинальных (ОС) и элитных семян (ЭС) необходимо увеличить до 15% (Фирсова и др., 2015). За исследуемый период была выявлена незначительная динамика по увеличению доли высе-

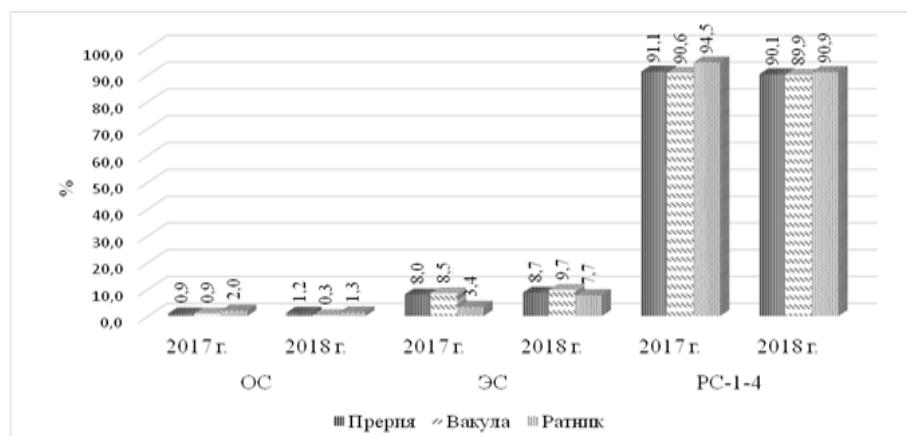
янных элитных семян с 7,5% в 2017 г. до 8,8% в 2018 г. Однако этого недостаточно, так как этот показатель должен быть не менее 15%. Основу семенного фонда ярового ячменя в хозяйствах области составляют семена 1–4 репродукций (рис. 6).



**Рис. 6.** Репродукционный состав высеваемых семян ярового ячменя, % (2017–2018 гг.)  
**Fig. 6.** Reproductive composition of sown seeds of spring barley, % (2017–2018)

Как показывают данные, приведенные на рисунке 7, основу семенного фонда по сортам-лидерам

составляют семена от первой до четвертой репродукции.



**Рис. 7.** Репродукционный состав высеваемых семян сортов-лидеров ярового ячменя, % (2017–2018 гг.)  
**Fig. 7.** Reproductive composition of sown seeds of spring barley leading varieties, % (2017–2018)

Необходимо отметить значительный рост (более чем в 2 раза) использования в 2018 г. элитных семян сорта Ратник. Оригинальные и элитные семена по сортам-лидерам занимали только от 0,3 до 9,7% от объема высеваемых семян отдельного сорта. Учитывая, что наукой и практикой доказано, что урожайность ярового ячменя при посеве семенами каждой последующей репродукции уменьшается, необходимо использовать более качественные семена для ее повышения.

**Выводы.** В Ростовской области за исследуемый период возделывалось более 20 сортов ярового ячменя, что свидетельствует о сортовом многообразии. Ежегодно Государственный реестр селекционных достижений РФ пополняется новыми сортами ярового ячменя, однако ресурсный потенциал селекционных

достижений по данной культуре используется недостаточно эффективно. В связи с этим сельхозтоваропроизводителям в современных экономических условиях необходимо более ответственно подходить к выбору сорта, отказаться от использования «устаревших» сортов, первичное семеноводство которых их оригинаторы давно не ведут, расширять посевные площади новых, более высокопродуктивных сортов и уделять повышенное внимание необходимости периодической замены «низких» репродукционных семян на семена этого же сорта, но более высокой категории. Правильно подобранный сортовой состав, ускоренное его внедрение и использование семян с высокими качествами создают возможности для повышения дополнительного валового сбора и стабильного урожая ярового ячменя в Ростовской области.

#### Библиографические ссылки

- Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Горпинченко С. И. Семеноводство сорго зернового в Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1. С. 12–15.
- Алабушев А. В. Состояние и пути эффективности отрасли растениеводства. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга». 2012. 383 с.

3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (офиц. изд.). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 504 с.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru>.
5. Золотарева Р. И., Максимов В. А., Иванова Л. И., Виноградов Г. М. Яровой ячмень – основная кормовая культура республики Марий Эл // Вестник Казанского ГАУ. 2016. № 1. С. 22–26.
6. Ионова Е. В., Кравченко Н. С., Газе В. Л., Марченко Д. М. Устойчивость к абиотическим факторам среды и качественные показатели зерна сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4. С. 54–59.
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. С. 51–54.
8. Филиппов Е. Г., Алабушев А. В. Селекция ярового ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга». 2014. 208 с.
9. Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Перспективы элитного семеноводства ярового ячменя в Ростовской области // Аграрный вестник Урала. 2015. № 7. С. 25–28.

#### References

1. Alabushev A. V., Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Gorpichenko S. I. Semenovodstvo sorgo zernovogo v Rostovskoj oblasti [Seed growing of grain sorghum in the Rostov region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 1. S. 12–15.
2. Alabushev A. V. Sostoyanie i puti effektivnosti otrazli rastenievodstva [The state and efficiency ways of plant growing]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga". 2012. 383 s.
3. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyy k ispol'zovaniyu [The State List of Breeding Achievements Approved for Use]. Т. 1. "Sorta rastenij" (ofic. izd.). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh". 2018. 504 s.
4. Edinaya mezhvedomstvennaya informacionno-statisticheskaya sistema [Ehlektronnyj resurs] [Unified interdepartmental information and statistical system]. Rezhim dostupa: <https://www.fedstat.ru>.
5. Zolotaryova R. I., Maksimov V. A., Ivanova L. I., Vinogradov G. M. Yarovoij yachmen' – osnovnaya kormovaya kul'tura respubliki Marij Ehl [Spring barley is the main fodder crop of the Mari El Republic] // Vestnik Kazanskogo GAU. 2016. № 1. S. 22–26.
6. Ionova E. V., Kravchenko N. S., Gaze V. L., Marchenko D. M. Ustojchivost' k abioticheskim faktoram sredy i kachestvennye pokazateli zerna sortov ozimoj myagkoj pshenicy [Resistance of winter soft wheat varieties to abiotic environmental factors and quality indicators] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4. S. 54–59.
7. Rybas' I. A., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Ivanisov M. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. Ocenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoj myagkoj pshenicy [Assessment of the adaptability parameters of winter wheat varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4. S. 51–54.
8. Filippov E. G., Alabushev A. V. Selekcija yarovoogo yachmenya [Spring barley breeding]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga". 2014. 208 s.
9. Firsova T. I., Filenko G. A. Perspektivy ehlitnogo semenovodstva yarovoogo yachmenya v Rostovskoj oblasti [Prospects for basic seed growing of spring barley in the Rostov region] // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 7. S. 25–28.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 631.52:635.627

DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-63-68

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ PYRENOPHORA TERES НА ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ РЕГИОНЕ

**Г. В. Волкова**, доктор биологических наук,  
зав. лабораторией иммунитета зерновых культур к грибным болезням, galvol.bpp@yandex.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-3696-2610;

**И. Л. Астапчук**, младший научный сотрудник сектора биотехнологии, irina\_astapchuk@mail.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-9713-0383

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»,  
350039, г. Краснодар, п/о 39

Величина и качество урожая не только находятся под постоянной угрозой из-за погодных условий, оказывающих стрессовое воздействие на растения, но и серьезную опасность для урожая представляют патогенные грибы, среди которых сетчатая пятнистость листьев (возбудитель *Drechslera teres* (Saccardo) Shoemaker (син. *Helminthosporium teres* Saccardo), теломорфа: *Pyrenophora teres* Drechsler), являющаяся наиболее вредоносной. На восьми участках Северного Кавказа (Лабинский, Кущевский, Кавказский, Ейский, Целинский ГСУ, Ачикулакский ГСИУ, Аграрный научный центр «Донской» и Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция НЦЗ им. П. П. Лукьяненко) в период с 2014 по 2016 г. обследовали высеванные сортообразцы озимого ячменя на пораженность *P. teres*. Сетчатая пятнистость листьев была обнаружена на посевах ячменя во всех обследованных участках. Всего было изучено 300 озимых и 59 яровых форм, из которых в разные годы показали устойчивость 117 озимых и 37 яровых. В южной предгорной зоне за 3 года исследований 15 сортообразцов (19% от 78 изученных) проявили себя как устойчивые. В западной приазовской зоне 11 сортов (25% от 43 изученных сортообразцов) показали устойчивую реакцию. В центральной зоне было изучено 114 сортообразцов ячменя, из них 25 (21%) показали устойчивую реакцию к *P. teres*. В восточно-степной зоне 9 из 9 (100%) сортообразцов оказались устойчивыми. В северной зоне 18 (32%) показали устойчивую реакцию к патогену из 56 изученных. Таким образом, наибольшее количество устойчивых сортообразцов оказалось на участках, расположенных в засушливой восточно-степной зоне и с недостаточно устойчивым увлажнением в северной агроклиматической зоне. Следовательно, для защиты ячменя от возбудителя сетчатой пятнистости листьев необходимо не только подбирать высокоустойчивые сорта, но и учитывать зависимость пораженности ячменя *P. teres* от агроклиматических условий (температуры и влажности) в разных зонах Северного Кавказа.

**Ключевые слова:** ячмень, сетчатая пятнистость, *Pyrenophora teres*, селекционные посевы.



### THE SPREAD OF PYRENOPHORA TERES ON BARLEY CROPS IN THE NORTH-CAUCASUS REGION

**Г. В. Volkova**, Doctor of Biological Sciences, head of the laboratory of grain crop immunity to fungi pathogens, galvol.bpp@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3696-2610;

**I. L. Astapchuk**, junior researcher of the sector of biotechnologies, irina\_astapchuk@mail.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-9713-0383

FSBSI "All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants",  
350039, Krasnodar, p/o 39

The size and quality of yields are under constant threat not only because of weather conditions with its stressful effect on plants, but also pathogenic fungi, including the most harmful net leaf blotch (the causative agent *Drechslera teres* (Saccardo) Shoemaker (syn. *Helminthosporium teres* Saccardo), teleomorph: *Pyrenophora teres* Drechsler). In the period from 2014 to 2016, the eight regions of the North Caucasus (Labinsky, Kushevsky, Kackazsky, Yeysky, Tselinsky GSU, Achikulaksky GSIU, Agricultural Research Center "Donskoy" and the North-Kubansky Agricultural Experimental Station named after P. P. Lukyanenko) made experiments and studied winter barley varieties infected with *P. teres*. Net leaf blotch was found on barley crops in all studied areas. In total there were studied 300 winter and 59 spring forms, where 117 winter and 37 spring varieties showed resistance to the disease in different years. In the southern hilly zone 15 variety samples (19% of 78 studied varieties) proved to be stable to the disease for 3 years of research. In the western pre-Azov zone 11 varieties (25% of 43 studied variety samples) showed a stable reaction. In the central part 114 barley samples were studied, where 25 variety samples (21%) showed a stable reaction to *P. teres*. In the east-steppe zone, 9 out of 9 (100%) variety samples were found to be stable. In the northern zone 18 samples (32%) showed a sustained resistance to the pathogen out of 56 studied ones. Thus, the largest number of resistant variety samples was found in areas located in the arid eastern steppe zone and with insufficiently stable moisture in the northern agroclimatic zone. Consequently, to protect barley from net leaf blotch pathogen, it is necessary not only to select highly resistant varieties, but also to take into account the dependence of barley infestation with *P. teres* on agroclimatic conditions (temperature and humidity) in different areas of the North Caucasus.

**Keywords:** barley, net blotch, *Pyrenophora teres*, breeding crops.

**Введение.** Ячмень – ценная зернофуражная культура. Разностороннее использование, высокая урожайность, скороспелость, меньшая требовательность к условиям выращивания определяют его большое народно-хозяйственное значение (Репко и др., 2005).

В настоящее время на ячмене известно около 30 болезней, которые вызывают 50 видов па-

тогенов (Афанасенко, 2005). Наибольшее распространение и экономически значимую вредоносность на Северном Кавказе представляют листовые пятнистости, обусловленные паразитизмом гемибиотрофных грибов, среди которых сетчатая пятнистость ячменя занимает доминирующее положение (рис. 1). Возбудитель – аскомицет *Pyrenophora teres*

Drechs. (анаморфа: *Drechslera teres* Sacc. (Shoem.) = *Helminthosporium teres*) (Афанасенко и др., 2000). Сетчатая пятнистость встречается повсеместно. В последнее время она прогрессирует в зерносеющих странах Европы, Азии, Южной и Северной Америки, Австралии (Williams et. al., 2001; Jayasena et. al., 2002). Сетчатая пятнистость интенсивно развивается во многих районах России (Агроэкологический атлас...). Потери урожая восприимчивых сортов ячменя от этой болезни в годы эпифитотий, которые возникают с частотой 5 раз в 10 лет, составляют от 20 до 40% (Афанасенко и др., 2015).



**Рис. 1.** Пораженные сетчатой пятнистостью листья озимого ячменя, net-форма (оригинал)

**Fig. 1.** Winter barley leaves infected with net blotch, net-form (original)

Сорт, как известно, является ведущим фактором защиты от патогенов и повышения урожайности (Данилова и др., 2016). Значительное влияние на повышение валового сбора зерна ячменя оказывает научно обоснованный сортимент сортов, характеризующийся не только стабильной и достаточно высокой продуктивностью, но и устойчивостью к основным болезням (Желтопузов, 2012). Возделывание устойчивых сортов повышает рентабельность производства и уменьшает пестицидную нагрузку на агроценозы, а также загрязнение окружающей среды. Однако селекция таких сортов, особенно комплексно-устойчивых, – это длительный и наукоемкий процесс (Шешегова и др., 2016). Трудность селекции на устойчивость к болезням заключается и в том, что доноры резистентности в одной местности могут оказаться сильно пораженными грибом в другой, так как наряду с изменением внешних условий может меняться видовой состав грибной флоры. Поэтому значимость дифференциально-географического метода изучения мирового разнообразия, предложенного Н. И. Вавиловым, очень велика.

Целью исследований явилась оценка перспективных сортобразцов озимого и ярового ячменя относительно устойчивости к *P. teres* на посевах ячменя в Северо-Кавказском регионе в 2014–2016 гг. в пяти агроклиматических зонах Северного Кавказа.

#### Материалы и методы исследований.

Мониторинг распространения и развития возбудителя сетчатой пятнистости ячменя был проведен на посевах озимого и ярового ячменя ГСУ и селекционных учреждений в вегетационные сезоны 2014–2016 гг. в пяти агроклиматических зонах Северного Кавказа, различающихся по тепло- и влагообеспеченности (Батова, 1966) (табл. 1).

### 1. Агроклиматическая характеристика обследуемых участков посевов ячменя 1. Agroclimatic characteristics of the control areas of barley crops

Агроклиматические зоны	Участки Госсортосети, опытные станции	Агроклиматическая характеристика зоны		
		Типы почв	Осадки за период активной вегетации, мм	Сумма температуры за вегетационный период
			Осадки за год, мм	
Южная предгорная	Лабинский ГСУ	Предкавказские черноземы; черноземы слитые, перегнойно-карбонатные, горнолуговые	400–500	2600–3000
			700–1000	
Зона достаточного увлажнения				
Западная приазовская	Ейский ГСУ	Северо-приазовский чернозем; чернозем каштановый и слитой	250–350	3200–3400
			450–550	
			Зона неустойчивого увлажнения	
Центральная	Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция Кущевский ГСУ Кавказский ГСУ	Предкавказские черноземы; черноземы карбонатные	300–400	3300–3400
			400–700	
			Зона неустойчиво-достаточного увлажнения	
Восточная степная	Ачикулакский ГСИУ	Почвы светло-темно-каштановые; солонцеватые черноземы, предкавказские черноземы	125–200	3400–3600
			250–350	
			Засушливая зона	
Северная	Целинский ГСУ	Чернозем обыкновенный; черноземные пески	125–200	2800–3000
	Аграрный научный центр «Донской»		375–420	
			Зона недостаточно устойчивого увлажнения	

Погодно-климатические условия в период проведения исследований были благоприятными для развития патогена. Для определения интенсивности развития болезни использовали шкалу Бабаянца и др. (1988). Этот показатель оценивали по площади пораженной поверх-

ности листа, покрытого пятнами, в период наибольшего развития болезни. Учеты проводили в фазу колошения – молочной спелости зерна ( $Z 75–80$ ).

Учет интенсивности развития болезни на сортобразцах проводили в 2014 г. на Лабинском, Ейском,

Кущевском, Целинском ГСУ и на Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»; в 2015 г. – на Лабинском, Кущевском

и Целинском ГСУ; в 2016 г. – на Лабинском, Ейском, Кущевском, Кавказском, Ачикулакском, Целинском ГСУ и в Аграрном научном центре «Донской» (рис. 2).

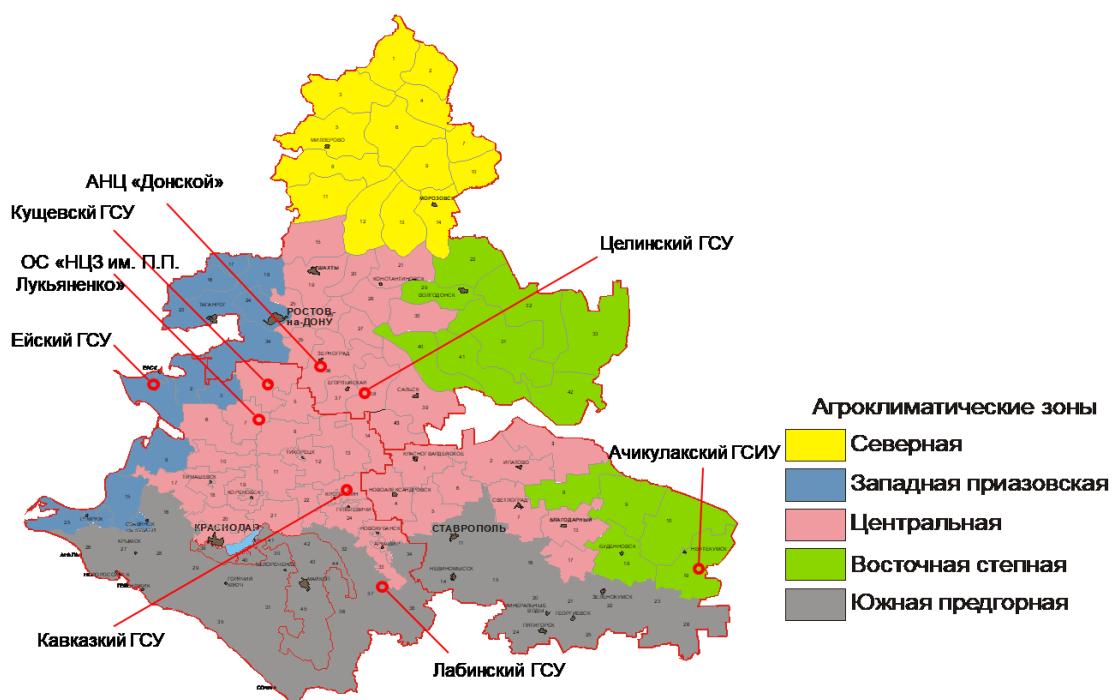


Рис. 2. Место проведения исследований посевов ячменя по иммунологической оценке к *P. teres* (2014–2016 гг.)

Fig. 2. Place of barley study according to assessment of its immunity to *P. teres* (2014–2016 гг.)

Сорта, пораженные до 20%, относили к устойчивым; 21–30% – к слабовосприимчивым; 31–50% – к восприимчивым; 50–90% – высоковосприимчивым и 91–100% – к очень высоковосприимчивым (Tekauz, 1985). Экспериментальные данные обрабатывали по Б. А. Доспехову (2011).

Результаты и их обсуждение. За 3 года было изучено 300 сортообразцов озимого и 59 сортообразцов ярового ячменя на естественном инфекционном фоне *P. teres*. В 2014 г. было изучено 90 озимых форм и 13 яровых, среди которых устойчивость (по-

ражение до 20%) показали 32 озимых (Тату, Стратег и др.) и 5 яровых сортообразцов (Леон, Юла и др.). Средний процент поражения сортообразцов варьировал от 15% на Ейском ГСУ, расположенному в зоне неустойчивого увлажнения, до 55% на Лабинском ГСУ зоны достаточного увлажнения (рис. 3). На опытных участках, расположенных в центральной зоне – зоне неустойчиво-достаточного увлажнения, изученные сортообразцы поражались в среднем на 25–30%. А в северной зоне – зоне недостаточно устойчивого увлажнения поражение сортов не превышало 20%.

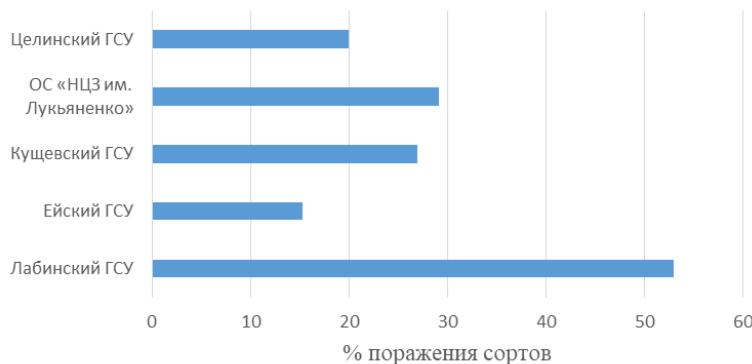
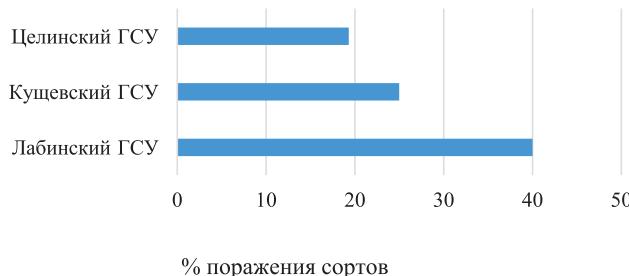


Рис. 3. Средний процент поражения сортов ячменя *P. teres* на различных участках Северного Кавказа (2014 г.)

Fig. 3. Average percentage of barley infection by *P. teres* in different areas of the North Caucasus (2014)

В 2015 г. проведена иммунологическая оценка 67 озимых и 29 яровых сортообразцов ячменя. Устойчивость проявили 46 озимых (Лазарь, Михайло и др.) и 25 яровых сортообразцов (Дали, Богатырь и др.). Средняя пораженность сетчатой пятнистостью на изученных сортообразцах соста-

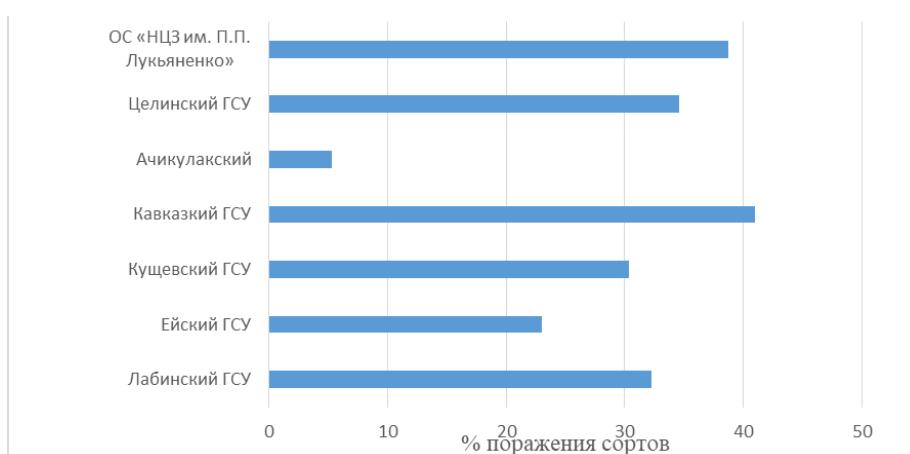
вила 20% на Целинском ГСУ северной зоны, 25% – на Кущевском, расположенном в центральной зоне, и 40% – на Лабинском ГСУ южной предгорной зоны (рис. 4). В зонах достаточного и неустойчиво-достаточного увлажнения климатические условия способствовали развитию патогена на госсортоучастках.



**Рис. 4.** Средний процент поражения сортов ячменя *P. teres* на различных госсортотучастках Северного Кавказа (2015 г.)  
**Fig. 4.** Average percentage of barley infection by *P. teres* in different areas of the North Caucasus (2015)

В 2016 г. было изучено 143 озимых и 17 яровых сортообразцов. Устойчивость проявили 39 озимых (Ерема, Тимофей и др.) и 7 яровых сортообразцов

(Ратник, Богатырь и др.). Средняя пораженность сортообразцов составила от 6% на Ачикулакском ГСИУ до 45% на Лабинском ГСУ (рис. 5).



**Рис. 5.** Средний процент поражения сортообразцов ячменя *P. teres* на различных участках Северного Кавказа (2016 г.)  
**Fig. 5.** Average percentage of barley infection by *P. teres* in different areas of the North Caucasus (2016)

В 2016 г. также наблюдалась тенденция увеличения среднего процента поражения изученных сортообразцов в зависимости от расположения участка от засушливой зоны до зоны достаточного увлажнения.

За 3 года исследований был также изучен набор из 31 сорта ячменя различной селекции (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, КубГАУ и ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской») в Лабинском, Ейском, Кущевском, Целинском, Ачикулакском, Кавказском ГСУ, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» и Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции. Выявлено 6 устойчивых сортов озимого (Ерема, Зачет, Стратег, Кузен, Тимофей, Тату) и 6 ярового (Богатырь, Приазовский 9, Юла, Ратник, Астория, Медиум 157) ячменя. На протяжении трех лет исследований эти сортообразцы стабильно показывали степень поражения патогеном в среднем до 15% на различных ГСУ, расположенных в разных агроклиматических зонах. Таким образом, наибольшее количество устойчивых к *P. teres* сортообразцов ячменя отмечено на ГСУ, расположенных в засушливой восточной степной зоне и с недостаточно устойчивым увлажнением в северной зоне. Это можно связать с тем, что конидиальное спороношение патогена появляется на листьях ячменя при 100% относительной влажности воздуха в диапазоне температур от +15 до +25 °C и с оптимальной температурой +22 °C. В этих зонах недостаточно влаги для сильного развития патогена, о чем свидетельствовал и средний процент поражения сортообразцов по ГСУ, поэтому для защиты посевов ячменя

можно не использовать химические средства борьбы с патогеном, а подбирать сорта с разной генетической устойчивостью. В южной предгорной и центральной зонах – зонах достаточного и неустойчиво-достаточного увлажнения средний процент поражения сортообразцов был выше, чем в других зонах, и их устойчивость, соответственно, ниже.

**Выводы.** За период 2014–2016 гг. было изучено 300 озимых и 59 яровых сортообразцов ячменя, из которых в разные годы устойчивость показали 117 озимых и 37 яровых. В южной предгорной зоне за 3 года исследований 15 сортообразцов (19% от 78 изученных) проявили себя как устойчивые. В западной приазовской зоне 11 сортообразцов (25% от 43 изученных образцов) показали устойчивую реакцию. В центральной зоне было изучено 114 сортообразцов ячменя, из них 25 (21%) показали устойчивую реакцию к *P. teres*, и в восточно-степной зоне 9 из 9 (100%) сортообразцов оказались устойчивыми. В северной зоне из 56 изученных 18 сортообразцов (32%) показали устойчивую реакцию к патогену.

Устойчивую реакцию к патогену во всех зонах в отдельные годы изучения показали сортообразцы Закари, АС 070418, Виват, Скала, Дали (степень поражения – до 20%). Иммунную реакцию (0% поражения) не проявил ни один из изученных сортообразцов.

Следовательно, для защиты ячменя от возбудителя сетчатой пятнистости листьев необходимо не только подбирать высокоустойчивые сорта, но и учитывать зависимость пораженности ячменя *P. teres*

от агроклиматических условий (температуры и влажности) в разных зонах Северного Кавказа (аналогичные исследования ранее были проведены для желтой

пятнистости листьев пшеницы (Волкова и др., 2012)) и при необходимости использовать интегрированный подход к защите посевов ячменя в данных зонах.

#### Библиографические ссылки

1. Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: сельскохозяйственные растения, их вредители, болезни и сорняки [Электронный ресурс] // Болезни сельскохозяйственных культур. Режим доступа: [http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Hordei/Hordei\\_Pyrenophora\\_teres/index.html](http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Hordei/Hordei_Pyrenophora_teres/index.html).
2. Афанасенко О. С., Левитин М. М., Михайлова Л. А. и др. Иммунологические основы селекции зерновых культур и картофеля на устойчивость к болезням // Вестник защиты растений. 2000. № 1. С. 3–10.
3. Афанасенко О. С. Устойчивость ячменя к гемибиотрофным патогенам // Идентифицированный генофонд растений и селекция: сб. науч. трудов. СПб.: ВИР, 2005. С. 592–609.
4. Афанасенко О. Ф., Mather D., Anisimova A. V. и др. Картирование гена, детерминирующего устойчивость к *Pyrenophora teres* f. *Teres* у сорта ячменя Harbin // Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы: II Междунар. науч. конференция к 50-летию ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларусь». Минск, 2015. С. 58.
5. Бабаянц Л., Мештерхази А., Вехтер Ф. и др. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ. Прага, 1988. С. 270–277.
6. Батова В. М. Агроклиматические ресурсы Северного Кавказа. Л., 1966. С. 132–143.
7. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Андронова А. Е. и др. Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler). М., 2012.
8. Данилова А. В., Астапчук И. Л., Волкова Г. В. и др. Оценка устойчивости перспективных сортобразцов озимого ячменя к комплексу листовых болезней в разные фазы вегетации растения // Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях: сб. Междунар. науч.-практ. конференции. 2016. С. 85–88.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. М., 2011. 352 с.
10. Желтопузов В. Н. Роль сорта озимого ячменя в увеличении производства фуражного зерна // Сб. науч. трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2012. Т. 1, № 5. С. 120–123.
11. Репко Н. В., Смирнова Е. В., Коблянский А. С. Посевные площади и урожайность озимого ячменя в основных регионах возделывания // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1645–1655. DOI 10.21515/1990-4665-132-074.
12. Шешегова Т. К., Щенникова И. Н., Щеклеина Л. М. и др. Источники устойчивости ярового ячменя к гельминтоспориозным болезням и их использование в селекции // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 5(54). С. 9–14.
13. Jayasena K. W., Loughman R., Majewski J. Evaluation of fungicides in control of spot-type net blotch on barley // Crop Protection. 2002. No. 21. Pp. 63–69. DOI 10.1016/S0261-2194(01)00118-1.
14. Tekauz A. A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres* // Canad. J. Plant Pathol. 1985. Vol. 7. Pp. 181–183.
15. Williams K. J., Smyl C., Lichon A., Wong K. Y., Wallwork H. Development and use of a PCR-based assay that differentiates the pathogens causing spot form and net form of net blotch of barley // Australasian Plant Pathology. 2001. No. 30. Pp. 37–44. DOI 10.1071/AP00063.

#### References

1. Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nyh gosudarstv: sel'skohozyajstvennye rasteniya, ih vrediteli, bolezni i sornyaki [Ehlektronnyj resurs] [Agroecological Atlas of Russia and adjacent states: agricultural plants, their pests, diseases and weeds] // Bolezni sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Rezhim dostupa: [http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Hordei/Hordei\\_Pyrenophora\\_teres/index.html](http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Hordei/Hordei_Pyrenophora_teres/index.html).
2. Afanasenko O. S., Levitin M. M., Mihajlova L. A. i dr. Immunologicheskie osnovy selekcii zernovyh kul'tur i kartofelya na ustojchivost' k boleznyam [Immunological basis for the breeding of grain crops and potatoes for disease resistance] // Vestnik zashchity rastenij. 2000. № 1. S. 3–10.
3. Afanasenko O. S. Ustojchivost' yachmenya k gemibiotrofnym patogenam [Barley resistance to hemibiotrophic pathogens] // Identificirovannyj genofond rastenij i selekciya: Sb. nauch. trudov. SPb.: VIR, 2005. S. 592–609.
4. Afanasenko O. F., Mather D., Anisimova A. V. i dr. Kartirovanie gena, determiniruyushchego ustojchivost' k *Pyrenophora teres* f. *Teres* u sorta yachmenya Harbin [Mapping of the gene which determines resistance of the barley variety "Harbin" to Pyrenophora teres f. Teres] // Genetika i biotekhnologiya XXI veka: problemy, dostizheniya, perspektivy: II Mezhdunar. nauch. konferenciya k 50-letiyu GNU "Institut genetiki i citologii NAN Be-larusi". Minsk, 2015. S. 58.
5. Babayanc L., Meshterhazi A., Vekhter F. i dr. Metody selekcii i ocenki ustojchivosti pshenicy i yachmenya k boleznyam v stranah chlenah SEHV [Methods of breeding and assessing wheat and barley resistance to diseases in the countries of COMECON]. Praga, 1988. S. 270–277.
6. Batova V. M. Agroklimaticheskie resursy Severnogo Kavkaza [Agroclimatic resources of the North Caucasus]. L., 1966. S. 132–143.
7. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Andronova A. E. i dr. Zheltaya pyatnistost' list'ev pshenicy (Vozbuditel' *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) [Yellow spot of wheat leaves (Pathogen Pyrenophora tritici-repentis (Died.) Drechsler)]. M., 2012.
8. Danilova A. V., Astapchuk I. L., Volkova G. V. i dr. Ocenka ustojchivosti perspektivnyh sortobrazcov ozimogo yachmenya k kompleksu listovyh boleznej v raznye fazy vegetacii rasteniya [Assessment of the stability of winter barley promising varieties to the complex leaf diseases in different phases of plant vegetation] // Nauchnoe obespechenie

proizvodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur v sovremennoy usloviyah: Sb. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. 2016. S. 85–88.

9. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik dlya studentov vysshih sel'skohozyajstvennyh uchebnyh zavedenij po agronomicheskim special'nostyam [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results): a textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties]. M., 2011. 352 s.

10. Zheltopuzov V. N. Rol' sorta ozimogo yachmenya v uvelichenii proizvodstva furazhnogo zerna [The role of winter barley varieties in increasing forage grain production] // Sb. nauch. trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva. 2012. T. 1, № 5. S. 120–123.

11. Repko N. V., Smirnova E. V., Koblyanskij A. S. Posevnye ploshchadi i urozhajnost' ozimogo yachmenya v osnovnyh regionah vozdelyvaniya [Sown areas and productivity of winter barley in the main regions of cultivation] // Politematiceskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1645–1655. DOI 10.21515/1990-4665-132-074.

12. Sheshegova T. K., Shchennikova I. N., Shchekleina L. M. i dr. Istochniki ustojchivosti yarovogo yachmenya k gel'mintosporioznym boleznyam i ikh ispol'zovanie v selekcii [Sources of spring barley resistance to helminthosporium diseases and their use in breeding process] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 5(54). S. 9–14.

13. Jayasena K. W., Loughman R., Majewski J. Evaluation of fungicides in control of spot-type net blotch on barley // Crop Protection. 2002. No. 21. Pp. 63–69. DOI 10.1016/S0261-2194(01)00118-1.

14. Tekauz A. A numerical scale to classify reactions of barley to Pyrenophora teres // Canad. J. Plant Pathol. 1985. Vol. 7. Pp. 181–183.

15. Williams K. J., Smyl C., Lichon A., Wong K. Y., Wallwork H. Development and use of a PCR-based assay that differentiates the pathogens causing spot form and net form of net blotch of barley // Australasian Plant Pathology. 2001. No. 30. Pp. 37–44. DOI 10.1071/AP00063.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. В. Шишкин<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, nik.shiskin.1961@mail.ru,  
ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

**Т. Г. Дерова<sup>1</sup>**, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, derova06@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

**Е. И. Гультяева<sup>2</sup>**, кандидат биологических наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, gullena@rambler.ru,  
ORCID ID: 0000-0001-7948-0307;

**Е. Л. Шайдяук<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, eshaydayuk@bk.ru,  
ORCID ID: 0000-0003-3266-6272

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,  
196608, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 3

Цель исследования – мониторинг эффективности генов устойчивости пшеницы к возбудителю бурой ржавчины (*Lr*-генов) в условиях Ростовской области. Бурая ржавчина – наиболее распространное и вредоносное заболевание пшеницы, которое проявляется ежегодно на посевах от слабого развития до эпифитотий. Сорта мягкой пшеницы, выращиваемые в регионе, в разной степени устойчивы к данному патогену. Для успешной селекции на устойчивость к бурой ржавчине необходимо расширение генетической основы сортов, выращиваемых в регионе, и привлечение доноров новых *Lr*-генов. В связи с этим актуальны исследования по мониторингу популяций патогена и эффективности известных *Lr*-генов по отношению к ростовской популяции патогена. Для этого изогенные линии сорта Thatcher с *Lr*-генами ежегодно изучаются в Аграрном научном центре «Донской» в полевых условиях на инфекционном фоне и в фазе проростков в лабораторных условиях. В данной работе представлены результаты мониторинга популяций в период 2015–2017 гг. Универсально восприимчивым сортом служил сорт Тарасовская 29. В работе использовали общепринятые методы работы с возбудителем бурой ржавчины в фазе проростков и взрослых растений. Установлено, что во взрослом состоянии высокую устойчивость показали 10 линий (поражение – 0%), поражение 6 линий не превышало 10%, а умеренной восприимчивостью (поражение – до 30–40%) обладали 11 линий. Остальные линии были восприимчивы к популяции патогена. Анализ вирулентности в лабораторных условиях в фазе проростков показал высокую эффективность генов *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr50*, *Lr51* и *Lr53*. Фенотипический (расовый) состав ростовской популяции гриба определяли с использованием 20 TcLr-линей.

В 2016–2017 гг. в ростовской популяции выявлено 6 фенотипов. Общими фенотипами в оба года исследований были РНТН, РНТКГ и ТНТН. Выявленные эффективные *Lr*-гены могут быть использованы при создании устойчивых сортов пшеницы с учетом онтогенеза растений.

**Ключевые слова:** бурая ржавчина, мягкая пшеница, устойчивость, *Puccinia recondite* Roberge, *Lr*-гены.



## EFFICIENCY OF WHEAT RESISTANCE GENES TO BROWN RUST IN THE ROSTOV REGION

**N. V. Shishkin<sup>1</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences,  
leading researcher of the laboratory of plant immunity and protection, nik.shiskin.1961@mail.ru,  
ORCID ID: 0000-0003-3863-0297;

**T. G. Derova<sup>1</sup>**, leading researcher of the laboratory of plant immunity and protection, derova06@rambler.ru,  
ORCID ID: 0000-0001-7969-054X;

**E. I. Gulyaeva<sup>2</sup>**, Candidate Biological Sciences,  
leading researcher of the laboratory of mycology and phytopathology, gullena@rambler.ru,  
ORCID ID: 0000-0001-7948-0307;

**E. L. Shaydayuk<sup>2</sup>**, junior researcher of the laboratory of mycology and phytopathology, eshaydayuk@bk.ru,  
ID: 0000-0003-3266-6272

<sup>1</sup>FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”,  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

<sup>2</sup>FSBSI All-Russian Research Institute of Plant protection,  
196608, Saint-Petersburg, Pushkin, Podbelskiy Sh., 3

The purpose of the study is to monitor the efficiency of wheat resistance genes to the causative agent of brown rust (*Lr*-genes) in the Rostov region. Brown rust is the most widely spread and harmful wheat disease which annually occurs on the crops from poor development to epiphytoties. Soft wheat varieties grown in the region are variously resistant to this pathogen. To breed the brown rust resistant varieties, it is necessary to expand genetic basis of the varieties grown in the region and to attract new *Lr*-gene donors. Due to it the study of the monitoring of pathogen populations and the effectiveness of the known *Lr*-genes to the Rostov pathogen population is of great importance nowadays. For this purpose, the isogenic lines of the variety "Thatcher" with *Lr*-genes are annually studied in the Agricultural Research Center "Donskoy" on the infectious plots and in the laboratory conditions in the sprouting phase. This paper presents the monitoring results of the populations in the period of 2015–2017. The variety "Tarasovskaya 29" served as a universally susceptible variety. In this work, there were used generally accepted methods of working with brown rust pathogen in the "sprouting" and "grown-up" periods. It has been established that in the "grown-up" period, 10 lines showed a high resistance to the disease (0% of damage), 6 lines did not exceed 10%, and 11 lines had moderate susceptibility (30–40% of damage) to the pathogen. The remaining lines were susceptible to the pathogen population. The virulence analysis of the plants in the sprouting phase showed

high efficiency of the *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr50*, *Lr51*, and *Lr53* genes. The phenotypic (racial) composition of the Rostov fungus population was identified using 20 *TcLr*-lines. In 2016–2017 in the Rostov population there were identified 6 phenotypes. RNTH, RNTKG and TNTTH were common phenotypes in both years of research. The identified effective *Lr*-genes can be used to develop resistant wheat varieties, taking into account the plants' ontogenesis.

**Keywords:** brown rust, soft wheat, resistance, tolerance, *Puccinia recondite* Roberge, *Lr*-genes.

**Введение.** Бурая ржавчина (*Puccinia recondite* Roberge) – распространенное заболевание пшеницы в Ростовской области (Дерова и Шишкун, 2018). Развитие болезни в различные годы может варьироваться от слабого до эпифитотийного. Иммунно-генетическая защита – наиболее экономичный и экологически безопасный метод снижения потерь урожая от данного заболевания. Сорта мягкой пшеницы, выращиваемые в регионе, характеризуются разной степенью восприимчивости к болезни.

Основным эколого-безопасным способом защиты пшеницы от ржавчинных заболеваний является внедрение в производство устойчивых сортов. Для их создания первостепенное значение имеют исследования по мониторингу вирулентности возбудителей и прогнозированию их генетического потенциала. Проведение такого анализа позволяет выявить изменчивость региональных популяций по вирулентности, появлению новых редких фенотипов, а также идентифицировать эффективные гены устойчивости и определить срок их «полезной жизни».

Во всем мире идентифицировано 77 *Lr*-генов, представленных в «Каталоге генных символов» (McIntosh et al., 2017), большая часть которых картирована в хромосомы. С созданием ДНК-маркеров селекционных признаков появились принципиально новые возможности идентификации генов устойчивости и передача их во вновь создаваемые новые линии пшеницы. Так, в Западной Европе примерами использования маркер-вспомогательной селекции (MAS) являются: создание линий пшеницы с генами *Lr1*, *Lr9*, *Lr24*, *Lr47* во Франции (Nocente et al., 2007); линий с генами *Lr9*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr35*, *Lr37* в Венгрии (Vida et al., 2009); а также линий с генами *Lr24* и *Lr19* в Чехии (Šliková et al., 2004). В настоящее время MAS активно используется для переноса генов во многих странах.

Для успешной селекции на устойчивость к бурой ржавчине необходима информация об изменении вирулентности популяции патогена и эффективности *Lr*-генов по отношению к северокавказской популяции патогена.

Для выявления эффективных *Lr*-генов в полевых условиях АНЦ «Донской» ежегодно проводится изучение устойчивости почти изогенных линий Thatcher к возбудителю бурой ржавчины. Наряду с этим образцы популяций возбудителя бурой ржавчины оцениваются по вирулентности в лабораторных условиях.

Цель настоящей работы – мониторинг эффективности генов устойчивости пшеницы к возбудителю бурой ржавчины в условиях Ростовской области.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2015–2017 гг. В полевых условиях ФГБНУ «АНЦ «Донской» на искусственном инфекционном фоне была изучена устойчивость к бурой ржавчине у 44 почти изогенных *Lr*-линий с генами *NcLr1*, *TcLr2a*, *TcLr2b*, *TcLr2b*, *TcLr2c*, *TcLr3*, *TcLr3ka*, *TcLr3bg*, *TcLr9*, *TcLr10*, *TcLr11*, *TcLr12*, *TcLr13*, *TcLr14a*, *TcLr14b*, *TcLr15*, *TcLr16*, *TcLr17*, *TcLr18*, *TcLr19*, *TcLr20*, *TcLr21*, *TcLr22a*, *TcLr22b*, *TcLr23*, *TcLr24*, *TcLr25*, *TcLr26*, *TcLr28*, *TcLr29*, *TcLr30*, *TcLr32*, *TcLr34*, *TcLr36*, *TcLr38*, *TcLr43*, *TcLr44*, *TcLr45*, *TcLrTr*, *TcLrW*, *TcLrB*, *TcLr39*, *TcLr40*, *TcLr41*, *TcLr42*. Степень пораженности изогенных линий определяли по шкале Р. Ф. Петерсона и др. (1948). В течение вегетационного сезона проводили несколько учетов интенсивности поражения: пер-

вый – при появлении первых симптомов заболевания, последующие – через каждые семь дней. За основной показатель устойчивости принимали данные последнего учета, когда наблюдалось максимальное проявление болезни. В качестве универсально восприимчивого контроля служил сорт Тарасовская 29.

Преобладающие площади посевов озимой пшеницы и относительно благоприятные климатические условия Ростовской области не способствуют снижению распространения на посевах бурой ржавчины. Погодные условия последних лет были близки к оптимальным для развития этого патогена. В весенний период 2015 г. теплая и дождливая погода в марте, а также равномерные по декадам осадки и повышенная температура воздуха в апреле и мае создавали благоприятные условия (повышенная влажность воздуха и обильные росы) для развития ржавчины. Идеальные погодные условия весенних и летних месяцев 2016 г. способствовали проявлению и нарастанию ржавчины на посевах пшеницы. Очень раннее возобновление весенней вегетации озимой пшеницы в 2017 г., повышенный температурный режим и обильные осадки последующих месяцев создали оптимальные условия как для развития растений озимой пшеницы, так и проявления на посевах бурой ржавчины.

Для изучения вирулентности патогена в фазе проростков использовали образцы популяций, собранные с разных сортов пшеницы на селекционном посеве в 2016–2017 гг. Они были представлены смесью урединиоспор. Сборная популяция в лабораторных условиях была размножена на восприимчивом сорте и клонирована. Для размножения инфекционного материала, получения монопустульных изолятов и анализа вирулентности использовали методы лабораторного культивирования гриба на отрезках листьев пшеницы, помещенных в раствор бензимидазола (Михайлова и др., 2003). Для изучения эффективности *Lr*-генов монопустульные изоляты тестировали на линиях с генами *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr30*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr44*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr48*, *Lr49*, *Lr50*, *Lr51*, *Lr53*, *Lr57*.

Анализ вирулентности проводили на проростках пшеницы (фаза первого листа). Линии сеяли в почву. 12–14-дневные проростки инокулировали суспензией возбудителя, помещали во влажную камеру и далее инкубировали при температуре 22 °С и влажности 75%. Учет проводили на 10-й день после заражения. Для оценки устойчивости использовали шкалу Е. В. Mains и H. S. Jackson (1926), где 0 – отсутствие симптомов; 0; – некрозы без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – пустулы среднего размера без некроза, 4 – крупные пустулы без некроза; X – пустулы на одном и том же листе разных типов, присутствуют хлорозы и некрозы. Растения с типом реакции X относили к восприимчивым.

Фенотипический (расовый) состав гриба определяли с использованием 20 *TcLr*-линий. Обозначение фенотипов вирулентности проводили по североамериканской системе (Long and Kolmer, 1989). Для этого использованные *TcLr*-линии были разделены в пять наборов по четыре линии в каждом: 1-й набор – *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*; 2-й – *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*; 3-й – *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*; 4-й – *Lr2b*, *Lr3bg*, *Lr14a*, *Lr14b*; 5-й – *Lr15*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr20*. Первые три набора соот-

втствовали предложенным D. Long и J. Kolmer (1989), остальные включали линии, актуальные для дифференциации российских популяций патогена (Gulyaeva et al., 2012).

**Результаты и их обсуждение.** Фитопатологическая оценка устойчивости предполагает исследование устойчивости в фазах проростков (ювенильная устойчивость) и взрослых растений (возрастная устойчивость). В зависимости от вирулентности региональных популяций бурой ржавчины эффективность большинства *Lr*-генов существенно варьирует. В полевых условиях в 2015–2017 гг. на опытном поле

лаборатории иммунитета ФГБНУ «АНЦ «Донской» на инфекционном фоне при максимальном поражении тест-сорта (100%) высокую устойчивость к ростовской популяции возбудителя (поражение – 0%) показали линии *TcLr9*, *TcLr19*, *TcLr25*, *TcLr26*, *TcLrB*, *TcLr13*, *TcLrTr*, *TcLrW*, *TcLr42*, *TcLr43*.

Линии *TcLr22a*, *TcLr23*, *TcLr24*, *TcLr29*, *TcLr37*, *TcLr44* были поражены до 10–15% и относились к группе среднеустойчивых. К умеренно восприимчивым можно отнести линии, имеющие поражение по годам не выше 30–40%: *TcLr3ka*, *TcLr13*, *TcLr17*, *TcLr18*, *TcLr20*, *TcLr21*, *TcLr34*, *TcLr38*, *TcLr40*, *TcLr41*, *TcLr45* (табл.).

#### Характеристика линий Thatcher по устойчивости к ростовской популяции бурой ржавчины Characteristics of the lines "Thatcher" according to tolerance to the Rostov brown rust pathogens

Линии <i>Lr</i>	Поражаемость, %, по годам			Линии <i>Lr</i>	Поражаемость, %, по годам		
	2015	2016	2017		2015	2016	2017
<i>Lr9</i>	0	0	0	<i>Lr24</i>	5–10	0	5–10
<i>Lr19</i>	0 е. п.*	0 е. п.	0 е. п.	<i>Lr29</i>	5–10	0	0–5
<i>Lr25</i>	0	0	0	<i>Lr37</i>	0–5	0 е. п.	5–10
<i>Lr26</i>	0	0 е. п.	5–10	<i>Lr44</i>	0	0	5–10
<i>LrB</i>	0 е. п.	0	0 е. п.	<i>Lr3ka</i>	30–40	0–5	30–40
<i>Lr13</i>	0	0	0–5	<i>Lr17</i>	30–40	30–40	10–15
<i>LrTr</i>	0–5	0	0	<i>Lr18</i>	20–30	15–20	0–5
<i>LrW</i>	0	0	0	<i>Lr20</i>	20–30	30–40	15–20
<i>Lr42</i>	0	–	0	<i>Lr34</i>	5–10	20–30	20–30
<i>Lr43</i>	0 е. п.	0 е. п.	0	<i>Lr38</i>	10–15	20–30	30–40
<i>Lr22a</i>	15–20	10–15	0–5	<i>Lr41</i>	20–30	–	15–20
<i>Lr23</i>	5–10	10–15	5–10	Тарасовская 29	100	100	100

\*е. п. – единичные пустулы.

Сорта и линии с *Lr*-генами, проявившими среднюю устойчивость и умеренную восприимчивость, в сочетании с сортами и линиями, содержащими устойчивые *Lr*-гены, или друг с другом могут быть использованы для создания устойчивых сортов пшеницы, защищенных во все фазы онтогенеза.

По данным Шишкина и др. (2018), у 29 из 37 изученных сортов озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской» выявлен ген взрослой устойчивости *Lr34*, а у 20 сортов – неэффективный ген *Lr3*, вместе и по отдельности они обеспечивают высокий уровень полевой устойчивости.

Все остальные изученные линии Thatcher показали восприимчивость в полевых условиях Ростовской области (поражение – от 50 до 100%).

В анализе вирулентности в лабораторных условиях изучено 38 изолятов. Показано, что высокую эффективность в фазе проростков в лабораторных условиях имели ювенильные гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41*, *Lr42*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr50*, *Lr51*, *Lr53*. Вирулентных к ним изолятов не выявлено. Существенное варьирование по вирулентности отмечено на линиях с генами *Lr2a* (10%), *Lr2b* (10%), *Lr2c* (80%), *Lr15* (10%) и *Lr20* (50%). Высокая частота вирулентности (до 100%) отмечена на линиях с генами *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr21*, *Lr26*, *Lr30*, *Lr48*, *Lr49* и *Lr67*.

Таким образом, в результате мониторинга популяций патогена в полевых условиях в фазе взрослых растений и в лабораторных в фазе проростков высокой эффективностью характеризовались ювенильные гены *Lr9*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr42*. В полевых условиях Ростовской области высокой эффективностью характеризовался также ген *Lr13*.

Ген *Lr9* передан мягкой пшенице от *Aegilops umbellulata* Zhuk и локализован в длинном плече хромосомы 6B (Sears, 1961). Первые сорта с *Lr9* созданы в 60–70-х гг. прошлого столетия в США. Ген *Lr9* массово включали в селекционные программы во многих странах, в том числе и в России. Этот ген наиболее часто встречается в яровых сортах, выращиваемых в Поволжье,

на Урале и Западной Сибири. Среди сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендемых к возделыванию в РФ, доля носителей *Lr9* составляет 9% (Гульяева и др., 2012).

До недавнего времени ген *Lr9* относился к группе высокоеффективных во всем мире. Выращивание сортов с ним предопределило появление вирулентных изолятов гриба, которые впервые были отмечены в США в 1971 г., спустя четыре года с начала массового возделывания (McIntosh et al., 1995). В настоящее время вирулентность к гену *Lr9* отмечается как в регионах выращивания сортов с этим геном, так и за их пределами. В России ген *Lr9* утратил эффективность в Западной Сибири (Мешкова и др., 2008). Вирулентные изоляты также отмечаются в 2013 г. в Поволжье и Центральных регионах России. При этом ген *Lr9* до настоящего времени сохраняет эффективность в Северо-Кавказском регионе (Волкова, 2018). В современной селекции ген *Lr9* рекомендуется использовать в сочетании с другими высокоеффективными *Lr*-генами, например *Lr24* (Šliková et al., 2004).

Трансплантация с генами устойчивости *Lr24* и *Sr24* передана в геном мягкой пшеницы от *Agropyron elongatum* Host (= *Th. ponticum* Liu & Wang; *L. elongatum*). Ген *Lr24* получил широкое распространение в сортах пшеницы, выращиваемых в Южной и Северной Америке, Австралии и Южной Африке, что привело к потере его эффективности (McIntosh et al., 1995). В настоящее время ген сохраняет эффективность в странах Западной Европы и в России. Молекулярный скрининг российских сортов озимой мягкой пшеницы не выявил среди них носителей гена *Lr24*, соответственно, он может представлять интерес для селекции.

Ген *Lr28* передан мягкой пшенице от *Aegilops speltoides* Tausch и локализован в длинном плече хромосомы 4A (McIntosh et al., 1995). Ген характеризуется как эффективный в Западной Европе, Индии, Пакистане, Китае, России и как неэффективный – в США и Канаде (Mantovani et al., 2010). Сорта с геном *Lr28* выращиваются в Австралии и Индии (McIntosh

et al., 1995). A. A. Kumar и P. Raghavaiah (2004) показали, что *Lr28*, в отличие от большинства чужеродных генов, обуславливает повышение урожайности. В настоящее время ген используется в сочетании с другими генами при создании сортов, устойчивых к вредным организмам и абиотическим факторам среди в Индии и Австралии (Cakir et al., 2008). Ген *Lr28* также может быть рекомендован для селекции ржавчиностойчивых сортов в России. Ген *Lr13* относится к группе генов устойчивости взрослых растений. Источником его является сорт *Frontana*. Этот ген является одним из наиболее широко представленных в сортах пшеницы во всем мире и тесно сцеплен с геном гибридного некроза *Ne2m*. До недавнего времени данный симптом использовали в качестве морфологического маркера. R. A. McIntosh с соавторами (1995) выявили тесное сцепление гена *Lr13* с *Lr23* у ряда австралийских и индийских сортов пшеницы. Несмотря на то что ген *Lr13* отнесен к группе взрослых генов, при повышенных температурах он может экспрессироваться и в фазе проростков. Эффективность его колеблется по годам и по странам (McIntosh et al., 1995; Дерова и Шишгин, 2018). Ген *Lr13* рекомендуется использовать в селекции в сочетании с другими генами (например, с *Lr34* и *Lr16*) при создании сортов с длительной устойчивостью.

В результате анализа фенотипического состава ростовских популяций в 2016–2017 гг. выявлено 6 фенотипов: МНТКГ (ав./в. (авиурентность/вирулентность): *TcLr2a,2b,2c,9,15,19,20,24/TcLr1,3a,3bg,3ka,16,17,18,26,30*),

- МНТКН (ав./в.: *TcLr2a,2b,2c,9,15,19,24/TcLr1,3a,3bg,3ka,16,17,18,20,26,30*),
- РНТКГ (ав./в.: *TcLr2a, 2b,9,15,19,20,24/TcLr1,2c,3a,3bg,3ka,16,17,18,26,30*),
- РНТКН (ав./в.: *TcLr2a, 2b,9,15,19,24/TcLr1,2c,3a,3bg,3ka,16,17,18,20,26,30*),
- ТНТГ (ав./в.: *TcLr1,9,19,20,24/TcLr1,2a,2b, 2c,3a,3bg,3ka,15,16,17,18,26,30*),
- ТНТН (ав./в.: *TcLr1,9,19,24/TcLr1,2a,2b,2c,3a,3bg,3ka,15,16,17,18,20,26,30*). Общими фе-

нотипами в 2016–2017 гг. были РНТН, РНТКГ и ТНТН.

В 2016–2017 гг. ростовская популяция имела высокое сходство с образцами популяций из других областей Северо-Кавказского региона и из Центрально-Черноземного региона, что следует учитывать в селекции на устойчивость к бурой ржавчине.

Изменение расового состава популяции патогена чаще всего обусловлено влиянием возделываемых сортов. В начале распространение инфекции ржавчины на посевах нового устойчивого сорта резко снижается, но впоследствии происходит отбор соответствующих вирулентных рас и биотипов патогена, быстрое распространение которых приводит к потере устойчивости нового генотипа. Для создания прочного барьера защиты пшеницы от бурой ржавчины особую значимость представляет генетическое разнообразие возделываемых сортов. Преодоление паразитом устойчивости возделываемых сортов происходит тем быстрее, чем больше площадь посева занята сортами, имеющими один и тот же ген устойчивости. Все примеры потери устойчивости *Lr*-генов указывают на необходимость идентификации генов устойчивости у новых российских сортов пшеницы и контроля изменчивости патогена по вирулентности. Это позволит спрогнозировать возможные изменения в структуре популяции патогена и потерю устойчивости выращиваемых сортов пшеницы.

**Выходы.** Установлено, что во взрослом состоянии высокую устойчивость показали 10 линий, поражение 6 линий не превышало 10%, а умеренной восприимчивостью (поражение – до 30–40%) обладали 11 линий. Остальные линии были восприимчивы к популяции патогена. В фазе проростка иммунными были 12 линий, 5 линий имели варьирование по вирулентности к изолятам популяции бурой ржавчины, большая часть линий проявила восприимчивость. В результате мониторинга вирулентности популяций гриба *P. recondita* в условиях Ростовской области в 2015–2017 гг. выявлены эффективные *Lr*-гены, которые могут быть использованы при создании устойчивых сортов пшеницы с учетом онтогенеза растений.

#### Библиографические ссылки

1. Волкова Г. В. Определение эффективности известных генов устойчивости пшеницы и ячменя к опасным болезням для использования в зональной селекции и сортовом размещении // Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России: сб. мат. Междунар. науч.-практ. конференции (Санкт-Петербург, 8–12 октября 2018 г.). Пушкин, 2018. С. 39–41.
2. Гультьяева Е. И., Иванова О. В., Маркелова Т. С., Сибикеев С. Н. Идентификация генов устойчивости у линий пшеницы, созданных в НИИСХ Юго-Востока // Вестник защиты растений. 2012. № 1. С. 38.
3. Дерова Т. Г., Шишгин Н. В. Оценка устойчивости сортов озимой пшеницы к основным болезням при экологическом испытании в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 70–71. DOI 10.31367/2079-8725-2018-55-1-70-72.
4. Мешкова Л. В., Роеева Л. П., Шрейдер Е. Р., Сидоров А. В. Вирулентность патотипов возбудителя бурой ржавчины к *ThLr9* в регионах Сибири и Урала // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: II Всерос. конференция. (г. Санкт-Петербург, 29 сентября – 2 октября 2008 г.). СПб., 2008. С. 70–73.
5. Михайлова Л. А., Гультьяева Е. И., Мироненко Н. В. Методы исследования генетического разнообразия популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita Rob. ex Desm. f. sp. tritici*. СПб.: РАСХН, ВНИИЗР, Инновац. центр защиты растений, 2003. 24 с.
6. Шишгин Н. В., Дерова Т. Г., Гультьяева Е. И., Шайдалюк Е. Л. Определение генов устойчивости к бурой ржавчине у сортов озимой мягкой пшеницы с использованием традиционных и современных методов исследований // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5. С. 63–67. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-63-67.
7. Cakir M., Drake-Brockman F., Shankar M. et al. Molecular mapping and improvement of rust resistance in the Australian wheat germplasm [E-resource] // 11th International Wheat Genetics Symposium 2008. Available at: <http://hdl.handle.net/2123/3317>.
8. Gulyaeva E. I., Dmitriev A. P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology. 2012. Vol. 34, No. 2. Pp. 213–224. DOI 10.1080/07060661.2011.633562.
9. Kumar A. A., Raghavaiah P. Effect of the leaf rust resistance gene *Lr28* on grain yield and bread-making quality of wheat // Plant Breeding. 2004. Vol. 123(1). Pp. 35–38. DOI 10.1046/j.1439-0523.2003.00937.x.
10. Long D., Kolmer J. A. North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* // Phytopathology. 1989. Vol. 79. Pp. 525–529.
11. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. 1926. Vol. 16. Pp. 89–120.

12. Mantovani P., Maccaferri M., Tuberosa R., Kolmer J. A. Virulence phenotypes and molecular genotypes in collections of *Puccinia triticina* from Italy // Plant Disease. 2010. Vol. 94. Pp. 420–424.
13. McIntosh R. A., Dubcovsky J., Rogers W. J., Morris C., Xia X. C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement [E-resource]. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>.
14. McIntosh R. A., Wellings C. R., Parc R. F. Wheat rusts. An atlas of resistance genes / SCIRO. Australia, 1995. 196 p.
15. Nocente F., Gazza L., Pasquini M. Evaluation of leaf rust resistance genes Lr1, Lr9, Lr24, Lr47 and their introgression into common wheat cultivars by marker-assisted selection // Euphytica. 2007. Vol. 155. Pp. 329–336.
16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Canad. Journ. Res., 26, sec. C., 5. 1948.
17. Sears E. R., Identification of the wheat chromosome carrying leaf rust resistance from *aegilops umbellulata* // Wheat Informatios Service. 1961. Vol. 12. Pp. 12–13.
18. Šliková S., Gregová E., Bartoš P. Development of wheat genotypes possessing a combination of leaf rust resistance genes Lr19 and Lr24 // Plant soil environ. 2004. Vol. 50(10). Pp. 434–438.
19. Vida G., Gál M., Uhrin A. et al. Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted election in breeding wheat for leaf rust resistance // Euphytica. 2009. Vol. 170. Pp. 67–76.

### References

1. Volkova G. V. Opredelenie effektivnosti izvestnyh genov ustojchivosti pshenicy i yachmenya k opasnym boleznyam dlya ispol'zovaniya v zonal'noj selekcii i sortovym razmeshchenii [Determination of the effectiveness of known resistance genes of wheat and barley to dangerous diseases to use them in zonal breeding and varietal placement] // Sovremennye tekhnologii i sredstva zashchity rastenij – platforma dlya innovacionnogo osvoeniya v APK Rossii: sb. mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii (Sankt-Peterburg, 8–12 oktyabrya 2018 g.). Pushkin, 2018. S. 39–41.
2. Gul'tyaeva E. I., Ivanova O. V., Markelova T. S., Sibikeev S. N. Identifikaciya genov ustojchivosti u linij pshenicy, sozdannyh v NIISKH Yugo-Vostoka [Identification of wheat resistance genes created by the Research Institute of Agriculture of the South-East] // Vestnik zashchity rastenij. 2012. № 1. S. 38.
3. Derova T. G., Shishkin N. V. Ocena ustojchivosti sortov ozimoj pshenicy k osnovnym boleznyam pri ehkologicheskem ispytanii v Rostovskoj oblasti [Assessment of the winter wheat resistance to the main diseases during environmental testing in the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 70–71. DOI 10.31367/2079-8725-2018-55-1-70-72.
4. Mihajlova L. A., Gul'tyaeva E. I., Mironenko N. V. Metody issledovaniya geneticheskogo raznoobraziya populyacij vozбудitelya buroj rzhavchiny pshenicy *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. tritici [Methods for studying the genetic diversity of the brown rust pathogen *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. tritici]. SPb.: RASKHN, VNIIZR, Innovac. centr zashchity rastenij, 2003. 24 s.
5. Meshkova L. V., Roseeva L. P., Shrejder E. R., Sidorov A. V. Virulentnost' patotipov vozбудitelya buroj rzhavchiny k ThLr9 v regionah Sibiri i Urala [Virulence of brown rust pathogen types to ThLr9 in the regions of Siberia and the Urals] // Sovremennye problemy immuniteta rastenij k vrednym orga-nizmam: II Vseros. konferenciya (g. Sankt-Peterburg, 29 sentyabrya – 2 oktyabrya 2008 g.). SPb., 2008. S. 70–73.
6. Shishkin N. V., Derova T. G., Gul'tyaeva E. I., Shajdalyuk E. L. Opredelenie genov ustojchivosti k buroj rzhavchine u sortov ozimoj myagkoj pshenicy s ispol'zovaniem tradicionnyh i sovremennoj metodov issledovanij [Identification of brown rust resistance genes in winter wheat varieties using traditional and modern research methods] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 5. S. 63–67. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-63-67.
7. Cakir M., Drake-Brockman F., Shankar M. et al. Molecular mapping and improvement of rust resistance in the Australian wheat germplasm [E-resource] // 11th International Wheat Genetics Symposium 2008. Available at: <http://hdl.handle.net/2123/3317>.
8. Gul'tyaeva E. I., Dmitriev A. P., Kosman E. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007 // Canadian J. Plant Pathology. 2012. Vol. 34, No. 2. Pp. 213–224. DOI 10.1080/07060661.2011.633562.
9. Kumar A. A., Raghavaiah P. Effect of the leaf rust resistance gene Lr28 on grain yield and bread-making quality of wheat // Plant Breeding. 2004. Vol. 123(1). Pp. 35–38. DOI 10.1046/j.1439-0523.2003.00937.x.
10. Long D., Kolmer J. A. North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. tritici // Phytopathology. 1989. Vol. 79. Pp. 525–529.
11. Mains E. B., Jackson H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. // Phytopathology. 1926. Vol. 16. Pp. 89–120.
12. Mantovani P., Maccaferri M., Tuberosa R., Kolmer J. A. Virulence phenotypes and molecular genotypes in collections of *Puccinia triticina* from Italy // Plant Disease. 2010. Vol. 94. Pp. 420–424.
13. McIntosh R. A., Dubcovsky J., Rogers W. J., Morris C., Xia X. C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement [E-resource]. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>.
14. McIntosh R. A., Wellings C. R., Parc R. F. Wheat rusts. An atlas of resistance genes / SCIRO. Australia, 1995. 196 p.
15. Nocente F., Gazza L., Pasquini M. Evaluation of leaf rust resistance genes Lr1, Lr9, Lr24, Lr47 and their introgression into common wheat cultivars by marker-assisted selection // Euphytica. 2007. Vol. 155. Pp. 329–336.
16. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. Canad. Journ. Res., 26, sec. C., 5. 1948.
17. Sears E. R., Identification of the wheat chromosome carrying leaf rust resistance from *aegilops umbellulata* // Wheat Informatios Service. 1961. Vol. 12. Pp. 12–13.
18. Šliková S., Gregová E., Bartoš P. Development of wheat genotypes possessing a combination of leaf rust resistance genes Lr19 and Lr24 // Plant soil environ. 2004. Vol. 50(10). Pp. 434–438.
19. Vida G., Gál M., Uhrin A. et al. Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted election in breeding wheat for leaf rust resistance // Euphytica. 2009. Vol. 170. Pp. 67–76.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* НА СОРТАХ ПШЕНИЦЫ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Г. Н. Бучнева**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории патофизиологии растений, galina.buchnewa2017@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8294-6216;

**И. В. Гусев**, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета растений, gusev\_68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1063-4739;

**О. И. Корабельская**, младший научный сотрудник лаборатории патофизиологии растений, olga.korabelskaya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7086-1151;

**Н. Н. Дубровская**, научный сотрудник лаборатории патофизиологии растений, natalya.dubrovsckaya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8629-848X;

**В. В. Чекмарев**, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией патофизиологии растений, tchecmarestev.viktor@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4183-3514

*Среднерусский филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина»*,

392553, Тамбовская обл., Тамбовский р-н, п/о Новая Жизнь, ул. Молодежная, 1; тел.: 8 (4752) 62-90-60

В климатических условиях Центрально-Черноземного региона зараженность зерна пшеницы фузариозной инфекцией носит скрытый характер и выявляется лишь при микологическом анализе. По этой причине видовой состав патогенного комплекса грибов рода *Fusarium* на посевах озимой и яровой пшеницы недостаточно изучен. При выяснении данного вопроса в условиях Тамбовской области было установлено, что зерно сортов этих культур инфицировано различными видами фузариев. Наиболее зараженными фузариозной инфекцией были сорта яровой пшеницы Ник (69%), Биора (45%) и Прохоровка (30%). Меньше других были поражены сорта Саратовская 29 (4%) и Тулайковская 100 (5%). На семенах яровой пшеницы обнаружено девять видов грибов рода *Fusarium*: *F. acuminatum* Ellis a Everhart (1895) a Wollenweber (1917), *F. avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. culmorum* (W. G. Smith) Saccardo (1895), *F. equiseti* (Corda) Saccardo (1886), *F. poae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913), *F. sambucinum* Fuckel (1869), *F. semitectum* Berkeley a Ravenel in Berkeley (1875), *F. sporotrichioides* Sherbakoff (1915) и *F. tricinctum* (Corda) Saccardo (1886). Лидирующее положение занимали два вида – *Fusarium sporotrichioides* и *F. avenaceum*. Частота их встречаемости на семенах яровой пшеницы составила 56,6 и 20,9% соответственно. Зараженность зерна озимой пшеницы фузариозной инфекцией была ниже, чем яровой, и составила 1–8%. С семенного материала озимой пшеницы выделено четыре вида грибов рода *Fusarium*: *F. avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. graminearum* Schwabe (1838), *F. poae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913) и *F. sporotrichioides* Sherbakoff (1915). Доминирующее положение занимали виды *Fusarium poae* и *F. sporotrichioides* (частота встречаемости – 41,7 и 37,5%). Показано, что уровень инфицирования семян пшеницы грибами рода *Fusarium* зависит от устойчивости сорта.

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, зерно, грибы рода *Fusarium*, фузариозная инфекция, зараженность, частота встречаемости.



## VARIETAL COMPOSITION AND FREQUENCY OF *FUSARIUM* PRESENCE ON WINTER WHEAT VARIETIES IN THE TAMBOV REGION

**G. N. Buchneva**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory of plant pathophysiology, galina.buchnewa2017@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8294-6216;

**I. V. Gusev**, senior researcher of the laboratory of plant immunity, gusev\_68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1063-4739;

**O. I. Korabelskaya**, junior researcher of the laboratory of plant pathophysiology, olga.korabelskaya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7086-1151;

**N. N. Dubrovskaya**, researcher of the laboratory of plant pathophysiology, natalya.dubrovsckaya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8629-848X;

**V. V. Chekmarev**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of plant pathophysiology, tchecmarestev.viktor@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4183-3514

*Srednerussky affiliate of the FSBSI "FRC named after I. V. Michurin",  
392553, Tambov region, Tambov district, p/o Novaya Zhizn, Molodezhnaya Str., 1; tel.: 8 (4752) 62-90-60*

In the climatic conditions of the Central Black-earth region, the infection of wheat grain with *Fusarium* fungi is of latent nature and can only be detected by mycological analysis. For this reason, the varietal composition of the pathogenic complex of fungi *Fusarium* on winter and spring wheat has not been thoroughly studied yet. Working with the problem in the conditions of the Tambov region, it was found that the grain of these varieties was infected with various species of *Fusarium*. The most infected spring wheat varieties were "Nik" (69%), "Biora" (45%) and "Prokhorovka" (30%). The varieties "Saratovskaya 29" (4%) and "Tulaikovskaya 100" (5%) were less infected than the other. Nine species of fungus *Fusarium* spp. found on spring wheat seeds were *F. acuminatum* Ellis, an Everhart (1895), a Wollenweber (1917), *F. avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. culmorum* (WG Smith) Saccardo (1895), *F. equiseti* (Corda) Saccardo (1886), *F. poae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913), *F. sambucinum* Fuckel (1869), *F. semitectum* Berkeley and Ravenel in Berkeley (1875), *F. sporotrichioides* Sherbakoff (1915) and *F. tricinctum* (Corda) Saccardo (1886). The leading position was occupied by the species *Fusarium sporotrichioides* and *F. avenaceum*. The frequency of their occurrence on spring wheat seeds was 56,6 and 20,9%, respectively. The contamination of winter wheat with a *Fusarium* fungus was lower than the infection of spring wheat (1–8%). Four species of *Fusarium* spp. were identified on the seeds of winter wheat, they are *F. avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. graminearum* Schwabe (1838), *F. poae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913) and *F. sporotrichioides* Sherbakoff (1915). The dominant position belonged to the species *Fusarium poae* and *F. sporotrichioides* (41,7 and 37,5%). It has been shown that the level of infection of wheat seeds by *Fusarium* fungi depends on the variety resistance to the infection.

**Keywords:** wheat, variety, kernels, *Fusarium* fungi, *Fusarium* infection, frequency of presence.

**Введение.** Озимая и яровая пшеница в Центрально-Черноземном регионе, и в частности Тамбовской области, являются основными культурами, занимающими большую часть всего зернового клина. В период вегетации на посевах этих культур заметнее всего проявляются возбудители ржавчины и септориоза. Признаки заболеваний, вызываемые этими патогенами, визуально хорошо различимы, поэтому им уделяется значительно большее внимание, чем фузариозной инфекции, поражающей колос и зерно пшеницы. Данное обстоятельство связано с тем, что в средней полосе России визуальные признаки фузариоза колоса заметны довольно редко. Зараженность зерна фузариозной инфекцией носит скрытый характер и выявляется лишь при микологическом анализе. По этим причинам видовой состав патогенного комплекса грибов рода *Fusarium* на посевах озимой и яровой пшеницы изучен в недостаточной степени. Исследования, проведенные в прошлые годы, показали, что возбудителями фузариоза колоса в ЦЧР за период с 1987 по 1990 г. были *Fusarium graminearum*, *F. sporotrichiella* и *F. oxysporum* (Селиванова и др., 1991). На семенах зерновых колосовых культур в Белгородской области обнаружено десять видов фузариев, в Липецкой – девять и в Орловской – шесть (Иващенко и др., 2007). За прошедшие десятилетия произошла смена сортового состава пшеницы, что несомненно должно было отразиться и на видовом составе патогенного комплекса возбудителей фузариоза. В связи с этим цель наших исследований заключалась в выявлении видов

грибов рода *Fusarium*, вызывающих фузариоз семян яровой и озимой пшеницы в условиях Тамбовской области, а также в оценке уровня зараженности зерна грибами рода *Fusarium*.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований служили образцы зерна районированных и перспективных сортов яровой и озимой пшеницы урожая 2016–2017 гг. из коллекционного питомника Среднерусского филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», а также отобранные при маршрутных обследованиях полей в хозяйствах Тамбовской области. Выделение грибов рода *Fusarium* в чистую культуру, их идентификацию и уровень зараженности семян проводили по общепринятым методикам (Ишкова и др., 2002; Наумова, 1970; Шипилова и Иващенко, 2008).

**Результаты и их обсуждение.** При проведении микологического анализа семян сортов яровой пшеницы было установлено, что их средняя зараженность составила 19,3% (табл. 1). Следует отметить значительную вариабельность этого показателя, по которому изучаемые сорта возможно разделить на четыре группы. Так, к первой группе с максимальным (69%) уровнем зараженности семян следует отнести сорт Ник. Во вторую группу можно включить сорта Биора и Прохоровка (зароженность семян – 30–45%). К третьей относятся сорта Йолдыз, Виза Виза, Донская элегия, Экада 109 и КВС Торридон (7–10%). В последнюю группу с наименьшим (4–5%) уровнем зараженности семян вошли сорта Тулайковская 100 и Саратовская 29.

### 1. Скрытая зараженность семян и патогенный комплекс грибов рода *Fusarium* на зерне сортов яровой пшеницы

#### 1. Latent seeds infection and pathogen complex of *Fusarium* fungi on spring wheat varieties

Сорт	Зараженность, %	Частота встречаемости грибов рода <i>Fusarium</i> в образцах зерна, %								
		<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. acuminatum</i>	<i>F. equiseti</i>	<i>F. roseae</i>	<i>F. sambucinum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>F. semitectum</i>	<i>F. tricinctum</i>
Ник	69	88,4	2,9	–	–	4,4	–	–	4,4	–
Биора	45	64,4	4,4	11,1	–	6,7	13,3	–	–	–
Прохоровка	30	33,4	60,0	–	3,3	–	–	–	–	3,3
Йолдыз	10	60,0	–	–	10,0	30,0	–	–	–	–
Виза Виза	9	77,8	–	–	22,2	–	–	–	–	–
КВС Торридон	7	42,8	14,3	28,6	–	14,3	–	–	–	–
Донская элегия	7	57,1	28,6	–	–	–	14,3	–	–	–
Экада 109	7	71,4	28,6	–	–	–	–	–	–	–
Тулайковская 100	5	20,0	20,0	20,0	20,0	–	–	20,0	–	–
Саратовская 29	4	50,0	50,0	–	–	–	–	–	–	–
Среднее	19,3	56,6	20,9	5,8	5,7	5,5	2,8	2,0	0,4	0,3
Встречаемость вида на сортах пшеницы, %	–	100	80	30	40	40	20	10	10	10

С зерна яровой пшеницы были выделены в чистую культуру и идентифицированы девять видов грибов рода *Fusarium*: *F. acuminatum* Ellis a Everhart (1895) a Wollenweber (1917), *F. avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. culmorum* (W. G. Smith) Saccardo (1895), *F. equiseti* (Corda) Saccardo (1886), *F. roseae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913), *F. sambucinum* Fuckel (1869), *F. semitectum* Berkeley a Ravenel in Berkeley (1875), *F. sporotrichioides* Sherbakoff (1915) и *F. tricinctum* (Corda) Saccardo (1886). Доминирующее положение занимали два вида – *Fusarium sporotrichioides* и *F. avenaceum*. Частота их

встречаемости составила в среднем 56,6 и 20,9%. Гриб *Fusarium sporotrichioides* наиболее часто (71,4–88,4%) выделялся из семян сортов Экада 109, Виза Виза и Ник; *F. avenaceum* – Прохоровка, Саратовская 29, Донская элегия и Экада 109 (частота встречаемости – 28,6–60,0%).

Следует отметить, что *Fusarium sporotrichioides* и *F. avenaceum* – активные токсинообразователи и вызывают как явные, так и скрытые потери урожая. Встречаемость этих видов на сортах была различной. Вид гриба *Fusarium sporotrichioides* имел 100% распространенность – встречался на зерне всех изучаемых

сортов яровой пшеницы. Гриб *Fusarium avenaceum* был выделен с 80% сортов; *F. poae* и *F. equiseti* – 40%; *F. acuminatum* – 30%; *F. sambucinum* – 20%. Виды грибов *Fusarium semitectum*, *F. culmorum* и *F. tricinctum* встречались единично (10%). В прошлые годы *Fusarium poae* наряду с *F. sporotrichioides* входил в группу доминантов на яровой пшенице. Но в 2016–2017 гг. частота его встречаемости составила в среднем 5,5%. У *Fusarium equiseti* и *F. acuminatum* этот показатель варьировал в пределах 3,3–28,6%. В группу менее распространенных видов вошли *Fusarium sambucinum*, *F. semitectum* и *F. tricinctum* (0,3–2,8%).

Анализ микробиоты зерна озимых сортов пшеницы позволил идентифицировать четыре вида фузариев: *Fusarium avenaceum* (Corda ex Fries) Saccardo (1886), *F. graminearum* Schwabe (1838), *F. poae* (Peck) Wollenweber in Lewis (1913) и *F. sporotrichioides*

Sherbakoff (1915). Зараженность семян фузариозной инфекцией составила в среднем 3,3% при максимальном значении на сорте Скипетр 8,0% (табл. 2). Как видно из представленных данных, на зерне озимой пшеницы наиболее высокой была встречаемость двух видов – *Fusarium poae* и *F. sporotrichioides* (41,7–37,5%). Промежуточное положение занимал гриб *Fusarium avenaceum* (12,5%). Наименее распространенным оказался вид *Fusarium graminearum* (8,3%). Важно отметить различия по зараженности семян в зависимости от типа пшеницы – яровая или озимая. На яровой пшенице этот показатель был в шесть раз выше, чем на озимой. Аналогичное явление отмечено и в отношении видового разнообразия фузариев. С зерна яровой пшеницы было выделено вдвое больше видов грибов рода *Fusarium*, чем с озимой.

## 2. Зараженность семян и частота встречаемости видов грибов рода *Fusarium* на зерне озимой пшеницы

### 2. Infected seeds and frequency of *Fusarium* presence on winter wheat kernels

Сорт	Зараженность, %	Частота встречаемости грибов рода <i>Fusarium</i> в образцах зерна, %			
		<i>F. poae</i>	<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. avenaceum</i>	<i>F. graminearum</i>
Скипетр	8	–	50,0	50,0	–
Московская 56	3	66,7	–	–	33,3
Московская 39	1	100,0	–	–	–
Льговская 4	1	–	100,0	–	–
Среднее	3,3	41,7	37,5	12,5	8,3
Встречаемость вида на сортах пшеницы, %	–	50	50	25	25

**Выходы.** Показано, что зараженность зерна пшеницы фузариозом зависит от устойчивости сорта. На яровой пшенице более всего (30–69%) фузариозной инфекцией были заражены семена сортов Ник, Биора и Прохоровка. Наименее зараженными (4–5%) оказались сорта Тулайковская 100 и Саратовская 29. На зерне сортов озимой пшеницы не наблюдалось сильного развития фузариоза, поражение за-

болеванием было умеренным или низким (1–8%). Доминирующими видами на зерне яровой пшеницы были *Fusarium sporotrichioides* и *F. avenaceum*, на озимой – *F. poae* и *F. sporotrichioides*.

Результаты исследований могут быть использованы в селекции при отборе форм растений пшеницы, проявляющих устойчивость к фузариозу.

### Библиографические ссылки

1. Иващенко В. Г., Бучнева Г. Н., Шипилова Н. П. Грибы рода *Fusarium* на пшенице в Центрально-Черноземном регионе России: распространность и формы проявления болезней // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 6. С. 546–553.
2. Ишкова Т. И., Берестецкая Л. И., Гасич Е. Л. и др. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков. СПб.: ВНИИЗР, 2002. 76 с.
3. Наумова Н. А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. Л.: Колос, 1970. 208 с.
4. Селиванова Т. Н., Байбакова О. В., Черненко В. Ю. Распространенность фузариоза колоса озимой пшеницы в Центрально-Черноземном районе // Проблемы защиты зерновых культур от фузариоза и других болезней. Минск, 1991. С. 64–68.
5. Шипилова Н. П., Иващенко В. Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. СПб., 2008. 84 с.

### Reference

1. Ivashchenko V. G., Buchneva G. N., Shipilova N. P. Griby roda *Fusarium* na pshenice v Central'no-Chernozemnom regione Rossii: rasprostranyonnost' i formy proyavleniya boleznej [Fusarium fungus on wheat in the Central Black-earth region of Russia: spread and forms of disease manifestation] // Mikologiya i fitopatologiya. 2007. T. 41. Vyp. 6. S. 546–553.
2. Ishkova T. I., Beresteczkaya L. I., Gasich E. L. i dr. Diagnostika osnovnyh gribnyh boleznej hlebnyh zlakov [Diagnosis of the main fungal diseases of cereals]. SPb.: VNIIZR, 2002. 76 s.
3. Naumova N. A. Analiz semyan na gribnuyu i bakterial'nuyu infekciyu [Analysis of seeds on fungal and bacterial infection]. L.: Kolos, 1970. 208 s.
4. Selivanova T. N., Bajbakova O. V., Chernenko V. Yu. Rasprostranyonnost' fuzarioza kolosa ozimoj pshenicy v Central'no-Chernozemnom rajone [Spread of winter wheat Fusarium in the Central Black-earth Region] // Problemy zashchity zernovyh kul'tur ot fuzarioza i drugih boleznej. Minsk, 1991. S. 64–68.
5. Shipilova N. P., Ivashchenko V. G. Sistematika i diagnostika gribov roda *Fusarium* na zernovyh kul'turah [Systematics and diagnostics of Fusarium fungi on cereals]. SPb., 2008. 84 s.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.