

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 633.112.1"321":631.526.32:631.524.85

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-184-190

**Экологическая адаптивность сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) саратовской селекции****С. Н. Гапонов, Г. И. Шутарева, Н. М. Цетва, И. С. Цетва, И. В. Милованов,
Н. А. Бурмистров, Е. С. Жиганова, Н. С. Соловова***Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия***Автор, ответственный за переписку:** Галина Ивановна Шутарева, miss.shutik2010@yandex.ru

Актуальность. Распространение засухоустойчивых сортов яровой твердой пшеницы саратовской селекции с высоким качеством зерна в восточные регионы страны продиктовано изменением климата: повышением температуры воздуха, недостатком осадков в период вегетации, возникновением летних засух.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужили семь сортов селекции Федерального аграрного научного центра (ФАНЦ) Юго-Востока (Саратов): 'Валентина', 'Ник', 'Елизаветинская', 'Николаша', 'Луч 25', 'Памяти Васильчука', 'Тамара'. Оценка сортов яровой твердой пшеницы на определение коэффициентов экологической пластичности и стабильности по урожайности за 2012–2022 гг. проводили по методике S. A. Eberhart, B. A. Russell в изложении В. А. Зыкина. Показатели качества зерна измеряли на приборах: Infratec 1241 – белок; Glutomatic – индекс глютена (IG); Spekol 10 – индекс желтизны (b%).

Результаты. Адаптивность сортов яровой твердой пшеницы саратовской селекции подтверждена коэффициентами экологической пластичности и стабильности. Согласно результатам исследования, сорта 'Ник', 'Николаша', 'Луч 25', 'Памяти Васильчука' с коэффициентами пластичности $bi > 1$ отличает высокая отзывчивость на условия возделывания и получения высококачественного зерна.

Заключение. На основании полученных данных по продуктивности и высокому качеству зерна можно рекомендовать засухоустойчивые сорта ФАНЦ Юго-Востока для использования в различных регионах РФ.

Ключевые слова: урожайность, экологическая пластичность, климат, экологические испытания

Благодарности: работа выполнена по заданию № FNWF-2022-0003 «Создание и совершенствование системы видов и сортов (гибридов) сельскохозяйственных культур, адаптивных к абиострессорам и устойчивых к основным патогенам, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с качеством урожая, с целью снижения экономических рисков в растениеводстве и повышения биоразнообразия в регионе». Статья подготовлена в рамках конференции, посвященной 50-летию лаборатории генетики и цитологии ФАНЦ Юго-Востока.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В., Бурмистров Н.А., Жиганова Е.С., Соловова Н.С. Экологическая адаптивность сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) саратовской селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(1):184-190. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-184-190

BRIEF REPORTS

Brief report

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-184-190

Environmental adaptability of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars developed in Saratov**Sergey N. Gaponov, Galina I. Shutareva, Natalia M. Tsetva, Ivan S. Tsetva, Ivan V. Milovanov, Nikita A. Burmistrov, Elena S. Zhiganova, Nina S. Solovova***Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia***Corresponding author:** Galina I. Shutareva, miss.shutik2010@yandex.ru

Background. The spreading of drought-resistant spring durum wheat cultivars with high grain quality developed by Saratov breeders to the eastern regions of Russia is dictated by climate change: higher air temperatures, precipitation deficit during the growing season, and summer droughts.

Materials and methods. The material for research included seven spring durum wheat cultivars developed at the Federal Center of Agriculture Research (FCAR) of the South-East Region in Saratov: 'Valentina', 'Nik', 'Yelizavetinskaya', 'Nikolasha', 'Luch 25', 'Pamyati Vasilchuka', and 'Tamara'. The cultivars and their yields in 2012–2022 were evaluated to calculate the coefficients of environmental plasticity and stability according to the methods by S. A. Eberhart and B. A. Russell, as interpreted by V. A. Zykin. Grain quality indicators were measured on the devices: Infratec 1241 for protein, Glutomatic for the index of gluten (IG), and Spekol 10 for the yellowness index (b%).

Results. The adaptability of spring durum wheat cultivars bred in Saratov was confirmed by the coefficients of environmental plasticity and stability. According to the results of the study, cvs. 'Nik', 'Nikolasha', 'Luch 25' and 'Pamyati Vasilchuka' with plasticity coefficients (b_i) > 1 were highly responsive to the conditions of cultivation and production of high-quality grain.

Conclusion. The data obtained on grain productivity and high quality make it possible to recommend drought-resistant cultivars released by the FCAR of the South-East Region for use in various regions of Russia.

Keywords: yield, environmental plasticity, climate, environmental tests

Acknowledgements: the work was carried out under Task No. FNWF-2022-0003 "Development and improvement of the system of crop species and cultivars (hybrids) adaptable to abiostressors and resistant to major pathogens, combining high potential productivity with harvest quality with the purpose to reduce economic risks in crop production and enhance the regional biodiversity". The article was prepared within the framework of the conference dedicated to the 50th anniversary of the Genetics and Cytology Laboratory, FCAR of the South-East Region".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Gaponov S.N., Shutareva G.I., Tsetva N.M., Tsetva I.S., Milovanov I.V., Burmistrov N.A., Zhiganova E.S., Solovova N.S. Environmental adaptability of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars developed in Saratov. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(1):184-190. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-184-190

Введение

Одна из важнейших зерновых культур засушливой юго-восточной части европейской территории России – это яровая пшеница. Экстремальные природно-климатические условия региона создают естественный фон для оценки и отбора генотипов, отличающихся очень высокой засухоустойчивостью и формирующих зерно отличного качества.

Особая ценность твердой пшеницы – в ее пищевых достоинствах. Как одна из составляющих здорового питания, твердая пшеница – это прежде всего макаронные изделия, которые имеют низкий гликемический индекс. Показатель гликемического индекса (ГИ) информирует о содержании углеводов в продуктах и их влиянии на уровень сахара в крови. ГИ очень важно знать для людей с избыточным весом, страдающих многими заболеваниями (McGregor, 2015). Все макаронные изделия из твердой пшеницы имеют низкий ГИ – 40 ед. по шкале в 100 ед. у глюкозы (сахарозы). Длительное усвоение углеводов твердой пшеницы обусловлено строением крахмальных зерен и белков. На севере Африки и Ближнем Востоке из твердой пшеницы готовят булгур (bulgur), лапшу (noodles), кускус (couscous), различный плоский хлеб (однослойный, двуслойный и т. п.). В России из твердой пшеницы делают крупы, в том числе и манную, с высоким содержанием каротиноидных пигментов (провитамин А) для детского питания. Важно, что любые продукты из твердой пшеницы имеют цвет приятного желтого оттенка, который зависит от количественного содержания каротиноидных пигментов (Gaponov et al., 2022).

По этому поводу хотелось бы процитировать Лидию Герасимовну Ильину (Ilyina, 1996, p. 127): «...твердая пшеница – особая культура. Она должна выращиваться, прежде всего, за высокое качество зерна. Саратовские твердые пшеницы всегда славились как высокими макаронными свойствами, так и смесительной ценностью при хлебопечении. Примерно с 60-х годов была поставлена проблема дальнейшего улучшения качественных особенностей саратовских сортов твердой пшеницы. На базе повышения каротиноидов в настоящее время достигнуты определенные позитивные результаты».

Прогнозы климатологов о том, что глобальное потепление продолжается, в настоящее время никто не подвергает сомнению. Если с начала XX века средняя температура повышалась примерно на 0,78–0,90°C, то с 1980 г. скорость повышения температуры воздуха увеличилась (Vilfand et al., 2016; Bogdanovich et al., 2021). По многолетним прогнозам, к 2030–2039 гг. частота сильных засух будет увеличиваться, а в связи с этим будет снижаться урожайность яровой пшеницы (Pavlova, Karachenkova, 2020).

Для ученых-селекционеров это предполагает изменение в традиционных программах скрещивания, отбора и анализа полученных результатов.

Для потребителей и производителей сельскохозяйственной продукции возрастает потребность в сортах, сочетающих высокие хозяйственно ценные показатели качества с устойчивостью к биологическим и климатическим стрессорам. Исходя из этих требований, необходимо создавать сорта с достаточной экологической адаптивностью.

Цель данного исследования заключается в определении коэффициентов экологической пластичности и стабильности у засухоустойчивых сортов яровой твердой

пшеницы саратовской селекции и на основе полученных данных спрогнозировать их дальнейшее использование в различных регионах возделывания данной культуры с учетом изменений климата.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили семь сортов яровой твердой пшеницы из основного конкурсного испытания (ОКИ): 'Валентина', 'Ник', 'Елизаветинская', 'Николаша', 'Луч 25', 'Памяти Васильчука', 'Тамара'.

Сорт 'Валентина' с потенциальной урожайностью до 3,8 т/га и крупным зерном (масса 1000 зерен – 45–48 г) дает самый высокий выход крупки. Сорт устойчив к полеганию, обладает отличным качеством клейковины (индекс глютена – 94 ед. прибора). Сорт 'Ник' высокоурожайный, засухоустойчивый, скороспелый, слабавосприимчивый к вирусным заболеваниям, отличается высоким содержанием белка, клейковины и каротиноидных пигментов. Сорт 'Елизаветинская' высокопродуктивный, скороспелый, от всходов до колошения – в среднем 41 день. Имеет высокие параметры качества клейковины и макаронных изделий, индекс желтизны крупки – 22,7%, что делает сорт ценным и востребованным. Сорт 'Николаша' пластичный, адаптивный, имеет преимущество перед другими сортами при поздних сроках посева. Устойчив к бурой, желтой и стеблевой ржавчинам. Высокое качество клейковины используется для макаронно-крупяных изделий. Сорт 'Луч 25' скороспелый, урожайный, практически устойчив к «черному зародышу», слабо поражается вирусными инфекциями, имеет высокие параметры качества клейковины и макаронных изделий. Сорт 'Памяти Васильчука' высокопродуктивный, отвечающий всем современным параметрам качества твердой пшеницы: индекс глютена – 88 ед., индекс желтизны – 23,7%. Новый сорт 'Тамара' имеет преимущество в высоком содержании каротиноидных пигментов среди всех современных сортов. Индекс желтизны – 25,5%.

Посев проводили по чистому пару и в оптимальные сроки. Чаще всего это вторая или третья декада апреля. За последние 11 лет (2012–2022) самый поздний посев был 1 мая 2013 г., а самый ранний – 5–8 апреля 2020 г. Норма высева – 4 млн шт. семян на площадь в 1 га. Сорта высевали в 4-кратной повторности методом рандомизированного размещения делянок в опыте. Учетная площадь делянки – 8,4 м².

Уборка сортов яровой твердой пшеницы проводилась комбайнами Hege 125 и Wintersteiger в фазу восковой спелости зерна.

Анализ зерна делали на средней пробе каждого сорта после проведения очистки и сортировки полученного урожая, при влажности 12%. Содержание белка определяли на приборе Infratec 1241 (FOSS). Индекс глютена как показатель качества клейковины определяли на приборе Glutomatic (GOST ISO 21415-2-2019..., 2020).

С развитием селекции и созданием новых сортов обработка огромного количества селекционного материала на уровне питомников младшего поколения требовала использования экспресс-методов анализа качества зерна на ограниченном его количестве. Индекс желтизны (b%) – один из таких методов, предложенный D. E. Walsh (1970); он был усовершенствован для спектрофотометра Spekol 10 Николаем Сергеевичем Васильчуком (Vasilchuk, 2001). Метод позволяет отбирать ценные генотипы по степени цвета семолины на ранних этапах селекционного процесса – в F₂ и F₃ – в сочетании

с другими хозяйственно-полезными признаками (Gaponov et al., 2018).

Для количественного выражения насыщенности желтого цвета семялины (степени желтизны) образцы достаточно исследовать по двум цветовым координатам – Y и Z, длины волн которых составляют 546,1 и 435,8 нм соответственно, на спектрофотометре Spekol 10. Полученные данные подставляем в формулу и вычисляем степень желтизны (b%):

$$b\% = \frac{7 \cdot (Y-Z)}{\sqrt{Y}}$$

где Y – процент отражения при $\lambda = 546,1$ нм; Z – при $\lambda = 435,8$ нм.

При определении индекса желтизны (b%) семялины была обнаружена высокая положительная корреляция между показателем желтизны, определяемым на Spe-

монографии Николай Сергеевич Васильчук (Vasilchuk, 2001, р. 25). Достигнуть получения таких сортов можно было двумя основными путями: через скороспелость, то есть возможность сортов «уходить» от весенне-летних засух и использовать минимальные осадки в периоды кушения и налива зерна, и через устойчивость к воздействию климатических стрессоров с использованием своих морфофизиологических возможностей.

Расчет коэффициентов экологической пластичности и стабильности по признаку «урожайность» проводился на сортах яровой твердой пшеницы саратовской селекции (табл. 1). При благоприятных условиях вегетации можно рассчитывать на хороший урожай – от 2,9 т/га, как у сорта 'Елизаветинская', до 4,0 т/га, как у сорта 'Луч 25'. При минимальном урожае в острозасушливые годы можно получать небольшой, но стабильный урожай до 1,29 т/га, как у сорта 'Памяти Васильчука'.

Таблица 1. Показатели пластичности (bi) и стабильности (s_d^2) сортов яровой твердой пшеницы, Саратов, 2012–2022 гг.

Table 1. Indicators of plasticity (bi) and stability (s_d^2) in spring durum wheat cultivars, Saratov, 2012–2022.

Сорт	Год*	Пластичность, bi	Стабильность, (s_d^2)	Урожайность, т/га		
				min	max	среднее
'Валентина'	1998	0,93	8,54	1,08	3,27	2,02
'Ник'	2000	1,01	3,72	1,03	3,63	2,16
'Елизаветинская'	2002	0,99	3,42	0,57	2,91	2,22
'Николаша'	2009	1,08	2,55	0,75	3,89	2,18
'Луч 25'	2011	1,12	2,83	1,26	4,00	2,38
'Памяти Васильчука'	2020	1,01	7,43	1,29	3,71	2,42
'Тамара'	2022	0,94	7,38	1,01	3,32	2,38
НСР _{0.05}		0.01				0,03

Примечание: * – год внесения сорта в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений

Note: * – the year when the cultivar was included into the State Register of Protected Selection Achievements

kol 10, и количеством каротиноидных пигментов в зерне – $r = 0,73^{**} \dots 0,93^{**}$ (** значимо для уровня 0,01).

Расчет параметров экологической пластичности и стабильности оценивали по методике S. A. Eberhart, B. A. Russell в изложении В. А. Зыкина (Zykin et al., 2008). Математическую обработку данных по качеству зерна проводили по методике Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985).

Результаты и обсуждение

Глобальные изменения климата в Поволжье коснулись увеличения средней температуры воздуха и снижения осадков в период вегетации яровой твердой пшеницы в сторону еще большей засушливости. По данным лаборатории метеорологии нашего института, за последние 110 лет среднесезонная температура повысилась с 18,1°C до 19,8°C, а сумма осадков снизилась со 150 мм до 129 мм, или на 21 мм. Тем не менее саратовским селекционерам, «несмотря на сложность задачи, усугубляемой еще и глобальным изменением климата в сторону его большей засушливости, ... пока удавалось... наращивать урожайность твердой пшеницы путем создания более скороспелых и засухоустойчивых сортов» – писал в своей

Сорта с коэффициентом пластичности (b_i) > 1, такие как 'Ник', 'Николаша', 'Луч 25', 'Памяти Васильчука', имеют высокий потенциал продуктивности, зависящий от условий возделывания, и востребованы в агропроизводстве. Это сорта интенсивного типа. Сорта 'Тамара' и 'Валентина' с пластичностью (b_i) < 1 при стабильности (s_d^2) 7,38–8,54 относятся к сортам, способным переносить стрессовые факторы и давать качественный урожай при благоприятных условиях вегетации. К экстенсивным сортам принадлежит сорт 'Елизаветинская', характеризующийся слабой реакцией на улучшение условий среды.

Все сорта, представленные в таблице 1, востребованы у сельхозпроизводителей яровой твердой пшеницы – и не столько за продуктивность, сколько за качество зерна. Крупные современные макаронные фабрики работают по стандартам, где требования к качеству клейковины, количеству белка и цвету муки очень высоки.

В межгосударственный стандарт (GOST ISO 21415-2-2019..., 2020) по твердой пшенице внесли показатель «индекс глютена», определяющий качество клейковины. Пшеница с IG более 80 ед. считается качественной, с прочной и эластичной клейковиной. Сорта, представ-

Таблица 2. Показатели качества зерна сортов яровой твердой пшеницы, Саратов, 2012–2022 гг.**Table 2. Grain quality indicators in spring durum wheat cultivars, Saratov, 2012–2022**

Сорта	Количество белка, %	Индекс глютена, (IG)	Индекс желтизны, b%
‘Валентина’	14,9	96	19,6
‘Ник’	14,5	79	20,4
‘Елизаветинская’	16,2	85	21,5
‘Николаша’	15,8	74	19,8
‘Луч 25’	16,2	91	19,7
‘Памяти Васильчука’	16,3	90	22,3
‘Тамара’	15,7	89	23,5
НСР _{0,05}	0,7	7	1,2

ленные в таблице 2, – с отличной и упругой клейковиной, необходимой для производства макаронной продукции качества группы «А». Индекса желтизны, как и количества каротиноидных пигментов, в требованиях ГОСТ нет, но переработчики зерна твердой пшеницы на крупных макаронных фабриках этот анализ делают. Оптикой Konica Minolta определяют индекс желтизны как в зерне, так и в крупке. Разница между показаниями Spekol 10 и Konica минимальная: на 1,5–2,0% больше индекс желтизны по измерению Konica Minolta. Из списка можно отметить несколько сортов, сочетающих в себе высокое качество клейковины, индекс желтизны и содержание белка, что делает твердую пшеницу особо ценным продуктом. Прежде всего, надо обратить внимание на новые, современные сорта яровой твердой пшеницы – ‘Памяти Васильчука’ и ‘Тамара’. Первый – с особо прочной клейковиной, подходит для быстрой сушки макаронных изделий для пасты (Gaponov et al., 2020), второй – с самым высоким индексом желтизны, что значительно прибавляет потребительской ценности продуктам (Gaponov et al., 2022) (см. табл. 2).

Заключение

Широкая адаптация сортов яровой твердой пшеницы саратовской селекции подтверждена высокими коэффициентами экологической пластичности и экологической стабильности. Как наиболее пластичные с высокой потенциальной продуктивностью можно рекомендовать несколько сортов яровой твердой пшеницы для получения высокочкального урожая, таких как ‘Ник’, ‘Николаша’, ‘Луч 25’, ‘Памяти Васильчука’.

References / Литература

- Bogdanovich A.Yu, Pavlova V.N., Rankova E.Ya., Semenov S.M. Influence of changes in aridity in Russia in the XXI century on the suitability of territories for cultivation of grain crops. *Fundamental and Applied Climatology*. 2021;7(1):20-35. [in Russian] (Богданович А.Ю., Павлова В.Н., Ранькова Э.Я., Семенов С.М. Влияние изменений засушливости в России в XXI веке на пригодность территорий для возделывания зерновых культур. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2021;7(1):20-35). DOI: 10/21513/2410-8758-2021-1-20-35
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Gaponov S.N., Popova V.M., Shutareva G.I., Tsetva N.M., Parshikova T.M. Shchukin S.A. The variety “Saratovskaya zolotistaya” is 25. *Grain Economy of Russia*. 2018;(5):57-60. [in Russian] (Гапонов С.Н., Попова В.М., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Паршикова Т.М. Щукин С.А. 25 лет сорту Саратовская золотистая. *Зерновое хозяйство России*. 2018;(5):57-60). DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60
- Gaponov S.N., Shutareva G.I., Tsetva N.M., Tsetva I.S., Milovanov I.V. Improvement of the method of rheological assessment of grain quality in the spring wheat breeding. *Grain Economy of Russia*. 2020;1(67):49-53. [in Russian] (Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В. Усовершенствование метода реологической оценки качества зерна в селекции яровой твердой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2020;1(67):49-53). DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-49-53
- Gaponov S.N., Shutareva G.I., Tsetva N.M., Tsetva I.S., Milovanov I.V., Burmistrov N.A. et al. A new spring durum wheat variety ‘Tamara’ as a source of carotenoid pigments. *Grain Economy of Russia*. 2022;(3):51-56. [in Russian] (Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В., Бурмистров Н.А. и др. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов. *Зерновое хозяйство России*. 2022;(3):51-56). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56
- GOST ISO 21415-2-2019. Interstate standard. Wheat and wheat flour. Determination of gluten content. Part 2. Determination of wet gluten and gluten index by mechanical means. Moscow: Standartinform; 2020. [in Russian] (ГОСТ ISO 21415-2-2019. Межгосударственный стандарт. Пшеница и пшеничная мука. Определение содержания клейковины. Часть 2. Определение содержания сырой клейковины и индекса клейковины (глютен-индекса) механическим способом. Москва: Стандартинформ; 2020). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166727/titles> [дата обращения: 06.04.2023].
- Ilyina L.G. Breeding of Saratov spring wheats (Selektiya saratovskikh yarovykh pshenits). Saratov: Saratov University; 1996. [in Russian] (Ильина Л.Г. Селекция саратовских яровых пшениц. Саратов: Саратовский университет; 1996).
- McGregor R. Training food: Get the fuel you need to achieve your goals – before, during and after exercise. London: Watkins Media Limited; 2015.

- Pavlova V.N., Karachenkova A.A. Assessment of changes in climate-based productivity of summer wheat in the main regions of its cultivation in Russia. *Fundamental and Applied Climatology*. 2020;(4):68-87. [in Russian] (Павлова В.Н., Караченкова А.А. Оценка изменений климатически обусловленной урожайности яровой пшеницы в земледельческой зоне России. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2020;(4):68-87). DOI: 10.21513/2410-8758-2020-4-68-87
- Remeslo V.N. (ed.). Methods for assessing technological qualities of grain [Metody otsenki tekhnologicheskikh kachestv zerna]. Moscow; 1971. [in Russian] (Методы оценки технологических качеств зерна / под ред. В.Н. Ремесло. Москва; 1971).
- Vasilchuk N.S. Spring durum wheat breeding (Selektsiya yarovoy tverдой pshenitsy). Saratov: Novaya gazeta; 2001. [in Russian] (Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов: Новая газета; 2001).
- Vilfand R.M., Strashnaya A.I., Bereza O.V. On the dynamics of agroclimatic indicators of sowing conditions, wintering and harvest formation of the main cereal crops (O dinamike agroklimaticheskikh pokazateley usloviy seva, zimovki i formirovaniya urozhaya osnovnykh zernovykh kultur). *Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation*. 2016;(360):45-78. [in Russian] (Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур. *Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации*. 2016;(360):45-78).
- Walsh D.E. Measurement of spaghetti color. *The Macaroni Journal*. 1970;52(4):20-22.
- Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Methods for calculating the environmental plasticity of agricultural plants (Metodiki rascheta ekologicheskoy plastichnosti selskokhozyaystvennykh rasteniy). Omsk: Omsk State Agrarian University; 2008. [in Russian] (Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Омск: Омский государственный аграрный университет; 2008).

Информация об авторах

Сергей Николаевич Гапонов, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, raiser_saratov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8138-5955>

Галина Ивановна Шутарева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, miss.shutik2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1159-2892>

Наталья Михайловна Цетва, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, natacetva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9042-0831>

Иван Сергеевич Цетва, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, tse2van@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0539-9482>

Иван Владимирович Милованов, научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, Miliv13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4569-0300>

Никита Андреевич Бурмистров, младший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, kitbur_ka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6094-1783>

Елена Сергеевна Жиганова, младший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, alenash89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1551-0084>

Нина Сергеевна Соловова, младший научный сотрудник, Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, 410010 Россия, Саратов, ул. Тулайкова, 7, nsolovova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3784-8547>

Information about the authors

Sergey N. Gaponov, Cand. Sci. (Agriculture), Director, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulai-kova St., Saratov 410010, Russia, raiser_saratov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8138-5955>

Galina I. Shutareva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, miss.shutik2010@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1159-2892>

Natalia M. Tsetva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, natacetva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9042-0831>

Ivan S. Tsetva, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, tse2van@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0539-9482>

Ivan V. Milovanov, Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, Miliv13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4569-0300>

Nikita A. Burmistrov, Associate Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, kitbur_ka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6094-1783>

Elena S. Zhiganova, Associate Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, alenash89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1551-0084>

Nina S. Solovova, Associate Researcher, Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, 7 Tulaikova St., Saratov 410010, Russia, nsolovova@list.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3784-8547>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.05.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 04.03.2024.
The article was submitted on 26.05.2023; approved after reviewing on 11.09.2023; accepted for publication on 04.03.2024.