

НОВЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ТАМАРА – ИСТОЧНИК КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

С. Н. Гапонов, кандидат сельскохозяйственных наук, директор института, ORCID ID: 0000-0002-8138-5955;
Г. И. Шутарева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1159-2892;
Н. М. Цетва, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0001-9042-0831;
И. С. Цетва, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0539-9482;
И. В. Милованов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-4569-0300;
Н. А. Бурмистров, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0001-6094-1783;
Е. С. Жиганова, агроном лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-1551-0084;
В. А. Куликова, научный сотрудник химико-аналитической лаборатории, ORCID ID: 0000-0001-7192-0208
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
410010, г. Саратов, ул. им. Н.М. Тулайкова, 7, Россия; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Цель работы заключалась в создании и внедрении в производство сорта яровой твердой пшеницы, адаптированного к климатическим условиям Нижнего Поволжья, отвечающего по продуктивности и качеству зерна современным требованиям рынка сырья для производителей макаронной продукции. Качество зерна – важнейший критерий, по которому производится оценка твердой пшеницы. Для современного производства паста продуктов необходимо зерно с натурой не менее 770 г/л, стекловидное (не менее 80,0%), с высоким качеством клейковины (индекс глютена не менее 80 ед.пр.). Содержание каротиноидных пигментов от 7,0–8,0 мг/кг, где индекс желтизны (цвет семолины) не менее 22,0 у.е. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара соответствует всем предъявляемым параметрам. Сорт получили методом сложноступенчатой гибридизации между лучшими сортами и линиями лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы «ФАНЦ Юго-Востока» и отобранными образцами из коллекций селекционных центров РФ, ВИРа, и ICARDA. Сорт среднеспелый, от всходов до колошения 50 дней, высота растений 96 см. В среднем за три года (2019–2021) по продуктивности превысил сорт стандарт Краснокутка 13 на 0,3 т/га, а сорт Саратовская золотистая – на 0,5 т/га. Максимальный урожай в производственном посеве ОПХ «Красавское» в 2020 г. составил 3,14 т/га. Сорт характеризуется высоким содержанием каротиноидных пигментов, эластичностью и прочностью клейковины, янтарно-желтым оттенком спагетти, их низкой разваримостью, приятным вкусом и пищевой ценностью. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2022 года. Рекомендован для возделывания по 8-му региону Российской Федерации.

Ключевые слова: пшеница яровая твердая, сорт, продуктивность, макаронные изделия, каротиноиды, индекс желтизны.

Для цитирования: Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А., Жиганова Е. С., Куликова В. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56.



A NEW SPRING DURUM WHEAT VARIETY 'TAMARA' AS A SOURCE OF CAROTENOID PIGMENTS

S. N. Gaponov, Candidate of Agricultural Sciences, head of institute, ORCID ID: 0000-0002-8138-5955;
G. I. Shutareva, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1159-2892;
N. M. Tsetva, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9042-0831;
I. S. Tsetva, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0539-9482;
I. V. Milovanov, junior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4569-0300;
N. A. Burmistrov, junior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-6094-1783;
E. S. Zhiganova, agronomist of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-1551-0084;
V. A. Kulikova, researcher of the chemical and analytical laboratory, ORCID ID: 0000-0001-7192-0208
Federal Agricultural Research Center of South-East,
410010, Russia, Saratov, Tulaykov Str., 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

The purpose of the current work was to develop and introduce into production a spring durum wheat variety adapted to the climatic conditions of the Lower Volga region, which meets the modern requirements of the raw material market for pasta producers to productivity and grain quality. Grain quality is the most important criterion by which durum wheat is evaluated. For modern pasta production, there is a great need in grain with a grain unit of at least 770 g/l; with kernel hardness of at least 80.0%; with high quality of gluten (gluten index of at least 80 u.); with carotenoid pigments of 7.0–8.0 mg/kg, where the yellowness index (semolina color) is not less than 22.0 c.u. The new spring durum wheat variety 'Tamara' meets all the requirements. The variety was developed by the method of complex hybridization between the best varieties and lines of the laboratory for spring durum wheat breeding and seed production of the "FARC of South-East" and selected samples from the collections of the breeding centers of the Russian Federation, VIR, and ICARDA. The variety is middle-maturing, with 50 days from a germination to heading stage, with plant height of 96 cm. On average, through three years (2019–2021), the productivity of the variety exceeded that of the standard variety 'Krasnokutka 13' on 0.3 t/ha, and the variety 'Saratovskaya zolotistaya' on 0.5 t/ha. In 2020 in the production sowing of the Krasavskoye OPH the maximum productivity was 3.14 t/ha. The variety is characterized by a high percentage of carotenoid pigments, gluten elasticity and strength, an amber-yellow shade of spaghetti, their low digestibility, delicious taste and nutritional value. The new spring durum wheat variety 'Tamara' has been included in the State List of Breeding Achievements since 2022. The variety has been recommended for cultivation in the 8th region of the Russian Federation.

Keywords: spring durum wheat, variety, productivity, pasta, carotenoids, yellowness index.

Введение. Для зоны рискованного земледелия юго-востока России твердая пшеница всегда была важной продовольственной культурой, и создание засухоустойчивых сортов, сочетающих высокий урожай и качество зерна, остается главной задачей селекционеров. Нижнее Поволжье – один из семи регионов страны, обеспечивающих сырьем пищевую промышленность. По данным Минсельхоза РФ, третье место, после Оренбургской (182,2 тыс. т) и Челябинской (109,2 тыс. т) областей, по валовому сбору зерна в 2021 г. заняла Саратовская область (84,9 тыс. т) (OHLEBE.ru). Это на 36,2 тыс. т зерна яровой твердой пшеницы больше, чем в 2020 г., что стало возможным за счет увеличения посевных площадей.

Требования современных производителей макаронной продукции к крупке (семолине) из твердой пшеницы постоянно возрастают. С ростом ассортимента изделий, например, тонких спагетти (Мальчиков и др., 2021), необходима прочная и упругая клейковина, а для товарного вида макаронных изделий – золотисто-янтарный цвет продукции (Thomas et al., 2021). Национальный союз селекционеров и семеноводов (НССиС) поддержал предложение переработчиков твердой пшеницы о необходимости доработки стандартов по классу зерна, в частности, о включении в ГОСТ показателей цветности (индекс желтизны) и индекса глютена (качества зерна) (OHLEBE.ru). Поскольку паста (макаронные изделия) является самым распространенным продуктом, производимым из твердой пшеницы, растет и спрос на сорта яровой твердой пшеницы, обладающие такими требованиями.

По разным оценкам специалистов (Di Paola et al., 2020), в мире ежегодно около половины пшеницы дурум перерабатывается на макаронные изделия. На Ближнем Востоке и в Северной Африке эта пшеница в основном используется для приготовления таких продуктов, как булгур (bulgur), лапша (noodles), кускус (couscous), а также различных видов плоского (однослойного, двуслойного и т.п.) хлеба. Другие области применения семолины (муки твердой пшеницы), которые составляют около 1%, это манная крупа, обвалка мясных полуфабрикатов, тесто

для пельменей и пиццы, вафельные стаканчики и рожки для мороженого.

Важно, что при изготовлении любых продуктов из твердой пшеницы выигрывает цвет изделий приятного желтого оттенка, который зависит от количественного содержания каротиноидных пигментов. Каротиноиды в живых организмах имеют огромное значение как первоначальные вещества, из которых образуются витамины группы А. Провитамин А, или ретинол, улучшает зрение, способствует росту костей, волос, повышает сопротивляемость организма к инфекциям. Поэтому твердая пшеница считается незаменимым сырьем для детского питания. Каротиноиды являются переносчиками активного кислорода и принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, функционируют как антиоксиданты в растениях и организме человека. Янтарная окраска зерна и ярко-золотистый цвет семолины твердой пшеницы обусловлены высокой концентрацией каротиноидов, в частности лютеина (Мясникова и др., 2019).

В селекционных программах создание нового сорта с высоким содержанием каротиноидных пигментов предусматривает оценку активности фермента липоксигеназы. Известно, что в условиях Поволжья ярко выраженный золотисто-желтый цвет готовых макаронных изделий проявляется при содержании каротиноидных пигментов в зерне не менее 4,0 мг/кг – 4,5 мг/кг. Однако в процессе производства макаронных изделий при помоле зерна и замесе теста происходит их быстрое окисление, связанное с повышением активности фермента липоксигеназы (липоксидазы). По этой причине селекционеры большинства стран мира нацелены на создание сортов твердой пшеницы с более высоким содержанием каротиноидных пигментов (7 мг/кг – 8 мг/кг) и низкой активностью ферментов, их окисляющих (Mares, 2007).

Материалы и методы исследований. Посев осуществляли на полях селекционного севооборота «ФАНЦ Юго-Востока» по чистому пару. Изучаемые линии высевали в 4-кратной повторности, норма высева – 400 зерен на м², учетная площадь делянок – 8,4 м². Объектом исследования был сорт Тамара (селекцион-

ный номер линии D-2138). Стандартные сорта: Краснокутка 13 и Саратовская золотистая. Сорт Гордеиформе 432, районированный в 1929 г., привлекли к исследованию в качестве сравнительного примера достижений в селекции современных сортов, в частности содержания каротиноидных пигментов.

Фенологические наблюдения за время вегетации, оценку на устойчивость к засухе и болезням, продуктивность, анализ зерна и статистическую обработку данных по яровой твердой пшенице сорта Тамара проводили по общепризнанным методикам и усовершенствованным в лаборатории селекции яровой твердой пшеницы «ФАНЦ Юго-Востока» (Васильчук, 2001; Доспехов, 2012).

Особое внимание было уделено количественному измерению каротиноидных пигментов. Наличие желтых пигментов обычно исследуют традиционным методом – путем их экстрагирования сатурированным н-бутанолом и последующим фотоколориметрированием при длине волн 440–450 нм (Плешков, 1968).

Вторым по значимости методом стала возможность качественного и количественного определения индекса желтизны семолины у разных генотипов яровой твердой пшеницы с помощью спектрофотометра Spекol 10 (Васильчук, 2001). В соответствии с программой планирования и развития селекции яровой твердой пшеницы индекс желтизны определяется во всех образцах экспериментальных питомников, начиная с питомника первого года (СП-1). Метод позволяет отбирать ценные генотипы по степени цвета семолины (муки) на ран-

них этапах селекционного процесса – в F_2 и F_3 в сочетании с другими хозяйственно полезными признаками (Гапонов и др., 2018).

Результаты и их обсуждение. Качество зерна – главный показатель, по которому оценивается твердая пшеница. Современные технологии производства длиннотрубчатых макаронных изделий и тонких спагетти, так называемых паста продуктов, требуют все более качественное сырье – высококачественное стекловидное зерно с упругой и эластичной клейковиной, повышенным содержанием каротиноидных пигментов и белка. Результативность селекции твердой пшеницы на высокое содержание каротиноидных пигментов в зерне подтверждает многолетний опыт работы лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».

Динамика роста числа сортов и линий в конкурсном сортоиспытании, превышающих в условиях Саратова первый селекционный сорт яровой твердой пшеницы Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидных пигментов в зерне, наглядно показана на рисунке 1. За последние одиннадцать лет все сорта, начиная с сорта Саратовская золотистая, выше старого сорта Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидных пигментов в среднем на 2,3–3,0 мг/кг, что составляет 50–65%. Два новых сорта яровой твердой пшеницы – Памяти Васильчука и Тамара – превышают сорт Гордеиформе 432 по содержанию каротиноидов в среднем уже на 3,2 и 3,5 мг/кг соответственно, или на 70–76% соответственно.

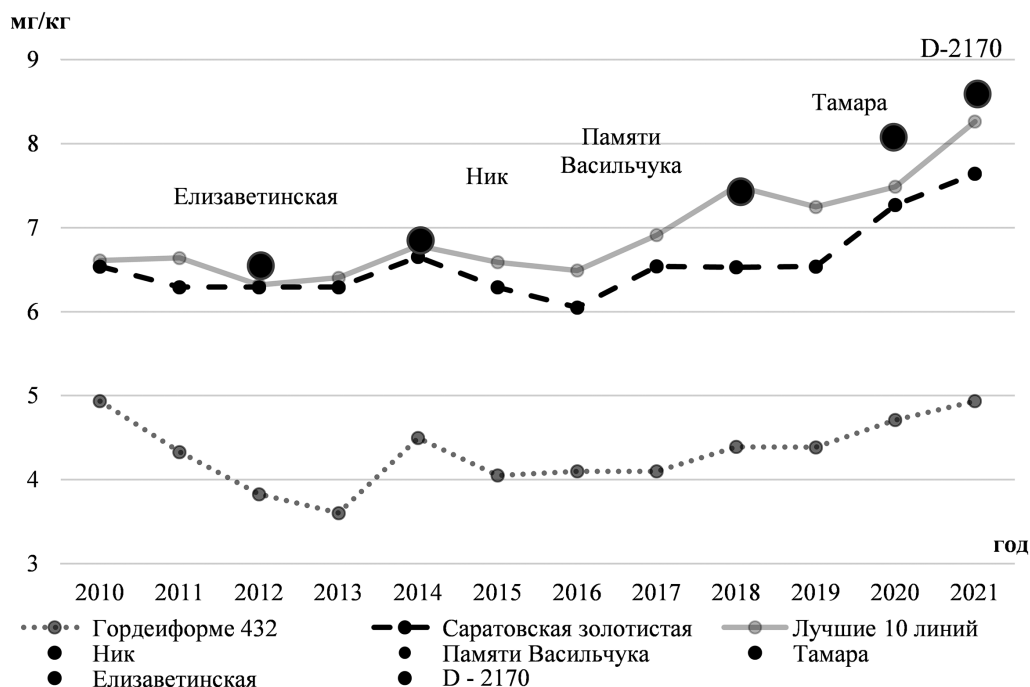


Рис. 1. Вклад селекции в содержание каротиноидных пигментов в яровой твердой пшенице (2010–2021 гг.)
Fig. 1. Contribution of breeding to the percentage of carotenoid pigments in spring durum wheat (2010–2021)

В настоящее время в конкурсном сортоиспытании есть перспективная линия D-2170, где количество пигментов выше, чем у сорта Тамара, на 0,2 мг/кг, и составляет в среднем 8,3 мг/кг против 8,1 мг/кг у нового сорта. Повышение содержания пигментов в современных сортах – заслуга селекционеров, создавших сорт яровой твердой пшеницы Саратовская золотистая (Васильчук, 2001; Гапонов и др., 2018), который и в настоящее время является стандартом по цвету и количеству каротиноидных пигментов, а также доно-

ром по этим показателям во многих программах скрещиваний.

Количество селекционных номеров с высоким содержанием каротиноидных пигментов подтверждает и второй метод, который используют в лаборатории, – метод определения индекса желтизны (b%). Число линий с высоким показателем индекса желтизны в основном конкурсном сортоиспытании (ОКИ) лаборатории, как и количество каротиноидных пигментов, относительно сорта Гордеиформе 432 убедительно подтверждает диаграмма (рис. 2).

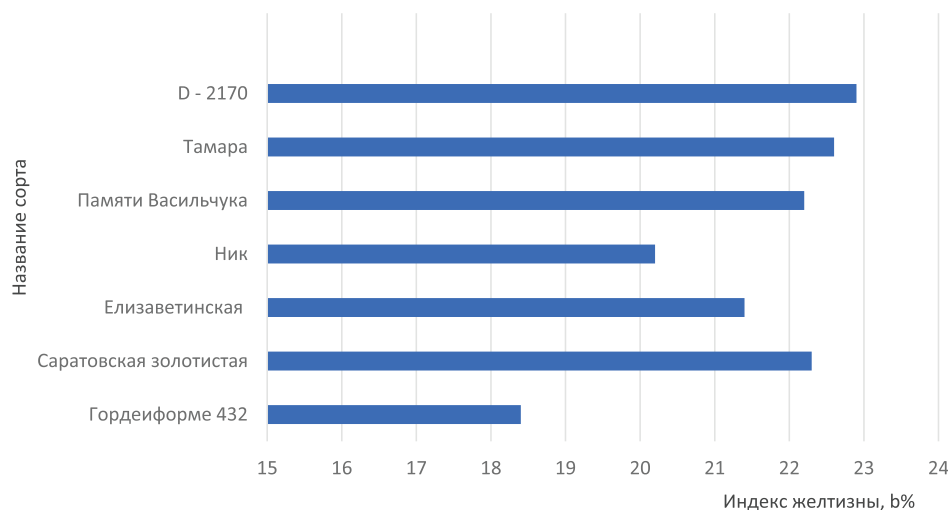


Рис. 2. Индекс желтизны (b %) современных сортов яровой твердой пшеницы относительно сорта Гордеиформе 432 (2010–2021 гг.)

Fig. 2. Yellowness index (b %) of the modern spring durum wheat varieties in accordance with the variety 'Gordeiforme 432' (2010–2021)

В родословной сорта Тамара по материнской и отцовской линиям присутствует сорт Саратовская золотистая (рис. 3). В схеме многоступенчатой гибридизации есть два иностранных сорта. Сорт Vic, USA с высоким качеством клейковины в зерне и устойчивостью

к грибковым болезням (пыльной головне, «черному зародышу») и сорт Karasu, ICARDA (Гапонов и др., 2021) с высокой потенциальной продуктивностью, высоким седиментационным числом, устойчивостью к хлебному пильщику.

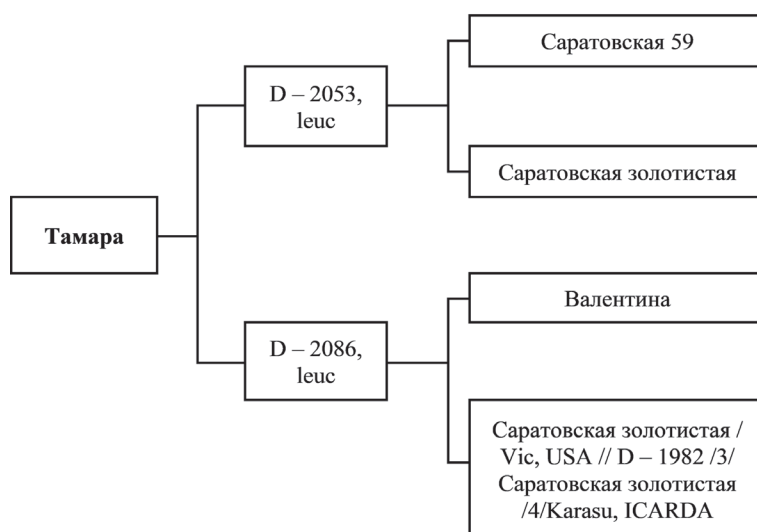


Рис. 3. Родословная сорта яровой твердой пшеницы Тамара

Fig. 3. Parentage of the spring durum wheat variety 'Tamara'

Морфологическое описание сорта. Пшеница твердая (*Triticum durum* (Desf.) v. *leuicurum*), колос белый, неопушенный, цилиндрической формы, крупный (6,14 см), плотный (22–24 колоска на 10 см колоскового стержня). Колосковая чешуя ланцетная, нервация слабо выражена. Килевой зубец короткий, острый и прямой. Плечо среднее, округлое. Ости белые. Зерно белое (янтарное), крупное, удлинённой формы, с хохолком средней длины. Масса 1000 зерен в среднем 43,1 г. Бороздка неглубокая.

Биологические и хозяйственные свойства сорта. Новый сорт имеет прочный стебель, что обеспечивает устойчивость к полеганию. Выполненность соломины средняя. Высота растения в среднем составила 96 см. Сорт Тамара практически не подвержен септориозу, слабо поражается вирусными инфекциями, мучнистой росой, не поражается пыльной головней, «черным зародышем». Период от всходов до колошения составляет 50 дней против 49 у сорта Саратовская золотистая. По урожайности новый сорт превосходит стандарт ГСИ

по Саратовской области сорт Краснокутка 13 на 0,3 т/га, а сорт Саратовская золотистая – на 0,5 т/га. Особенность нового сорта Тамара заключается в технологических качествах зерна. По содержанию каротиноидных пигментов новый сорт в среднем превышает стандарты – на 0,5 мг/кг сорт Саратовская золотистая и на 3,3 мг/кг сорт Краснокутка 13. Величина SDS-седиментации, как показатель прочности и эластичности клейковины, на уровне 46 мм. Цвет паста продуктов из семолины нового сорта и миксограмма реологических свойств теста оценивается в 9 баллов (см. табл.). Из представленных данных следует, что новый сорт по многим характеристикам превышает или на уровне ранее созданных сортов «ФАНЦ Юго-Востока», но есть одно преимущество. Высокая продуктивность в сочетании с высоким качеством клейковины (индекс глютена 87 ед. пр.) и содержанием каротиноидных пигментов (8,1 мг/кг) делают новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара востребованным на рынке сырья для пищевой промышленности.

Показатели продуктивности и качества яровой твердой пшеницы Тамара (2019–2021 гг.)
Indicators of productivity and quality of the spring durum wheat variety 'Tamara' (2019–2021)

Сорт	Урожайность, т/га	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г	Содержание		Индекс глютена, ед.	Индекс желтизны, b%	SDS-микро, мм	Каротиноид пигмент, мг/кг	Миксограмма, балл
				протеин, %	глютен, %					
Гордеиформе 432	1,5	803	41,1	13,8	30,4	58	18,4	37	4,6	6
Краснокутка 13, ст.	1,9	803	44,3	14,3	31,3	61	18,0	39	4,8	7
Саратовская золотистая, st	1,7	787	42,5	14,3	30,7	85	22,3	42	7,6	8
Елизаветинская	1,8	798	46,3	14,5	31,4	92	21,4	48	7,3	8
Ник	2,1	761	45,1	13,7	28,2	79	20,2	48	6,9	7
Аннушка	2,0	783	42,6	13,7	29,2	80	20,2	52	6,7	7
Луч 25	2,1	798	45,6	12,9	27,1	85	19,8	48	6,4	8
Памяти Васильчука	2,1	802	41,1	13,6	28,5	91	22,2	50	7,8	10
Тамара	2,2	807	43,1	13,3	28,2	87	22,6	46	8,1	9
F_φ	2,606	3,460	4,266	2,620	3,814	16,399	13,957	11,000	11,250	79,980
НСР₀₅	0,407	24,782	2,750	0,999	2,405	9,099	1,283	0,906	0,999	0,413

Почти за столетнюю селекционную деятельность, ученым генетикам и селекционерам удалось создать сорта, объединяющие в себе все лучшее, что отличает твердую пшеницу от других культур, что делает ее ценным, востребованным и безопасным сырьем для здорового питания человека. Подтверждением этому служит сорт яровой твердой пшеницы Тамара, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений в 2022 году.

Работа по данному направлению не останавливается, новая перспективная линия D-2170 будет заявлена на допуск к испытанию в ГСИ в 2023 году.

Выводы. Сорт яровой твердой пшеницы Тамара может быть использован:

- как источник каротиноидных пигментов в селекционных программах скрещиваний;
- в качестве сырья в пищевой промышленности для изготовления паста продуктов, крупы и муки (семолины) для пиццы, формовой кондитерской выпечки.

Сорт рекомендуется возделывать в условиях 8 региона Российской Федерации по принятым технологиям, применяемым для твердой пшеницы.

Библиографические ссылки

1. Васильчук Н. С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов: Новая газета, 2001. 124 с.
2. Гапонов С. Н., Попова В. М., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Паршикова Т. М., Шукин С. А. 25 лет сорту Саратовская золотистая // Зерновое хозяйство России. 2018. №5(59). С. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60.
3. Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В. Сорта и линии ICARDA в селекции яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf) Нижнего Поволжья // Труды по

прикладной ботанике, генетике и селекции 2021. №3(182). С. 137–142. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-137-142.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

5. Мальчиков П. М., Мясникова М. Г., Чакеева Т. В. Качество клейковины сортов твердой пшеницы самарской селекции и сортов из Италии и Австралии // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 9(35). С. 25–30. DOI: 10.53859/0235-2451-2021-35-9-25.

6. Мясникова М. Г., Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Анисимкина Н. В., Розова М. А., Чакеева Т. В. Результаты селекции твердой пшеницы в России на содержание каротиноидных пигментов в зерне // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 37–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40.

7. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1968. 192 с.

8. Di Paola A., Ventura F., Vignudelli M., Bombelli A., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100(11). P. 4093–4100. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9864>.

9. Mares D., Mrva K. Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting // Journal of Cereal Science. 2008. Vol. 47. P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>.

10. OHLEBE.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ohlebe.ru/news/rf/585-triticum-durum-vozvrashchenie-yantarnogo-zern> (дата обращения 25.02.2022).

11. Thomas C., Maître I., Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework // British Food Journal. 2021. Vol. 123(7). P. 2430–2448. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050>.

References

1. Vasil'chuk N. S. Seleksiya yarovoi tverdoi pshenitsy [Spring durum wheat breeding]. Saratov: Novaya gazeta, 2001. 124 s.

2. Gaponov S. N., Popova V. M., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Parshikova T. M., Shchukin S. A. 25 let sortu Saratovskaya zolotistaya [25 years anniversary of the variety 'Saratovskaya zolotistaya'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 57–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60.

3. Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V. Sorta i linii ICARDA v seleksii yarovoi tverdoi pshenitsy (Triticum durum Desf) Nizhnego Povolzh'ya [The varieties and lines of ICARDA in the breeding of spring durum wheat (Triticum durum Desf) of the Lower Volga region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii 2021. №3(182). S. 137–142. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-137-142.

4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 s.

5. Mal'chikov P. M., Myasnikova M. G., Chakheeva T. V. Kachestvo kleikoviny sortov tverdoi pshenitsy samarskoi seleksii i sortov iz Italii i Avstralii [Gluten quality of the durum wheat varieties of Samara breeding and of the varieties from Italy and Australia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. № 9(35). S. 25–30. DOI: 10.53859/0235-2451-2021-35-9-25.

6. Myasnikova M. G., Mal'chikov P. N., Shabolkina E. N., Anisimkina N. V., Rozova M. A., Chakheeva T. V. Rezul'taty seleksii tverdoi pshenitsy v Rossii na soderzhanie karotinoidnykh pigmentov v zerne [The results of durum wheat breeding in Russia for the content of carotenoid pigments in grain] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 6(66). S. 37–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40.

7. Pleshkov B. P. Praktikum po biokhimii rastenii [Practical recommendation on plant biochemistry]. M.: Kolos, 1968. 192 s.

8. Di Paola A., Ventura F., Vignudelli M., Bombelli A., Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100(11). P. 4093–4100. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9864>.

9. Mares D., Mrva K. Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting // Journal of Cereal Science. 2008. Vol. 47. P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>.

10. OHLEBE.ru [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://ohlebe.ru/news/rf/585-triticum-durum-vozvrashchenie-yantarnogo-zern> (data obrashcheniya 25.02.2022).

11. Thomas C., Maître I., Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework // British Food Journal. 2021. Vol. 123(7). P. 2430–2448. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050>.

Поступила: 25.03.22; доработана после рецензирования: 01.06.22; принята к публикации: 02.06.22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гапонов С. Н. – концептуализация исследования; Шутарева Г. И. – выполнение полевых опытов, подготовка рукописи; Цетва Н. М. – выполнение полевых и лабораторных опытов; Цетва И. С. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных; Милованов И. В. – выполнение полевых опытов и интерпретация данных; Бурмистров Н. А. – выполнение полевых опытов; Жиганова Е. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Куликова В. А. – проведение химических анализов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.