

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРАНСГРЕССИВНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ У ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДОНУ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХ

**С.А. КОВАЛЕНКО**, аспирант, E-mail: sa\_kovalenko\_83@mail.ru,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0726-7499>

**М.А. ФОМЕНКО**, доктор сельскохозяйственных наук,

E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5385-6863>,

**В.П. КАДУШКИНА**, E-mail: kadushkina1964@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0001-6363-9352>

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

**Аннотация.** Приведены особенности рекомбинационного процесса по изученным популяциям в зависимости от засух и от степени эколого-географической удаленности генотипов родительских форм, привлеченных в скрещивания. Экспериментальным путем установлен интегральный маркер, используемый при отборах и оценках в  $F_1$  и в популяциях в условиях засух – масса зерна с 1 растения (с единицы площади). Сверхдоминирование этого признака (маркера)  $F_1$  выявили в среднем у 48% популяций. В засушливые годы его значение составляло 51-59%. Гетерозис отмечали по многим признакам, особенно по продуктивности. Однако в последующих поколениях у ряда гибридов из-за действия модификации генов это не подтвердилось.

При пересеве в  $F_2$  из-за модификаций превышение родителей по урожаю зерна с растения было только у 12-15% популяций. Тем не менее по характеру наследования маркера в  $F_1$  можно судить о перспективности популяции в последующем. Трансгрессивные семьи выделены в  $F_3$ -  $F_4$ . Они представлены генотипами с более выраженной устойчивостью к засухам, адаптированные к местным условиям (4193/17, 4685/19, 4699/19 и др.). В результате двукратных отборов в гетерогенных популяциях в  $F_5$ -  $F_6$  выделен перспективный материал (4464/21, 4465/21 и др.), в генотипах которых при использовании зарубежных и отдаленных форм произошло усиление адаптивных и продуктивных признаков у яровой пшеницы. Отобранные трансгрессивные семьи проходят проверку в следующих поколениях, что позволит уточнить степень усиления выраженности признака. В ГСИ передан для изучения новый сорт яровой твердой пшеницы Донская лазоревая.

**Ключевые слова:** яровая твердая пшеница, гетерозис, трансгрессивная изменчивость, засуха, Дон.

**Для цитирования:** Коваленко С.А., Фоменко М.А., Кадушкина В.П. Особенности проявления трансгрессивной изменчивости у яровой твердой пшеницы на Дону в условиях засух. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 4 (56):169-178 DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-169-178

## FEATURES OF THE MANIFESTATION OF TRANSGRESSIVE VARIABILITY IN SPRING HARD WHEAT ON THE DON UNDER DROUGHT CONDITIONS

S.A. Kovalenko, M.A. Fomenko, V.P. Kadushkina

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER»

**Abstract:** The features of the recombination process for the studied populations are given, depending on droughts and on the degree of ecological and geographical remoteness of the genotypes of the parent forms involved in crosses. Experimentally, an integral marker used in the selection and evaluation in  $F_1$  and in populations under drought conditions was established – the mass of grain from 1 plant (per unit area). Overdomination of this trait (marker)  $F_1$  was detected in

*an average of 48% of populations. In dry years, its value was 51-59%. Heterosis was noted for many signs, especially productivity. However, in subsequent generations, this was not confirmed in a number of hybrids due to the action of modification genes.*

*When replanting in F2 due to modifications, only 12-15% of the populations exceeded the parents in grain yield from the plant. Nevertheless, the nature of the marker inheritance in F1 can be judged on the prospects of the population in the future. Transgressive families are allocated in F3- F4. They are represented by genotypes with more pronounced drought resistance, adapted to local conditions (4193/17, 4685/19, 4699/19, etc.). As a result of two-fold selections in heterogeneous populations in F5- F6, promising material was isolated (4464/21, 4465/21, etc.), in whose genotypes, when using foreign and distant forms, adaptive and productive traits in spring wheat increased. The selected transgressive families are tested in the next generations, which will clarify the degree of enhancement of the severity of the trait. A new variety of spring durum wheat, Don azure, has been transferred to the State Commission for Variety Testing for study.*

**Keywords:** spring durum wheat, heterosis, transgressive variability, drought, Don.

В связи с существенной изменчивостью климата методология селекции яровой пшеницы на современном этапе направлена на создание новой генетической изменчивости, адаптированной к купированию его негативов, с сохранением стабильно высокими потенциальной продуктивностью, качеством сырья, устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды [1, 2].

Вклад адаптивных генов в решение этой проблемы постоянно возрастает [3, 4]. На качество зерна сильное влияние оказывает взаимодействие «генотип-среда» [5, 6]. Особенности селекции пшеницы на продуктивность и адаптивность в условиях засух выявляются постоянно. Тем не менее действие стресс-факторов усиливается, что требует уточнения ряда методических аспектов в унисон к среде. Успех заключается в умении создать генетическую изменчивость, поддающуюся отбору, с высокой экологической пластичностью в соответствии с динамикой погодных факторов [7]. Существует целый ряд методов её создания, однако наиболее гибким инструментом следует считать гибридизацию конкретно подобранных компонентов. Возникающая в этом случае рекомбинация генов является одним из основных источников генетической изменчивости. Для этого используют родительские формы из коллекции ВИР и других источников, отдаленных в эколого-географическом отношении, но максимально приближенных к модели сорта, наиболее адаптированных к местным условиям, и линии, сорта собственной селекции. Они должны иметь наименьшее количество общих генов, близких к модели сорта. Управление процессами рекомбинации и отбора лучших гибридов позволяет получать новые генотипы с признаками и свойствами, которых не было у родителей, или с более сильной выраженностью (трансгрессиями) [8-10].

**Цель работы** – уточнить особенности проявления трансгрессивной изменчивости у яровой твердой пшеницы в условиях засух на Дону.

#### **Материал и методы исследований**

Работу проводили в Федеральном Ростовском аграрном научном центре в 2022-2024 гг. Климат умеренно континентальный. Годовая амплитуда температуры воздуха при экстремальных значениях достигает 70-80°C, гидротермический коэффициент составляет 0,7, характерно для засушливых регионов. Коэффициент аридности (по Мезенцеву-Виноградову) – 0,4. Абсолютный максимум температур доходит до +38+46°C. Осадков на северо-западе Ростовской области выпадает до 443 мм при среднемноголетнем значении 451 мм (метеостанция «Тарасовское опытное поле»).

Неустойчивое и недостаточное количество осадков по годам – одна из основных особенностей климата. По классификации А.М. Шульгина, запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в этой зоне можно отнести к недостаточным (<130мм). Глубина промачивания почвы составляет 60-180 см.

В годы исследований распределение осадков было неравномерным. Среднесуточная температура превышала на 3-4°C среднемноголетние данные практически по всем

фенофазам (метеостанция «Тарасовское опытное поле»). В 2024 году наблюдали весенне-летнюю продолжительную засуху с суховеями, закладка семян и развитие растений на протяжении всей вегетации проходили в жесточайшем стрессе, значение ГТК варьировало от 0,04 до 0,47, в 2022 году – ранневесеннюю, осадки были преимущественно в виде ливней во второй декаде мая и первой декаде июля, ГТК за весь вегетационный период равнялся 0,51, 2023 год был наиболее благоприятным для формирования зерна яровой твердой пшеницы, основные фазы развития растений (кущение и выход в трубку) проходили при хороших запасах влаги (количество осадков в мае месяце превышало среднегодовое почти в два раза) и умеренных температурах, значение ГТК от всходов до полной спелости составил 1,03 (табл. 1).

Таблица 1

**ГТК по фазам вегетации в годы исследований, 2022-2024 гг.**

Год исследований	Посев-всходы	Всходы-выход в трубку	Выход в трубку-колошение	Всходы-колошение	Колошение-полная спелость	Всходы-полная спелость	Посев-полная спелость
2022	0,38	0,78	1,17	0,98	0,13	0,51	0,51
2023	0,66	1,37	1,81	1,45	0,77	1,05	1,03
2024	0,24	0,34	0,04	0,11	0,47	0,32	0,32

Почвы представлены южным карбонатным чернозёмом, с мощностью 30-40 см. В пахотном слое почвы (фон без удобрений) нитратного азота ( $N-NO_3$ ) (по Гинзбургу) было 44,65 мг/кг почвы, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 56,53 мг/кг, калия ( $K_2O$ ) – 320 мг/кг (по Чирикову). Агротехника возделывания яровой твердой пшеницы – общепринятая для зоны [11].

Основные принципы создания генетической изменчивости базируются на скрещивании родителей с минимальным набором общих генов, использовании генотипов в основном зарубежной селекции из коллекции ВИР и местных форм с уже адаптивными комплексами генов к условиям произрастания. Использовали парные и ступенчатые схемы скрещиваний. Важным требованием является приближенность исходных сортов к модели сорта, особенно зарубежных, но степень удаленности их генотипов не должна обуславливать ограничения на рекомбинацию генов.

Ежегодно изучали 250-280 гибридов  $F_1$ , 100-115 популяций  $F_2$ , 25-38 тыс. семей из 200-250 популяций селекционного питомника. В контрольном питомнике исследовали 380-560 линий, в конкурсных испытаниях – 70-98. Особенности фенотипического доминирования у гибридов  $F_1$  определяли по методу В.А. Griffing. Степень и частоту трансгрессий изучаемых признаков выявляли по методике Г.С. Воскресенской и В.И. Шпота.

Трансгрессивные семьи в популяциях отбирали, используя собственный разработанный критерий продуктивности: средний урожай по питомнику + НСР + 13% к этому уровню. Этот критерий установлен экспериментально и уже много лет опробован.

### **Результаты и их обсуждение**

В условиях северного Дона для создания популяций с высокой гетерогенностью признаков привлекаемые родители должны быть эколого-географически отдаленными, засухоустойчивыми, формировать оптимальную надземную массу, не должны уступать по урожайности стандарту более, чем на 20% и т.д. [12, 13].

При ступенчатой гибридизации особую важность приобретает создание гетерогенных популяций с продолжительным формообразовательным процессом. В этом случае во время целенаправленных многократных отборов и давлении абиотических факторов окружающей среды есть возможность управления их рекомбинацией. В условиях угнетения стрессорами (суховеи, засухи, длительная повышенная температура, весенние заморозки) формируются

коадаптированные системы генов яровой твердой пшеницы, обуславливающие преимущество по продуктивности и адаптивности перед предыдущими генотипами [14].

Используя родительские формы из разных экологических систем, как правило, взаимное приспособление взаимодействующих аллелей генофонда к местным условиям проходит в несколько этапов. При продолжительном формообразовании необходимо выделять и отбирать генотипы с нужными комплексами генов, приближенными к модели сорта, затем задействовать их в следующих скрещиваниях [15]. В результате чего повышается выраженность изучаемых признаков, улучшаются адаптивные свойства к местным стрессорам.

За период наблюдений в 2022 и 2024 гг. в процессе всей вегетации гибриды F1, подвергались давлению различных засух. Вследствие чего отмечали большое количество комбинаций (51-59%) с проявлением сверхдоминирования по признаку масса зерна с одного растения (маркер селекции на продуктивность), по сравнению с более благоприятным 2023 годом – 47%. В этом проявлялся эффект действия модификации генов.

Поэтому эффект гетерозиса по продуктивности у многих гибридов первого поколения со сверхдоминированием часто не проявлялся в F2. В среднем только 12-15% изучаемых гибридов превосходили по урожайности родительские формы. Свойства этих гибридов уточняли в F3.

Комбинационная изменчивость признаков и появление трансгрессий в каждой новой популяции в конкретных условиях среды проявлялись неоднозначно. В 2024 году частота выщепления трансгрессий по массе зерна с растения у гибридов F3- F11 была относительно стабильной (1,33-1,90%). Максимальное значение выявлено в F6 – 2,40%. В 2023 году более высокое выделение трансгрессивных форм отмечали в поколениях F5- F8 (рис.).

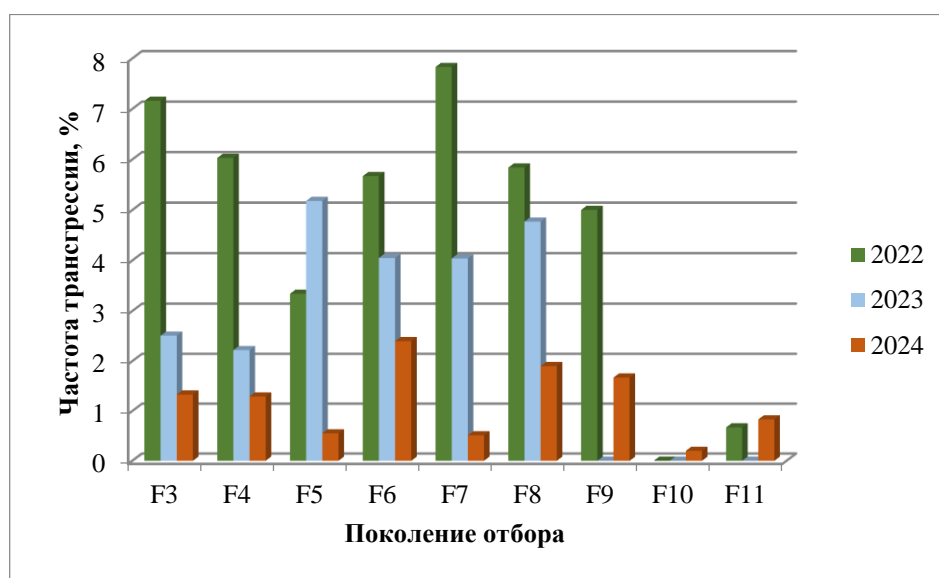


Рис. Средняя частота выявления форм с трансгрессиями по продуктивности в селекционном питомнике, 2022-2024 гг.

В 2022 году популяции отличались высокой интенсивностью расщепления, более широким диапазоном изменчивости и продолжительным процессом формообразования. Повторные отборы повышали уровень гомозиготности форм по морфологическим признакам и устойчивости к стрессовым условиям среды.

Особую роль в исследованиях играли скрещивания местных генотипов с коадаптированными комплексами генов. В условиях увеличения аридности среды адаптивные признаки (жаро-, засухоустойчивость) генотипов накапливались постепенно. Константные трансгрессивные формы в таких популяциях отбирали в сравнительно ранних поколениях в F3-F5 (4685/19, 4924/20, 4468/21 и др.). Однако гибриды, полученные в

Таблица 2

**Частота и степень трансгрессии по комбинациям перспективных линий яровой  
твердой пшеницы, %**

Комбинация	Поколение отбора						Выделенные сорта, линии	
	F3		F4	F5		F6		
	Частота	Степень		Частота	Степень	Частота		Степень
5091/12 <sup>М</sup> × к. 59187 СД 4354, США	5,2	39,2						4193/17 Донская лазоревая
4734/08 <sup>М</sup> × 4789/11 <sup>М</sup>	3	45						4685/19
5014/12 <sup>М</sup> × Харьковская 41, Украина	6,7	59						4699/19
4981/13 <sup>М</sup> × 4769/11 <sup>М</sup>	2	59		и.о.		1	55,2	4464/21
4767/11 <sup>М</sup> × 137 с 28, Кубань	6,1	80,8		и.о.		4,1	42,9	4924/20
4991/13 <sup>М</sup> × 5061/13 <sup>М</sup>	5,8	25,3		и.о.		1,2	28,2	4465/21
5017/12 <sup>М</sup> × Безенчукская 205, Самарский НИИСХ	2,5	61,6	и.о.	1,1	50			4468/21

*Примечание: линия<sup>M</sup> – местная перспективная линия, созданная в ФГБНУ ФРАНЦ*

**Линия 4193/17 (Донская лазоревая)** создана с использованием сортов из различных экологических сред: Новодонская (Ростовская область), Д-2093 (Саратов), Sellicorra (Италия), СД 4354 (США). Исследования вели на продуктивность, качество зерна, жаро-, засухоустойчивость. Перспективная линия выделена в третьем поколении и была передана на ГСИ в 2023 году. Максимально реализованный урожай зерна составил 6,79 т/га (экологическое сортоиспытание в ФГБНУ «Научный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»). Генотип раннеспелый, выколашивается и созревает на 2-3 дня раньше стандартного сорта Донская элегия. Плотность ценоза – до 592 продуктивных стеблей/м<sup>2</sup>. Устойчивость к основным заболеваниям высокая (поражение мучнистой росой – 0-5%, поражение бурой ржавчиной - 0). Характеризуется высоким содержанием белка – 14,7% и клейковины – 32,1% (среднее за 2022-2024гг.) (табл. 3).

**Линия 4685/19 (Вольнодонская золотистая)** получена в результате внутри- и межвидовой гибридизации с участием сортов отечественной селекции Вольнодонская, Новодонская, Степь 3, Тарасовская остистая и зарубежной – Giorgio и Харьковская 7 с последующим индивидуальным отбором форм. Перспективная линия выделена в третьем поколении и передана на ГСИ в 2024 году. Максимальный урожай получен в экологическом сортоиспытании ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» – 5,82 т/га, прибавка к стандарту составила 0,76 т/га. Генотип среднеспелый, выколашивается на уровне стандартного сорта Донская элегия. Устойчив к полеганию (4,9 баллов). Характеризуется высокой засухоустойчивостью, полевой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине. Поражение вредителями (злаковой мухой, хлебным пилильщиком) ниже, чем у стандарта Донская элегия. Имеет высокие показатели качества зерна: содержание белка в зерне – 14,9%, клейковины – 32,7%.

**Линии 4924/20, 4464/21, 4465/21 и 4468/21** получены путем двукратного отбора из гибридных популяций мутантного происхождения с участием местных сортов. Характеризовались высокой плотностью ценоза – до 588 стеб./м<sup>2</sup>, коэффициент продуктивной кустистости достигал 1,6 и хорошей озерненностью колоса. Изучение данных генотипов будет продолжено на следующий год.

**Некоторые элементы структуры перспективных линий конкурсного сортоиспытания,  
2022-2024 гг.**

№	Сорт, линия	Количество продуктивных стеблей на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Продуктивная кустистость, стебл./раст.	Вес зерна с 1 м <sup>2</sup> , г	Вес зерна с 1 растения, г	Вес зерна с 1 колоса, г	Количество зерен в колосе, шт.
1	Донская элегия, St	327	1,2	234,7	0,82	0,71	19,9
2	4193/17 (Донская лазоревая)	592	1,6	396,4	1,12	0,59	18,6
3	4685/19	364	1,2	303	1,05	0,83	23,6
4	4699/19	302	1,1	211,6	0,80	0,73	0,9
5	4924/20	428	1,6	198,6	0,74	0,47	12,9
6	4464/21	506	1,4	324,0	0,92	0,64	16,4
7	4465/21	518	1,3	384	0,98	0,74	19,1
8	4468/21	588	1,6	449,2	1,23	0,76	18,7

Использование отдаленной гибридизации позволило повысить содержание каротиноидов в зерне. Некоторые исследователи это объясняют тем, что трансгрессии по содержанию каротиноидных включений в зерне твердой пшеницы происходят довольно часто, особенно при добавлении в комбинацию генов озимой мягкой пшеницы [16, 17]. Целая группа комбинаций, таких как 4685/19, 4464/21 и др. имела высокие результаты по данному признаку (503 мкг %, 498 мкг % и др. соответственно при 420 мкг % у стандарта Донская элегия).

Введение генного материала дальнего зарубежья: Helidur, Giorgio, CD-4354 и др. (средняя устойчивость к засухе, устойчивость к заболеваниям, более короткий вегетационный период, более крупное зерно) в местный генофонд позволило улучшить устойчивость к фитопатогенам, увеличить массу 1000 зерен, превзойти по урожайности стандарт на 0,12-0,15 т/га (4465/21, 4464/21, 4699/19).

Важное значение имеют объёмы прорабатываемых генотипов. Выявлению трансгрессий с положительными признаками и свойствами существенно помогает посев селекционного питомника необмолоченными колосьями, позволяющий ежегодно исследовать 30 тыс. генотипов из различных популяций и поколений отбора. Подтверждена взаимосвязь между степенью доминирования ряда признаков у гибридов F<sub>1</sub> с выделением трансгрессивных семей по ним в последующих поколениях (табл. 4).

Основной интегральный показатель отбора и исследований в условиях засух – масса зерна с 1 растения. Перспективные линии, выделенные из изученных популяций, получены при доминировании данного признака. Максимальный урожай зерна с единицы площади за 2022-2024 гг. в конкурсном сортоиспытании составил 4,41 т/га у линии 4465/21, выделенной из популяций со «сверхдоминированием» (+0,18 т/га к стандарту Донская элегия) и 4,72 т/га у линии 4193/17, полученной из популяции с «неполным доминированием» (+0,49 т/га к стандарту Донская элегия).

В ходе исследований наблюдали также депрессию по массе зерна с 1 растения. Такие популяции, несмотря на доминирование по другим свойствам, выбраковывали. Лишь некоторые комбинации продолжали изучать в дальнейшем из-за ценности ряда других признаков.

**Степень доминирования и отборы трансгрессивных семей яровой твердой пшеницы в различных поколениях**

Комбинация	Наследование признаков в F <sub>1</sub>				Изучено семей СП	Отобрано, шт.			Поколение отбора, сорт, линия
	Масса зерна с 1 растения	Масса 1000 зерен	Высота растения	Длина колоса		Отобрано семей/с трансгрессиями	Линий в КП/с трансгрессиями	Генотип, КСИ	
5091/12× к. 59187 СД 4354, США	НД	ЧД	ЧД	Д	290	37/11	11/3	2	F3, 4193/17 (Донская лазоревая)
4734/08× 4789/11	ЧД	ЧД	ЧД	Д	200	23/3	3/1	1	F3, 4685/19
5014/12× Харьковская 41, Украина	Д	СД	НД	Д	180	20/7	7/1	1	F3, 4699/19
4994/13× 5050/13	НД	СД	НД	СД	80	9/4	4/1	1	F3, 4943/20
4981/13× 4769/11	НД	НД	ЧД	ПД	200	17/4	4/2	1	F3, F6, 4464/21
4767/11× 137 с-28, Кубань	СД	СД	СД	СД	300	41/14	6/2	2/1	F3, F6, 4924/20
4991/13× 5061/13	СД	СД	СД	НД	600	59/25	8/2	2/1	F3, F6, 4465/21
5017/12× Безенчукская 205, Самарское НИИСХ	СД	ЧД	НД	Д	220	18/4	2/1	1/1	F3, F5, 4468/21

*Примечание: СД – сверхдоминирование, Д – депрессия, ЧД, НД – частичное и неполное доминирование, ПД – полное доминирование.*

Анализ происхождения перспективных линий и сортов свидетельствует о значимости целенаправленных отборов как в ранних поколениях, так и в старших, которые характеризуются высокими параметрами адаптивности.

#### Заключение

Установлено, что в условиях засух длительность формообразовательного процесса по каждой популяции зависит как от степени эколого-географической удаленности генотипов родительских форм скрещивания, так и от давления стрессоров окружающей среды. Маркером отборов и оценки типа наследования в F<sub>1</sub> и в популяциях в условиях засух была масса зерна с 1 растения (с единицы площади). При сверхдоминировании этого признака трансгрессию в старших поколениях по урожаю зерна можно наблюдать у 48% популяции. В засушливые годы у 51-59% гибридов F<sub>1</sub> по многим признакам отмечали гетерозис, особенно по продуктивности. Однако в последующих поколениях у ряда гибридов из-за действия модификаций генов это не подтвердилось. При пересеве в F<sub>2</sub> гетерозис подтверждался только у 12-15% гибридов. На ранних этапах в F<sub>3</sub>- F<sub>4</sub> выделены трансгрессивные семьи, в состав которых входили генотипы, адаптированные к местным условиям (4193/17, 4685/19, 4699/19 и др.). В результате двукратных отборов среди гибридов в F<sub>5</sub>- F<sub>6</sub> создан перспективный материал (4464/21, 4465/21 и др.), в популяциях которых при использовании зарубежных и отдаленных форм произошло усиление адаптивных и продуктивных признаков у яровой пшеницы. Отобранные трансгрессивные семьи проходят проверку в следующих поколениях, что позволит определить проявление особенности константности признака. В ГСИ переданы для изучения новые сорта яровой твердой пшеницы Донская лазоревая и Вольнодонская золотистая.

### Литература

1. Ригин Б.В., Зуев Е.В., Тюнин В.А. [и др.] Селекционно-генетические аспекты создания продуктивных форм мягкой яровой пшеницы с высокой скоростью развития. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179, № 3. – С. 194-202. eLIBRARY ID: 36808580, EDN: BWQGEL, DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-194-202
2. Кочетов А.А., Мирская Г.В., Синявина Н.Г., Егорова К.В. Трансгрессивная селекция: методология ускоренного получения новых форм растений с прогнозируемым комплексом хозяйственно ценных признаков. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 29-37. eLIBRARY ID: 47196202, EDN: GFENG0, DOI: 10.31857/S2500262721060065
3. Мухордова М. Е. Влияние формообразовательного процесса на продуктивность растений у гибридов озимой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3(47). – С. 72-77. eLIBRARY ID: 41148676, EDN: RUXUFT, DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77
4. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Кирьякова М.Н., Мешкова Л.В., Пахотина И.В., Глушаков Д.А. Перспективные генетические источники для селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022;26(7):609-621. DOI: 10.18699/VJGB-22-75
5. Genievskaia Y. A et al. Влияние взаимодействия генотип×среда на признаки качества зерна и урожайности ячменя, выращенного в Костанайской и Алмаатинской областях. – Вестник КазНУ. Серия экологическая, [S. L.], v. 68, n. 3, p. 44-54, ser. 2021. ISSN 2617-7358, DOI: 10.26577/EJE.2021.v68.i3.05
6. Демина И.Ф. Корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна образцов яровой пшеницы от агроэкологических условий. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Том 65. – № 3 (387). – С. 278-281. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_3\_278
7. Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Моренец А.С., Савин И.Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» - важнейший рычаг повышения урожаев сельскохозяйственных растений. // Труды Кубанского аграрного университета. – 2016. – № 59. - С. 105-121. eLIBRARY ID: 26661209, EDN: WLLCPD
8. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. отв. Ред. А.И. Грабовец/ Федеральный Ростовский аграрный научный центр. - Второе изд., дополненное и уточненное. – Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг»», 2022. – 712 с. DOI: 10.34924/FRANC.2022.40.33.001
9. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Исходный материал для селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 38-45. eLibrary id: 47196203, DOI: 10.31857/S2500262721060077
10. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Макарова Т.С., Дубинина, О.А., Каменева А.С., Дерова Т.Г. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №2 (68). – С. 54-60. eLibrary id: 42966870, DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60
11. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Михайленко П.В., Ляшко А.Г. Усовершенствованная технология возделывания новых сортов яровой твердой пшеницы в северо-западной зоне Ростовской области. // – ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ» - п. Рассвет. – 2015. – 25 с.
12. Кадушкина В.П., Грабовец А.И. Наследование элементов продуктивности у гибридов F<sub>1</sub> яровой твердой пшеницы и возможность прогноза их перспективности. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. Оренбург. – 2019. – №3 (77). – С. 54-57. eLIBRARY ID: 39200821, EDN: KPSGVE
13. Дуктова Н.А., Кузнецова Н.А. Проявление гетерозисного эффекта и характер наследования признаков продуктивности растения у внутривидовых гибридов пшеницы твердой. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4. – С. 111-114. e-Library id: 36703530
14. Грабовец А. И., Кадушкина В.П., Коваленко С.А., Бирюкова О.В. Итоги селекции яровой твердой пшеницы на продуктивность и качество в условиях засух на Дону. – Достижения



15. Романенко Г.А. Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов – основа фундаментальных исследований сельскохозяйственной науки. / Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т.87. – № 4. – С. 322-324. DOI: 10.7868/S0869587317040053, eLIBRARY ID: 29345069, EDN: YSECQZ

16. Мясникова М.Г. и др. 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, eLIBRARY ID: 41856703

17. Колчанов Н.А., Кочетов А.В., Салина Е.А., Першина Л.А., Хлесткина Е.К., Шумный В.К. Состояние и перспективы использования маркер-ориентированной и геномной селекции растений. // Генетические ресурсы растений, животных и микроорганизмов на службе человечества. Научная сессия Общего собрания членов РАН 26 октября 2016 г. Под ред. Г.А. Романенко, А.А. Завалина. – М.: РАН, – 2016. – 167 с. ISBN 978-5-9908169-4-7

### References

1. Rigin B.V., Zuev E.V., Tyunin V.A. Selekcionno-geneticheskie aspekty sozdaniya produktivnyh form myagkoj yarovoj pshenicy s vysokoj skorost'yu razvitiya [Breeding and genetic aspects of creating productive forms of soft spring wheat with a high rate of development]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii - Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2018, vol. 179, no. 3, pp. 194-202. (In Russian). eLIBRARY ID: 36808580, EDN: BWQGEL, DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-194-202

2. Kochetov A.A., Mirskaya G.V., Sinyavina N.G., Egorova K.V. Transgressivnaya selekciya: metodologiya uskorennoho polucheniya novyh form rastenij s prognoziruemym kompleksom hoz'yajstvenno cennyh priznakov [Transgressive breeding: methodology of accelerated production of new plant forms with a predicted complex of economically valuable traits]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian agricultural science*, 2021, no. 6, pp. 29-37. (In Russian). eLIBRARY ID: 47196202, EDN: GFENG0, DOI: 10.31857/S2500262721060065

3. Mukhordova M. E. Vliyanie formoobrazovatel'nogo processa na produktivnost' rastenij u gibridov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah Zapadnoj Sibiri [The influence of the shaping process on plant productivity in hybrids of winter soft wheat in Western Siberia]. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 3(47), pp. 72-77. (In Russian). eLIBRARY ID: 41148676, EDN: RUXUFT, DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-72-77

4. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Kir'yakova M.N. Perspektivnye geneticheskie istochniki dlya seleksii yarovoj tverdoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri [Promising genetic sources for breeding spring durum wheat in Western Siberia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii - Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2022, no. 26(7), pp. 609-621. (In Russian). DOI: 10.18699/VJGB-22-75

5. Genievskaya, Y A et al. Vliyanie vzaimodejstviya genotip×sreda na priznaki kachestva zerna i urozhajnosti yachmenya, vyrashchennogo v Kostanajskoj i Almaatinskoj oblastyah [The influence of genotype-environment interaction on the signs of grain quality and yield of barley grown in Kostanay and Almaty regions]. *Vestnik KaZNU. Seriya ehkologicheskaya, [S. L.] - Bulletin of the Treasury. Ecological series, [S. L.]*, 2021, vol. 68, no. 3, pp. 44-54. (In Kazakhstan). ISSN 2617-7358, DOI: 10.26577/EJE.2021.v68.i3.05

6. Demina I.F. Korrelyacionnaya zavisimost' urozhajnosti i pokazatelej kachestva zerna obrazcov yarovoj pshenicy ot agroekologicheskikh uslovij [Correlation dependence of yield and grain quality indicators of spring wheat samples on agroecological conditions]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal - International Agricultural Journal*, 2022, vol. 65, № 3(387), pp. 278-281. (In Russian). DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_3\_278

7. Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A., Efimova L.I. Upravlenie vzaimodejstviem «genotip-sreda» - vazhnejshij ryuchag povysheniya urozhayev sel'skokhozyaistvennyh rastenij [Management of interaction "genotype-environment" - the most important lever for increasing yields of agricultural plants]. *Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Kuban Agrarian University*, 2016, no. 59, pp. 105-121. (In Russian). eLIBRARY ID: 26661209, EDN: WLLCPD

8. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Ozimaya pshenica [Winter wheat]. *Rossiiskaya akademiya nauk, Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya, Federal'nyi Rostovskii agarnyi nauchnyi tsentr - Russian Academy of Sciences, Ministry of Science and Higher Education, Federal Rostov Agrar Scientific Center- second ed., supplemented and clarified.* – Rostov-on-Don: LLC "Publishing House "Yug"", 2022, 712 p. (In Russian). DOI: 10.34924/FRANC.2022.40.33.001
9. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Iskhodnyj material dlya selekcii tverdoj pshenicy v Srednem Povolzh'e [Source material for the selection of durum wheat in the Middle Volga region]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian agricultural science*, 2021, no. 6, pp. 38-45. (In Russian). eLibrary id: 47196203, DOI: 10.31857/S2500262721060077
10. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Makarova T.S. Metody sozdaniya iskhodnogo materiala v selekcii ozimoy tverdoj pshenicy i ih rezul'tativnost' [Methods of creating the source material in the selection of winter durum wheat and their effectiveness]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii - Grain farming of Russia*, 2020, no. 2 (68), pp. 54-60. (In Russian). eLibrary id: 42966870, DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60
11. Grabovets A.I., Biryukov K.N., Mikhailenko P.V. Uovershenstvovannaya tekhnologiya vozdeleyvaniya novykh sortov yarovoj tverdoj pshenicy v severo-zapadnoj zone Rostovskoj oblasti [Improved technology of cultivation of new varieties of spring durum wheat in the north-western zone of the Rostov region]. *FGBNU "DZNIISKH" - FSBSI DZSRIA* p. Rassvet, 2015, 25 p. (In Russian)
12. Kadushkina V.P., Grabovets A.I. Nasledovanie elementov produktivnosti u gibridov F1 yarovoj tverdoj pshenicy i vozmozhnost' prognoza ih perspektivnosti [Inheritance of productivity elements in F1 hybrids of spring durum wheat and the possibility of forecasting their prospects]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, Orenburg, 2019, no. 3(77), pp.54-57. (In Russian). eLIBRARY ID: 39200821, EDN: KPSGVE
13. Duktova N.A., Kuznetsova N.A. Proyavlenie geterozisnogo effekta i harakter nasledovaniya priznakov produktivnosti rasteniya u vnutrividovykh gibridov pshenicy tverdoj [The manifestation of the heterosis effect and the nature of inheritance of plant productivity traits in intraspecific hybrids of durum wheat]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2018, no. 4, pp. 111-114. (In Russian). e-Library id: 36703530
14. Grabovets A. I. Itogi selekcii yarovoj tverdoj pshenicy na produktivnost' i kachestvo v usloviyakh zasuh na Donu [Results of spring durum wheat breeding for productivity and quality in conditions of droughts on the Don]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK - Achievements of science and technology in agriculture*, 2021, v. 35, no. 3, pp. 23-27. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10304
15. Romanenko G.A. Geneticheskie resursy rastenij, zhivotnykh i mikroorganizmov – osnova fundamental'nykh issledovanij sel'skokozyajstvennoj nauki [Genetic resources of plants, animals and microorganisms are the basis of fundamental research in agricultural science]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk - Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2017, v. 87 no. 4, pp. 322-324. (In Russian). DOI: 10.7868/S0869587317040053, eLIBRARY ID: 29345069, EDN: YSECQZ
16. Myasnikova M.G., Mal'chikov P.N., Shabolkina E.N. Rezul'taty selekcii tverdoj pshenicy v Rossii na sodержanie karotinoidnykh pigmentov v zerne [Results of selection of durum wheat in Russia for the content of carotenoid pigments in grain]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii - Grain farming of Russia*, 2019, no. 6(66), pp. 37-40. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-37-40, Corpus ID: 214234902
17. Kolchanov N.A., Kochetov A.V., Salina E.A. Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya marker-orientirovannoj i genomnoj selekcii rastenij [The state and prospects of using marker-oriented and genomic plant breeding]. *Geneticheskie resursy rastenii, zhivotnykh i mikroorganizmov na sluzhbe chelovechestva - Genetic resources of plants, animals and microorganisms in the service of humanity*, Scientific session of the General Meeting of RAS Members on October 26, edited by G.A. Romanenko, A.A. Zavalin, 2016, M.: RAS, 2016, 167 p. (In Russian). ISBN 978-5-9908169-4-7