

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ И ИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ

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, кандидат сельскохозяйственных наук, 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;

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

Т. Г. Дерова, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ORCID ID: 0000-0001-7969-054x

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Успех в создании сортов озимой твердой пшеницы с повышенным уровнем адаптивности к абио- и биотическим стрессовым условиям, высокой и стабильной урожайностью определяется разнообразием исходного материала, методами его получения. Наиболее эффективным методом создания генетической вариабельности в популяциях озимой твердой пшеницы и других культур является гибридизация (внутривидовая, межвидовая и межродовая). Цель исследований данной работы заключалась в оценке селекционного материала, полученного в процессе селекции среди внутривидовых и межвидовых гибридов разных типов скрещиваний, по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам и выявлении более результативного метода, типа скрещивания. Объектом исследований были 28 селекционных линий озимой твердой пшеницы, выделенных от следующих типов скрещиваний: 1-й тип – *T. durum* оз. х *T. durum* оз. (парные и ступенчатые) – 7 образцов; 2-й тип – *T. durum* оз. х *T. durum* яр. (парные) – 3 образца; 3-й тип – F_1 (*T. durum* оз. х *T. durum* оз.) х *T. durum* оз. – 4 образца; 4-й тип – *T. aestivum* оз. х *T. durum* оз. (прямые и обратные) – 7 образцов; 5-й тип – F_1 (*T. aestivum* оз. х *T. durum* оз.) х *T. durum* оз. (тройные) – 7 образцов. По результатам сравнительного изучения селекционного материала внутривидовых и межвидовых скрещиваний установлено, что более эффективным методом создания сортов озимой твердой пшеницы является внутривидовая парная и ступенчатая гибридизация, обеспечивающая высокую продуктивность, качество зерна. Остальные типы скрещиваний, в первую очередь межвидовые, необходимы для получения исходного материала с повышенным уровнем зимостойкости, устойчивости к полеганию, болезням, для дальнейшего их использования во внутривидовой ступенчатой гибридизации.

Ключевые слова: пшеница, селекционная линия, внутривидовая, межвидовая гибридизация, тип скрещивания, урожайность, адаптивность.

Для цитирования: Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко 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. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60.



METHODS FOR THE DEVELOPMENT OF THE INITIAL MATERIAL IN THE PROCESS OF WINTER DURUM WHEAT BREEDING AND THEIR EFFICIENCY

N. E. Samofalova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-2216-3164;

N. P. Ilichkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-4041-0322;

T. S. Makarova, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-2286-637x;

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

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

A. S. Kameneva, agronomist of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x;

T. G. Derova, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, ORCID ID: 0000-0001-7969-054x

Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The success in development of winter durum wheat varieties with a high adaptability to abio- and biotic stress conditions, large and stable productivity is usually determined by the diversity of initial material and methods for its preparation. The most effective method to develop genetic variability among winter durum wheat varieties and other grain crops is hybridization (intraspecific, interspecific, and intergeneric). The purpose of the current study was to evaluate the breeding material obtained in the breeding process

among intraspecific and interspecific hybrids of different types of hybridization according to the main economically valuable traits and properties and to identify a more effective method/type of hybridization. The object of the study was 28 breeding lines of durum winter wheat identified from the following types of hybridization: the 1st type was *T. winter durum* x *T. winter durum* (paired and gradual), 7 samples; the 2nd type was *T. winter durum* x *T. winter durum* (paired), 3 samples; the 3rd type was F_1 (*T. winter durum* x *T. winter durum*) x *T. winter durum*, 4 samples; the 4th type was *T. winter aestivum* x *T. winter durum* (direct and reverse), 7 samples; the 5th type was F_1 (*T. winter aestivum* x *T. winter durum*) x *T. winter durum* (triple), 7 samples. According to the comparative study results of breeding material of intraspecific and interspecific hybrids, it has been found that intraspecific paired and gradual hybridization, which provided high productivity and grain quality was a more effective method for developing of winter durum wheat varieties. The rest types of crossings, primarily interspecific, could be helpful to obtain initial material with a high level of winter tolerance, resistance to lodging and diseases, for their further use in intraspecific gradual hybridization.

Keywords: wheat, breeding line, intraspecific, interspecific hybridization, type of hybridization, productivity, adaptability.

Введение. Основной задачей в селекции озимой твердой пшеницы на Дону является выведение сортов с повышенным уровнем адаптивности к абиотическим и биотическим стрессовым условиям, которые обеспечивали бы стабильность урожаев в любые по погодным условиям годы.

Успех в создании таких сортов определяется особенностями имеющегося исходного материала и его разнообразием. Известен целый ряд методов получения исходного материала: мутагенез, рекомбиногенез, трансгрессивные эффекты, биотехнология, гибридизация и др. Однако наиболее эффективным методом создания генетической вариабельности в популяциях до сих пор остается гибридизация со следующим за ней рекомбиногенезом (Вьюшков, 2012). По мнению А. А. Жученко (2001), «и в обозримом будущем метод комбинационной селекции, базирующейся на гибридизации, мейотической рекомбинации, будет определяющим в управлении наследственной изменчивостью культурных растений».

Гибридизация делится на внутривидовую, межвидовую и межродовую. Отдаленная (межвидовая и межродовая) гибридизация представляет исключительный интерес в практическом и теоретическом плане, поскольку отдаленные гибриды часто отличаются мощностью развития, крупностью плодов и семян, зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к болезням и вредителям, то есть путем транслокаций или замещения структурных изменений хромосомом часть генетической информации передается от одного вида к другому (Давоян, 2012; Комаров, 2012). Результаты работ П. П. Лукьяненко, А. П. Шехурдина, Н. В. Цицина, А. Ф. Шулындина, И. Г. Калининко и др. показали, что чем больше различаются скрещиваемые формы в генетическом отношении, тем перспективнее их трансгрессии (Филиппов и Донцова, 2014; Самофалова, 2016).

Скрещивания внутри рода *Triticum* постоянно используют в селекции мягкой и твердой пшеницы. В гибридизацию вовлекаются полба, тургидум, Тимофеева и другие виды. При этом созданы весьма ценные сорта яровой твердой пшеницы: Харьковская 46, Мелянопус 7 и др.

Стремление объединить высокую урожайность озимой мягкой пшеницы с отличными макаронными качествами яровой твердой побудило многих селекционеров к созданию пшеницы твердой озимой. Выведению сортов озимой твердой пшеницы Мичуринка, Рубеж, Харьковская 1, Харьковская 909 и др. методом межвидовой гибридизации, изучению наследования большого числа признаков и свойств в 70–80-е гг. прошлого столетия посвящено очень много работ (Кириченко, 1967; Шулындина, 1960; Калининко, 1995). Эти сорта в дальнейшем в полной мере использовали селекционеры Одессы, Краснодар, Зернограда, Саратова и Нови-Сада (Югославия) для создания короткостебельных и высокопродуктивных сортов озимой твердой пшеницы (Мудрова, 2016; Щипак, 2012).

В ФГБНУ «АНЦ «Донской» и в настоящее время основными методами остаются внутривидовая и межвидовая гибридизация с использованием разных типов скрещиваний, привлечение в качестве родительских форм современных интенсивных сортов мягкой и твердой озимой, твердой яровой пшеницы с высоким уровнем продуктивности, устойчивости к полеганию, зимостойкости и т.д.

Цель исследований заключалась в оценке селекционного материала, отобранного в процессе селекции среди внутривидовых и межвидовых гибридов разных типов скрещиваний, по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам и выявлении более результативного метода, типа скрещиваний.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2015–2017 гг. в лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград), расположенного в южной зоне Ростовской области.

Объектом исследований послужили 28 лучших по продуктивности селекционных линий озимой твердой пшеницы, выделенных в каждом типе скрещиваний и дошедших до станционных испытаний, созданных методами внутривидовой и межвидовой гибридизации разных типов скрещиваний. Скрещивания и отбор родоначальных растений выполнены с 2005 по 2014 г. в разных поколениях (табл. 1).

1. Год гибридизации и поколение отбора линий озимой твердой пшеницы разных типов скрещиваний 1. The year of hybridization and selection of the winter durum wheat lines of various types of hybridization

№ типа	Тип скрещиваний	Наименование линии	Год скрещивания	Поколение отбора	Количество линий, шт.
Внутривидовая гибридизация					
1	<i>T. durum</i> оз. x <i>T. durum</i> оз. (парные и ступенчатые)	655/13	2008	F_2	7
		80/14	2009	F_3	
		97/14	2010	F_2	
		117/14	2010	F_2	
		126/14	2010	F_2	
		159/14	2010	F_2	
2	<i>T. durum</i> оз. x <i>T. durum</i> яр. (парные)	656/14	2010	F_2	3
		1172/14	2009	F_3	
		2418/0			
3	F_1 (<i>T. durum</i> оз. x <i>T. durum</i> оз.) x <i>T. durum</i> оз.	944/14	2009, 2010	F_2	4
		957/14		F_2	

		959/14		F ₂	
		973/14		F ₂	
Межвидовая гибридизация					
4	<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (прямые и обратные)	488/11	2004	F ₅	7
		1119/12	2004	F ₆	
		660/14	2009	F ₃	
		661/14	2009	F ₃	
		667/14	2009	F ₃	
		671/14	2009	F ₃	
		672/14	2009	F ₃	
5	F ₁ (<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз. (тройные)	645/11	2004, 2005	F ₄	7
		1087/12	2005, 2006	F ₅	
		1121/12	2005, 2006	F ₅	
		58/14	2009, 2010	F ₂	
		624/14	2004, 2005	F ₄	
		676/14	2006, 2007	F ₅	
		682/14	2008, 2009	F ₃	

Опыты проводили по предшественику сидеральный пар. Учетная площадь делянки – 10 м². Повторность – шестикратная, норма высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Закладку полевого опыта, фенологические наблюдения, оценку устойчивости к полеганию, болезням, зимостойкости, учет урожая выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) и методикой полевого опыта (2014).

Качество зерна и макарон определяли по методикам, изложенным в издании «Методы оценки технологических качеств зерна» (1988), седиментацию (SDS-вариант) – по модифицированной методике Н. С. Васильчука (2001) для яровой твердой пшеницы с градацией для озимой (Самофалова и др., 2014). Стандартный сорт в опытах – Дончанка.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли по Б. А. Доспехову (2014).

Данные урожайности и других признаков изучаемых линий приведены к средней по каждому типу скрещиваний. Морозостойкость при промораживании в КНТ-1 рассчитана относительно высокоморозостойкого для этого вида стандартного сорта Дончанка.

Метеоусловия в годы проведения исследований были разными, что дало возможность всесторонне оценить изучаемый селекционный материал по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам. Наиболее благоприятным по влаго- и теплообеспеченности оказался 2017 г., что позволило получить самую высокую урожайность с высокими показателями качества зерна (крупность, выполненность, стекловидность, цвет макарон).

Самым неблагоприятным для озимой твердой пшеницы по урожайности и качеству был 2016 г.: из-за засушливой осени (отсутствие осадков перед и в период сева), позднего срока посева, разреженных всходов, их слабого кушения из-за низкого температурного режима в октябре, ноябре, высокого в марте, апреле. К тому же обильные осадки в мае (156,8 мм при среднемноголетней 51,3 мм) способствовали проявлению листовых болезней, полеганию.

Несмотря на засуху в сентябре и перенос сроков посева на поздние, 2015 г. был более благоприятным, чем 2016 г., по влагообеспеченности и температурному режиму в октябре, ноябре, марте, апреле, что позволило растениям хорошо раскуститься, сформировать плотный агроценоз, крупное хорошо выполненное зерно, достаточно высокий уровень урожайности.

Результаты и их обсуждение. Анализ данных урожайности линий озимой твердой пшеницы разных типов скрещиваний как по годам исследований, так и в среднем за 2015–2017 гг. показал, что самой высокой она была при внутривидовой гибридизации с использованием парных и ступенчатых скрещиваний *T. durum* оз. х *T. durum* оз. и *T. durum* оз. х *T. durum* яр. (рис. 1).

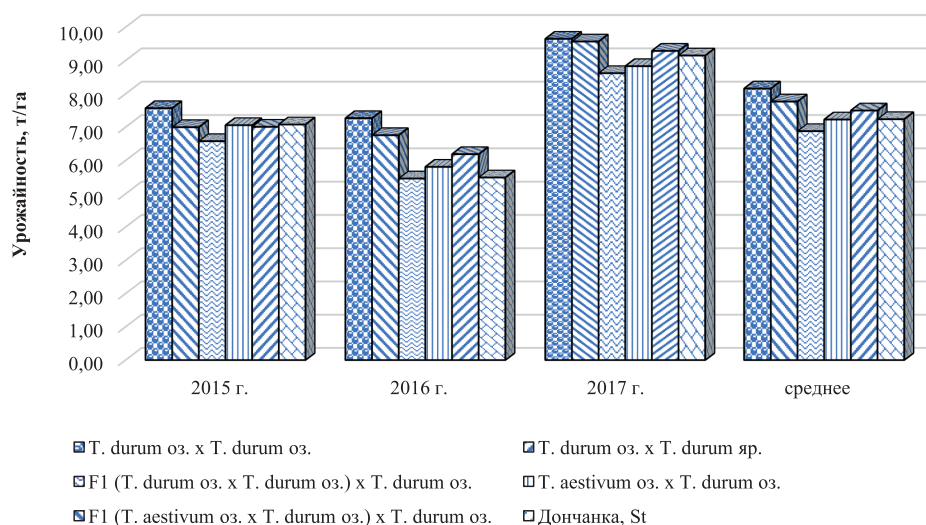


Рис. 1. Средняя урожайность линий озимой твердой пшеницы по разным типам скрещиваний
Fig. 1. Average productivity of the winter durum wheat lines of various types of hybridization

Средняя за годы исследований их урожайность составила 8,16 и 7,77 т/га с варьированием по первому типу скрещиваний от 7,27 т/га в 2016 г. до 9,65 т/га в 2017 г.; по второму – от 6,76 до 9,57 т/га соответственно. Средняя прибавка к стандартному сорту Дончанка – 0,92 и 0,53 т/га соответственно. Довольно высокая урожайность получена также по группе линий озимой твердой пшеницы от межвидовых тройных скрещиваний F_1 (*T. aestivum* оз. х *T. durum* оз.) х *T. durum* оз. – 7,50 т/га с варьированием от 6,19 до 9,29 т/га. Превышение к стандарту составило 0,26 т/га, однако они уступили внутривидовым парным и ступенчатым (первый тип) в среднем на 0,66 т/га с варьированием от 0,36 т/га в благоприятном 2017 г. и до 1,08 т/га в неблагоприятном 2016 г.

Урожайность остальных типов скрещиваний, как внутривидовых тройных F_1 (*T. durum* оз. х *T. durum* оз.) х *T. durum* оз., так и межвидовых парных *T. aestivum* оз. х *T. durum* оз. (прямые и обратные), была на уровне ниже стандарта и существенно уступала первому типу скрещиваний соответственно на 1,28 и 0,93 т/га.

Что касается адаптивных свойств по лимитирующим для озимой твердой пшеницы признакам зимостойкости, устойчивости к полеганию и болезням, на повышение которых привлекается в скрещивания озимая мягкая пшеница, то в наших опытах существенных различий линий от межвидовой гибридизации (4-й и 5-й типы скрещиваний) в сравнении с линиями от внутривидовой (1, 2, 3-й типы) не установлено (табл. 2).

2. Адаптационные свойства линий озимой твердой пшеницы разных типов скрещиваний (2015–2017 гг.)

2. Adaptive traits of the winter durum wheat lines of various types of hybridization (2015–2017)

№ п/п	Тип скрещиваний	Статистические параметры	Оценка переизмовки, балл	Морозостойкость при промораживании, %		Устойчивость к полеганию, балл	Поражаемость на инфекционном фоне			
				КНТ при –17 °С	стеллажи		бурая ржавчина, %	стеблевая ржавчина (2017), %	септориоз, %	мучнистая роса, балл
1	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (парные и ступенчатые)	среднее	4,4	92,4	56,7	4,2	–	–	–	–
		min	4,3	80	48,2	3,5	0–5	10–15	15–20	01
		max	4,5	112	70,5	5	40–50	50–100	40–50	1
2	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> яр.	среднее	4,4	83,4	42,8	4,7	–	–	–	–
		min	4,3	81,6	41,2	4,5	сл	0–5	20–30	01
		max	4,5	87,0	44,7	5	0–5	30–40	60–80	1
3	F_1 (<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз.	среднее	4,4	110,3	71,1	4,4	–	–	–	–
		min	4,3	99,4	49,1	3,5	10–15	0–5	20–30	сл
		max	4,7	118,1	97,4	5	50–60	60–80	30–40	1
4	<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (прямые и обратные)	среднее	4,4	88,6	63,3	4,1	–	–	–	–
		min	4,3	68,1	47,2	3,5	5–10	0–5	10–15	0,1
		max	4,6	97,8	84,3	5	50–60	20–30	40–50	1,5
5	F_1 (<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз. (тройные)	среднее	4,4	81,3	70,6	4,1	–	–	–	–
		min	4,4	71,5	62,0	3	0–5	0–5	20–30	сл
		max	4,7	98,4	82,6	5	5–10	50–60	40–50	1,5
	Дончанка, ст.		4,5	10,0	62,5	3	50–60	30–40	20–30	0,1
	S		0,5	12,9	14	0,4	–	–	–	–

Так, по зимоморозостойкости как в полевых условиях, так и при промораживании в камерах холодильной установки и в стеллажах значения у межвидовых скрещиваний парных и тройных (4-й и 5-й типы) составили в среднем: 4,4 и 4,4 балла; 88,6 и 81,3%; 63,3 и 70,6%. Линии всех типов скрещиваний (за исключением второго – *T. durum* оз. х *T. durum* яр.) были в этом отношении на уровне лучшего эталона среди сортов нашей и инорайонной селекции стандартного сорта Дончанка. То же самое можно сказать по устойчивости межвидовых скрещиваний в сравнении с внутривидовыми к полеганию и болезням. Как по средним, так и по минимальным и максимальным показателям все они практически находились на одном уровне в пределах стандартного отклонения. Однако необходимо отметить, что в каждом типе скрещиваний выявлены генотипы с максимальными значениями зимостойкости (на уровне Дончанки), устойчивости к полеганию, слабой или средней восприимчивости к болезням. Выделены лучшие линии с сочетанием адаптивных свойств: 655/13, 80/14, 126/14 (первый тип); 656/14 (второй тип); 944/14 (третий тип); 660/14, 661/14 (четвертый тип); 58/14, 1087/14 (пятый тип).

По показателям качества зерна достоверных различий между внутривидовыми и межвидовыми типами скрещиваний практически не было (табл. 3).

Однако отмечают некоторые преимущества первого типа скрещиваний *T. durum* оз. х *T. durum* оз. над межвидовыми (4-й, 5-й типы) по таким признакам: по крупности зерна (масса 1000 зерен у первого типа скрещиваний – 45,1 г, у четвертого и пятого – 40,4 и 41,7 г.); выполненности зерна (натура – 798 и 779, 780 г/л); числу падения – 403 и 384, 379 с; цвету макарон – 4,7; 3,6 и 4,0 балла соответственно.

Во всех группах имелись генотипы с максимальным выражением значений признаков качества: 655/13, 90/14, 159/14, 168/14 (первый тип); 656/14 (второй тип); 944/14 (третий тип); 667/14, 672/14 (четвертый тип); 624/14, 682/14 (пятый тип).

Таким образом, результаты изучения линий разных типов скрещиваний по хозяйственно полезным признакам показали, что более эффективным в создании исходного материала оказался метод внутривидовой гибридизации – парные и ступенчатые скрещивания лучших сортов и форм между собой, а также с сортами инорайонной селекции.

3. Качество зерна линий озимой твердой пшеницы разных типов скрещиваний (2015–2017 гг.)
3. Kernel quality of the winter durum wheat lines of various types of hybridization (2015–2017)

№ п/п	Тип скрещиваний	Статистические параметры	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Натура, г/л	Белок, %	Клейковина, %	SDS-седиментация, мл	Число падения, с	Цвет макарон, балл
1	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (парные и ступенчатые)	среднее	45,1	95	798	14,96	25,4	33	403	4,7
		min	42,9	93	787	14,52	24,4	30	384	4
		max	47,8	99	817	15,27	26,9	34	425	5
2	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> яр.	среднее	39,4	96	789	15,02	25,4	36	425	4,5
		min	34,5	93	787	14,64	24,6	36	414	4
		max	45,8	99	795	15,34	26,5	37	434	5
3	F ₁ (<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз.	среднее	38,6	93	777	15,28	26,3	36	345	3,7
		min	36,0	92	772	15,02	25,3	33	245	3,5
		max	44,6	94	791	15,58	27,2	38	441	4,5
4	<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (прямые и обратные)	среднее	40,4	94	779	14,90	24,5	37	384	3,6
		min	34,1	90	713	14,47	23,7	35	289	3,0
		max	47,8	99	811	15,77	25,4	41	411	4,0
5	F ₁ (<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз. (тройные)	среднее	41,7	94	780	15,21	24,8	34	379	4
		min	36,4	89	735	14,78	23,4	30	338	3,5
		max	45,3	97	794	16,26	26,0	37	417	4,5
Дончанка, ст.			38,9	87	766	15,17	25,4	33	386	5
S			3,7	11,5	21,9	0,41	1,5	4	46,8	0,7

Преимущество метода внутривидовой гибридизации особенно отчетливо видно при анализе результативности различных схем скрещиваний за период с 2005 по 2014 г. В таблице 4 представлены данные о количестве образцов по питомникам селекционного процесса от гибридов первого поколения до ли-

ний-лидеров, дошедших до конкурсных испытаний. В последних двух графах показано отношение количества образцов в конкурсном сортоиспытании к общему количеству комбинаций и переданных на государственное сортоиспытание.

4. Сравнительная эффективность методов, типов скрещиваний при создании исходного материала озимой твердой пшеницы
4. Comparative efficiency of the methods, types of hybridization while developing the initial material of winter durum wheat

№ п/п	Тип скрещиваний	Количество образцов по питомникам и годам				Отношение количества линий в КСИ к количеству комбинаций в F ₁	Передано на ГСИ из цикла скрещиваний, 2005–2010 гг.
		в гибридных питомниках первого поколения (F ₁), 2005–2010 гг.		в конкурсных испытаниях, 2009–2014 гг.			
		комбинаций, шт.	%	линий, шт.	%		
1	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (парные и ступенчатые)	726	79,7	191	85,7	0,26	8
2	<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> яр.	16	1,8	5	2,2	0,31	0
3	F ₁ (<i>T. durum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз.	27	2,9	10	4,5	0,37	0
4	<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз. (прямые и обратные)	52	5,7	9	4,0	0,17	0
5	F ₁ (<i>T. aestivum</i> оз. х <i>T. durum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз. и F ₁ (<i>T. durum</i> оз. х <i>T. aestivum</i> оз.) х <i>T. durum</i> оз.	90	9,9	8	3,6	0,09	0
Итого		911	100	223	100	–	–

Из общего объема гибридизации (911 комбинаций) доля внутривидовых скрещиваний (типы 1–3) составила 769 (84,4%); межвидовых (типы 4–5) – 142 (15,6%); до конкурсных испытаний доведены 206 (92,4%) и 17 (7,6%) линий. Причем основная часть скрещиваний приходилась на внутривидовые парные и ступенчатые *T. durum* оз. х *T. durum* оз. И только по этому типу скрещиваний были выделены и переданы на ГСИ 8 сортов озимой твердой пшеницы,

от остальных типов скрещиваний – ни одного. То есть результативность первого типа скрещиваний оказалась значительно выше остальных, в том числе и межвидовых.

Методом внутривидовой, в основном ступенчатой, гибридизации получены включенные в Госреестр селекционных достижений РФ сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» по Северо-Кавказскому (6) и Нижневолжскому (8) ре-

гионам Дончанка (6), Гелиос (6), Аксинит (6, 8), Курант (6, 8), Амазонка (6), Агат донской (6, 8), Кристелла (6), Лазурит (6), Оникс (6, 8) Диона (6), Эйрена (6), Киприда (8), Яхонт (6), Юбиларка (6). Сорты Аксинит, Амазонка и Агат донской включены в Госреестр Республики Беларусь; Аксинит – Республики Армения; Курант – Республики Кыргызстан.

Причины более низкой результативности межвидовых скрещиваний объясняются, с одной стороны, небольшими объемами гибридизации, с другой – элиминацией рекомбинантов вследствие нарушения генетического баланса. Чем контрастнее различия между компонентами скрещивания (видами), тем сильнее ограничения на рекомбинацию, меньше вероятность получения трансгрессий. В F_2 при расщеплении наблюдается возврат к исходным родительским видам – 28- и 42-хромосомным растениям с устойчивой видовой конституцией. Выщепляются и промежуточные формы, по всей видимости гетерозиготные, которые в свою очередь расщепляются на морфотипы, близкие к мягкой и твердой пшенице.

Возврат к исходным формам, даже и при больших объемах таких скрещиваний, вряд ли намного увеличит выход трансгрессивных по продуктивности образцов по сравнению с внутривидовой парной ступенчатой гибридизацией. Но у межвидовых скрещиваний возможен обмен отдельными генами, определяющими многие морфологические признаки и некоторые физиолого-биотехнологические.

В наших опытах это линии, выделенные по морозостойкости при промораживании в КНТ-1 и стеллажах (667/14, 671/14, 672/14, 661/14 – 4-й тип; 1121/12 – 5-й тип); устойчивости к таким болезням, как стеблевая ржавчина (671/14, 672/14, 661/14, 660/14, 667/14 – 4-й тип; 645/11, 1087/1258/14 – 5-й тип), септориоз (671/14 – 4-й тип), к полеганию (660/14, 661/14, 676/14, 682/14 – 5-й тип). Но по продуктивности они не превышали линии от внутривидовых парных и ступенчатых скрещиваний.

Поэтому нельзя не согласиться с мнением А. А. Вьюшкова (2012), что если «большинство хозяй-

ственно ценных признаков детерминируется сложными полигенными системами и половая гибридизация ведет к полиномной перекombинации генов, то нетрудно представить объем нереализованного внутривидового потенциала и многократно возрастающие сложности при попытке собрать сбалансированные блоки аддитивных генов при межвидовой гибридизации». Исходя из всего этого, основным методом в селекции озимой твердой пшеницы для создания реализуемой генетической вариабельности на ближайшую перспективу останется внутривидовая гибридизация. Межвидовая гибридизация должна широко использоваться при получении исходного материала, который будет привлекаться в дальнейшем во внутривидовые скрещивания с целью введения в генотип озимой твердой пшеницы для повышения адаптивных признаков и свойств.

Выводы. Таким образом, сравнительное изучение селекционного материала (линий) озимой твердой пшеницы по основным признакам и свойствам, полученного методами внутривидовой и межвидовой гибридизации разных типов скрещиваний, показало, что более результативным в селекции на продуктивность и качество зерна, макаронных изделий являются внутривидовые парные и ступенчатые скрещивания.

Средняя урожайность по такому типу скрещиваний за 2015–2017 гг. составила 8,16 т/га; межвидовых парных и тройных – 7,23 и 7,50 т/га; средняя прибавка к межвидовым – 0,93 и 0,56 т/га. Преимущество внутривидовой парной и ступенчатой гибридизации доказывается тем, что все сорта озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Дончанка, Аксинит, Курант, Агат донской и др.), включенные в Госреестр селекционных достижений по РФ и другим республикам, созданы в этой системе скрещиваний.

Другие типы скрещиваний, особенно межвидовые, целесообразно применять для обогащения генофонда озимой твердой пшеницы такими признаками, как зимостойкость, устойчивость к септориозу, пятнистостям листа, фузариозу колоса и т.д.

Библиографические ссылки

1. Вьюшков А. А., Мальчиков П. Н., Сюков В. В., Шевченко С. Н. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы. 2-е изд. Самара: Известия Самарского научного центра РАН, 2012. 536 с.
2. Давоян Р. О., Бебякина И. В., Давоян О. Р., Зинченко А. Н., Давоян Э. Р., Кравченко А. М., Зубанова Ю. С. Синтетические формы как основа для сохранения и использования генофонда диких сородичей мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 1. С. 44–51.
3. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов. 2001. 1489 с.
4. Кириченко Ф. Г. Методы выведения сортов озимой мягкой и твердой пшеницы для степи УССР // В кн.: Достижения отечественной селекции. М., 1967.
5. Комаров Н. М. Агроэкологическая роль отдаленной гибридизации // Научное обеспечение земледелия СК ФО Сев.-Кав. отделение землед. Россельхозакадемии: мат. Всерос. юбилейн. науч.-практ. конференции. Ставрополь, 2012. С. 252–256.
6. Мудрова А. А., Яновский А. С. Результативность использования исходного материала при селекции сортов пшеницы твердой озимой в условиях Кубани // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1(48). С. 24–27.
7. Самофалова Н. Е. Мечта и явь академика И. Г. Калиненко в создании озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1(48). С. 3–9.
8. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов-н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.
9. Шульдин А. Ф. Межвидовые гибриды пшеницы и создание твердой пшеницы // Отдаленная гибридизация растений. М.: Сельхоз ГИЗ, 1960. С. 256–270.
10. Щипак Г. В., Недоступов Р. А., Щипак В. Г. Селекция озимой твердой пшеницы на повышение адаптивного потенциала и урожайность // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 2. С. 455–463.

References

1. V'yushkov A. A., Mal'chikov P. N., Syukov V. V., Shevchenko S. N. Selekcionno-geneticheskoe uluchshenie yarovoj pshenicy [Breeding and genetic improvement of spring wheat]. 2-е изд. Samara: Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2012. 536 s.
2. Davoyan R. O., Bebyakina I. V., Davoyan O. R., Zinchenko A. N., Davoyan E. R., Kravchenko A. M., Zubanov Yu. S. Sinteticheskie formy kak osnova dlya sohraneniya i ispol'zovaniya genofonda dikih sorodichej

myagkoj pshenicy [Synthetic forms as the basis to preserve and use the gene pool of wild relatives of bread wheat] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2012. T. 16, № 1. S. 44–51.

3. Zhuchenko A. A. Adaptivnaya sistema selekcii rastenij (ekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive plant breeding system (ecological and genetic basis)]: v 2 t. M.: Izd-vo Ros. un-ta druzhby narodov. 2001. 1489 s.

4. Kirichenko F. G. Metody vyvedeniya sortov ozimoj myagkoj i tverdoj pshenicy dlya stepi USSR [The cultivation technology for winter bread and durum wheat varieties for the steppe of the Ukrainian SSR] // V kn.: Dostizheniya otechestvennoj selekcii. M., 1967.

5. Komarov N. M. Agroekologicheskaya rol' otdalenoj gibridizacii [The agroecological role of distant hybridization] // Nauchnoe obespecheniya zemledeliya SK FO Sev.-Kav. otdelenie zemled. Rossel'hozakademii: mat. Vseros. jubilejn. nauch.-prakt. konferencii. Stavropol', 2012. S. 252–256.

6. Mudrova A. A., Yanovskij A. S. Rezul'tativnost' ispol'zovaniya iskhodnogo materiala pri selekcii sortov pshenicy tverdoj ozimoj v usloviyah Kubani [The effectiveness of the use of initial material in the process of durum wheat breeding in the Kuban territory] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 1(48). S. 24–27.

7. Samofalova N. E. Mechta i yav' akademika I. G. Kalinenko v sozdanii ozimoj tverdoj pshenicy [Dream and reality of academician I. G. Kalinenko in the development of winter durum wheat] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2016. № 1(48). S. 3–9.

8. Filippov E. G., Doncova A. A. Selekcija ozimogo yachmenya [Winter barley breeding]. Rostov-n/D.: ZAO "Kniga", 2014. 208 s.

9. Shulyndin A. F. Mezhhvidovye gibridy pshenicy i sozdanie tverdoj pshenicy [The interspecific wheat hybrids and durum wheat development] // Otdalennaya gibridizaciya rastenij. M.: Sel'hoz GIZ, 1960. S. 256–270.

10. Shchipak G. V., Nedostupov R. A., Shchipak V. G. Selekcija ozimoj tverdoj pshenicy na povyshenie adaptivnogo potentsiala i urozhajnost' [Winter durum wheat breeding to increase adaptive potential and productivity] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2012. T. 16, № 2. S. 455–463.

Поступила: 04.02.20; принята к публикации: 28.02.20.

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. Самофалова Н. Е. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Каменева А. С., Дерова Т. Г. – подготовка и проведение опыта по изучению сорта в 2015–2019 гг., выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.