

## Наследование хозяйственно ценных признаков гибридами мягкой озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области

*М.А. Фоменко, д.с.-х.н., А.И. Грабовец, д.с.-х.н., профессор, член-корр. РАН, О.В. Мельникова, м.н.с., ФГБНУ Донской зональный НИИСХ*

Стратегия селекции мягкой озимой пшеницы на современном этапе направлена на повышение урожайности и адаптивного потенциала мягкой озимой пшеницы со стабильными показателями качества продукции в условиях негативных факторов среды. В последние десятилетия усиливается аридность весенне-летних месяцев в регионе водосбора реки Дона. Возрастает частота засушливых лет, что обуславливает увеличение и распространение патогенов [1, 2]. Возрастание стресс-факторов диктует необходимость создания сортов, устойчивых к притёртой ледяной корке, к весенним заморозкам, засухам, пыльным бурям, комплексу болезней, вредителей и другим стрессорам среды [3]. В связи с этим важными задачами селекции остаются выявление типа наследования селекционно-ценных признаков в гибридных комбинациях, созданных на основе новых доноров и генетических источников, целенаправленное использование трансгрессивной изменчивости и выявление форм с более высоким уровнем адаптационного потенциала растений, обеспечивающих стабильную урожайность и качество продукции [4].

**Цель** нашего исследования – изучение наследования количественных признаков гибридами F<sub>1</sub>, выявление особенностей проявления данных признаков в последующих поколениях формообразования в популяциях мягкой озимой пшеницы.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводили в научно-исследовательском центре ФГБНУ «ДЗНИИСХ» в 2013–2015 гг. в степной зоне Ростовской области. Климат характеризуется высокими тепловыми ресурсами (среднесуточная среднегодовая температура 6,9°C) и небольшим годовым количеством осадков (451 мм). Отклонение от среднегодовой температуры воздуха в период исследования в среднем составило +2,3°C. Максимальная температура в 2015 г. отмечена в третьей декаде июля (38,9°C), минимальная – в первой декаде января (-27,0°C, данные метеопоста Северо-Донецкой СХОС ДЗНИИСХ). В период проведения исследования количество осадков варьировало от 375 до 458 мм. Нетипичным было выпадение осадков в период посева в сентябре 2014 г. (109 мм при норме 26 мм). При анализе метеоданных за последние 30 лет подобное выпадение осадков наблюдали в 1997 г. (119 мм). Гидротермический коэффициент в среднем составил 0,8. Почва опытного участка – чернозём южный среднемошный карбонатный

слабовыщелочный с различной мощностью гумусового горизонта (30–40 см).

Особенностью вегетации 2013 и 2015 гг. явилось сильное развитие на отдельных генотипах вирусных болезней, в 2014 г. – проявление бурой ржавчины и мучнистой росы. Методы селекции – внутривидовая гибридизация в сочетании с многократным индивидуальным отбором в ранних и старших поколениях.

Материалом для исследования послужили гибриды и линии мягкой озимой пшеницы, созданные в научно-исследовательском центре Донского зонального НИИСХ. Компонентами внутривидовых скрещиваний использовали сорта пшеницы различного генетического происхождения: сорта и линии селекции ДЗНИИСХ, ВНИИЗК, Краснодарского НИИСХ, СГИ УААН, Ставропольского НИИСХ, коллекционные сортообразцы ВИР.

Оценки и наблюдения вели в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию. В питомнике первого поколения гибриды F<sub>1</sub> высевали вручную, площадь питания растений составляла 5×20 см по схеме мать – гибрид – отец (на 1 м.п. – 20 зёрен, ширина делянки – 1 м). Показатели качества зерна определяли методом инфракрасной спектроскопии на «Инфратек 1241». В питомнике второго поколения гибриды F<sub>2</sub> высевали сеялкой СКС-6–10 с нормой высева 250 зёрен/м<sup>2</sup>. Площадь делянки составляла 20 м<sup>2</sup>. Индивидуальный отбор родоначальных колосьев вели по методу педигри. Посев селекционного питомника проводили необмолоченными колосьями модифицированной сеялкой СН 16 М (3 колоса на 1 м.п., междурядье – 45 см). Степень фенотипического доминирования признаков в гибридах F<sub>1</sub> определяли по формуле Griffing, частоту и степень трансгрессии – по методикам Г. С. Воскресенской [5], Г. В. Гуляева [6].

**Результаты исследования.** В питомнике гибридов первого поколения изучали 213 внутривидовых гибридов F<sub>1</sub> в сравнении с родительскими формами. Оценка перезимовки гибридов варьировала от 59 до 95%. На отдельных генотипах зафиксировали проявление вируса жёлтой карликовости ячменя (ВЖКЯ). При неблагоприятных условиях вегетации (неустойчивая зима, засуха) восприимчивые родительские формы и часть гибридов, созданных на их основе, характеризовались высокой степенью поражения ВЖКЯ. В условиях засухи такие растения погибали. Развитие болезней на сортах инорайонной селекции явилось показателем плохой их приспособленности к зоне исследований. Гибриды с участием сортов Гордовита, Миссия одесская, Дюк одесский,

Лауреат, Лига, Победа, Vn-26 были поражены на 1,5–2,5 балла. У этих гибридов уменьшилась энергия кушения, наблюдали угнетение развития вегетативных органов, вследствие этого была снижена озернённость колоса, сформировалось щуплое зерно. После комплексной оценки материала к лимитирующим стрессорам среды было выделено 102 гибрида.

По результатам исследования у растений F1 была выявлена различная степень фенотипического доминирования, определяющая тип наследования признаков. Многолетнее изучение наследования количественных признаков, в частности элементов продуктивности, позволит выявить возможные тенденции между типом их наследования в гибридах F1 и проявлением в последующем положительных трансгрессий в расщепляющихся популяциях [7, 8].

В селекции на продуктивность одним из основных признаков является масса зерна с 1 растения. Это сложный количественный признак, обусловленный продуктивной кустистостью, количеством и массой зерна с колоса, массой 1000 зёрен и др. Преобладающим типом наследования массы зерна с растения у гибридов F1 было сверхдоминирование признака (60% комбинаций; табл. 1). У 18 и 6% гибридов зафиксировали неполное и частичное доминирование более продуктивного родителя (промежуточное наследование). В 16% комбинаций было выявлено депрессивное наследование признака.

В условиях острозасушливого года выявили максимальное число комбинаций с проявлением эффекта сверхдоминирования по массе 1000 зёрен у гибридов (до 55%).

Также было установлено значительное число комбинаций (52%) с проявлением эффекта сверхдоминирования по признаку длина колоса. Гибриды 37% комбинаций характеризовались как формы с промежуточным типом. Депрессию по длине колоса наблюдали у незначительного числа гибридов (7%).

В условиях засухи проявление эффекта сверхдоминирования при изучении наследования элементов продуктивности у гибридов объясняется увеличением уровня экспрессии генома, вопреки действию стресс-факторов, способствующего повышению защитных реакций растений [9].

По устойчивости к поражению мучнистой росой преобладающим типом наследования было доминирование родителей с большей устойчивостью к патогену (25% гибридов). 18% комбинаций оказались восприимчивы к поражению грибами (ниже устойчивости исходных компонентов). В 18% скрещиваний устойчивость растений была на уровне родительского компонента с более выраженным признаком (полное доминирование).

По устойчивости к поражению вирусом жёлтой карликовости ячменя среди гибридных комбинаций 30% проявили сверхдоминирование, были резистентными (R). Умеренно устойчивые (ближе

к резистентному типу R-MR) были 23% гибридов. Они наследовали признак по типу частичного доминирования. В 25% комбинаций проявилось неполное доминирование, устойчивость гибридов была умеренно устойчивого типа (MR). В 11% случаев устойчивость гибрида была на уровне восприимчивого родительского компонента (MS), в 9% – гибриды наследовали устойчивость по типу депрессии, ниже показателей родительских форм.

Среди гибридов первого поколения отобрали формы с высокими показателями качества зерна (белок, клейковина) и хлебопекарных свойств муки (седиментация). По признаку содержание белка в зерне превалировал промежуточный тип наследования, т.е. частичное или неполное доминирование высокобелкового родителя (30 и 7% комбинаций). То же самое можно сказать и о депрессии по содержанию белка в зерне гибридов (41%). Превышение обоих родителей по накоплению белка в зерне выявили в 18% скрещиваний. Это высокий показатель, учитывая большую консервативность выраженности этого признака в физиологическом аспекте.

Наследование содержания клейковины в зерне гибридов в целом аналогично белку, поскольку данные показатели взаимно сопряжены. Аналогичные тенденции были выявлены при наследовании гибридами F1 содержания крахмала, седиментации (табл. 1).

Гибриды комбинаций F1 292/13 Розкішна / Есаул; F1 Астет / Миссия; F1 Прелюдия / Дон 107; F1 Донэко / Лига характеризовались высоким накоплением белка в зерне – 15,8–18,1%, клейковины – 32,1–36,0%, показатель седиментации 57,1–64,7 мм.

Анализ зимостойкости гибридов, полученных от скрещиваний сортов с разным уровнем зимостойкости, выявил неоднозначное наследование признака. Зимостойкость гибридов F1 наследовалась по типу сверхдоминирования (23%), частичному и неполному доминированию более морозостойкого родителя (25 и 11%). В данном цикле скрещиваний велика была доля гибридов (39%), которые были менее зимостойкие по сравнению с исходными формами.

В питомнике гибридов второго поколения в 2014 г. было продолжено изучение 102 гибридных популяций. Формообразовательный процесс отличался широким варьированием изучаемых признаков в гибридных популяциях по продуктивности, устойчивости к болезням и абиотическим факторам. Для гибридов F2 характерно непрерывное варьирование в выражении признака между величинами его у исходных форм. Исследования в таком посеве можно выполнять при отборе как отдельного растения, так и отдельных колосьев. Именно здесь важную роль играют научно обоснованные параметры модели сортов для различных уровней плодородия.

1. Наследование количественных признаков гибридами первого поколения озимой мягкой пшеницы, %; 2013 г.

Тип наследования	Признак										
	масса зерна с 1 растения	масса 1000 зёрен	зимостойкость	устойчивость к мучнистой росе	устойчивость к ВЖКЯ	содержание белка	содержание клейковины	содержание крахмала	седиментация	высота	длина колоса
Сверхдоминирование	60	55	23	5	30	18	22	30	26	34	52
Частичное доминирование	18	36	25	5	23	30	26	41	33	30	21
Неполное доминирование	6	-	11	25	25	7	-	-	-	18	16
Отрицательное доминирование	-	-		18	11	4	8	7	4	5	4
Полное доминирование	-		2	18	2	-	-	-	-	2	-
Депрессия	16	9	39	23	9	41	44	22	37	11	7

Разреженный посев гибридов F2 позволяет проводить ранний отбор элитных форм с учётом изучаемых количественных признаков. При этом изучаются отдельные компоненты структуры урожая. После браковки материала на корню по элементам продуктивности, степени адаптации к лимитирующим факторам зоны (морозо- и зимостойкости, жаро- и засухоустойчивости), выносливости к болезням (снежной плесени, мучнистой росе) с ранним и среднеранним колошением выделили 76 популяций.

Проиллюстрируем их свойства на примере отдельных комбинаций. Растения популяции F2 1291/09 / Василина; F2 Донэко / Миссия; F2 Донэко / 1088/12; F2 Лист 25/ Лига; F2 Лист 25 / Аскет; F2 Миссия / WS 2704, Сербия; F2 Лауреат / Миссия; F2 Курень / Донстар были отбракованы из-за параметров растения, колоса, зерна, не соответствующих идиотипу сорта. Они также уступали по проявлению признаков стандартным сортам. При изучении наследования продуктивности растений F1 эти комбинации наследовали данный признак по типу отрицательного доминирования или депрессивно ( $h_p$  = от - 0,3 до - 1,5), т.е. в растениях F2 подтвердили свою бесперспективность.

В условиях усиления аридизации среды перво-степенное значение приобретает создание засухоустойчивых генотипов. Практическим критерием засухоустойчивых форм в условиях степной зоны Ростовской области являются: дата колошения, продолжительность жизнедеятельности флагового листа, длительность вегетационного периода, выполненность и крупность зерна. Направление селекции на скороспелость и засухоустойчивость дало определённые результаты. Ранее в степной зоне Ростовской области раннеспелые формы формировали урожай на уровне стандарта или уступали ему. В исследовании были выявлены скороспелые гибриды: F2 Станичная / Миссия;

F2 Донская лира / Есаул; F2 Дон 107 / 1220/11; F2 1088/11 / Гарант; F2 1089/11 / 906/11 и др.

Начиная с третьего поколения гибридные популяции оценивали по выходу продуктивных линий. Наибольший практический интерес из них представляли линии с трансгрессиями по этому признаку. Из 66 популяций гибридов F3 в 33 были выявлены трансгрессивные по урожайности семьи.

Выполненное исследование показало, что степень доминирования ( $h_p$ ) продуктивности гибридов F1 влияет на особенности проявления положительных трансгрессий в гибридах F3 – F<sub>n</sub> поколениях (табл. 2).

В ряде комбинаций: 1291/09 / Астет; 1291/09 / Гранма 2060; Астет / Писанка, проявивших в гибридах первого поколения F1 эффект сверхдоминирования при наследовании массы зерна с растения, в семьях F3 были выявлены максимальные значения степени положительных трансгрессий (46 – 51%). При промежуточном наследовании признака гибридами F1 комбинаций 1291/09 / Розкішна; Донстар / Донэко; Калым / Золушка; Гром / Золушка в третьем поколении было выявлено значительное количество трансгрессивных форм. Частота трансгрессии варьировала от 2,3 до 5,5% от числа изученных семей.

Наибольшей ценностью в селекции пшеницы на устойчивость к вирусным болезням обладали гибриды, которые превышали по этому показателю родительские генотипы либо наследовали устойчивость резистентных форм. Это гибридные комбинации с проявлением в F1 СД (1291/09 / Гранма 2060; Калым / Золушка; Гром / Золушка; Дмитрий / Писанка; Дмитрий / Росинка тарасовская,  $h_p$  = 1,3 – 11) или доминирование резистентной родительской формы (1089/11 / 1063/11; 1291/09 / Астет; 1291/09 / Розкішна; Астет / Писанка). В F3 семьи из данных популяций характеризовались высокой устойчивостью к патогену.

## 2. Наследование признака продуктивность и параметры трансгрессивной изменчивости в гибридах F1 и F3 озимой пшеницы; 2013, 2015 гг.

Комбинация	F1		F3			
	hр (степень доминирования)	наследование признака	изучено семей, шт.	частота трансгрессии, %	степень трансгрессии, %	
					среднее	пределы варьирования
1089/11 / 1063/11	0,4	ЧД	120	4,3	28,5	15,6–46,2
1291/09 / Астет	2,4	СД	120	1,7	32,4	18,8–51,0
1291/09 / Гранма 2060	1,3	СД	100	4,0	41,0	29,5–55,0
1291/09 / Розкішна	0,5	ЧД	120	4,2	18,6	6,5–33,0
Донстар/ Донэко	0,7	НД	100	5,0	21,8	18,0–33,0
Астет / Писанка	2,4	СД	200	8,5	34,5	24,5–46,0
Калым / Золушка	0,9	НД	200	5,5	24,5	10,0–43,0
Гром /Золушка	0,8	НД	300	2,3	14,6	10,0–20,1

\*Примечание: ЧД, НД – частичное, неполное доминирование лучшей родительской формы, СД – сверхдоминирование, Д – депрессия

Выделенные трансгрессивные по продуктивности генотипы характеризовались устойчивостью к лимитирующим стрессам: зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к пыльным бурям, выносливости к мучнистой росе, септориозу, пилильщику, что определяло их пластичность и адаптивность. Комбинации, не имеющие перспективы по продуктивности и по другим селекционно-ценным признакам, из дальнейших исследований были исключены.

**Выводы.** Селекционная перспективность гибридных популяций мягкой озимой пшеницы определяется изучением наследования важнейших хозяйственно ценных признаков у гибридов в F1 с появлением гетерозиса и положительного доминирования. Выделенные в последующих поколениях из таких популяций генотипы характеризуются увеличением степени выраженности отдельных признаков, иногда в развитии комплекса признаков, что способствует усилению их пластичности и адаптивности в лимитированных условиях среды.

### Литература

1. Иванов А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России // Земледелие. 2009. № 1. С. 3–6.
2. Санин С.С., Назарова А.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991–2008 гг.). Аналитический обзор // Защита и карантин растений. 2010. № 2. С. 70–78.
3. Колесников Ф.И., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Л. и др. Селекция среднерослых сортов мягкой озимой пшеницы // Земледелие. 2011. № 4. С. 8–10.
4. Семенов О.Г. Влияние ядерно-цитоплазматических взаимодействий на проявление адаптивных и хозяйственно ценных признаков у пшеницы // Тезисы докладов международного генетического конгресса. М.: Наука, 1998. Ч. 1. С. 434.
5. Воскресенская Г.С., Шпот В.И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // Доклады ВАСХНИЛ. 1967. № 7. С. 18–20.
6. Гуляев Г.В. Словарь терминов по генетике, селекции и семеноведению. М.: Россельхозиздат. 1983. 240 с.
7. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: издательство «Юг», 2007. 544 с.
8. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Мельникова О.В. Особенности селекции озимой мягкой пшеницы по нейтрализации воздействия фермента клопа – вредная черепашка на качество зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 35–38.
9. Моргун В.К., Киризий Д.А., Шадшина Т.М. Экофизиологические и генетические аспекты адаптации культурных растений к глобальным изменениям климата // Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42. № 1. С. 3–21.