

Эколого-генетические основы селекции озимой пшеницы на устойчивость к весенним заморозкам

М.А. Фоменко, к.с.-х.н., А.И. Грабовец, член-корреспондент РАСХН, Донской зональный НИИСХ РАСХН

Озимая пшеница — одна из основных продовольственных культур мира, особенно значима в России. Её площади относительно стабильны. Дальнейшее увеличение производства пшеницы сопряжено с ростом потенциала её продуктивности и адаптивности.

В Ростовской и смежных областях весной (апрель-май) часто наблюдается возврат заморозков, которые представляют опасность для вегетирующих озимых. Действие стресса ограничивается несколькими сутками, однако негативные последствия всегда значительны. Подобные явления отмечали на Северном Дону в 1962, 1963 и 2002, 2009 и 2010 г. Однако наибольший урон урожаю нанесли майские заморозки 2000 г. В фазу стеблевания за неделю до выколашивания температура воздуха в ночные часы опускалась до $-9-11^{\circ}\text{C}$ и держалась в течение 9 дней.

Среди исследователей нет единого мнения о зависимости устойчивости озимых к воздействию низких температур весной от состояния растений. По мнению одних, заморозки особенно опасны для озимых растений до начала отрастания, так как они ослаблены, израсходовали запас

питательных веществ [1, 2]. Согласно другим исследованиям заморозки наиболее вредоносны после возобновления вегетации в связи с началом ростовых процессов и дифференциацией конуса нарастания и зачаточного колоса [3, 4]. Большое значение имеет также и изучение генетических основ устойчивости к весенним заморозкам [5].

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства пшеницы и тритикале Донского НИИСХ в 2002–2010 гг. В селекционных питомниках ежегодно изучали 35000–45000 семей из 220–300 комбинаций, 250–300 гибридов F₁, 110–170 популяций F₂, 400–500 линий в контрольном питомнике, 150–250 генотипов в конкурсных питомниках. Оценку селекционного материала проводили глазомерно, в баллах, по степени подмерзания растений. Типы повреждения были разными: повреждение первого-второго междоузлия (от почвы), подмерзание листовой пластинки и верхних колосков зачаточного колоса. В дальнейшем проявлялись и другие последствия заморозков: пожелтение и отмирание повреждённых стеблей и листьев, гибель пыльников в цветках, белоколосость (не связанная с корневыми гнилями), череззерница. По мере отмирания нижних междоузлий и точек роста главных стеблей отмечали развитие боковых

1. Реакция сортов на поздневесенние заморозки, межстанционное испытание

Сорт	Оригинатор	Урожайность, ц/га
высокоустойчивые		
Тарасовская 97	ДЗНИИСХ РАСХ	57,5
Родник тарасовский	ДЗНИИСХ	52,9
Росинка тарасовская	ДЗНИИСХ	52,6
Северодонецкая юбилейная	ДЗНИИСХ	49,8
Донской маяк	ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко	48,2
Дельта	КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко	47,2
Никония	СГИ НААН Украины	47,5
Виктория одесская	СГИ НААН Украины	46,6
среднеустойчивые		
Северодонская 12	ДЗНИИСХ	43,8
Дар зернограда	ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко	42,6
Любава одесская	СГИ НААН Украины	42,5
Селянка	КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко	41,9
Зорянка одесская	СГИ НААН Украины	40,6
Тарасовская 29	ДЗНИИСХ	39,9
Мироновская 68	МИП им. В.М. Ремесло	39,6
слабоустойчивые		
Дон 95, стандарт	ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко	36,3
Прима одесская	СГИ НААН Украины	33,9
Тарасовская остистая	ДЗНИИСХ	31,2
Донская безостая	ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко	27,9
Русса	КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко	26,9
Мироновская ранняя	МИП им. В.М. Ремесло	26,5
Глибовчанка	ИР им. В.Я. Юрьева	25,2
НСР ₀₅ = 1,63		

побегов, иногда с частично недоразвитым или стерильным во время цветения новым колосом.

Результаты исследований. Исследования показали, что взаимосвязи между морозостойкостью испытываемых сортов и их устойчивостью к майским заморозкам не было выявлено (КСИ, МС, $r = 0,24 \pm 0,025^*$). Реакция сортов с различных экониш была неоднозначной (табл. 1). Например, сорт Тарасовская 29, один из наиболее морозостойких сортов на Дону, среднеустойчив к данному стрессу. В то же время среднеморозостойкие сорта украинской селекции Виктория одесская, Перлына лисостэпу, Никония характеризовались высокой устойчивостью к заморозкам. Лидерами были сорта Тарасовская 97 и Северодонецкая юбилейная, высокоустойчивые на всех этапах онтогенеза.

Степень подмерзания зависела от сортовых особенностей, от сроков посева, от времени и дозы ранневесенних подкормок, также от микрорельефа поля и расположения защитных лесополос. Гибель растений от майских заморозков по делянкам варьировала от 10 до 90%. В 2000 г. особенно пострадали контрольный питомник и конкурсные сортоиспытания. На основе изучения этого явления была детерминирована наследственная природа устойчивости к данному стрессу. Выполненные исследования позволили выделить источники устойчивости. Это линии и сорта селекции Донского НИИСХ – лют. 1629/91 (Телец, Болгария Донская интенсивная), лют. 1026/96 ([Тарасовская 29 Белоцерковская 47] 6191-26, Болгария), Тарасовская 97, Престиж. Хорошей устойчивостью отличались сорта одесской селекции Альбатрос одесский, Украинка одесская (отбор из сорта Альбатрос одесский), Фантазия одес-

ская (2810/85 / Альбатрос одесский) и Вымпел одесский.

Гибриды F1, созданные с участием этих генотипов, характеризовались высокой устойчивостью к весенним заморозкам (табл. 2).

В пяти комбинациях из 17 у гибридов наблюдали депрессивное наследование изучаемого признака в сравнении с исходными признаками, хотя степень выраженности признака у родителей была достаточно велика. У гибридов F1 (985/98 Престиж), (Дельта Украинка одесская), (1034/97 Украинка одесская) сохранность растений составила 72, 78 и 83%.

В сериях скрещиваний прослеживается положительное влияние материнской цитоплазмы на выраженность признака. Проиллюстрируем это на примере сорта Украинка одесская. В комбинациях Украинка одесская Дар Зернограда, Украинка одесская Тарасовская 97, Украинка одесская Тарасовская 87, Украинка одесская Росинка тарасовская гибриды наследовали устойчивость к заморозкам по типу сверхдоминирования. У гибридов F1 (Украинка одесская Тарасовская 61), F1 (Украинка одесская Северодонская 12) при скрещивании контрастных по выражению признака форм также прослеживается положительное доминирование сорта Украинка одесская.

При анализе характера наследования устойчивости к поздним заморозкам среди форм конкурсных сортоиспытаний (n = 96 сортов) и контрольного питомника (453 линии) в сравнении с исходными компонентами выявили положительное доминирование практически всех выявленных источников устойчивости к заморозкам. Естественно, были и исключения. Иногда генотипы, полученные при топкроссе

2. Характер наследования гибридами F1 устойчивости к поздневесенним заморозкам в фазу стеблевания, 2000 г.

Комбинация	Сохранившиеся растения, %			Степень доминирования hr	Характер наследования F1*
	♀	гибрид F1	♂		
985/98 × Престиж	97	72	85	-3	
Северодонская 5 × Престиж	71	63	85	-2,1	Д
Дельта × Украинка одесская	80	78	83	-2	Д
1034/97 × Украинка одесская	84	81	83	-2,5	Д
985/98 × Виктория одесская	97	77	68	-0,4	-Д
Дельта × 829/09	80	98	98	1	+Д
949/08 × Альбатрос одесский	84	98	94	1	+Д
864/98 × Виктория одесская	97	83	68	0,03	ЧД
949/08 × Виктория одесская	84	87	68	1,3	СД
Русса × Украинка одесская	86	96	83	2,3	СД
Украинка одесская × Северодонская 5	83	55	71	-3,6	Д
Украинка одесская × Северодонская 12	83	83	68	1	+Д
Украинка одесская × Тарасовская 61	83	75	46	0,56	НД
Украинка одесская × Дар Зернограда	83	100	86	10	СД
Украинка одесская × Тарасовская 97	83	95	86	7	СД
Украинка одесская × Тарасовская 87	83	87	55	1,2	СД
Украинка одесская × Росинка тарасовская	83	100	84	5	СД

Примечание: *СД – сверхдоминирование, ЧД – частичное доминирование, НД – неполное доминирование, +Д – полное доминирование, -Д – отрицательное доминирование, Д – депрессия

(использование одной материнской формы и различных по выносливости отцовских компонентов), характеризовались разной устойчивостью к стрессу. Например, у сибсов комбинации 964/95 Донская юбилейная (среднеустойчивые формы) сохранилось 80% растений на делянках. Тогда как сестринские линии из комбинации 964/95 и Фантазия одесская (высокоустойчивый сорт) характеризовались более высокой выносливостью. Сохранность растений данных линий составляла 95–98%.

Интересна была популяция Донщина Бельчанка 5, где Бельчанка 5 отцовская форма. Морфобиотипы, отобранные из этой популяции, погибли от заморозков на 70–76% (линии эрит. 607/99, эрит. 634/99 и др.). В то же время при скрещивании Бельчанка 5 Спартанка был получен сорт Тарасовская 97 (Госреестр, 5-й регион) с высокой устойчивостью к низким температурам на всех этапах онтогенеза. Это свойство устойчивости к заморозкам этого сорта стабильно наследуется в новых морфобиотипах. Генотипы, созданные с участием сорта Тарасовская 97 : 1004/66 Тарасовская 97, Подарок Дона Тарасовская 97, Тарасовская 97 1629/97, характеризовались высокой устойчивостью к признаку (5–10% гибели растений).

Большое число генотипов, высокоустойчивых к майским криогенным нагрузкам, получены в комбинациях с использованием в качестве родительской формы высокоустойчивой линии 1629/91 (Телец, Болгария Донская интенсивная (табл. 3). Хотя характер комбинационной изменчивости изучаемого признака мог быть разным. У популяции Северодонская 12 1629/91 формы выщеплялись как с практически полной устойчивостью (1–5% погибших растений), так и с гибелью до 23–28%.

Значительное число положительных трансгрессий выявлено по комбинации (Lowrin 34, Югославия 9372/78) 1629/91. Генотипы были практически устойчивы к заморозкам, выпадение растений составило 0–5%. Урожай зерна с делянки данных линий также был наибольшим

в контрольном питомнике. Он варьировал от 1,3 до 1,88 кг/дел при урожае стандарта сорта Тарасовская 87 – 0,91 кг/дел.

Из всех возможных механизмов, обуславливающих выщепление рекомбинантов с максимальным проявлением свойств, в большинстве случаев выделяются эффекты аддитивного влияния доминантных генов и их неаллельного взаимодействия в различных формах [6–8]. Аддитивный эффект генов определяет высокую общую комбинационную способность сортов, источников устойчивости к возвратным майским заморозкам, является важным источником рекомбинации аллелей, которые в свою очередь обеспечивают проявление положительных трансгрессий.

Положительное доминирование генов – один из наиболее встречающихся типов наследования при использовании сорта Альбатрос одесский СГИ НАА Украины (г. Одесса). В популяции 1121/90 (Тарасовская 29 Zg 516/90, Югославия) Альбатрос одесский выделены практически устойчивые к заморозкам формы (1–5% гибели растений). Из комбинации 876/90 <{[Рум.DZ-21 (9372/78 Астра)] Одесская 133} 900/94 [(Тарасовская 29 Дрина, Югославия) Альбатрос одесский]> отобраны 7 генотипов с полной полевой устойчивостью.

Повышенной устойчивостью характеризовались также морфобиотипы, полученные при беккроссах с использованием одного донора. Очень высокой адаптивностью к рассматриваемому лимитирующему фактору выделялась большая группа рекомбинантов комбинации (Альбатрос одесский Харьковская 82) Украинка одесская (и.о. Альбатрос одесский). Эта популяция характеризовалась длительным формообразованием. Проводили исследования как среди константных форм в контрольном питомнике, так и среди гибридного потомства пятого поколения в селекционном питомнике. Процент гибели растений по 15 линиям контрольного питомника варьировал от 0 до 13%. В расщепляющейся популяции в селекционном питомнике из изученных 144 семей 11 био-

3. Влияние источника устойчивости Lut. 1629/91 на адаптивность к майским заморозкам у выделенных новых линий озимой пшеницы

Комбинация	Изучено семей, шт.		Устойчивость к весенним заморозкам, % живых растений	
	кп	кси	родителей (♀/♂)	линий ср./ (min – max)
Северодонская 12 × 1629/91	26	9	70/95	89,5 / (72–99)
Северодонская 14 × 1629/91	8	9	90/95	92,2 / (80–98)
Вымпел одесск. × 1629/91	4	1	95/95	72 / (60–84)
Донщина × 1629/91	6	1	90/95	90 / (85–95)
Альбатрос одесск. × 1629/91	5	6	90/95	95 / (72–98)
Тарасовская 87 × 1629/91	10	8	49/95	70 (60–90)
(Lowrin 34 × 9372/78) × 1629/91	8	9	85/95	97 (95–100)
1629/91 × Донская безостая	10	6	95/85	91 / (70–98)*

Примечание: значимые различия по f-критерию: * – при $p < 0,05$

типов превышали исходные компоненты по рассматриваемому признаку. Частота выделения трансгрессивных форм составила 15,62%. Из них отобрана родоначальная линия сорта Губернатор Дона (Госреестр, 5, 6, 8-й регионы РФ).

Таким образом, частота положительных трансгрессий по устойчивости к майским заморозкам повышается при насыщающихся скрещиваниях, если последнее скрещивание проводится с устойчивым сортом.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что при создании генотипов, выносливых к поздним заморозкам после выхода в трубку, особую роль в популяциях играют сорта, высоко адаптивные в этот период к низким температурам. Реально при помощи коадаптации усиление выраженности этого признака.

Литература

1. Ковтун И.И. Формирование зимостойкости и продуктивности интенсивных сортов озимой пшеницы в лесостепи Украины: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук (06.01.02.). Ровно, 1982. 50 с.
2. Федоров А.К. О зимостойкости пшеницы в зимний и ранневесенний периоды // Приёмы и методы повышения зимостойкости озимых зерновых культур. М.: Колос, 1968. С. 192–198.
3. Носатовский А.И. Пшеница (биология). М.: Изд-во с.-х. лит-ры, 1965. 568 с.
4. Стаценко А.П., Преснякова Е.А. Биохимический контроль морозостойкости озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПП. 2001. № 31. С. 16–17.
5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница // Ростов-на-Дону: Юг, 2007. 543 с.
6. Глухова Н., Ельников М., Рябчун Н. Как повысить зимостойкость озимой пшеницы // Зерно. 2007. № 1. С. 32–38.
7. Федин М.А. Генетика пшеницы и гетерозис. М.: Колос, 1979. 205 с.
8. Саакаян Г.А. О возможности прогнозирования селекционной ценности межсортовых гибридов пшеницы // Известия АН СССР. 1982. № 6. С. 33–40.