А. С. Земисов, зав. лабораторией частной генетики и селекции, к. с.-х. н.,
А. Н. Юшков, врио заведующего СГЦ-ВНИИГиСПР, к. с.-х. н.,
Н. Н. Савельева, внс лаборатории генофонда, д. б. н.,
В. В. Чивилев, зав. лабораторией генофонда, к. с.-х. н.
ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», Мичуринск-наукоград
cglm@rambler.ru

УДК 634.11:631.524.85

10.31676/2073-4948-2018-52-9-15

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ЯБЛОНИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К РЕЗКИМ ПЕРЕПАДАМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСЛЕ ОТТЕПЕЛИ

Резюме. Применение в селекции различных комбинаций скрещивания лучших сортов и форм яблони, обладающих высоким уровнем устойчивости к воздействию низких температур после оттепели, позволяет получить зимостойкие генотипы в потомстве и более глубоко изучить наследование этого признака.

Ключевые слова: яблоня, устойчивость, комбинация скрещивания, гибриды, наследственность.

Summary. Application in breeding of various combinations of crossing of the best varieties and forms of Apple trees, with a high level of resistance to low temperatures after the thaw, allows to obtain winter-hardy genotypes in the offspring and to more deeply study the inheritance of this trait.

Key words: apple, resistance, combination of cross breeding, hybrids, heredity.

Введение

Устойчивость растений яблони к низким отрицательным температурам в различные периоды зимовки является одним из важнейших селективируемых признаков. Наблюдающееся в настоящее время разбалансирование глобальной климатической системы приводит вследствие общего потепления и к увеличению числа провокационных оттепелей в зимний период. Так, девять лет с повышенной температурой отмечены в XXI веке, из них 2014 год оказался самым теплым за весь период метеонаблюдений (www.meteorf.ru). В условиях Тамбовской области, отмечены две устойчивые тенденции – постоянное превышение среднегодовой температуры (в большей степени за счет потепления зимних месяцев) и увеличение количества и интенсивности оттепелей в зимне-весенний период [1, 2]. В этой связи особую актуальность приобретает проблема выявления высокоустойчивых генотипов, способных без существенных повреждений переносить резкие понижения температуры после продолжительных оттепелей [3-5]. Изучение механизмов наследования этого признака, вовлечение в селекцию проверенных источников и доноров

позволит целенаправленно и на научной основе вести подбор родительских пар и существенно сократить время селекционного процесса.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в лаборатории частной генетики и селекции на базе гибридного фонда яблони Селекционно-генетического центра ФНЦ им. И. В. Мичурина в 2012-2017 годах. В качестве биологических объектов исследований были использованы гибридные сеянцы, полученные в результате топкросс-скрещиваний сортов яблони народной и отечественной селекции (Антоновка обыкновенная, Антор, Богатырь, Боровка, Ренет Черненко, Тамбовское, Успенское), перспективных доноров и источников высокой зимостойкости селекции СГЦ–ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина (18-2 (КВ5 х Якутская1), 18-6 (КВ-5 х Якутская 1), 18-9 (КВ-5 х Якутская 1), 18-3 (КВ-5 х Якутская 1), 32-29 (Якутская1 х КВ-25), 32-26 (Якутская1 х КВ-25), форм Мичуринского ГАУ (7-22, 5-24, 9-24, 5-25), донора иммунитета к парше зарубежной селекции (NHOS 16/63).

Моделирование оттепелей проводили в климатической камере MLR-350 Sanyo при температуре +3 °С, промораживание – в морозильных камерах HC-280/75, TC-180 Jeio Tech, при температуре -35 °С согласно методике, разработанной М. М. Тюриной и Г. А. Гоголевой [6]. При оценке степени повреждения тканей по III компоненту зимостойкости после промораживания черенки не ставились на отращивание в сосуды с водой, а помещались на 2-3 недели в полиэтиленовые пакеты с влажным мхом.

Для выполнения генетико-селекционных исследований было использовано около 2 тыс. гибридных сеянцев яблони, полученных от опыления 6,5 тыс. цветков. При проведении гибридизации, выращивании и изучении гибридных сеянцев яблони руководствовались Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1995) [7].

Комбинационная способность исходных форм изучалась в соответствии с указаниями С. П. Яковлева и В. Н. Болдырихиной, изложенными в «Методических рекомендациях по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых растений» [8], под редакцией В. Е. Перфильева. Анализ расщепления в потомстве при изучении генетики количественных признаков проводился с использованием общепринятых биометрических методов [9, 10] и пакетов прикладных компьютерных программ (*Microsoft Office Excel 2010, STATISTIKA 6.0. for Windows*).

Обсуждение экспериментальных данных и результаты научных исследований

К настоящему времени селекционерами России проведена огромная работа по изучению потенциала уровня зимостойкости сортов, но исследования по вопросам наследования гибридным потомством устойчивости к воздействию

низких отрицательных температур в зимний период, в том числе и после продолжительных оттепелей не прекращаются. Вовлечение в гибридизацию новых лучших сортов и форм яблони, обладающих высоким уровнем устойчивости к воздействию низких температур после оттепелей позволяет получить зимостойкие генотипы в потомстве и более глубоко изучить наследование этого признака.

В результате проведенных исследований установлено, что выход семян, без существенных повреждений тканей коры, камбия, ксилемы переносящих понижение температуры до -35°C в значительной степени определялся исходными родительскими формами и варьировал по изученным комбинациям от 0,2 до 2,6%. Выявлены статистически значимые различия между изученными гибридными комбинациями (табл. 1).

Таблица 1

Выход гибридных семян яблони, устойчивых к резким перепадам температуры (-35°C) после пятидневной оттепели ($+3^{\circ}\text{C}$)

Комбинация скрещивания	Всего семян в семье, шт.	Количество семян с подмерзанием почек, камбия и древесины не более 1 балла, %		
		камбий	древесина	почки
18-2 х Антор	52	9,2	53,2	3,1
Тамбовское х 18-2	61	8,4	57,1	3,6
32-26 х Успенское	60	5,1	62,4	4,4
NHOS 16 /63 х 32-26	67	3,3	12,9	1,6
NHOS 16 /63 х 18-9	137	1,2	11,5	1,3
Богатырь х 18-9	50	4,8	40,2	2,6
Антоновка обыкновенная х 18-9	73	7,9	47,4	2,8
Антоновка обыкновенная х 32-29	64	2,6	28,0	1,4
Ренет Черненко х 32-29	111	0,7	44,3	0,9
Ренет Черненко х 18-9	92	0,6	36,9	1,7
32-26 х 18-3	34	20,8	61,6	6,9
32-26 х 7-22	57	14,7	29,8	2,0
32-26 х 5-24	79	16,3	46,3	2,5
18-9 х 9-24	87	12,0	27,4	2,2
18-9 х 5-24	63	10,5	35,7	3,6
18-9 х 7-22	43	9,0	21,9	5,2
18-9 х Боровка	100	9,3	44,3	4,2
18-6 х Успенское	31	7,1	32,5	3,3

Продолжение табл. 1

Комбинация скрещивания	Всего семян в семье, шт.	Количество семян с подмерзанием почек, камбия и древесины не более 1 балла, %		
		камбий	древесина	почки
18-6 x 7-22	45	5,4	14,9	2,6
18-6 x 5-24	24	3,9	19,6	1,9
18-6 x 9-24	29	5,8	17,3	2,1
5-24 x 7-22	29	1,1	11,7	0,2
5-24 x 32-26	27	6,2	44,3	4,8
9-24 x 7-22	127	2,6	9,4	0,7
9-24 x 32-26	149	18,4	39,8	4,6
7-22 x 9-24	68	3,3	10,6	0,9
32-26 x 9-24	40	12,7	34,5	4,8
18-3 x 7-22	28	4,9	11,8	0,3
18-3 x 9-24	27	5,3	14,7	0,7
18-3 x 5-24	45	4,2	9,6	1,2
НСР ₀₀₅	-	1,28	1,62	0,93

Как следует из данных таблицы 1, наибольший выход зимостойких по третьему компоненту генотипов (20,8% семян с минимальными повреждениями камбия и 6,9% вегетативных почек) отмечен в гибридной комбинации, полученной с участием двух доноров зимостойкости 32-26 x 18-3. Необходимо отметить, что в этой семье было выделено 7,9% гибридов с уровнем устойчивости по III компоненту зимостойкости не ниже Якутской 1, а также генотипы 4-27-98(26), 4-27-98(49), 4-27-98(51), превосходящие по уровню устойчивости камбия и почек обе родительские формы. В гибридных семьях: 9-24 x 32-26, 32-26 x 9-24, 18-9 x 7-22 выявлено (9,0-18,4% семян с подмерзанием камбия не более 1 балла и 4,6-5,2% с повреждением почек не более 1 балла). Количество растений без признаков подмерзания при -35 °С в изученных комбинациях скрещивания не превышало 1,0%.

Высокий уровень устойчивости к резким перепадам температуры после оттепелей также наследуется и в других потомствах межвидовых гибридов. Так, в гибридных семьях, где в качестве одного из родителей использована форма – производная Якутской 1 (18-2, 18-3, 18-6, 18-9, 32-29) после воздействия в конце февраля пятидневной оттепели в +3°С и последующего промораживания при температуре -35 °С выделено около 1,5% семян

без подмерзания коры и камбия. Около 2% гибридных семян имели незначительные повреждения этих тканей до 1 балла.

Для изучения характера наследования признака устойчивости по III компоненту зимостойкости была проведена оценка общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС) исходных форм. В связи с тем, что наиболее серьезные повреждения при резком понижении температуры после оттепели наблюдаются у тканей камбия и почек, оценку осуществляли по их устойчивости.

Выявлены достоверные различия между родительскими формами и гибридными комбинациями по общей и специфической комбинационной способности, при этом изменчивость эффектов ОКС по устойчивости почек и камбия оказалась ниже СКС (табл. 2).

Таблица 2

Оценка варианта комбинационной способности родительских форм по устойчивости почек и камбия к резким перепадам температуры после оттепели

Источник варьирования	Вариант	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Значения F-критерия		
					факт.	табл. при уровне значимости:	
						0,05	0,01
ОКС материнских форм	почки	0,491	2	0,245	28,1	3,8	6,6
	камбий	0,403		0,201			
ОКС отцовских форм	почки	0,628	3	0,209	50,3	2,6	3,8
	камбий	0,532		0,177			
СКС	почки	4,727	6	0,787	66,5	2,6	3,8
	камбий	4,621		0,770			
Случайные отклонения	почки	Se	559	0,023	-	-	-
	камбий			0,013			

Установлено, что в изученных топкросс-скрещиваниях на формирование анализируемого признака оказывали влияние как аддитивные, так и неаддитивные (доминирование, сверхдоминирование, эпистаз) генные взаимодействия, при некотором преобладании последних. Это свидетельствует о ценности конкретных комбинаций скрещивания с высокой СКС: 32-26 x 18-3, 18-9 x 7-22, 32-26 x 9-24, 18-9 x 5-24.

Среди материнских родительских форм высокие положительные эффекты ОКС по устойчивости почек, камбия и средней степени подмерзания тканей однолетнего прироста отмечены у донора зимостойкости 32-26, который

превосходил по этому показателю другие производные сибирской ягодной яблони (18-3, 18-6, 18-9). Среди отцовских родительских форм выделялись по ОКС генотипы-источники сдержанного роста 5-24, 7-22, 9-24. В комбинациях скрещивания с высокой СКС и потомствах родительских форм с высокой ОКС, как правило, выявлено и наибольшее количество устойчивых к резким перепадам температуры в период оттепели сеянцев.

Выводы

Таким образом, в результате исследований выявлено преобладающее влияние неаддитивного взаимодействия генов в формировании признака устойчивости к резким перепадам температуры в период оттепели в потомствах сибирской ягодной яблони. Форма яблони 32-26 (Якутская1 х KB-25) с высокой ОКС (0,226) может использоваться в селекционном процессе в качестве донора этого признака. Вовлечение ее в скрещивания позволяет получать до 7,0% устойчивых к резким понижениям температуры после оттепели генотипов с незначительными повреждениями почек и камбия не более 1 балла. Выделены генотипы 4-27-98(26), 4-27-98(49), 4-27-98(51), превосходящие по устойчивости камбия и почек высокозимостойкие родительские формы.

Список использованной литературы

1. Савельев Н. И., Юшков А. Н., Савельева Н. Н., Земисов А. С., Чивилев В. В. и др. Генетический потенциал устойчивости плодовых культур к абиотическим стрессорам. – Мичуринск - наукоград РФ, 2010. – 212 с.
2. Кичина В. В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости (концепция, приемы и методы). – М., 1999. – 126 с.
3. Савельев Н. И. Генетические основы селекции яблони. – Мичуринск, 1998. – 304 с.
4. Земисов А. С. Хозяйственно-биологическая и селекционная оценка генофонда яблони: Дисс. ... к. с.-х. наук. – Мичуринск, 2008. – 143 с.
5. Савельева Н. Н. Биологические и генетические особенности яблони и селекция иммунных к парше и колонновидных сортов. – Мичуринск, 2016. – 280 с.
6. Тюрина М. М., Гоголева Г. А. Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных растений: методические рекомендации. – М., 1978. – 38 с.
7. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1995. – 502 с.
8. Яковлев С. П., Болдырихина В. Н. Оценка комбинационной способности родительских форм гибридов плодовых и ягодных культур // Методические рекомендации по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых растений. – Мичуринск, 1980. – С. 72-93.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
10. Перфильев В. Е. Методы оценки связи между показателями // Методические рекомендации по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых растений. – Мичуринск, 1980. – С. 30-49.

A. S. Zemisov, A. N. Yuchkov, N. N. Saveleva, V. V. Chivilev
FSBSI "I. V. Michurin FSC", Michurinsk

**ESTIMATION OF COMBINING ABILITY OF PARENTAL PAIRS OF APPLE TREES
FOR RESISTANCE TO SUDDEN CHANGES IN TEMPERATURE
AFTER THE THAW**