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

УДК 634.11:631.524.85:581.1.046

DOI 10.31676/2073-4948-2019-56-15-20

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИСХОДНЫХ ФОРМ ЯБЛОНИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСОЛЕНИЮ ПОЧВЫ

Резюме. Проведена оценка устойчивости к засолению гибридных сеянцев яблони, полученных от топкросс-скрещиваний. Выявлено влияние как аддитивных, так и неаддитивных генных взаимодействий на формирование устойчивости при некотором преобладании последних. Выделены доноры и гибридные семьи с высокой комбинационной способностью, перспективные для практического использования в селекции на устойчивость к засолению. Выделены гибридные сеянцы – источники высокой и стабильной устойчивости.

Ключевые слова: яблоня, селекция, солеустойчивость, гибридные сеянцы, доноры, наследование, комбинационная способность.

Summary. Evaluation of apple hybrid seedlings obtained from topcross-crosses for resistance to salinity was carried out. The influence of both additive and non-additive gene interactions on the formation of resistance with some predominance of the lasts was revealed. Donors and hybrid combinations with high combining ability, promising for practical use in breeding for resistance to salinization were identified. Hybrid seedlings as sources of high and stable resistance were singled out.

Keywords: apple, breeding, salt-tolerance, hybrid seedlings, donors, inheritance, combining ability.

Введение

В условиях глобальных климатических изменений и увеличения доли орошаемых земель в общей структуре сельскохозяйственных площадей проблема засоления почв приобретает все более расширяющиеся масштабы и представляет серьезную угрозу для экологической и продовольственной безопасности нашей страны и всего мира. В Российской Федерации засоленные и солонцеватые почвы занимают около 20,1% от общей площади земельных угодий. Из 4,3 млн га орошаемых свыше 21% земель также имеют неудовлетворительное состояние по засолению [1].

Общая площадь засоленных земель в мире составляет около 260 млн га [2]. При этом из около 230 млн гектаров орошаемых земель в мире 45 млн (19,5%) подвержены вторичному засолению. До 1,5 млн гектаров орошаемых земель ежегодно исключается из производства в результате засоления, и лишь половина этих площадей возвращается в сельскохозяйственный оборот [3].

Физиологические механизмы реакции растений на засоление описаны в литературных источниках достаточно подробно [4-8], однако сведения о генетической детерминации данного признака и закономерностях его наследования, особенно по плодовым культурам, ограничены. Селекция на получение устойчивых генотипов затруднена из-за недостатка генетических доноров устойчивости к засолению и отсутствия методов быстрой и точной оценки селекционного материала. Необходимо шире использовать в селекции дикие виды и их производные, так как у большинства культур выявлен низкий уровень внутрисортной вариабельности по солеустойчивости [9].

В связи с этим целью наших исследований являлась оценка донорских способностей исходных форм яблони по признаку солеустойчивости на основе изучения закономерностей его наследования, а также выделение источников и доноров для практического использования.

Материалы и методы

Исследования проводились с 2015 по 2018 гг. на базе генетической коллекции и гибридных насаждений Селекционно-генетического центра ВНИИГиСПР ФНЦ им. И. В. Мичурина. В качестве родительских генотипов в гибридизации были задействованы сорта, производные яблони домашней *Malus domestica* Borkh. (Беркутовское, Благовест, Былина – в качестве материнских, Академик Казаков, Вымпел, Лигол, Орловим, Фуджи – в качестве отцовских). Исследовались сеянцы яблони из 15 гибридных семей полученных на основе топкросс-скрещиваний между этими сортами.

Оценку устойчивости исходных форм и гибридных сеянцев к засолению определяли по скорости и степени выцветания хлорофилла [10] с некоторыми модификациями [11]. Листовые пластинки инкубировали в климатической камере Sanyo MLR-350 на протяжении 5 суток в растворе хлорида натрия (0,6%), температура +23°C, освещение: 12 ч – 4000 лк, 12 ч – темнота. В контрольном варианте использовали дистиллированную воду. Учет проводили в баллах, оценивая площадь и интенсивность повреждения (0 баллов – отсутствие повреждений, 5 баллов – повреждено более 75% площади листа).

Оценку общей и специфической комбинационной способности проводили согласно методике С. П. Яковлева и В. Н. Болдырихиной, изложенной в «Методических рекомендациях по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых растений» [12], под редакцией В. Е. Перфильева.

Математическую обработку результатов исследований производили с помощью общепринятых методов математической статистики [13], статистических пакетов программного обеспечения Microsoft Excel 2010.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования позволили выявить статистически значимые различия между гибридными комбинациями по выходу семян, устойчивых к засолению. Максимальный выход устойчивых генотипов (степень повреждения не более 1 балла через 3 суток опыта) отмечен в семьях Былина х Вымпел (63,3%), Благовест х Вымпел (48,4%), Былина х Фуджи (43,3%). С аналогичной устойчивостью получено 36,7% семян в гибридной семье Благовест х Академик Казаков. Значительно меньшим выходом устойчивых гибридов характеризовались комбинации скрещивания Беркутовское х Академик Казаков (13,3%), Беркутовское х Лигол (7,7%), Благовест х Лигол (6,7%), Былина х Орловим (6,7%), Былина х Лигол (4,2%), Беркутовское х Орловим (3,8%), Беркутовское х Фуджи (3,3%), Былина х Академик Казаков (3,3%). В ряде комбинаций (Беркутовское х Вымпел, Благовест х Орловим, Благовест х Фуджи) не выявлено семян с устойчивостью до 1 балла.

В гибридных семьях Былина х Фуджи, Былина х Вымпел, Благовест х Вымпел, Беркутовское х Академик Казаков отмечена положительная тенденция по анализируемому признаку: выход растений без признаков повреждений и существенно превосходящих по устойчивости родительские формы в этих комбинациях составил 3,3-10,0%. В этих семьях выделены источники высокой и стабильной устойчивости: 15-16, 15-25, 15-27 (Былина х Фуджи), 12-14, 12-15 (Былина х Вымпел), 7-6, 7-14 (Благовест х Вымпел) и др.

Как отмечает Н. И. Савельев [14] при подборе родительских пар важно учитывать их генетические особенности, комбинационную способность и характер взаимодействия генов, определяющих устойчивость к низким температурам, т. к. устойчивость исходных форм не всегда является главным фактором, определяющим уровень выраженности этого признака у потомства. При оценке общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС) установлена существенность различий между гибридными комбинациями, при уровне значимости 0,01 ($F_{\text{факт.}} = 12,54$ превышает $F_{\text{табл. 0,01}} = 1,79$). Сопоставление вариантов общей и специфической комбинационной способности позволило установить в изученном наборе родительских сортов преобладание неаддитивного компонента, различия по ОКС и СКС при этом также были достоверными при уровне значимости 0,01. Это свидетельствует, что в данном случае формирование анализируемого признака в большей степени определяется специфической комбинационной способностью. Существенное влияние оказывают и аддитивные генные взаимодействия, причем по материнским родительским формам их влияние выражено сильнее, чем по отцовским.

В этой связи наиболее перспективным представляется использование в селекции на солеустойчивость конкретных комбинаций скрещивания с высокой специфической комбинационной способностью. При этом

увеличивается вероятность получения устойчивых сеянцев и в потомствах исходных генотипов с высокой ОКС.

Как видно из данных таблицы 1, максимальные положительные эффекты СКС отмечены в комбинациях скрещивания Былина х Фуджи (0,845), Благовест х Вымпел (0,515), Благовест х Академик Казаков (0,501), Беркутовское х Лигол (0,486). Низкими отрицательными значениями СКС отличались гибридные семьи Благовест х Фуджи (-0,865), Беркутовское х Вымпел (-0,811), Былина х Академик Казаков (-0,665), Былина х Лигол (-0,371), что характеризует их как менее перспективные в селекции на анализируемый признак. В остальных изученных комбинациях показатели СКС принимали промежуточные значения.

При оценке комбинационной способности материнских форм выявлены сорта Былина и Благовест с высокими положительными эффектами ОКС по устойчивости к засолению (0,451 и 0,197 соответственно). Сорт Беркутовское характеризовался отрицательным эффектом ОКС (-0,648). Существенно различались по уровню ОКС и изученные отцовские формы. Максимальным он был у сорта Вымпел (0,550). Низкая комбинационная способность и отрицательные эффекты ОКС выявлены у сортов Лигол (-0,356) и Орловим (-0,134), что характеризует их как менее перспективные в селекции на анализируемый признак. У сортов Академик Казаков и Фуджи показатель ОКС имел близкие к нулю значения (0,051. . . -0,071). Таким образом, сорта Вымпел, Былина, Благовест, обладающие высокими значениями ОКС, могут использоваться в качестве доноров солеустойчивости.

Таблица 1.

Оценка комбинационной способности родительских форм по признаку поражения листьев при моделировании засоления

Сорт материнские сорта отцовские сорта	Эффекты СКС			Эффекты ОКС
	Беркутовское	Благовест	Былина	
Академик Казаков	0,164	0,501	-0,665	0,051
Вымпел	-0,811	0,515	0,295	0,550
Лигол	0,486	-0,115	-0,371	-0,356
Орловим	0,140	-0,037	-0,104	-0,315
Фуджи	0,021	-0,865	0,845	0,071
Эффекты ОКС	-0,648	0,197	0,451	

Как правило, в комбинациях скрещивания с высокими значениями эффектов СКС отмечался и больший выход устойчивых к засолению гибридных генотипов. Так, максимальное число гибридов с незначительным повреждением листьев (не более 1 балла) отмечено в семьях, характеризующихся высокой СКС: Былина х Вымпел, Благовест х Вымпел, Былина х Фуджи.

Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что высокий уровень устойчивости к засолению наследуется в потомстве, но не всегда солеустойчивость у гибридов полностью определяется уровнем фенотипического проявления указанного признака у родительских форм. Формирование устойчивости обусловлено влиянием как аддитивных, так и неаддитивных генных взаимодействий, при преобладании последних. Это характеризует как наиболее перспективные комбинации скрещивания с высокой СКС: Былина х Фуджи, Благовест х Вымпел, Благовест х Академик Казаков, Беркутовское х Лигол. Сорты Вымпел, Былина, Благовест, обладающие высокими значениями ОКС, могут использоваться в качестве доноров солеустойчивости. Отмечена положительная тенденция по анализируемому признаку в гибридных семьях Былина х Фуджи, Былина х Вымпел, Благовест х Вымпел, Беркутовское х Академик Казаков: выход растений, существенно превосходящих по устойчивости родительские формы, составил 3,3-10,0%. Выделены для селекционного использования гибридные сеянцы – источники высокой и стабильной устойчивости 15-16, 15-25, 15-27 (Былина х Фуджи), 12-14, 12-15 (Былина х Вымпел), 7-6, 7-14 (Благовест х Вымпел) и др.

Список использованной литературы

1. Краснощеков В. Н., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко Д. Г. Методические рекомендации обоснования эффективности реализации ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» с учетом региональных значимых программ. – М.: Изд-во сельского хоз-ва РФ, Департамент мелиорации, 2015. – 108 с.
2. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // World Soil Resources Reports, 2015. – Rome: FAO. – № 106. – 203 p.
3. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/ru/#country>. Дата обращения: 23.01.2019.
4. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // Annu. Rev. Plant Biol., 2008. – № 59. – P. 651–681.
5. Roy S., Negrão S., Tester M. Salt resistant crop plants // Current Opinion in Biotechnology, 2014. – № 26. – P. 115-124.

6. **Hanin M., Ebel C., Ngom M., Laplaze L., Masmoudi K.** New Insights on Plant Salt Tolerance Mechanisms and Their Potential Use for Breeding // *Frontiers in plant science*, 2016. – Vol. 7. – P. 1787. doi:10.3389/fpls.2016.01787
7. **Rengasamy P.** Soil Chemistry Factors Confounding Crop Salinity Tolerance // *Review Agronomy*, 2016. – Vol. 6(4). – P. 53. DOI:10.3390/agronomy6040053
8. **Polle A., Chen S.** On the salty side of life: Molecular, physiological and anatomical adaptation and acclimation of trees to extreme habitats // *Plant Cell and Environment*. – Vol. 38(9). – P. 1794–1816. DOI: 10.1111/pce.12440
9. **Жученко А. А.** Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. – Т. II. – 708 с.
10. **Строгонов Б. П.** Солеустойчивость растений // *Методика диагностики устойчивости растений (засухо-, жаро-, соле- и морозоустойчивости)*. – Л., 1970. – С. 47-58.
11. **Юшков А. Н.** Адаптивный потенциал и селекция плодовых растений на устойчивость к абиотическим стрессорам: Дисс. д. с.-х. наук 06.01.05. – Мичуринск: МичГАУ, 2017. – 382 с.
12. **Яковлев С. П., Болдырихина В. Н.** Оценка комбинационной способности родительских форм гибридов плодовых и ягодных культур: Метод. реком. по применению статистических методов в генетике и селекции плодовых растений / Под ред. В. Е. Перфильева. – Мичуринск, 1980. – С. 72-93.
13. **Доспехов Б. А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. **Савельев Н. И.** Генетические основы селекции яблони. – Мичуринск, 1998. – 304 с.

A. N. Yuchkov, A. S. Zemisov, N. N. Savelyeva, V. V. Chivilev
FSBSI "I.V. Michurin Federal Scientific Center", Russia, Michurinsk

EVALUATION OF THE COMBINATIONAL ABILITY OF THE PARENT FORMS OF APPLE TREES ON RESISTANCE TO SOIL SALINITY