УДК 634.1:631.524.85 doi: 10.31360/2225-3068-2019-68-202-207

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ФОРМ ЯБЛОНИ ПО СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТЬЕВ В РАСТВОРАХ С ПОВЫШЕННЫМ ОСМОТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Юшков А. Н., Борзых Н. В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск, Россия, e-mail: cglm@rambler.ru

Проведены исследования по оценке засухоустойчивости яблони путём моделирования «химической засухи» в растворе сахарозы и выявлению корреляционных взаимосвязей между степенью повреждения листа в растворе осмотика и показателями водного статуса листа. Установлено наличие тесных и достоверных взаимосвязей между степенью повреждения листьев при моделировании «химической засухи» и рангом засухоустойчивости, степенью повреждения листовых пластинок и потерей воды листьями при подсушивании, степенью повреждения листовых пластинок и степенью восстановления оводнённости.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорта, засухоустойчивость, осмотический стресс.

Наличие и доступность воды – важнейшие факторы, ограничивающие продуктивность растений в регионах с неустойчивым увлажнением. Использование оросительных систем решает данную проблему, однако их внедрение ограничивается комплексом организационных и экономических причин. Так, по данным Росстата в 2007 г. доля орошаемых земель в общей площади многолетних насаждений в РФ составляла 18,4 %, в 2017 г. – 23,0 %, т. е. за десять лет рост этого показателя не превысил 5 % [1]. Таким образом, большая часть садов культивируется в неорошаемых условиях, а урожай лимитирован количеством осадков в вегетационный период и засухоустойчивостью генотипа. Отмечается, что плодовые растения не имеют особых приспособлений для снижения испарения воды и не выносят длительной засухи, но способны пережить кратковременный водный дефицит [10].

Поэтому задача селекции – повышение адаптивного потенциала насаждений на основе создания новых экологически пластичных генотипов в минимальной степени зависящих от погодных флуктуаций. Результативность селекционной работы в этом направлении во многом

определяется использованием в практической работе наиболее эффективных методов оценки генетического потенциала исходных генотипов и гибридных сеянцев. В настоящее время при оценке засухоустойчивости полевых культур исследователями широко используется метод, базирующийся на взаимосвязи между способностью семян прорастать в растворах высокомолекулярных осмотически активных веществ, понижающих внешний водный потенциал, и толерантностью взрослых растений к дефициту влаги [2, 4]. Широко и эффективно применяется методика отбора толерантных к засухе генотипов на фоне «химической засухи» и в культуре *in vitro* [7–9, 11]. В качестве селективного агента, как правило, используются сахароза, полиэтиленгликоль или маннит.

Целью нашей работы являлось изучение возможности моделирования «химической засухи» на листовых пластинках яблони и выявление корреляционных взаимосвязей между степенью повреждения листа в растворе осмотика и показателями водного статуса листа.

Материалы и методы. Исследования проводились с 2013 по 2017 год на базе генетической коллекции Селекционно-генетического центра ВНИИГиСПР ФНЦ им. И. В. Мичурина. Материалом исследования служили 12 сортов яблони отечественной, зарубежной и народной селекции, отличающиеся по засухоустойчивости.

Определение засухоустойчивости исходных форм проводили, используя гравиметрический метод, основанный на оценке водного режима листьев в лабораторных условиях [3]. Водоудерживающую способность определяли по количеству отданной воды после двухчасового подсушивания листьев при температуре 25 °С. Для оценки степени восстановления оводнённости листья после завядания помещали во влажные камеры на один час. Изменения оводнённости листьев определяли путём взвешивания проб на аналитических весах непосредственно перед и после каждой операции.

Параллельно учитывали повреждения листьев в баллах по аналогии с методикой оценки солеустойчивости [5] по степени повреждения листовой пластинки и выцветания хлорофилла. Учёты проводились после 3 и 5 суток инкубации побегов в 4,7%-ном растворе сахарозы. Такая концентрация создает осмотическое давление около 3,3 атм., аналогичное 0,4%-ному раствору хлорида натрия и характерное для слабозасоленных почв. В контрольном варианте использовалась дистиллированная вода. Для моделирования «химической засухи» использовалась климатическая камера Sanyo MLR-350 (температура +22 °С, освещение около 4 000 лк. Оценивали листья контрольного и опытного (раствор сахарозы) вариантов. Анализ данных производили с помощью статистического пакета программного обеспечения Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. В результате проведённых исследований выявлены достоверные различия между изученными генотипами по компонентам водного режима (табл. 1). Потеря воды листьями составляла от 8,0 до 40,7 %. Низкими значениями водоудерживающей способности (менее 10,0 %) характеризовались сорта и формы ‘Фростбайт’, ‘Роувилл’, РВ-148, ‘Ришелье’. Более 30 % воды после двухчасового подсушивания потеряли сорта ‘Хани Крисп’, ‘Коваленковское’, ‘Степное’.

Таблица 1

Водный режим и степень повреждения листьев исходных форм яблони,
4,7%-ный раствор сахарозы, 3 суток

Сорт, форма	Степень повреждения листьев, *балл*	Потеря воды, *%*	Степень восстановления оводнённости, *%*	Водный дефицит, *%*	Оводнённость тканей, *%*
‘Роувилл’	0,6 ±0,4	8,3 ±0,5	11,5 ±3,2	7,9 ±1,3	60,1 ±1,7
‘Кубаночка’	1,0 ±0,4	13,4 ±0,8	28,6 ±2,5	6,3 ±2,1	60,2 ±1,0
‘Галарина’	1,8 ±0,2	20,8 ±0,9	31,2 ±3,3	10,1 ±2,2	62,1 ±1,3
‘Фростбайт’	1,8 ±0,3	8,0 ±0,7	14,4 ±2,3	14,2 ±1,9	60,5 ±1,8
‘Лето Красное’	2,0 ±0,6	19,6 ±1,2	33,7 ±3,1	10,6 ±2,0	58,5 ±1,2
‘Лучистое’	2,3 ±0,5	20,7 ±1,5	53,1 ±3,8	11,3 ±2,1	57,8 ±1,9
РВ-148	2,3 ±0,6	9,7 ±1,1	18,2 ±3,7	8,0 ±1,5	58,7 ±1,1
‘Ришелье’	2,5 ±0,7	10,0 ±1,5	14,9 ±2,6	10,9 ±1,8	57,6 ±1,3
‘Антоновка обыкновенная’	3,2 ±0,4	24,0 ±1,2	44,5 ±4,1	13,4 ±1,8	55,9 ±1,3
‘Хани Крисп’	3,4 ±0,6	40,7 ±2,6	56,2 ±4,2	11,5 ±1,3	63,2 ±2,1
‘Коваленковское’	3,4 ±0,7	36,9 ±2,1	63,6 ±2,5	7,5 ±1,4	59,5 ±0,9
‘Степное’	4,0 ±0,6	34,0 ±1,3	72,6 ±2,7	7,9 ±1,4	59,4 ±1,3

Промежуточные значения потери воды (13,4–24,0 %) отмечены у сортов ‘Кубаночка’, ‘Лето красное’, ‘Лучистое’, ‘Галарина’, ‘Антоновка обыкновенная’.

Показатель степени восстановления оводнённости колебался в пределах от 11,5 до 72,0 %. Максимальными его значениями (более 50 %) характеризовались сорта ‘Степное’, ‘Коваленковское’, ‘Хани Крисп’, ‘Лучистое’. Хуже восстанавливали оводнённость сорта ‘Роувилл’, ‘Фростбайт’, ‘Ришелье’, РВ-148. При последующем насыщении они поглощали менее 20 % от количества отданной воды.

Важнейшим показателем водного режима растений является водный дефицит (недостаток воды в листьях в природных условиях). Относительно небольшие его значения (6,3–10,1 %) наблюдались у сортов ‘Кубаночка’, ‘Степное’, ‘Роувилл’, ‘Коваленковское’, РВ-148, ‘Галарина’. Более высокий водный дефицит (более 10,1 %) отмечен у сортов ‘Ришелье’, ‘Лето красное’, ‘Лучистое’, ‘Хани Крисп’, ‘Антоновка обыкновенная’, ‘Фростбайт’.

Для общей оценки засухоустойчивости, изученные формы были ранжированы по отдельным признакам водного режима (водоудерживающая способность и степень восстановления оводнённости при моделировании почвенной засухи и теплового шока, оводнённость тканей, водный дефицит). Первый ранг присваивался объекту с максимальной выраженностью признака, т. е. минимальным процентом потери воды, максимальной оводнённостью тканей и степенью восстановления оводнённости. Это позволило распределить генотипы по комплексу показателей водного режима. Согласно полученным данным сорта ‘Роувилл’, ‘Кубаночка’, ‘Галарина’, ‘Лучистое’ обладали максимальной засухоустойчивостью из изученных форм.

Следует отметить, что указанные сорта характеризовались и минимальными повреждениями листовых пластинок в растворе сахарозы, не превышающие 2,0 балла. Более сильные повреждения наблюдались у листовых пластинок сортов ‘Лучистое’, РВ-148, ‘Ришелье’ – до 2,5 баллов и ‘Антоновка обыкновенная’, ‘Хани Крисп’, ‘Коваленковское’, ‘Степное’ – более 3,0 баллов. При этом отмечено, что, как правило, наиболее устойчивые к воздействию сахарозы формы характеризовались и более высоким рангом засухоустойчивости. Увеличение продолжительности опыта до 5 дней привело к более сильному повреждению листьев, однако распределение сортов по устойчивости сохранялось. В контроле (дистиллированная вода) повреждений листьев не отмечено.

Проведённый корреляционный анализ позволил выявить относительно тесную (r – 0,69) и достоверную ($P < 0,01$) взаимосвязь между степенью повреждения листьев при моделировании «химической засухи» и рангом засухоустойчивости, определенного по комплексу изученных компонентов водного режима. Установлено также наличие тесных

и достоверных взаимосвязей между степенью повреждения листовых пластинок и потерей воды листьями при подсушивании (r – 0,79), степенью повреждения листовых пластинок и степенью восстановления оводнённости. Не выявлено достоверных корреляций между степенью повреждения листьев и показателями водного дефицита, а также между общей степенью повреждения листьев и оводнённостью тканей.

Заключение. Таким образом, в результате моделирования повреждающих факторов засухи проведена оценка сортов и форм яблони по основным показателям водного обмена. Для распределения по степени засухоустойчивости изученные генотипы были ранжированы с учётом комплекса этих показателей. Согласно полученным данным сорта ‘Роувилл’, ‘Кубаночка’, ‘Галарина’, ‘Лучистое’ обладали максимальной засухоустойчивостью из изученных форм. Степень повреждения листовых пластинок в растворе осмотически активного вещества также являлась информативным показателем засухоустойчивости, что позволило распределить объекты исследования по анализируемому признаку. Выявлена относительно тесная и достоверная взаимосвязь между степенью повреждения листьев при моделировании «химической засухи» и рангом засухоустойчивости. Установлено наличие тесных и достоверных взаимосвязей между степенью повреждения листовых пластинок и потерей воды листьями при подсушивании, степенью повреждения листовых пластинок и степенью восстановления оводнённости.

Библиографический список

1. «ЕМИСС» — ГОСУДАРСТВЕННАЯ СТАТИСТИКА: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fedstat.ru/indicators. (дата обращения: 23.01.2019).
2. Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов: методические рекомендации. – Мичуринск, 2007. – 72 с. – ISBN 5-900662-08-9.
3. Медведев С.С. Физиология растений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 512 с. – ISBN 978-5-9775-0716-5.
4. Олейникова Т.В., Осипов Ю.Ф. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. – Л.: Колос, 1976. – С. 23-32.
5. Строгонов Б.П. Солеустойчивость растений // Методика диагностики устойчивости растений (засухо-, жаро-, соле- и морозоустойчивости). – Л., 1970. – С. 47-58.
6. Aazami M., Torabi M., Jalili E. *In vitro* response of promising tomato genotypes for tolerance to osmotic stress // African Journal of Biotechnology. – 2010. – Vol. 9. – № 26. – P. 4014-4017.
7. Biswas J., Chowdhury B., Bhattacharya A., Mandal A. *In vitro* screening for increased drought tolerance in rice // In Vitro Cellular and Developmental Biology. – Plant. – 2002. – Vol. 38. – Issue 5. – P. 525-530. – doi: 10.1079/IVP2002342

8. Carloni E., Tommasino E., Colomba E., Ribotta A., Quiroga M., Griffa S., Grunberg K. *In vitro* selection and characterization of buffelgrass somaclones with different responses to water stress. Plant cell, tissue and organ culture. – 2017. – Vol. 130. – № 2. – P. 265-277.
9. Matheka J., Magiri E., Rasha A., Machuka J. *In vitro* selection and characterization of drought tolerant somaclones of tropical maize (*Zea mays* L.) // Biotechnology. – 2008. – Vol. 7. – P. 641-650.
10. Michel B., Kaufmann M. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000 // Plant Phsiol. – 1973. – Vol. 51. – P. 914-916.
11. Mohamed M., Harris P., Henderson J. *In vitro* selection and characterization of a drought tolerance clone of Tagetes minuta // Plant Science. – 2000. – Vol. 159. – P. 213-222.

EVALUATING THE DROUGHT RESISTANCE OF APPLE CULTIVARS AND FORMS BY THE LEAF DAMAGE DEGREE IN SOLUTIONS WITH HIGH OSMOTIC POTENTIAL

Yushkov A. N. Borzykh N. V.

Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Research Centre named after I. V. Michurin",
c. Michurinsk, Russia, e-mail: cglm@rambler.ru

Studies have been carried out to assess the drought resistance of apple tree by simulating the «chemical drought» in the sucrose solution, and to identify correlations between the degree of leaf damage in the osmotic solution and the indicators of water status in leaves. Close and reliable relationships were found out between the degree of leaf damage during the "chemical drought" simulation and the rank of drought resistance, the degree of leaf blades damage and the leaves water loss during drying, the degree of leaf blades damage and the degree of water content restoration.

Key words: apple tree, breeding, cultivars, drought resistance, osmotic stress.