

УДК 631.527+631.671.3+634.21

DOI: 10.25684/0513-1634-2023-148-56-61

ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ГИБРИДНЫХ ФОРМ АБРИКОСА СЕЛЕКЦИИ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

**Никита Максимович Саплев, Вадим Валерьевич Корзин,
Валентина Милентьевна Горина, Сергей Юрьевич Цюпка**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: saplev.upk@yandex.ru

Проведено изучение засухоустойчивости в лабораторных условиях 43 форм абрикоса селекции Никитского ботанического сада. Образцы разделены на три группы: засухоустойчивые (16), со средней засухоустойчивостью (20), слабо засухоустойчивые (7). Высокой засухоустойчивостью отличаются формы: 55 (потеря воды за 24 часа – 28,2%), 84-694 (29,6%), 13/86 (29,9%), 8457 (30,0%), 99-415 (30,8%), которые могут быть использованы в качестве источников этого признака в селекции. Повышенной оводненностью листьев обладают три генотипа – 8316 (68,1%), 10917 (70,6%), 84-949 (72,5%). Наименьшие показатели водного дефицита отмечены у пяти форм: 89-949 (2,6%), 432 (3,3%), 93-119 (3,6%), 99-354 (3,8%), 80 (3,9%). Была выполнена математическая обработка результатов методом дисперсионного и кластерного анализа.

Ключевые слова: абрикос; селекционные формы; засуха; засухоустойчивость; оводненность; восстановление тургора; кластерный анализ

Введение

Абрикос – ценная плодовая культура. Его плоды обладают высокими вкусовыми качествами, значительным содержанием сахара, органических кислот, пектинов и каротинов [1].

По данным ФАО за 2018-2021 гг. ежегодное производство плодов абрикоса в мире составило более 3 млн. т. [13]. Наибольший валовый сбор обеспечивают: Турция (807,5 тыс. т.), Узбекистан (496,1 тыс. т.), Иран (324,6 тыс. т.), Италия (216,2 тыс. т.), Алжир (207,1 тыс. т.). Успешное выращивание растений абрикоса зависит от множества факторов, в том числе и полива [18].

В современном мире проблема нехватки воды усугубляется изменением климата и глобальным ростом населения [12]. В сельском хозяйстве орошение – один из ключевых факторов производства, на него приходится около 70% потребления пресной воды. Дефицит водных ресурсов означает сокращение объемов воды, что угрожает продовольственной безопасности и ведет к дефициту производства продуктов питания. Засухоустойчивые сорта абрикоса плодоносят в условиях недостатка влаги. Это делает перспективным создание новых сортов, способных переносить гидротермический стресс.

Засухоустойчивостью называют способность растения к росту, развитию и воспроизведению в условиях недостатка влаги и согласно Генкелю А.П., «выдерживать перегрев и вегетировать в условиях недостатка влаги» [2].

Изучение засухоустойчивости абрикоса в условиях Республики Крым актуально. Особенно для южной части Крыма, с жарким и засушливым летом [5].

Чтобы лучше понимать механизмы засухоустойчивости у абрикоса обыкновенного, следует разобраться с понятием «засуха». Засуху разделяют на атмосферную, почвенную и смешанную (атмосферно-почвенную) [3].

Для первого типа характерна длительная, сухая погода, без осадков (или с крайне незначительным их количеством), приводящая к истощению почвенных запасов

влаги, снижению влажности воздуха. Она предшествует почвенной засухе, которая проявляется в иссушении корнеобитаемых горизонтов почвы, снижении влагообеспеченности растений, вызывает задержку роста, угнетение, а затем и гибель растений. Атмосферно-почвенная засуха объединяет два предыдущих типа, как наиболее опасное явление.

Абрикос относят к засухоустойчивым культурам [1, 8]. Растения могут обладать высокой адаптационной способностью к засухе, не теряя при этом жизнеспособности, способны к использованию глубокозалегающей влаги из подпочвенных горизонтов [1]. Засухоустойчивость сортов связана с водоудерживающей способностью листьев и их способностью восстанавливать тургор после перенесённого завядания.

При недостатке влаги у растения сокращается период покоя, уменьшается морозостойкость плодовых почек, кора штамба гораздо чаще подвержена солнечным ожогам [10]. При размещении на неорошаемых участках, плохо пригодных для выращивания абрикоса и слабо обеспеченных влагой, растения снижают продуктивность. Это проявляется в виде нерегулярности плодоношения. В условиях недостатка влаги, дерево закладывает плодовые почки слабо или не формирует их совсем, чаще поражается вредителями и болезнями, что в сочетании с заморозками наносит значительный ущерб [11].

Увеличить засухоустойчивость абрикоса можно агротехническими приемами. Например, уменьшая объем поливной нормы и увеличивая количество поливов для деревьев в молодом возрасте в течение месяца [14]. Это обеспечивает меньшую чувствительность растений к дефициту влаги в последующие периоды роста и развития, приводит к большему накоплению плодами сухих веществ и титруемых кислот [15].

Целью работы явилась оценка гибридных форм абрикоса коллекции Никитского ботанического сада по признаку засухоустойчивости и отбор наиболее устойчивых к данному стресс-фактору.

Объекты и методы исследования

В течение 2020-2022 гг. изучали 43 генотипа абрикоса селекции Никитского ботанического сада. Широко распространенный сорт Крымский Амур был использован в качестве контроля. Схема посадки растений – 6 х 4 м. Подвой – сеянцы абрикоса. Агротехнические мероприятия общепринятые.

Устойчивость генотипов к засухе изучали по общепринятым методикам (Еремеев, 1964, 1969; Седов, Огольцова, 1999) [5, 10]. Определяли общее содержание воды в листьях абрикоса, водный дефицит, водоудерживающую способность и степень восстановления тургора листьев после потери влаги. Показатели водопотери фиксировали через 4, 8, 12, 24 часа.

Статистический анализ (среднее, НСР при $P \leq 0,05$ и т. д.) осуществлен с использованием программного обеспечения Statistica 6.0 для Windows и Microsoft Excel 2010. Визуализация данных выполнена с использованием программного обеспечения Past v. 4.03 [16], а также Matplotlib и Scikit-learn (комплексные библиотеки для создания статических, анимированных и интерактивных визуализаций на Python).

Результаты и обсуждение

Одними из основных показателей водного режима абрикоса в определении лабораторной засухоустойчивости являются водоудерживающая способность и восстановление тургора листьями.

Нами установлено, что общая оводненность листьев изучаемых селекционных форм абрикоса варьировала в следующих пределах: от 56,9 до 72,5%. Большую оводненность имели три генотипа – 8316 (68,1%), 10917 (70,6%), 84-949 (72,5%) (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели водного режима и водопотери листьями сортов и форм абрикоса
(август, среднее за 2020-2022 гг.)**

Сорт, форма	LWC, %	WSD, %	Water loss (%)				TR, %
			4 ч	8 ч	12 ч	24 ч	
Крымский Амур (к)	62,0±0,6	8,9±0,8	12,6±0,5	17,4±0,5	21,09±0,4	34,4±0,6	95,7±2,9
9/9	66,2±0,8	7,0±0,4	11,4±0,3	18,3±0,3	25,1±0,8	42,5±1,8	79,8±19,3
55	64,9±0,6	6,9±0,3	9,8±0,4	14,0±0,4	17,8±0,5	28,2±0,9	98,8±1,1
80	64,6±0,4	3,9±0,7	14,6±1,6	21,8±2,0	28,5±2,5	44,8±3,1	87,3±9,3
115	65,8±0,1	8,1±1,1	9,1±0,7	15,0±0,7	20,1±0,8	35,3±1,2	93,55±0,3
432	65,6±0,6	3,3±0,2	13,2±0,4	17,7±0,4	21,8±0,5	32,9±0,8	97,5±2,1
0-11	63,7±1,2	6,8±0,5	13,5±0,3	19,7±0,5	25,7±0,6	41,0±0,9	92,5±6,0
13/86	65,9±1,0	8,0±0,9	12,2±0,8	16,9±0,6	21,4±0,8	29,9±1,2	93,9±6,0
24-86	63,2±0,4	5,7±0,4	15,2±0,4	19,6±0,4	23,6±0,5	35,3±0,7	95,5±1,9
7518	65,6±0,3	7,6±0,8	16,2±1,0	21,8±1,1	27,1±1,3	40,6±1,8	91,3±6,3
8316	68,1±2,2	5,3±0,3	12,4±0,5	17,9±0,5	22,8±0,9	36,9±2,3	92,4±6,7
8457	65,7±0,5	5,8±0,4	10,1±1,0	14,4±1,1	18,7±1,0	30,0±1,1	97,7±0,5
8534	67,0±0,2	8,4±0,9	17,6±2,3	26,4±3,6	33,9±4,0	51,3±4,2	70,1±1,0
8945	64,1±0,2	7,5±0,6	13,9±0,3	19,5±0,5	24,5±0,7	38,3±1,1	97,5±1,4
9471	65,9±0,6	6,7±0,6	15,4±0,6	20,7±0,8	25,5±0,9	39,1±1,2	97,1±2,1
97-10	61,3±0,5	9,6±0,1	12,8±0,1	17,7±0,3	22,2±0,5	34,6±1,3	97,5±2,0
97-11	61,9±0,9	9,7±0,6	15,3±0,8	19,6±0,9	23,9±0,9	34,8±0,7	81,2±12,2
97-17	60,8±1,5	6,4±0,4	12,2±0,4	16,8±0,6	20,8±0,6	31,3±0,6	97,8±0,5
10794	65,4±0,5	5,0±0,8	12,7±1,3	18,7±1,4	23,9±1,5	38,5±1,5	91,0±4,0
10917	70,6±6,7	5,8±0,3	13,1±0,3	18,0±0,2	22,6±0,2	38,1±2,5	94,8±4,8
84-475	63,5±0,2	6,9±0,4	15,3±0,3	20,2±0,3	24,4±0,4	37,1±1,0	98,7±0,8
84-516	61,7±0,3	5,8±1,2	11,1±1,5	16,1±1,8	20,6±2,1	32,0±2,6	98,4±1,2
84-679	66,9±0,4	6,2±0,8	16,2±1,7	21,4±1,6	26,4±1,7	40,6±1,9	91,2±1,0
84-694	61,6±0,5	6,8±0,5	11,8±1,2	15,6±1,1	19,1±1,0	29,6±0,8	97,7±1,9
84-784	63,2±0,3	5,7±1,1	11,0±1,2	16,3±1,5	20,9±1,8	35,5±2,4	89,7±3,7
84-803	63,6±0,5	4,7±0,8	17,1±1,1	23,1±1,2	28,4±1,3	44,0±1,6	85,7±8,6
84-818	56,9±1,2	6,4±0,4	13,2±0,6	17,7±0,3	21,8±0,2	33,2±0,4	93,9±2,3
84-859	67,2±0,6	5,0±0,3	12,4±0,5	18,0±0,6	23,0±0,7	36,9±1,0	95,6±3,8
84-875	59,8±0,3	6,7±0,9	14,0±1,1	21,6±1,2	28,1±1,2	44,9±1,0	62,9±25,9
84-895	66,0±0,6	5,4±0,2	11,9±0,5	18,3±0,8	23,7±1,1	38,7±1,7	79,9±19,9
84-922	59,2±2,3	5,0±0,5	14,8±1,2	20,3±0,9	25,3±0,4	39,1±0,6	90,2±4,7
84-942	67,4±0,3	6,0±0,1	14,3±1,7	18,8±1,8	23,1±1,9	35,1±2,2	97,3±1,5
84-949	72,5±1,1	2,6±0,5	11,0±0,4	17,0±0,8	22,5±1,0	36,5±1,6	77,5±22,0
84-951	64,1±0,3	8,6±0,4	13,6±0,4	18,6±0,4	23,2±0,4	36,1±0,5	94,8±0,5
84-986	63,5±0,3	8,6±0,3	14,3±0,2	20,1±0,8	25,3±1,3	40,3±2,6	85,8±5,8
84-988	63,2±0,1	11,0±1,2	10,5±3,3	15,4±3,2	19,2±3,2	34,3±3,2	93,3±6,0
89-359	62,5±0,5	6,0±0,8	10,6±1,3	15,5±1,1	20,1±1,2	33,1±1,3	89,6±10,1
89-526	64,6±0,7	7,2±0,4	16,1±1,1	23,1±0,8	28,8±0,8	44,3±0,9	77,5±22,0
89-727	62,8±1,0	4,8±0,2	8,6±0,4	15,4±0,8	24,4±1,2	37,6±1,7	77,4±20,4
93-119	64,3±0,4	3,6±0,5	15,2±0,6	19,9±0,6	24,3±0,8	35,6±1,3	97,0±2,9
99-156	62,7±0,2	8,7±0,2	12,8±0,7	18,3±0,5	23,1±0,6	37,5±0,8	92,0±7,6
99-354	66,9±0,5	3,8±0,8	15,1±1,2	21,2±0,8	26,8±0,6	41,9±0,7	93,5±0,7
99-396	61,9±0,4	7,0±0,4	11,0±1,2	16,3±1,5	20,9±1,8	35,5±2,4	96,3±1,9
99-415	64,2±0,8	7,7±0,4	13,4±0,4	17,3±0,7	21,0±1,1	30,8±2,0	98,4±1,1
НСР₀₅	1,45	0,71	1,21	1,34	1,51	1,93	10,42

Примечание: LWC – общая оводненность, WSD – водный дефицит, waterloss – потеря воды в процентах от сырого веса после 12, 24 и 48 часов дегидратации, TR – восстановление тургора в процентах.

Водный дефицит – это недостаток насыщения водой растительных клеток, возникающий в результате интенсивной потери воды растением, не восполняемой им

из почвы. Он составил 2,6-11,0%, с наименьшими показателями у пяти форм: 89-949 (2,6%), 432 (3,3%), 93-119 (3,6%), 99-354 (3,8%), 80 (3,9%).

Потеря влаги определяет скорость обезвоживания листовой пластинки. Данный показатель спустя 4 часа был на уровне 8,6-17,6%, значительно отличаясь по генотипам, через 8 часов – 14,0-26,4%. Водопотери за 12 часов составили от 17,8 до 33,9%. Потерю влаги спустя 24 часа фиксировали от 28,2 до 51,3%. Большую способность, по сравнению с контролем (34,4%), к удержанию воды листьями отметили у 11 селекционных форм: 55 (71,8%), 13/86 (70,8%), 432 (67,1%), 8457 (70%), 97-17 (69,7%), 84-694 (71,4%), 84-516 (68%), 84-818 (66,8%), 84-988 (65,7%), 89-359 (66,9%), 99-415 (69,2%).

Стойкость листьев к обезвоживанию определяется способностью не только удерживать воду, но и восстанавливать тургор. Это свойство изучали после 24 часов завядания, для этого листья на сутки помещали между слоями влажной фильтровальной бумаги.

Способность листьев восстанавливать тургор зависит от степени их обезвоживания. После завядания и последующего насыщения влагой, селекционные формы восстанавливали тургор в пределах 62,9-98,8%. Максимальная способность к восстановлению тургора листьями отмечена у четырех форм: 55 (98,8%), 84-475 (98,7%), 84-516 (98,4%), 99-415 (98,4%). Слабое восстановление тургора наблюдали у образцов: 8534 (70,1%), 84-875 (62,9%).

По результатам оценки водоудерживающей способности листьев был проведен кластерный анализ методом к-средних (k-meansclustering), с помощью которого все изученные генотипы были разделены на 3 кластера (рис. 1):

Кластер «А» – селекционные формы, отличающиеся повышенной засухоустойчивостью (16 образцов, потери воды за 24 часа – 28,2-35,3%), «В» – средней (20 образцов, 35,5-41,0%), «С» – слабой (7 образцов, 41,9-51,3%).

Кластерный анализ свидетельствует, что по засухоустойчивости часть генотипов находится на уровне контрольного сорта Крымский Амур (16 образцов) и даже превосходят его (11 образцов).

По итогам лабораторных исследований за три года (2020-2022 гг.) отобраны наиболее засухоустойчивые формы абрикоса селекции НБС-ННЦ – 55 (потеря воды за 24 часа в % – 28,2), 84-694 (29,6%), 13/86 (29,9%), 8457 (30,0%), 99-415 (30,8%).

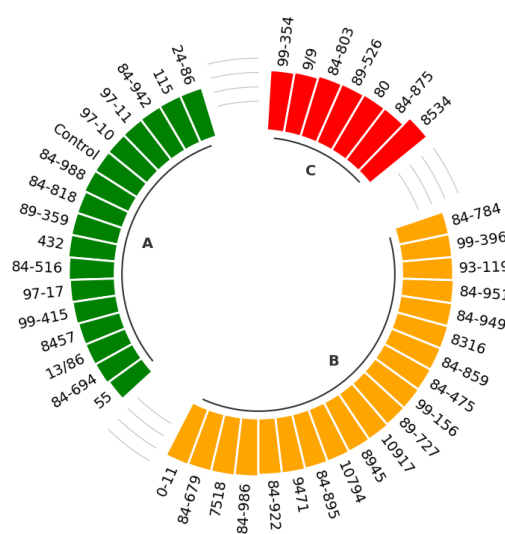


Рис. 1 Кластерный анализ селекционных форм абрикоса по засухоустойчивости в условиях лаборатории.

«А», «В», «С» – обозначение кластеров, Control – контрольный сорт 'Крымский Амур'

Выводы

1. Оводненность листьев абрикоса фиксировали на уровне 56,9-72,5%. Повышенной оводненностью листьев обладают три генотипа – 8316 (68,1%), 10917 (70,6%), 84-949 (72,5%).

2. Водный дефицит у исследуемых селекционных форм составил 3,9-11,0%. Наименьшие показатели отмечены у пяти форм: 89-949 (2,6%), 432 (3,3%), 93-119 (3,6%), 99-354 (3,8%), 80 (3,9%).

3. Наиболее интенсивную потерю влаги отмечали в течение 24 часов обезвоживания, на уровне 28,2 - 51,3%. Высокой засухоустойчивостью по показателю суточной потери влаги в лабораторных условиях отличаются пять селекционных форм абрикоса: 55 (потеря воды за 24 часа в % – 28,2), 84-694 (29,6%), 13/86 (29,9%), 8457 (30,0%), 99-415 (30,8%), которые могут быть использованы в качестве источников этого признака в селекции.

4. Восстановление тургора листьев абрикоса составило от 62,9 до 98,8%. Большая часть (35) селекционных форм была на уровне контроля по данному показателю, меньшая (8) – существенно отличалась в отрицательную сторону.

5. По итогам лабораторных исследований за три года отобраны наиболее засухоустойчивые формы абрикоса селекции НБС-ННЦ – 55, 84-694, 13/86, 8457, 99-415.

Список литературы

1. Абрикос / под ред. В.К. Смыкова / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.

2. Генкель П.А. Современное состояние проблемы засухоустойчивости растений и дальнейшие пути ее изучения // Физиология устойчивости растений (морозоустойчивость, засухоустойчивость и солеустойчивость): труды конф. 3-7 марта 1959 г. – М.: Изд-во академии наук СССР, 1960. – С. 385-401.

3. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии // Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – Т. 1. – 808 с.

4. Еремеев Г.Н. Методика определения засухоустойчивости плодовых и других растений лабораторно-полевым методом // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1969. – Т. 40. – С. 263-267.

5. Копылов В.И. Система садоводства Республики Крым. – Симферополь: АРИАЛ, 2016. – 287 с.

6. Корзин В.В., Горина В.М., Месяц Н.В. Оценки плодов абрикоса и продуктов переработки из них // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – Т. 144, Ч. 2. – С. 137-140.

7. Костина К.Ф. Селекция абрикоса в южной зоне СССР // Селекция косточковых культур. – М.: Сельхозгиз, 1956. – С. 83-126.

8. Персик и абрикос. / В.К. Смыков, В.Ф. Иванов, Г.С. Иванова и др.; под ред. В.К. Смыкова. – К.: Урожай, 1993. – 224 с.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.

10. Смыков В.К. Культура абрикоса в неорошаемых условиях Молдавии. – Кишинев. – 1974. – Ч. 1. – 218 с.

11. Чивилев В.В., Кружков А.В., Кириллов Р.Е., Куликов В.Н. Оценка засухоустойчивости сортов и форм груши, вишни, черешни и абрикоса // Вестник современных исследований. – 2019. – № 1.2(28). – С. 115-117.

12. FAO. Продовольственная сельскохозяйственная организация объединенных наций. Интервью с директором Отдела земельных и водных ресурсов ФАО Ли Лифэном. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/water-scarcity-means-less-water-for-agriculture-production-which-in-turn-means-less-food-available-threatening-food-security-and-nutrition/ru>.

13. Ruiz-Sanchez M.C., Domingo R., Torrecillas A., Perez-Pastor A. Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants // Plant Sci. – 2000. – No. 156(2). – P. 245-251.

14. Pérez-Pastor A., Ruiz-Sánchez M.C., Martínez J.A., Nortes P.A., Artés F., Domingo R. Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage // J Sci Food Agric. – 2007. – No. 87(13). – P. 2409-2415.

15. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. Paleontological statistics software package for education and data analysis // Paleontol. Electronica. – 2001. – No. 4. – 178 p.

16. Torrecillas A., Domingo R., Galegoc R., Ruiz-Sanchez MC. Apricot tree response to withholding irrigation at different phenological periods // Scientia Horticulturae. – 2000. – No. 85. – P. 201-215.

Статья поступила в редакцию 10.07.2023 г.

Saplev N.M., Korzin V.V., Gorina V.M., Tsupka S.Y. Drought resistance of hybrid forms of apricot breeding in the Nikitsky Botanical Gardens // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. – 2023. – № 148. – P. 56-61.

We studied the drought resistance of 43 forms of apricot of the Nikitsky Botanical Gardens' breeding. Samples are divided into 3 groups: high drought resistance (16), middle (20), low (7). The high drought resistance had: 55 (water loss from 24 hour per % – 28.2), 84-694 (29.6%), 13/86 (29.9%), 8457 (30.0%), 99-415 (30.8%), they can be usefull as source of drought resistant in breeding process. Three genotypes have increased water content in leaves – 8316 (68.1%), 10917 (70.6%), 84-949 (72.5%). The lowest indicators of water deficit were noted in five forms: 89-949 (2.6%), 432 (3.3%), 93-119 (3.6%), 99-354 (3.8%), 80 (3.9%). Mathematical processing by the method of cluster analysis and analysis of variance were carried out.

Key words: *apricot; breeding forms; drought; drought resistance; leaf hydration; restoration of turgor; cluster analysis*