

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ И ЖАРСТОЙКИХ ГЕНОТИПОВ ЯБЛОНИ ПО ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Ненько Н.И., д-р с.-х. наук, Киселева Г.К., канд. биол. наук,
Ульяновская Е.В., д-р с.-х. наук, Караваева А.В., Схалыхо Т.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»
(Краснодар)

Реферат. Показано, что в условиях Краснодарского края сорта яблони отечественной селекции Прикубанское и Фортуна отличаются более высоким потенциалом адаптации к жаре и засухе в сравнении с интродуцированными сортами зарубежной селекции Эрли Мак и Дейтон. Выявленные адаптационные особенности (высокая оводненность листа, меньшие водопотери после завядания, стабильность пигментной системы, повышенный синтез каротиноидов, стабильный коэффициент проницаемости клеточных мембран) позволяют использовать сорта Фортуна и Прикубанское в селекционном процессе в качестве источников признаков засухоустойчивости и жаростойкости.

Ключевые слова: яблоня, сорт, жаростойкость, засухоустойчивость, водопотери, пигментный комплекс

Summary. It is shown that in the conditions of the Krasnodar territory, the apple varieties of domestic selection Prikubanskoe and Fortuna have a higher adaptive potential to heat and drought in comparison with the introduced varieties Early Mack and Dayton of foreign selection. The adaptive features revealed (high leaf water content, lower water loss after wilting, stability of the pigment system, increased synthesis of carotenoids, stable permeability coefficient of cell membranes) allow to use the Fortuna and Prikubanskoe varieties in the breeding process as origin of drought resistance and heat resistance.

Key words: apple-tree, variety, heat resistance, drought resistance, water loss, pigment complex

Введение. Устойчивость сортов яблони к повышенным температурам летнего вегетационного периода и засухе – одна из важнейших характеристик, определяющих их хозяйственную ценность и экономическую эффективность в зонах возделывания. Природно-климатические условия Краснодарского края благоприятствуют выращиванию высококачественных плодов яблони, способных выдерживать конкуренцию на международном рынке. В то же время получение стабильных высоких урожаев ограничивается воздействием таких природных стрессоров, как зимние морозы или летние засухи, приводящие к резкому снижению продуктивности и качества плодов [1, 2].

В последние годы в результате климатических изменений глобального характера участилось проявление экстремально высоких температур воздуха на фоне продолжительной засухи в летний период, что приводит к угнетению роста и развития растений яблони, осыпанию листьев и плодов, торможению закладки плодовых почек. В связи с этим большой интерес для производства плодовой продукции и селекции представляют сорта с повышенной жаростойкостью и засухоустойчивостью. Лист является удобным объектом для получения комплекса информативных показателей растения, реагирующим на изменение климатических факторов. Показатели водного режима, пигментный состав листа служат надежными критериями засухоустойчивости плодовых и ягодных культур в различных почвенно-климатических условиях [3-7].

Цель исследований – провести сравнительную оценку сортов яблони по показателям водного режима, пигментного состава листьев и коэффициенту повреждения мембран для выявления наиболее устойчивых генотипов к жаре и засухе.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 2018-2019 гг. на базе ЗАО ОПХ «Центральное», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКФНЦСВВ), г. Краснодар. Объектами исследований служили сорта яблони различного эколого-географического происхождения: Айдаред, Эрли Мак, Дейтон (США), Прикубанское, Рассвет, Фортуна (Россия, СКФНЦСВВ). Сорта Айдаред и Прикубанское – на подвое СК4 при схеме посадки 0,9x4,5; остальные сорта – на подвое М9 при схеме посадки 2x5.

Для анализов отбирали по 5 листьев каждого сорта в трех повторностях. Оводненность тканей определялась весовым методом: листья взвешивали до и после высушивания в термостате до постоянного веса при температуре 105 °С. Вододерживающая способность определялась методом завядания срезанных листьев при выдерживании их на открытом воздухе в течение 2 часов при комнатной температуре. Сумму хлорофиллов определяли в 85 % ацетоновой вытяжке спектрофотометрическим методом согласно методикам [8], жаростойкость – по коэффициенту проницаемости клеточных мембран кондуктометрическим методом [9]. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [10].

Обсуждение результатов. В летний вегетационный период 2018 года дневные температуры воздуха достигали +29...+39 °С. Количество выпавших атмосферных осадков в июле составляло 110,4 мм, в 2 раза выше среднемноголетней нормы; август был без осадков. В летний период 2019 года дневные температуры воздуха в июне и июле достигали +30...+36 °С. Количество выпавших осадков в июле составляло 34,7 мм, в 2 раза ниже среднемноголетней нормы. В августе дневные температуры воздуха достигали +28...+36 °С, третья декада августа была без осадков.

Показатели водного обмена характеризуются большой лабильностью и высокой отзывчивостью на воздействие повышенных температур и засухи. Исследованиями 2018-2019 гг. выявлены самые высокие показатели оводненности листьев яблони в июне, в июле оводненность листовых тканей снизилась на 1-7 % в зависимости от сорта и метеорологических условий года (табл. 1).

Таблица 1 – Оводненность листовых тканей яблони
в летний вегетационный период 2018-2019 гг., %

Сорт	2018			2019		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Айдаред	59,1±2,31	57,2±1,82	56,0±0,25	58,4±2,32	56,5±1,24	56,3±0,27
Эрли Мак	62,3±2,04	60,4±5,23	57,3±0,24	61,7±3,81	58,4±2,61	57,4±1,64
Дейтон	63,1±1,61	56,2±1,13	55,8±0,28	61,5±1,16	63,9±1,12	55,2±0,28
Прикубанское	59,0±2,58	55,1±0,31	54,7±1,12	58,2±1,82	57,2±1,37	57,0±2,81
Рассвет	67,4±3,01	62,5±1,02	60,1±0,84	67,2±2,38	63,0±0,28	63,1±4,24
Фортуна	70,1±1,32	65,4±1,05	65,3±0,09	59,1±1,08	58,4±1,34	54,2±2,38
НСР _{0,5}	4,31	3,84	3,80	3,26	2,99	3,00

В августе у всех изучаемых сортов яблони отмечено снижение оводненности листовых тканей в различной степени. У сорта Дейтон наблюдалось существенное снижение оводненности листьев на 6-8 %; у сортов Айдаред и Фортуна – на 2 % и 5 % соответственно; у яблони Прикубанское оводненность тканей листа практически не изменилась. Таким образом, снижение оводненности листовых тканей растений яблони к концу лета определялось генотипом и метеоусловиями года.

Более значимым показателем интенсивности водного обмена является вододерживающая способность, определяемая нами как количество водопотерь листьями после 2-х часового завядания при комнатной температуре. Установлено, что вододерживающая способность листьев яблони зависела от генотипических особенностей сорта и количества выпавших осадков. Потери воды в июне 2018-2019 гг. составляли 18,2-25,9 % в зависимости от сорта. В июле 2018 года водопотери у растений изучаемых сортов были меньше, чем таковые в 2019 г. в связи с большим количеством выпавших осадков (в 2 раза выше среднеголетних значений). В августе, при недостатке атмосферных осадков, водопотери у изучаемых сортов яблони увеличились в сравнении с июлем и достигли максимальных значений (до 53,4 % у сорта Эрли Мак) (табл. 2).

Таблица 2 – Водопотери листьев яблони
в летний вегетационный период 2018-2019 гг., %

Сорт	2018			2019		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Айдаред	18,2±2,11	20,2±2,31	31,5±3,24	19,8±1,34	40,3±2,32	39,8±0,35
Эрли Мак	25,1±3,54	29,1±2,14	53,4±2,30	24,5±0,27	51,2±0,24	52,4±2,81
Дейтон	19,2±2,14	31,5±1,31	52,1±1,24	21,4±0,82	44,1±1,37	50,6±2,23
Прикубанское	20,3±1,52	22,2±2,21	30,3±2,85	18,3±1,14	29,01±2,51	28,4±1,81
Рассвет	24,0±2,31	26,7±2,43	41,6±2,34	25,9±0,76	29,3±0,85	35,2±1,37
Фортуна	25,1±0,15	27,2±2,85	35,2±1,18	24,5±0,28	32,2±2,17	34,1±2,57
НСР _{0,5}	3,00	4,08	9,78	2,91	8,68	9,23

Наименьшие потери воды листьями растений яблони в засушливый период 2018-2019 гг. наблюдались у сортов Прикубанское – 28,4-30,3 % и Фортуна – 34,1-35,2 %, они выделены как высокозасухоустойчивые. Наибольшие водопотери отмечены у сортов Эрли Мак, Дейтон – 50,6-53,4 %. Остальные изучаемые сорта заняли промежуточное положение.

Недостаточная водообеспеченность в течение лета отразилась на фотосинтетической деятельности растений яблони. Устойчивость сортов к засухе тесно связана с состоянием их пигментного комплекса. Содержание пигментов в листьях и их соотношение являются признаками, характеризующими способность фотосинтетического аппарата к адаптации.

У сортов Прикубанское и Фортуна отмечена более стабильная динамика содержания суммы хлорофиллов (а+в) в течение лета, свидетельствующая об активной адаптации этих сортов к засухе и повышенным температурам. Так, у сорта Прикубанское указанный показатель составлял 5,51-5,60 мг/г сухого вещества в 2018 году и 6,81-7,01 мг/г сухого вещества в 2019 году (табл. 3). У сортов Эрли Мак и Дейтон более лабильная динамика изменения суммы хлорофиллов (а+в) в течение исследуемого периода. Например, в июне 2018 года данный показатель составлял 6,62 и 7,53 мг/г сухого вещества, соответственно, а к августу снизился до 3,87 и 4,92 мг/г сухого вещества. У остальных сортов изменения суммы хлорофиллов (а+в) в листьях были не столь выраженными.

Таблица 3 – Сумма хлорофиллов в листьях яблони в летний вегетационный период 2018-2019 гг., мг/г сухого вещества

Сорт	2018			2019		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Айдаред	6,31±1,41	6,01±1,35	5,82±2,35	6,28±1,35	5,55±0,36	5,53±1,16
Эрли Мак	6,62±2,71	5,91±1,52	3,87±2,81	6,60±1,52	5,82±1,17	4,39±0,76
Дейтон	7,53±2,14	6,02±1,36	4,92±2,41	6,89±3,51	4,50±1,56	5,51±0,48
Прикубанское	5,60±1,62	5,52±1,42	5,51±2,61	7,01±2,82	6,98±1,03	6,81±0,61
Рассвет	6,09±2,34	5,95±2,84	5,09±2,38	6,51±2,54	5,83±0,27	5,80±0,19
Фортуна	5,57±2,19	5,72±1,52	5,69±2,05	6,83±3,01	6,80±0,82	6,81±2,31
НСР _{0,5}	0,7	0,19	0,69	0,26	0,87	0,88

Содержание суммы хлорофиллов (а+в) дает полезную информацию об устойчивости листа к засухе, но наиболее информативным показателем является количественное соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов, отражающее степень приспособленности растений к неблагоприятным условиям среды. Известно, что каротиноиды выполняют защитные функции: защищают хлорофилл от окисления молекулярным кислородом и регулируют степень адаптации растений к высокой интенсивности света. Повышенное накопление доли каротиноидов в пигментном комплексе необходимо для стимулирования адаптивных реакций листового аппарата яблони к стресс-факторам среды.

В летние периоды 2018 и 2019 гг. отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам у изучаемых сортов уменьшалось к августу. У сортов Прикубанское и Фортуна величина данного показателя меньше таковой у других изучаемых сортов (2,00-2,03), что свидетельствует об их высокой адаптационной способности (рис. 1). У сортов Эрли Мак и Дейтон рассматриваемый показатель был самым высоким (2,41-3,16), Айдаред и Рассвет заняли промежуточное положение (2,15-2,63).

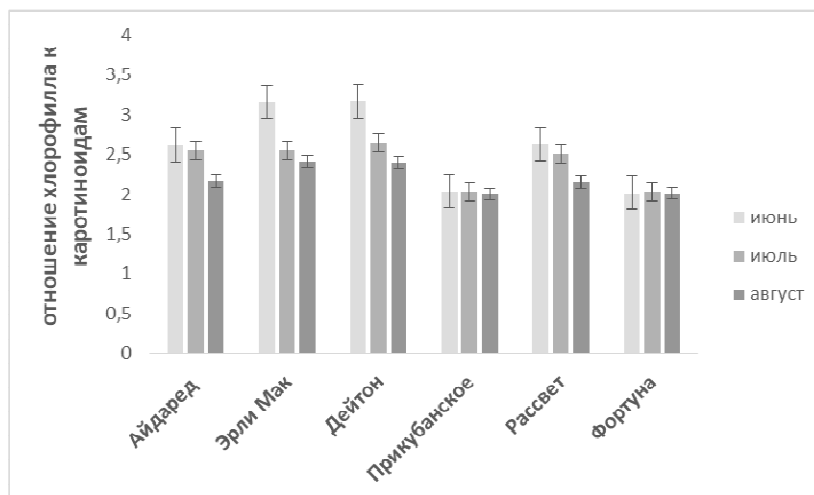


Рис. 1. Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам в листьях яблони в летний вегетационный период 2018-2019 гг. НСР_{0,5}: июнь – 0,46; июль – 0,53; август – 0,58

Жаростойкость растений яблони определяли по коэффициенту проницаемости клеточных мембран (КП). Проницаемость мембран может быть использована как показатель устойчивости растений в экстремальных условиях. Под действием стресса происходит увеличение проницаемости клеточных мембран, и у нежаростойких сортов КП повышался к концу августа, характеризующегося особенно высокой температурой воздуха, а у жаростойких почти не изменялся.

Оценка жаростойкости изучаемых сортов показала, что она коррелирует с засухоустойчивостью. У сортов Прикубанское, Фортуна коэффициент проницаемости клеточных мембран в июне составлял 35,4 и 29,0 % соответственно и к концу августа изменился незначительно (40,2 и 34,7 %), что свидетельствует об их повышенной жаростойкости (рис. 2). У сортов Эрли Мак и Дейтон КП в июне составлял 36,8 и 33,5 %, а в августе повысился до 77,2 и 72,0 %, это является показателем их низкой жаростойкости. Сорта Айдаред и Рассвет заняли промежуточное положение.

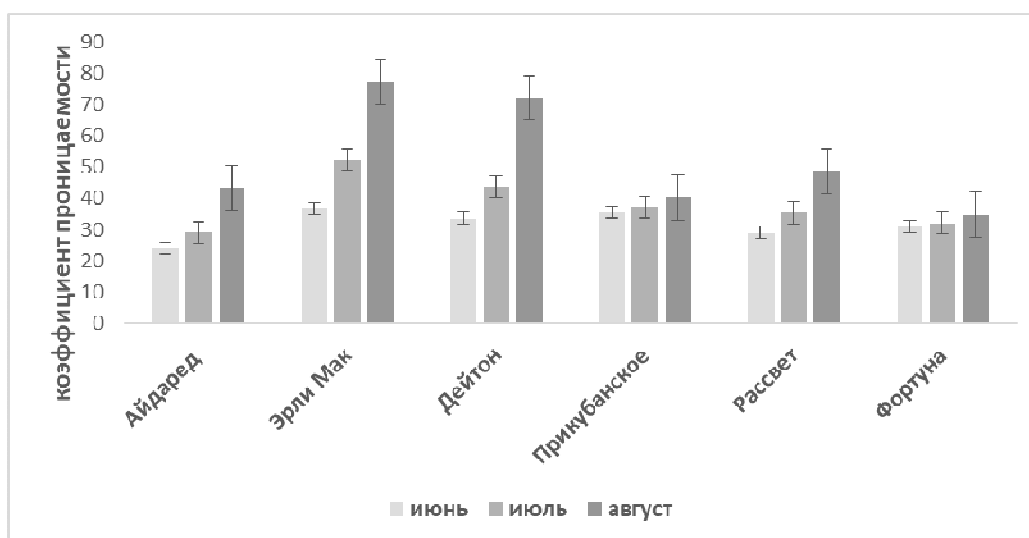


Рис. 2. Коэффициент проницаемости клеточных мембран в летний вегетационный период 2019 г. НСР_{0,5} : июнь – 0,56; июль – 1,43; август – 0,71

Выводы. Сравнительное исследование сортов яблони по параметрам водного режима, пигментного состава листьев, проницаемости клеточных мембран показало, что эти параметры дают объективную оценку устойчивости яблони к жаре, засухе и могут быть использованы в диагностических целях. Анализ динамики показателей водного режима в комплексе с показателями пигментного состава листьев выявил различия между генотипами яблони на воздействие стрессоров летнего периода.

Установлено, что в условиях Краснодарского края сорта яблони отечественной селекции Прикубанское и Фортуна отличаются более высокой адаптацией к жаре и засухе в сравнении с интродуцированными сортами зарубежной селекции Эрли Мак и Дейтон. Выявленные адаптационные особенности (высокая оводненность листа, меньшие водопотери после завядания, стабильность пигментной системы, повышенный синтез каротиноидов в засуху, стабильный коэффициент проницаемости клеточных мембран) позволяют использовать отечественные сорта яблони в селекционном процессе в качестве источников засухоустойчивости и жаростойкости.

Литература

1. Физиолого-биохимические критерии устойчивости яблони к абиотическим стрессам летнего периода / Н.И. Ненько [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 158-168. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.158rus
2. Адаптационная устойчивость яблони к гидротермическим условиям зимнего и летнего периодов / Н.И. Ненько [и др.] [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство юга России. 2017. № 45(3). С.33-48. Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/05/17>
3. Tworkoskia T., Faziob G., Glenna M. Apple rootstock resistance to drought // *Scientia Horticulturae*. – 2016. – № 204. – P. 70-78.
4. Alizadeh A., Alizade V., Nassery L., Eivazi A. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks // *Tech. J. Eng. App. Sci.* – 2011. - № 23. – P. 86-94.
5. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России / А.В. Рындин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 3. С. 40-48.
6. Meng Q.-j., Wang G.-q., Dong S.-f., Zhang L., Gong Z.-d. Relation between leaf tissue parameters and drought resistance of peaches // *Agricultural Research in the Arid Areas*. – 2004. - № 22 (3). – С. 123-126.
7. Yadollahi A., Arzani K., Ebadi A., Wirthensohn, M., Karimi S. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129: 403-413 (doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.007)
8. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Под общей редакцией Н.И. Ненько. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. 115 с.
9. Кожушко Н.И. К методике определения жаростойкости мягкой яровой пшеницы на проростках // Бюлл. ВИР. 1972. № 25. С.12-15.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1979. 463 с.