

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯБЛОНИ К ЖАРЕ И ЗАСУХЕ

✉ Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схаляхо Т.В., Караваева А.В.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
Краснодар, Россия

✉ e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Представлены результаты физиолого-биохимической оценки устойчивости пяти сортов яблони различного эколого-географического происхождения к жаре и засухе в условиях Краснодарского края. Изучены в течение 2020–2022 гг. следующие сорта: Интерпрайс (Америка), Флорина (Франция), Орфей, Марго, Багрянец Кубани (Россия). Показатели водного режима определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105 °С до постоянной массы. Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрически в 85%-й ацетоновой вытяжке. Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом капиллярного электрофореза. В условиях напряженности стрессовых факторов летнего периода у сортов Орфей и Марго обнаружено наименьшее снижение оводненности листовых тканей (на 1,32–1,45%) в сравнении с другими изучаемыми сортами (на 2,40–3,27%). У сортов Орфей и Марго выявлены наибольшие показатели отношения связанной воды к свободной во все летние месяцы, которые в августе составляли 9,95 и 9,97 соответственно, у других сортов они составляли 6,54 и 7,46. Стабильное содержание суммы хлорофиллов в течение лета у сортов Орфей и Марго, а также низкие отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, составляющие в августе 2,65 и 2,74 соответственно в сравнении с другими изучаемыми сортами (3,15 и 3,46), свидетельствуют о повышенной адаптивности их листовых тканей. В ответ на засуху у сортов Орфей и Марго установлено увеличение содержания аскорбиновой кислоты в большей степени (в 2,02–2,58 раза) в сравнении с другими изучаемыми сортами (в 1,17–1,59 раза). Сорта Орфей и Марго проявили себя более адаптивными для возделывания в условиях Краснодарского края. Они могут быть использованы в селекции для выведения наиболее устойчивых к жаре и засухе сортов.

Ключевые слова: яблоня, адаптивность, оводненность, хлорофилл, каротиноиды, аскорбиновая кислота

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL EVALUATION OF RESISTANCE TO HEAT AND DROUGHT IN APPLE VARIETIES

✉ Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyaho T.V., Karavaeva A.V.

North Caucasian Federal Scientific Centre of Horticulture, Viticulture, Winemaking
Krasnodar, Russia

✉ e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

The results of physiological and biochemical evaluation of resistance to heat and drought of five apple tree varieties of different ecological and geographical origin in the conditions of the Krasnodar Territory are presented. The following varieties were studied during 2020–2022: Interprise (America), Florina (France), Orphey, Margo, Bagryanets Kubani (Russia). Indicators of water regime were determined by the weight method after drying the samples in the thermostat at 105°C to constant weight. The content of photosynthetic pigments was determined spectrophotometrically in 85% acetone extract. The ascorbic acid content was determined by capillary electrophoresis. Under the conditions of tension stress factors of the summer period, the varieties Orphey and Margo showed the smallest decrease in water content of the leaf tissues (by 1.32–1.45%) in comparison with the other studied varieties (by 2.40–3.27%). Orphey and Margo varieties showed the highest values of bound water to free water ratio in all summer months, which in August were 9.95 and 9.97, respectively, in other varieties they were 6.54–7.46. Stable content of the sum of chlorophylls during the summer in the varieties Orphey and Margo, as well as low ratios of the sum of chlorophylls to carotenoids, amounting to 2.65 and 2.74 in August, respectively, in comparison with the other studied varieties (3.15–3.46) indicate increased adaptability of their leaf tissues. In response to drought, Orphey and

Margo varieties showed an increase in ascorbic acid content to a greater extent (2.02–2.58 times) compared to the other varieties studied (1.17–1.59 times). Orpheus and Margo varieties have shown themselves to be more adaptable for cultivation in the conditions of the Krasnodar Territory. They can be used in breeding to develop the most heat- and drought-resistant varieties.

Keywords: apple tree, adaptability, water content, chlorophyll, carotenoids, ascorbic acid

Для цитирования: Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схалыхо Т.В., Караваева А.В. Физиолого-биохимическая оценка устойчивости сортов яблони к жаре и засухе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-6>

For citation: Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyaho T.V., Karavaeva A.V. Physiological and biochemical evaluation of resistance to heat and drought in apple varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Яблоня – ведущая плодовая культура, возделываемая в Краснодарском крае. Почвенно-климатические условия региона благоприятны для возделывания сортов яблони с высокими потребительскими качествами плодов. Однако за 1990–2020-е годы в весенне-летний период участилось проявление экстремально высоких температур (выше +30 °C), а также уменьшилось выпадение осадков в важные для яблони фазы: закладки и дифференциации цветковых почек, завязывания и роста плодов. Неблагоприятное действие этих факторов сказывается в конечном счете на продуктивности и урожайности растений, что актуализирует необходимость селекции яблони на адаптивность, повышение устойчивости к жаре и засухе [1].

Генофонд яблони Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ) в настоящее время насчитывает 436 образцов различного эколого-географического происхождения, которые активно используются в селекционной работе.

Использование физиолого-биохимических показателей для выявления высокоадаптивных сортов плодово-ягодных, декоративных, орехоплодных и других культур к жаре и засухе широко практикуется во всем мире. Параметры водного обмена, содержание фотосинтетических пигментов, аскорбиновой кислоты, анатомо-морфологические особенности листа служат важными крите-

риями засухоустойчивости растений. Сохранить водный гомеостаз растения при засухе помогают повышенная водоудерживающая способность листьев, увеличение связанной формы воды и регуляторная способность устьиц. Имеются данные, что засухоустойчивым сортам присущи меньшие изменения оводненности, тургора, сосущей силы, пигментного состава листьев [2–4]. Показано, что у устойчивого к засухе сорта яблони содержание хлорофилла в листьях оставалось стабильным в период недостаточной водообеспеченности в сравнении с неустойчивым [5]. У листьев фундука при повышенной температуре воздуха на фоне недостатка осадков уменьшалось содержание хлорофилла и увеличивалось количество каротиноидов в 2 раза [2]. Сделаны значительные успехи в обнаружении генов, экспрессия которых повышалась при водном стрессе, транскрипционных факторов, участвующих в регуляции ответных реакций на засуху у яблони [6]. Несмотря на молекулярно-генетические достижения селекционного процесса, физиолого-биохимические исследования сохраняют свою актуальность.

Цель исследований – оценить устойчивость сортов яблони различного эколого-географического происхождения к засухе и повышенным температурам по физиолого-биохимическим показателям, выделить сорта с высокой адаптационной устойчивостью для возделывания в условиях Краснодарского края и использования в селекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе генетической коллекции Центра коллективного пользования «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (СКФНЦСВВ), расположенной в ЗАО ОПХ «Центральное» (г. Краснодар). Объекты исследований: сорта яблони различного эколого-географического происхождения – Интерпрайс (Америка), Флорина (Франция), Орфей, Марго, Багрянец Кубани (селекции Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства (СКЗНИИСиВ, Россия). Все сорта посадки на подвое СК2 2013 г. располагались по схеме посадки 4×1,2. Сорт Орфей – контроль.

Физиологически зрелые листья отбирали со средней части однолетних побегов (7–9-й лист от основания побега) в среднем ярусе кроны равномерно по всей ее окружности. Исследования проводили в трехкратной повторности на десяти листьях каждого сорта. Показатели водного режима определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105 °С до постоянной массы. Содержание свободной и связанной воды в листьях определяли рефрактометрически¹. Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 85%-й ацетоновой вытяжке с использованием спектрофотометра Unico 2800 (United Products & Instruments, США)². Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 104Р согласно методике, основанной на получении электрофореграммы с помощью прямого детектирования поглощающих компонентов пробы³.

Измерения проводили в трехкратной аналитической повторности. Расчеты выполняли с использованием программного пакета

Microsoft Excel 2010. Оценивали наименьшую существенную разность между анализируемыми показателями на 95%-м уровне достоверности ($НСР_{0,5}$), рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение⁴.

Метеорологические условия различались в годы исследований. В 2020 г. наиболее жарким был июль, максимальная температура воздуха поднималась до +38,4 °С (выше среднеемноголетних значений на 4,1 °С), наиболее засушлив был август (осадки – 10,7 мм). В 2021 г. максимальная температура воздуха в июле достигала +37,7 °С (выше среднеемноголетних значений на 3,4 °С), осадки – 28,4 мм, в августе выпало 75 мм осадков. В 2022 г. в июне – июле максимальная температура воздуха достигала +35,3 °С. Июнь характеризовался повышенным количеством осадков (161 мм) в сравнении с июлем и августом, когда осадков выпало 62,6 и 91,2 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вода является одним из значимых экологических факторов, обеспечивающих рост, фотосинтез, минеральное питание и другие физиологические процессы яблони. В литературе большое внимание уделяется параметрам водного режима яблони в связи с проблемой устойчивости к повышенным температурам и недостатку осадков. Степень оводненности растительных тканей, относительное содержание воды служат важными показателями устойчивости растений к засухе. По исследованиям З.Е. Ожерельевой с соавторами [7], стабильная оводненность листьев яблони в летний период свидетельствует о большей засухоустойчивости. В течение вегетации содержание воды в листьях яблони постепенно снижается от 74% в начале вегетации до 57% в конце.

В наших исследованиях средние показатели оводненности листовых тканей изучае-

¹ Кушиниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. Кишинев: Штиинца, 1991. 306 с.

² Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.

³ Якуба Ю.Ф., Ильина И.А., Захарова М.В., Лифарь Г.В. Методика определения массовой концентрации аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной кислот в побегах и листьях плодовых культур и винограда с применением капиллярного электрофореза // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. С. 68–73.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

мых сортов яблони в июне составляли 62,95–64,23%, в июле – 61,59–63,53%, что указано в таблице.

В августе происходило дальнейшее снижение оводненности листовых тканей до 60,55–62,62% у всех изучаемых сортов. Обнаружено, что к концу лета оводненность листьев в наименьшей степени снизилась у сортов Орфей (на 1,45%) и Марго (на 1,32%). У остальных сортов отмечено незначительное снижение – на 2,40–3,27%.

Способность тканей растений удерживать воду характеризуется по состоянию воды, условно разделяемую на свободную и связанную. Свободная форма воды участвует только в обмене веществ, а связанная форма воды обеспечивает водоудерживающую способность клетки и играет большую роль в устойчивости растений к неблагоприятным условиям. Летом фракционный состав воды в листьях зависит от климатических условий: мало выпадает осадков и высокая температура воздуха – уменьшается доля свободной и повышается доля связанной воды. Высокий показатель отношения связанной формы воды к свободной свидетельствовал о высокой засухоустойчивости сортов актинидии деликатесной, смородины красной [2, 3].

В проведенных исследованиях содержание связанной воды в листьях яблони увеличивалось к концу лета по мере усиления жары и засухи. Так, в июне отношение связанной воды к свободной составляло 0,96–1,46, июле – 2,75–5,21, августе – 6,54–9,95. Наибольшими показателями отношения связанной воды к свободной во все летние меся-

цы отличались сорта Орфей и Марго, выделенные как высокоустойчивые.

Повышенные температуры и недостаток осадков могут снизить функциональную активность листа и активность фотосинтетических процессов в первую очередь у неустойчивых растений. Это отражается на содержании листовых пигментов – хлорофилла и каротиноидов. В условиях засухи в листьях двух сортов оливковых деревьев общее содержание хлорофилла снижалось на 29 и 42% соответственно в сравнении с контролем [8].

В наших исследованиях в июне содержание суммы хлорофиллов ($a + b$) у изучаемых сортов яблони зависело от сортовых особенностей и составляло 5,81–7,04 мг/г сухой массы. В течение лета под воздействием стрессовых факторов летнего вегетационного периода содержание хлорофилла изменялось у различных сортов по-разному и в августе составляло 4,99–6,98 мг/г сухой массы. Наиболее стабильным содержание хлорофилла оставалось у сортов Орфей и Марго, свидетельствующее о повышенной адаптивности их листовых тканей (см. рис. 1).

Для растений избыточный солнечный свет может обезвоживать и повреждать их листья. Каротиноиды выполняют фотозащитную функцию от избыточной освещенности, увеличение их доли в пигментном комплексе свидетельствует о повышенной стрессоустойчивости сорта. Многочисленными исследованиями на плодовых и других культурах показано, что отношение Хл/Кар (хлорофиллы/каротиноиды) уменьшалось в условиях засухи, повышенной инсоляции, а также при старении листа [2–5, 9, 10].

Показатели водного режима листьев яблони летом 2020–2022 гг.

Indicators of the water regime of apple leaves in the summer 2020–2022

Сорт	Оводненность, %			Отношение связанной воды к свободной		
	Июнь	Июль	Август	Июнь	Июль	Август
Интерпрайс	62,95 ± 0,38	61,59 ± 0,89	60,55 ± 1,15	0,96 ± 0,05	2,75 ± 0,13	6,87 ± 0,31
Флорина	63,55 ± 0,51	62,81 ± 0,13	60,82 ± 0,43	1,02 ± 0,24	3,01 ± 0,02	6,54 ± 0,24
Орфей	64,07 ± 0,49	63,11 ± 0,82	62,62 ± 0,44	1,46 ± 0,03	5,21 ± 0,05	9,95 ± 0,52
Марго	64,23 ± 0,18	63,53 ± 0,30	62,91 ± 1,38	1,28 ± 0,24	4,53 ± 0,02	9,75 ± 0,63
Багрянец Кубани	64,13 ± 0,60	63,18 ± 0,36	60,86 ± 0,38	0,98 ± 0,15	2,98 ± 0,11	7,46 ± 0,11
НСР _{0,5}	1,57	2,43	1,27	1,82	0,43	0,22

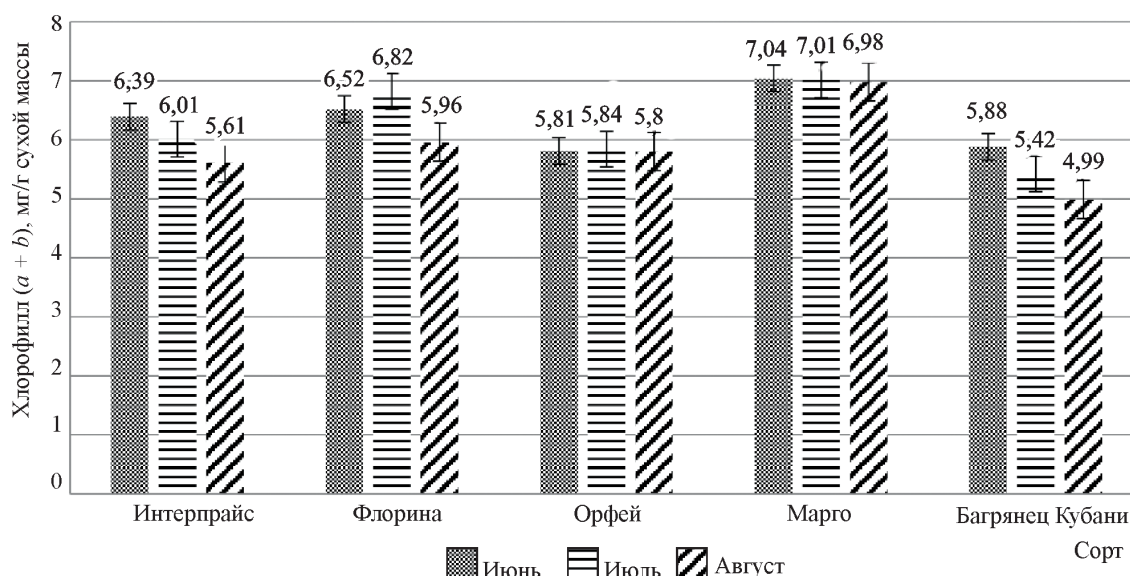


Рис. 1. Динамика содержания хлорофилла в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 1,31, июль – 1,50, август – 0,82

Fig. 1. Dynamics of chlorophyll content in apple leaves in the summer period 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 1.31, July – 1.50, August – 0.82

В наших исследованиях содержание каротиноидов в июне составляло 1,52–2,18 мг/г сухой массы в зависимости от сорта. В течение лета содержание каротиноидов имело тенденцию к увеличению, и в августе составляло 1,58–2,54 мг/г сухой массы (см. рис. 2).

За счет увеличения доли каротиноидов в пигментном составе листа отношение

Хл/Кар у всех сортов также уменьшалось к концу лета. Так, в июне максимальное значение этого показателя составляло 4,05 у сорта Интерпрайс, в августе – 3,46 у сортов Интерпрайс и Флорина. Выявлено, что у сортов Орфей и Марго показатели отношения Хл/Кар были минимальными, и в августе составляли 2,65 и 2,74 соответственно в отли-

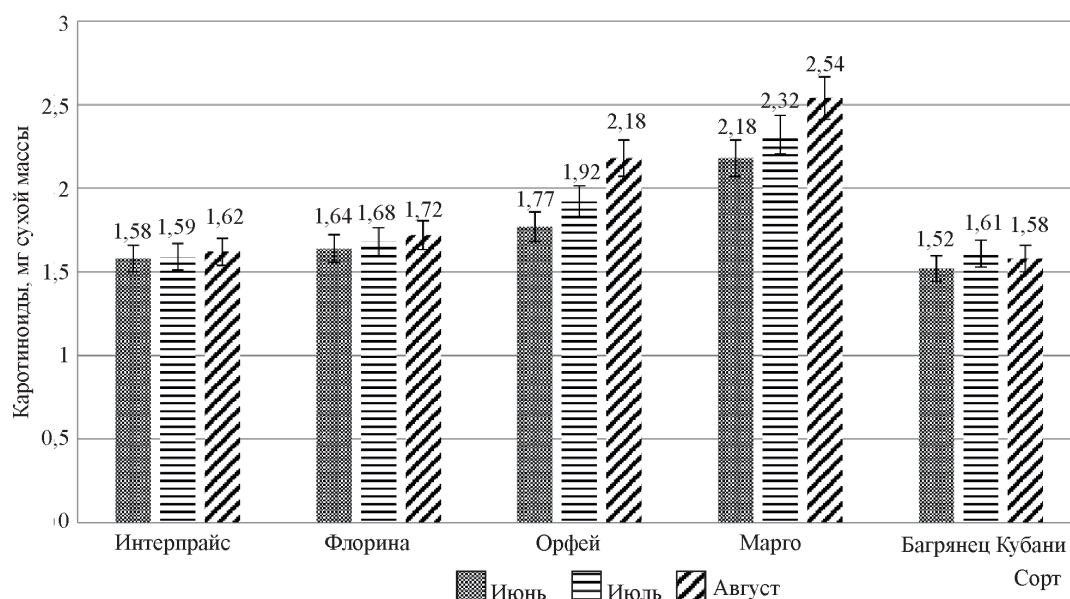


Рис. 2. Динамика содержания каротиноидов в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 0,32, июль – 0,51, август – 0,28

Fig. 2. Dynamics of carotenoids content in apple leaves in summer 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 0.32, July – 0.51, August – 0.28

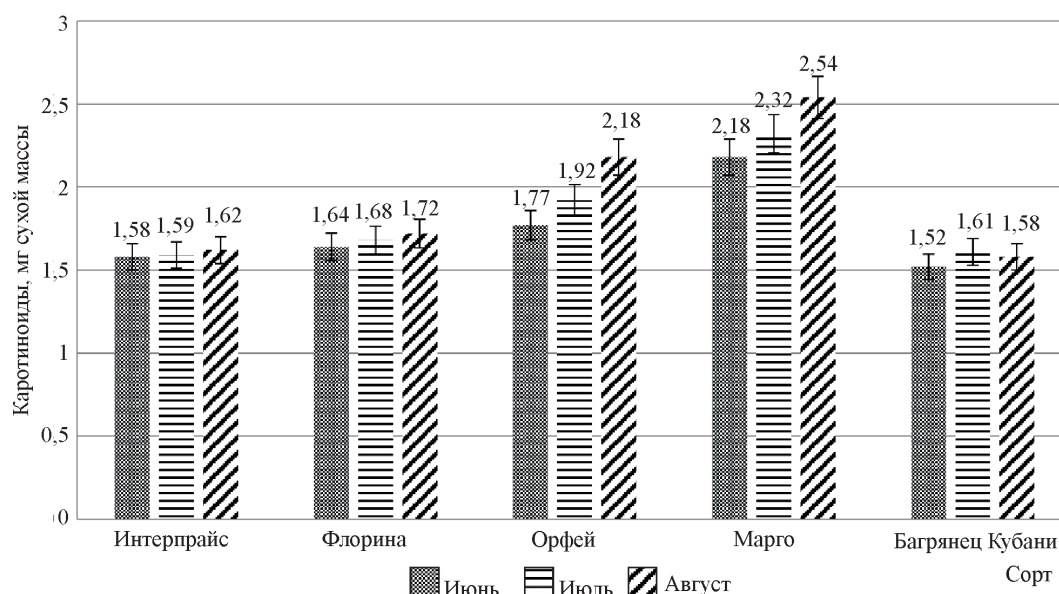


Рис. 3. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 0,13, июль – 0,11, август – 0,29

Fig. 3. Dynamics of the content of ascorbic acid in apple leaves in the summer period 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 0.13, July – 0.11, August – 0.29

чие от других изучаемых сортов, у которых это отношение варьировало от 3,15 до 3,46. На основании этих данных сорта Орфей и Марго выделены как высокоустойчивые к жаре и засухе.

Известно, что аскорбиновая кислота (АК) за счет своей способности обратимо окисляться и восстанавливаться принимает активное участие в водном обмене, фотосинтезе, а также является признанным антиоксидантом [11]. Под ее влиянием у пшеницы в условиях засухи увеличивалась интенсивность транспирации [12]. У растений винограда АК как компонент защитной антиоксидантной системы активируется при высоких положительных температурах и засухе [13].

В наших исследованиях содержание аскорбиновой кислоты в июне составляло 1,38–2,64 мкг/г сырой массы. В течение лета ее содержание увеличивалось, и в августе составляло 2,20–4,12 мкг/г сырой массы. Выявлено, что у сортов Орфей и Марго содержание аскорбиновой кислоты под воздействием

стрессоров летнего периода увеличилось в большей степени – в 2,02–2,58 раза в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это увеличение было в 1,17–1,59 раза (см. рис. 3).

Аналогичный эффект наблюдали в листьях чая в июле и августе, когда содержание АК увеличилось при адаптации к экстремально повышенным температурам и засухе⁵.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной оценки пяти сортов яблони различного эколого-географического происхождения к жаре и засухе выделены высокоустойчивые сорта отечественной селекции Орфей и Марго на основании выявленных физиолого-биохимических особенностей листа:

- наименьшего снижения оводненности листовых тканей (на 1,32–1,45%) в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это снижение было на 2,40–3,27%;
- наибольших показателей отношения связанной воды к свободной во все летние

⁵Платонова Н.Б. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в свежих листьях чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) произрастающего во влажных субтропиках России // Физиология растений-основа создания растений будущего: материалы IX Съезда общества физиологов растений России. (Казань, 19–24 сентября 2019 г.). Казань, 2019. С. 352–352.

месяцы, которые в августе составляли 9,95 и 9,97 соответственно, а у других сортов они составляли 6,54–7,46;

– стабильного содержания суммы хлорофиллов в течение лета, свидетельствующего о повышенной адаптивности листовых тканей;

– низкого отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, составившего в августе 2,65 и 2,74 соответственно, в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых оно варьировало от 3,15 до 3,46;

– увеличения содержания аскорбиновой кислоты в большей степени (в 2,02–2,58 раза) в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это увеличение было в 1,17–1,59 раза.

Сорта Орфей и Марго проявили себя более адаптивными для возделывания в условиях Краснодарского края. Они могут использоваться в селекции для выведения наиболее устойчивых к жаре и засухе сортов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Е.А., Заремук Р.Ш., Ульяновская Е.В., Артюх С.Н., Алехина Е.М., Луговской А.П., Нудьга Т.А. Отечественные сорта садовых культур и винограда для южного садоводства: монография. Краснодар: ООО Просвещение-Юг, 2019. 197 с.
2. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абилюфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 40–48.
3. Панфилова О.В., Голяева О.Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 1056–1064. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus.
4. Bhusal N., Han S.G., Yoon T.M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus domestica* Borkh.) // Scientia Horticulturae. 2019. N 246. P. 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021.
5. Bai T., Li Z., Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting Drought Tolerance in Two Apple Cultivars Associated with Differ-

ence in Leaf Morphology and Anatomy // American Journal of Plant Sciences. 2019. Vol. 10. N 5. P. 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.

6. Li X.-L., Zhang J.-K., Li M.-J., Zhou B.-B., Q. Zhang, Wei Q.-P. Genome-wide analysis of antioxidant enzyme gene families involved in drought and low-temperature responses in Apple (*Malus domestica*) // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2018. Vol. 93. N 4. P. 337–346. DOI: 10.1080/14620316.2017.1382314
7. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение засухоустойчивости летних сортов яблони // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 31–33.
8. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N. S. M. A., Fujita D. B. S. M. A., Basra S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management // Agronomy for Sustainable Development. 2009. Vol. 29. N 1. P. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
9. Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars // South African Journal of Enology and Viticulture. 2016. Vol. 37. N 1. P. 1–14. DOI:10.21548/37-1-753.
10. Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М., Соколова В.В. Адаптационная устойчивость винограда к стрессовым условиям летнего периода // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 35–38.
11. El-Beltagi H.S., Mohamed H.I., Sofy M.R. Role of ascorbic acid, glutathione and proline applied as singly or in sequence combination in improving chickpea plant through physiological change and antioxidant defense under different levels of irrigation intervals // Molecules. 2020. Vol. 25. N 7. P. 1702.
12. Колупаев Ю.Е., Кокорев А.И. Антиоксидантная система и устойчивость растений к недостатку влаги // Физиология растений и генетика. 2019. Т. 51. № 1. С. 28–54. DOI:10.15407/frg2019.01.028.
13. Zeng G., Gao F., Li C., Li D., Xi Z. Characterization of 24-epibrassinolide-mediated modulation of the drought stress responses: Morphophysiology, antioxidant metabolism and hormones in grapevine (*Vitis vinifera* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. 2022. N 184. P. 98–111. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.05.019.

REFERENCES

1. Egorov E.A., Zaremuk R.Sh., Ul'yanovskaya E.V., Artyux S.N., Alexina E.M., Lugovskoj A.P., Nud'ga T.A. *Domestic varieties of*

- horticultural crops and grapes for southern gardening*. Krasnodar, OOO Prosveshchenie-Yug, 2019, 197 p. (In Russian).
- Ry'ndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I., Pritula Z.V., Abil'fazova Yu.S., Kozhevnikova A.M. Physiological and biochemical approaches in studying adaptation mechanisms of subtropical, fruit and ornamental crops grown in Russian subtropics. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2014, no. 3, pp.40–48. (In Russian).
 - Panfilova O.V., Golyaeva O.D. Physiological features of red currant varieties and selected seedling adaptation to drought and high temperature. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 5, pp. 1056–1064. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus.
 - Bhusal N., Han S.G., Yoon T.M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 2019, no. 246, pp. 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021.
 - Bai T., Li Z., Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting Drought Tolerance in Two Apple Cultivars Associated with Difference in Leaf Morphology and Anatomy. *American Journal of Plant Sciences*, 2019, vol.10, no. 5, pp. 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.
 - Li X.-L., Zhang J.-K., Li M.-J., Zhou B.-B., Zhang Q., Wei Q.-P. Genome-wide analysis of antioxidant enzyme gene families involved in drought and low-temperature responses in Apple (*Malus domestica*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2018, vol. 93, no. 4, pp. 337–346. DOI: 10.1080/14620316.2017.1382314.
 - Ozherel'eva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Investigation of drought tolerance of summer apple tree cultivars. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 31–33. (In Russian).
 - Farooq M., Wahid A., Kobayashi N. S. M. A., Fujita D. B. S. M. A., Basra S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 2009, vol. 29, no. 1, pp. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021/
 - Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2016, vol. 37, no. 1, pp. 1–14. DOI:10.21548/37-1-753.
 - Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Zaporozhecz N.M., Sokolova V.V. Adaptability resistance of grapes to stress conditions of summer period. *Vestnik RASXN = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2022, no. 3, pp. 35–38. (In Russian).
 - El-Beltagi H.S., Mohamed H.I., Sofy M.R. Role of ascorbic acid, glutathione and proline applied as singly or in sequence combination in improving chickpea plant through physiological change and antioxidant defense under different levels of irrigation intervals. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 7, p. 1702.
 - Kolupaev Yu.E., Kokorev A.I. Antioxidant system and plant resistance to water deficit. *Fiziologiya rastenij i genetika = Plant Physiology and Genetics*, 2019, vol. 51, no. 1, pp. 28–54. (In Russian). DOI: 10.15407/frg2019.01.028.
 - Zeng G., Gao F., Li C., Li D., Xi Z. Characterization of 24-epibrassinolide-mediated modulation of the drought stress responses: Morphophysiology, antioxidant metabolism and hormones in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 2022, no. 184, pp. 98–111. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.05.019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Киселева Г.К.**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 350901, Краснодарский край, Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Ульяновская Е.В., доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией

Схаляхо Т.В., младший научный сотрудник

Каравеева А.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina K. Kiseleva**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor, Senior Researcher; **address:** 39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350901, Russia; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Elena V. Ulyanovskaya, Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head

Tatyana V. Skhalyaho, Junior Researcher

Alla V. Karavaeva, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.01.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 27.02.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023