

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТА НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ГРУШИ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Мишко А.Е., канд. биол. наук, Можар Н.В., канд. с.-х. наук,
Сундырева М.А., канд. с.-х. наук

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

Реферат. В настоящей работе были исследованы физиологические особенности листа разных сортов груши в течение летнего периода. Были изучены два сорта отечественной селекции – Фламенко и Люберская (селекция СКФНЦСВВ), а также два европейских сорта – Конференция и Вильямс. Для усиления воздействия основного негативного фактора летнего периода – засухи – были проведены эксперименты по выдерживанию листьев груши в 15 % растворе полиэтиленгликоля, способного инициировать осмотический стресс. Экспериментальный материал использовали для определения содержания фотосинтетических пигментов и уровня перекисного окисления клеточных мембран. Полученные результаты показали, что у сортов Конференция и Фламенко было выявлено снижение концентрации хлорофилла и каротиноидов после стрессового воздействия на фоне низкого уровня малонового диальдегида, который является одним из конечных продуктов окислительных процессов в клетке. При этом резкое увеличение малонового диальдегида в листьях наблюдали только у сорта Вильямс с неизменным содержанием пигментов. Исходя из этого можно предположить, что имитация засухи негативно повлияла, главным образом, на сорт Вильямс, но кратковременная ответная реакция на стресс не проявилась в снижении содержания фотосинтетических пигментов.

Ключевые слова: *Pyrus communis* L., осмотический стресс, полиэтиленгликоль, фотосинтетические пигменты, малоновый диальдегид

Summary. The present study was conducted to evaluate the changes of physiological parameters in the leaves of different pear cultivars during the summer period. Two varieties of Russian breeding were studied – Flamenco and Lyuberskaya (NCFSCHVW breeding), as well as two European varieties – Conference and Williams. To enhance the impact of the main negative factor of the summer period – drought – experiments were carried out on keeping pear leaves in a 15% solution of polyethylene glycol, which can initiate osmotic stress. Experimental material was used to determine the content of photosynthetic pigments and the level of peroxidation of cell membranes. The obtained results showed that a decrease of the concentration of total chlorophyll and carotenoids was revealed for Conference and Flamenco under stress conditions against the background of a low level of malondialdehyde, which is one of the end products of oxidative processes in the cell. At the same time, a sharp increase in malondialdehyde was observed only in the leaves of Williams variety with the unchanged content of pigments. Based on this, it can be assumed that the imitation of drought had a negative impact mainly on the Williams variety, but the short-term response to stress did not manifest itself in a decrease in the content of photosynthetic pigments.

Key words: *Pyrus communis* L., osmotic stress, polyethylene glycol, photosynthetic pigments, malondialdehyde

Введение. Современная селекция направлена на создание новых сортов, которые не только характеризуются высокими продукционными параметрами, но и являются наиболее адаптированными к конкретным условиям произрастания. Груша (*Pyrus communis* L.) –

одна из основных семечковых плодовых культур, выращиваемая на территории Краснодарского края. Ее насаждения значительно уступают другой семечковой культуре – яблоне [1]. Прежде всего это связано с высокой требовательностью груши к погодным и почвенным условиям. В то же время ее потенциал полностью не исследован, а сортимент, главным образом представлен европейскими сортами, которые в большей степени адаптированы для мягких условий Средиземноморья [2].

Проведенный анализ климатических изменений за более чем 30-летний период на опытных участках ФГБНУ СКФНЦСВВ свидетельствует о нарушении цикличности природно-климатических процессов и формирующейся тенденции в сторону усиления континентальности климата на юге России [3-5]. Таким образом, засуха и экстремально высокие температуры воздуха являются главными стрессовыми факторами для развития и роста растений в течение летнего периода.

В процессе адаптации культурных растений к негативным факторам среды в течение вегетационного периода ряд исследователей отмечают изменения их физиолого-биохимических параметров, которые отражаются в поддержании водного режима в тканях, в сохранении активности фотосинтетических систем на высоком уровне, в увеличении синтеза защитных соединений, таких как антиоксидантные ферменты, осмолиты, фенольные вещества [6, 7]. В случае низкого адаптационного потенциала растений или его отсутствия происходят нарушения, которые при длительном стрессовом воздействии могут носить необратимый характер. Фотосинтез высокочувствителен ко всем негативным внешним факторам. Прежде всего повреждается фотосистема II, нарушаются электрон-транспортные пути, снижается содержание пигментов [8, 9]. На плодовых культурах проведен ряд работ по оценке влияния засухи на активность фотосинтетических систем [10-12]. Исследователи отмечают, что для неустойчивых сортов характерно низкое содержание хлорофилла, снижение фотосинтетической активности. Кроме того, у таких сортов происходит рост активных форм кислорода (АФК), что приводит к возникновению вторичного окислительного стресса. АФК способны повреждать клеточную мембрану и другие клеточные структуры.

Косвенная оценка уровня повреждения клеточных компонентов растения определяется путем измерения содержания малонового диальдегида (МДА). Данный параметр широко используется в качестве маркерного признака развития вторичного окислительного стресса в клетках растений, подверженных стрессовому воздействию [13, 14].

Для выделения определенного фактора негативного воздействия нередко используют модельные эксперименты, но для многолетних древесных культур эта задача достаточно сложная в связи с длительным жизненным циклом и особенностями роста и развития. Поэтому модельными объектами для таких растений могут служить отдельные листья, помещенные в искусственные стрессовые условия [15-17]. Дефицит воды инициируют путем помещения растения или его частей в осмотические растворы, к примеру, в растворы полиэтиленгликоля (ПЭГ). Поскольку ПЭГ не может проникать в апопласт, вода вытягивается из клетки, и, таким образом, растворы ПЭГ способны имитировать недостаток доступной влаги [18].

В настоящей работе представлены результаты физиологических исследований листьев груши разных сортов, подверженных искусственному осмотическому стрессу, с целью выявления сортовых особенностей.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлись два сорта груши селекции СКФНЦСВВ Люберская и Фламенко и два общеизвестных европейских сорта – Вильямс и Конференция. Отбор материала осуществляли в летние месяцы 2022 г. (июль и август) в Прикубанской зоне плодоводства Краснодарского края (ОПХ «Центральное»). Насаждения груши 2007 г. посадки, схема посадки 5x2 м. Листья отбирали в средней

части однолетних побегов по 20-30 штук каждого сорта. Физиологические параметры оценивали после проведения эксперимента по созданию осмотического стресса в тканях листьев путем выдерживания листовых дисков в 15 % растворе полиэтиленгликоля (Нерес, рН 6,0, 15 % ПЭГ-6000) в течение суток при комнатной температуре [19]. В качестве контроля использовали образцы, помещенные в буфер (Нерес, рН 6,0).

Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 80 % растворе ацетона спектрофотометрическим методом на трех длинах волн: 663, 646 и 470 нм [20]. Уровень перекисного окисления липидов оценивали по содержанию малонового диальдегида [21].

Исследования проведены в двух-, трехкратной повторности. Данные представлены в виде средних и их ошибок.

Работа выполнена на приборном обеспечении Центра коллективного пользования высокоточным оборудованием СКФНЦСВВ в рамках государственного задания № 0498-2022-0001 Министерства науки и высшего образования РФ.

Обсуждение результатов. Анализ физиологических параметров груши показал, что по содержанию хлорофилла в контрольных условиях максимальные значения были выявлены у сорта Фламенко (1-1,3 мг/г сырого вещества), минимальные – у сорта Люберская (0,6-0,9 мг/г сырого вещества). После стрессового воздействия в июле наибольшее снижение концентрации хлорофиллов наблюдалось у сорта Конференция на 7,4 %, в августе – у сорта Фламенко на 38,3 % (рис. 1).

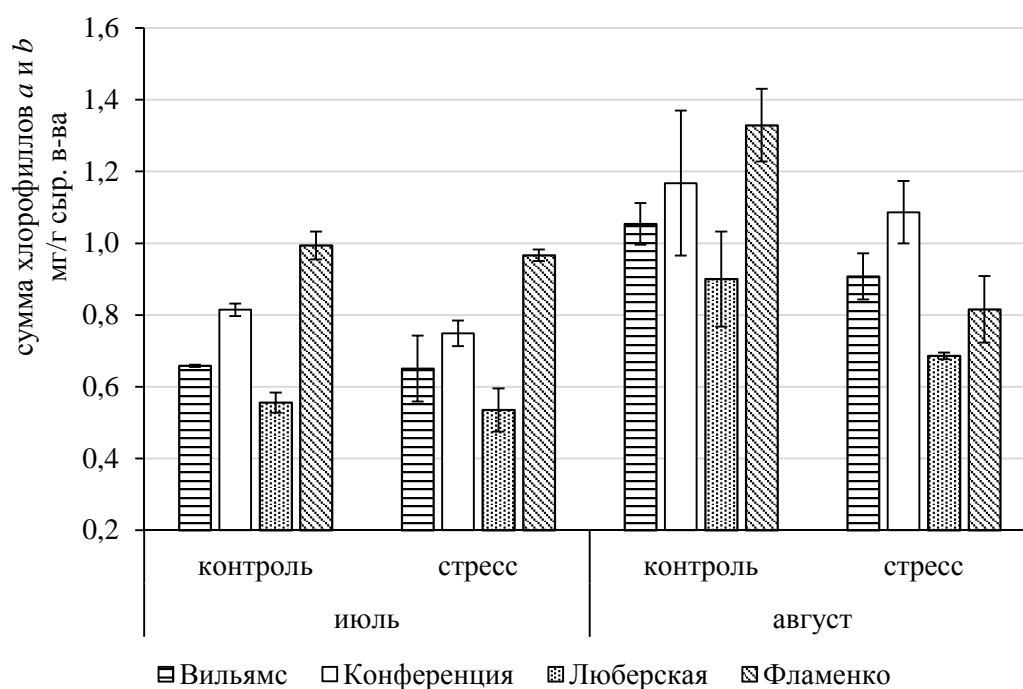


Рис. 1. Содержание хлорофилла в листьях груши в контрольных и стрессовых условиях

По содержанию каротиноидов сорта были распределены также, как и по сумме хлорофиллов. Максимальные значения в течение двух летних месяцев в контрольных условиях имел сорт Фламенко, минимальные – сорт Люберская (рис. 2). Осмотический стресс привел к снижению на 7,7 % исследуемого показателя в июле у сорта Конференция и на 29,7 % в августе у сорта Фламенко.

Содержание малонового диальдегида, являющегося маркером вторичного окислительного стресса в клетках листьев груши, оценивали только после искусственного негативного воздействия. Было выявлено, что в июле наибольшие показатели имел сорт Вильямс – более 0,2 мкМоль/г сырого вещества (рис. 3). У других трех сортов груши данный параметр был равен ~0,1 мкМоль/г сырого вещества. В августе также максимальные значения МДА имел сорт Вильямс – в два раза меньше показателей за июль, близкие к значениям сорта Люберская. Содержание МДА сортов Конференция и Фламенко составило 0,07 мкМоль/г сырого вещества.

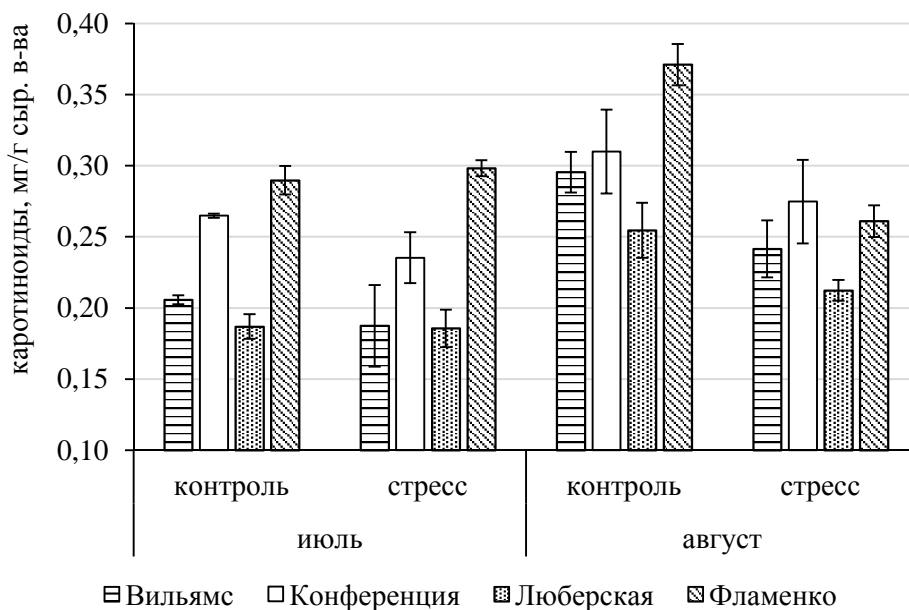


Рис. 2. Содержание каротиноидов в листьях груши в контрольных и стрессовых условиях

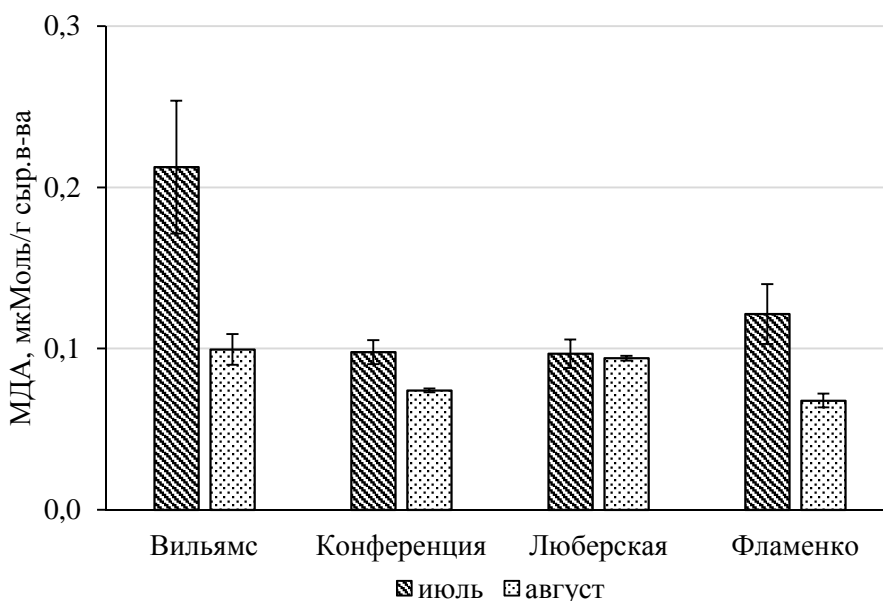


Рис. 3. Содержание малонового диальдегида в листьях груши после воздействия осмотического стресса

Таким образом, опираясь на полученные данные четырех сортов груши, листья которых были подвержены осмотическому стрессу в лабораторных условиях, можно заключить, что в стрессовых условиях наблюдалось снижение содержания фотосинтетических пигментов у сортов Конференция и Фламенко. Кроме того, для сорта Фламенко были характерны максимальные значения концентрации хлорофилла и каротиноидов в листе среди исследованных сортов груши. Накопление малонового диальдегида после стресса достигало наибольших значений у сорта Вильямс.

Выводы. Несмотря на то, что осмотический стресс в большей или меньшей степени определил уменьшение концентрации фотосинтетических пигментов у всех сортов, показатели малонового диальдегида свидетельствовали о развитии окислительных процессов только у сорта Вильямс. У данного сорта изменения в содержании пигментов были минимальными, что означает включение других ответных реакций на стресс, не приводящих к снижению концентрации хлорофиллов и каротиноидов. В предыдущих исследованиях также были отмечены меньшие адаптационные способности европейского сорта Вильямс при сравнении с другими сортами груши [22]. Исходя из этого, можно предположить, что имитация засухи негативно повлияла главным образом на сорт Вильямс, но кратковременная ответная реакция на стресс у этого сорта не проявилась в снижении содержания фотосинтетических пигментов.

Литература

1. Можар Н. В. Достижения селекции в совершенствовании сортимента груши в Краснодарском крае [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2012. № 15(3). С. 22-31. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/12/03/03.pdf>. (дата обращения: 23.05.2023).
2. Можар Н. В. Потенциал новых сортов груши в условиях юга России [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 27(3). С. 69-78. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/14/03/08.pdf>. (дата обращения: 23.05.2023).
3. Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Моренец А.С. и др. Адаптация культуры абрикоса к условиям выращивания на юге России // Садоводство и виноградарство. 2014. № 3. С. 29-33.
4. Заремук Р.Ш., Алехина Е.М., Богатырева С.В., Доля Ю.А. Результаты селекции косточковых культур в условиях Юга России // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 10-13.
5. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Новикова Л.Ю., Наумова Л.Г., Лукьянова А.А. Влияние изменений климата на фенологию винограда [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57(3). С. 29-50. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/03.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50 (дата обращения: 23.05.2023).
6. Basu S., Ramegowda V., Kumar A., Pereira A. Plant adaptation to drought stress // F1000Research. 2016. Vol. 5. P. 1554. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
7. Kumar S., Sachdeva S., Bhat K.V., Vats S. Biotic and abiotic stress tolerance in plants // Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_1
8. Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S. Understanding plant responses to drought- from genes to the whole plant // Functional Plant Biology. 2003. Vol. 30(3). P. 239-264. <https://doi.org/10.1071/FP02076>
9. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management // Agronomy for Sustainable Development. 2009. Vol. 29. P. 185-212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
10. Kucukyumuk C. Drought response of young pear trees (*Pyrus communis*) // Applied ecology and environmental research. 2020. Vol. 18(6). P. 7769-7781. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1806_77697781

11. Mihaljevic I., Vuletic M.V., Simic D., Tomas V., Horvat D., Josipovic M., Zdunic Z., Dugalic K., Vukovic D. Comparative study of drought stress effects on traditional and modern apple cultivars // *Plants*. 2021. Vol. 10. P. 561. <https://doi.org/10.3390/plants10030561>
12. Vuletic M.V., Mihaljevic I., Tomas V., Horvat D., Zdunic Z., Vukovic D. Physiological response to short-term heat stress in the leaves of traditional and modern plum (*Prunus domestica* L.) cultivars // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8(1). P. 72. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010072>
13. Zhang F., Xue H., Lu X. et al. Autotetraploidization enhances drought stress tolerance in two apple cultivars // *Trees*. 2015. Vol. 29. P. 1773–1780. <https://doi:10.1007/s00468-015-1258-4>
14. Javadi T., Rohollahi D., Ghaderi N., Nazari F. Mitigating the adverse effects of drought stress on the morpho-physiological traits and anti-oxidative enzyme activities of *Prunus avium* through -amino butyric acid drenching // *Scientia Horticulturae*. 2017. Vol. 218. P. 156-163. <https://doi:10.1016/j.scienta.2017.02.019>
15. Percival G.C., Sheriffs C.N. Identification of drought-tolerant woody perennials using chlorophyll fluorescence // *Journal of Arboriculture*. 2002. Vol. 28 (5). P. 215-223.
16. Ожерельева З. Е., Гуляева А. А. Изучение параметров водного режима вишни в условиях засухи и теплового шока // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31 (8). С. 46-48.
17. Saprykina I. N. Resistance of cherry and plum cultivars from secondary Cisurals micro source area to the environment abiotic factors // *Вестник аграрной науки*. 2013. Т. 41 (2). С. 54-57.
18. Мишко А.Е., Сундырева М.А. Физиологические параметры груши в условиях юга России // *Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства: материалы международной научной конференции (ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 14-15 апреля 2022 г.)*. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2022. С. 148-152.
19. Huguet-Robert V. et al. The suppression of osmoinduced proline response of *Brassica napus* L. var *oleifera* leaf discs by polyunsaturated fatty acids and methyljasmonate // *Plant Science*. 2003. Vol. 164. P. 119-127.
20. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids // *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001. P. F4.2.1-F4.2.6. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>
21. Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И. Методы оценки содержания активных форм кислорода, низкомолекулярных антиоксидантов и активностей основных антиоксидантных ферментов // «Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений»; под ред. Вл. В. Кузнецова [и др.]. М.: БИНОМ. Лаб. знаний; 2012. С. 347-365.
22. Jamshidi Goharrizi K., Moosavi S.S., Amirmahani F. et al. Assessment of changes in growth traits, oxidative stress parameters, and enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense mechanisms in *Lepidium draba* plant under osmotic stress induced by polyethylene glycol // *Protoplasma*. 2020. Vol. 257. P. 459-473 <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01457-0>