

Особенности физиологической адаптации и фотосинтеза новых гибридных форм столового винограда в летний период

Петров В.С., Мишко А.Е., Сундырева М.А., Цику Д.М., Марморштейн А.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Россия, 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40 - летия Победы, 39

Аннотация. Представлены результаты исследования физиологических особенностей восьми новых перспективных гибридных форм и одного сорта винограда столового направления использования в сравнении с контрольным сортом Ливия. Исследования новых форм, привитых на подвое Берландиери × Рипариа SO4, выполнены в агроэкологических условиях Центральной зоны виноградарства Краснодарского края. Для определения эффективности фотосинтеза использовали два параметра – квантовый выход фотохимической реакции фотосистемы II и содержание хлорофиллов *a* и *b*. Определение флуоресценции хлорофилла *a* проводили согласно методу PAM-флуориметрии. Содержание пигментов в листьях винограда оценивали спектрофотометрическим методом. Степень повреждения клеточных мембран в результате окислительного стресса устанавливали по содержанию малонового диальдегида в модельном опыте. Относительное содержание воды в листьях (RWC) оценивали по степени насыщения клеток водой и способности ее удерживать при высушивании согласно общепринятой методике. Выделены четыре группы гибридных форм винограда: 1) с высоким адаптивным и продукционным потенциалом (низкие значения МДА и высокие значения содержания пигментов, RWC и уровня флуоресценции хлорофилла *a*) – сорт Дубовский розовый; 2) с высоким адаптивным потенциалом, но со средними показателями фотосинтеза – гибрид Арабелла; 3) с усредненными показателями, приближенными к контрольному сорту – Агат Дубовский и Гамлет; 4) с разнородными показателями фотосинтеза и относительного содержания воды и высоким уровнем окислительного стресса – Исполин, Кишмиш Дубовский, Пестрый, Тимоти. По содержанию хлорофиллов *a* и *b* и малонового диальдегида выявлена наибольшая вариабельность значений среди исследованных форм винограда, а такие показатели как относительное содержание воды в листьях и уровень флуоресценции хлорофилла *a* характеризовались достаточно однородными величинами.

Ключевые слова: *Vitis*, малоновый диальдегид, хлорофилл, засуха.

Для цитирования: Петров В.С., Мишко А.Е., Сундырева М.А., Цику Д.М., Марморштейн А.А. Особенности физиологической адаптации и фотосинтеза новых гибридных форм столового винограда в летний период // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021; 23(1): 15-20. DOI 10.35547/IM.2021.22.94.002

Physiological adaptation and photosynthesis characteristics of new hybrid forms of table grapes in summer period

Petrov V.S., Mishko A.E., Sundyrev M.A., Tsiku D.M., Marmorshtein A.A.

Federal State Budget Scientific Institution North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, 39, 40-letiya Pobedy Str., 350901 Krasnodar, Krasnodar Region, Russia

Abstract. The results of the study of physiological characteristics of eight new promising table hybrid forms and one table grape variety in comparison with the control table variety 'Livia' are presented. Analyses of new forms grafted on the rootstock of 'Berlandieri × Riparia SO4' were carried out in agroecological conditions of the Central zone of viticulture in the Krasnodar Region. To determine the efficiency of photosynthesis, two parameters were used – the quantum yield of photochemical reaction of photosystem II and the content of chlorophylls *a* and *b*. The fluorescence of chlorophyll *a* was determined according to the PAM-fluorimetry method. The content of pigments in grape leaves was evaluated by spectrophotometric method. The degree of damage to cell membranes as a result of oxidative stress was determined by the content of malondialdehyde in the model experiment. The relative water content in leaves (RWC) was estimated by the degree of saturation of the cells with water and the ability to retain it during drying according to the generally accepted method. Four groups of hybrid forms of grapes are distinguished: 1) with high adaptive and productive potential (low values of MDA and high of pigment content, RWC and the level of fluorescence of chlorophyll *a*) – 'Dubovskiy Rozoviy' variety; 2) with high adaptive potential, but with average values of photosynthesis – 'Arabella' hybrid; 3) with average values similar to the control variety – 'Agat Dubovskiy' and 'Hamlet'; 4) with heterogeneous rates of photosynthesis and relative water content, and high levels of oxidative stress – 'Ispolin', 'Kishmish Dubovskiy', 'Pestriy', 'Timoti'. According to the content of chlorophylls *a* and *b* and malondialdehyde, the greatest variability of values among the studied grape forms was revealed, and such indicators as the relative water content in leaves and the level of chlorophyll *a* fluorescence were characterized by fairly homogeneous quantities.

Key words: *Vitis*, malondialdehyde, chlorophyll, drought.

For citation: Petrov V.S., Mishko A.E., Sundyrev M.A., Tsiku D.M., Marmorshtein A.A. Physiological adaptation and photosynthesis characteristics of new hybrid forms of table grapes in summer period. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2021; 23(1): 15-20. (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.22.94.002

Введение

Эффективное развитие и плодоношение культуры винограда, как и любого растения, происходит в определенном диапазоне экологических факторов. При отклонении параметров среды обитания от оптимальных, растение реагирует на это способностью адаптироваться, а в критических условиях мобилизует весь свой биологический потенциал к выживанию [1]. Доминирующая часть промышленных насаждений винограда России возделывается в нестабильных погодных условиях умеренно континентального климата. В таких условиях уровень реализации потенциала хозяйственной продуктивности возделываемых сортов винограда составляет в среднем 60% [2]. Для нестабильных погодных условий актуальным является вопрос по изучению физиологического отклика растений винограда на стрессовые факторы, отбора наиболее адаптивных гибридных форм и сортов при формировании устойчивых ампелоценозов.

В летний период главными абиотическими стрессорами для винограда являются высокие температуры воздуха и засуха. Температурный стресс приводит к снижению фотосинтетической активности, изменению водного режима, нарушению целостности клеточных мембран, синтезу белков теплового шока [3, 4]. При высокотемпературном стрессе падают показатели квантовой эффективности фотосинтеза [5, 6]. Способность некоторых генотипов сохранять высокие значения данного параметра способствует поддержанию фотосинтеза на его нормальном уровне, что позволяет эти генотипы считать более устойчивыми [7].

В условиях засухи у винограда происходит нарушение газообмена и метаболизма (фотосинтеза, транспирации, дыхания), вызывая закрытие устьиц, что препятствует падению водного потенциала ксилемы и изменяет структуру листа (увеличивает скручивание листьев) [8, 9]. Для многолетних сельскохозяйственных культур, в том числе и винограда, засухоустойчивость сорта определяется его способностью ежегодно плодоносить без существенного снижения продуктивности, в том числе в условиях стресса [10]. Адаптация растений к таким условиям связана чаще всего с гормональными изменениями, которые включают прежде всего синтез абсцизовой кислоты, выполняющей сигнальную функцию [11, 12]. Кроме того, среди защитных функций в ответ на дефицит влаги исследователями отмечено повышение содержания пролина и растворимых сахаров, а также активация антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы, пероксидазы и каталазы [13]. Также происходит снижение фотохимической эффективности фотосистемы II под влиянием засухи [14]. В работе А. Chrysargyris с соавторами было отмечено, что у местного сорта под влиянием засухи на 74% уменьшалась устьичная проводимость листа по сравнению с интродуцированным сортом, что позволило растению сократить потери воды и проявить себя с более адаптивными способностями [15].

Цель работы – изучить и выявить физиологические показатели адаптивного и продукционного по-

тенциала новых гибридных форм столового винограда в летний период, выделить наиболее устойчивые для формирования стабильных ампелоценозов.

В настоящей работе были впервые исследованы физиологические параметры 8 новых гибридных форм и 1 нового сорта столового винограда в летний период в естественных условиях произрастания и в модельных экспериментальных условиях для выявления среди них генотипов с наибольшим адаптивным потенциалом и продуктивностью.

Объекты и методы исследований

Исследования были проведены на территории КФХ «Фисюра» с. Красносельское Краснодарского края (45°15'47"N 39°11'33"E). Были изучены 8 новых гибридных форм и 1 новый сорт винограда Дубовский розовый столового направления использования. В качестве контроля использовали устойчивый сорт Ливия [16]. Для модельного эксперимента использовали листовые диски диаметром 1 см, помещенные на сухую фильтровальную бумагу в закрытые чашки Петри на 2 часа при температуре 24–26°C.

Для определения эффективности фотосинтеза использовали два параметра – квантовый выход фотохимической реакции фотосистемы II и содержание хлорофиллов *a* и *b*. Определение флуоресценции хлорофилла *a* проводили согласно методу РАМ-флуориметрии [17]. Содержание пигментов оценивали спектрофотометрическим методом [18]. Степень повреждения клеточных мембран в результате окислительного стресса устанавливали по содержанию малонового диальдегида (МДА) после влияния искусственной засухи [19]. Относительное содержание воды (RWC) в листьях оценивали по степени насыщения клеток водой и способности ее удерживать при высушивании согласно общепринятой методике [20]. Данные представлены в виде средних значений и их стандартного отклонения, в случае квантового выхода – в виде средних и их ошибки. Исследования были проведены в 2–3-кратной повторности.

Обсуждение результатов

Квантовый выход фотохимической реакции в ФС II (QY) – важный параметр, отражающий эффективность использования ФАР растениями. Стрессовые условия приводят к понижению этого показателя у неустойчивых растений. Проведенные лабораторные исследования показали, что у большинства гибридных форм квантовый выход фотосинтеза составил более 0,7, что соответствует неповрежденным, нормально функционирующим листьям (рис. 1). В июне после высушивания у большинства гибридов значение QY было ниже, чем в июле и августе. При сравнении с контрольным сортом Ливия большее значение QY за летний период было отмечено у гибридов Пестрый, Артек, Гамлет, Исполин и Тимоти. Статистически отличались от контроля в меньшую сторону сорт Дубовский розовый (за исключением июня) и гибридная форма Кишмиш Дубовский (июнь)

По содержанию хлорофилла *a* максимальные значения, близкие к показателям контрольного сорта Ливия (1,3–1,6 мг/г сыр. массы), были выявлены у таких гибридных форм как Гамлет, Пестрый и у сорта

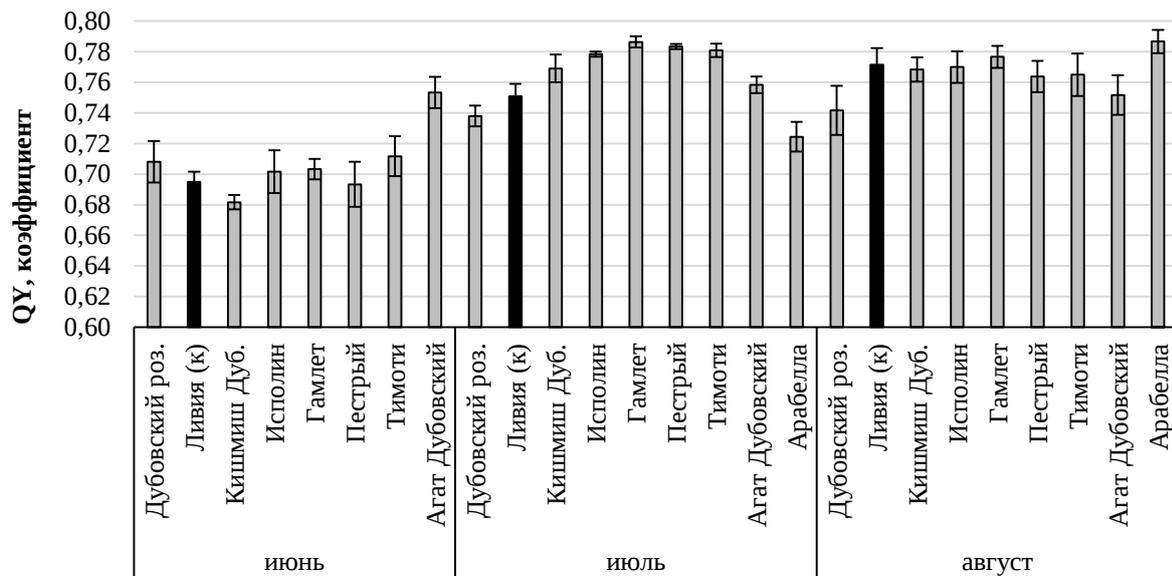


Рисунок 1. Квантовый выход (QY) фотосинтеза в листьях винограда
Figure 1. Quantum yield (QY) of photosynthesis in grape leaves

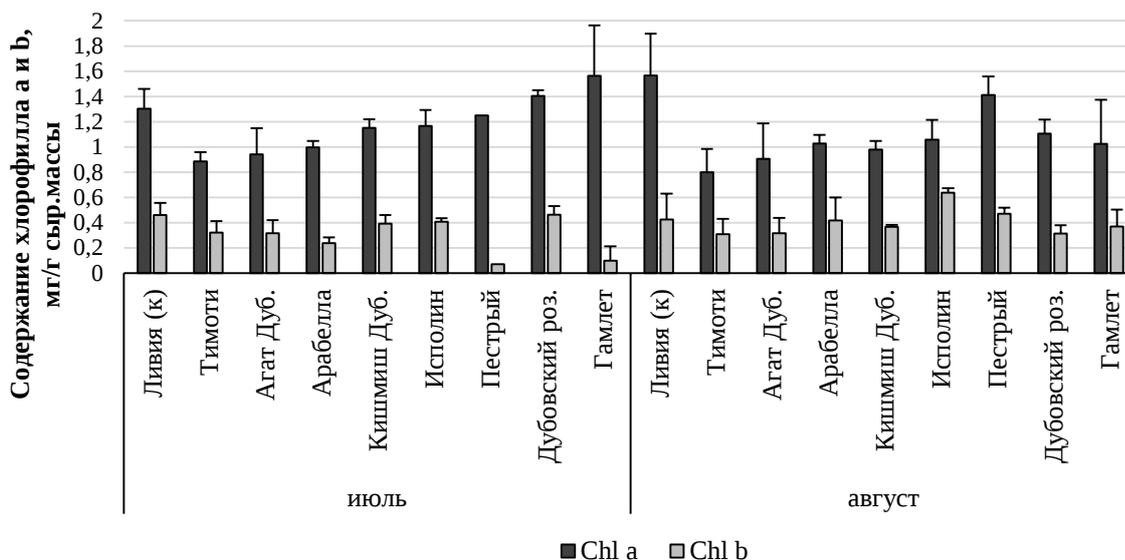


Рисунок 2. Содержание хлорофилла *a* и *b* (Chl *a*, Chl *b*) в листьях винограда
Figure 2. Content of chlorophyll *a* and *b* (Chl *a*, Chl *b*) in grape leaves

Дубовский розовый, а наименьшие – у гибридов Агат Дубовский, Тимоти и Арабелла (менее 1 мг/г сыр. массы) (рис. 2). В то же время минимальные значения содержания хлорофилла *b* были отмечены у сорта Гамлет и Пестрый за июль (<0,1 мг/г сыр. массы).

Степень развития вторичного окислительного стресса в листьях винограда при воздействии искусственной засухи оценивали по содержанию малонового диальдегида (рис. 3). В июне значительное повышение содержания МДА относительно контроля было выявлено у гибридных форм Исполин, Тимоти и Пестрый (0,33; 0,44 и 0,47 мМоль/г сырой массы соответственно), наименьшие показатели были установлены у сорта Дубовский розовый и гибрида Агат Дубовский – 0,16 и 0,18 мМоль/г сырой массы. В июле образование МДА наиболее интенсивно происходило у гибридных форм Кишмиш Дубовский, Кураж, Вален-

сия в диапазоне от 0,6 до 0,66 мМоль/г сырой массы, близкие значения к контрольному сорту Ливия (~0,23 мМоль/г сырой массы) были характерны для сорта Дубовский розовый и гибридов Исполин и Арабелла. В августе после стрессового воздействия максимальные значения относились к таким гибридным формам как Агат Дубовский, Гамлет, Кишмиш Дубовский, Пестрый, Тимоти и Арабелла, и составили более 0,42 мМоль/г сырой массы, в то время как наибольшую стрессоустойчивость относительно контрольных значений проявили сорт Дубовский розовый и гибриды Кураж, Акелло и Артек – менее 0,25 мМоль/г сырой массы.

Относительное содержание воды в листьях исследованных форм винограда в целом было выровнено на уровне контрольного сорта Ливия в течение всего летнего периода и составило в среднем ~82%

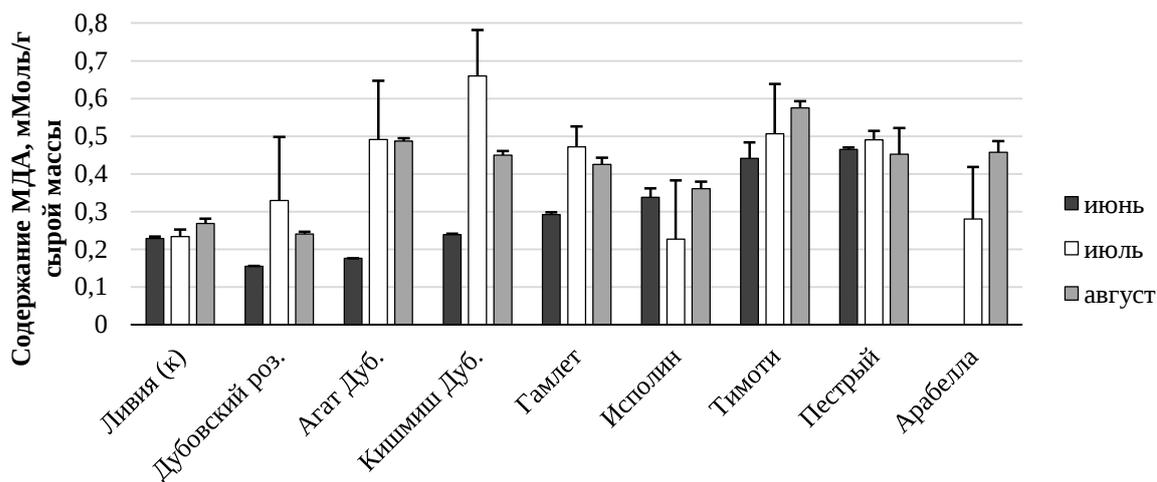


Рисунок 3. Содержание малонового диальдегида в листьях винограда
Figure 3. Content of malondialdehyde in grape leaves

(табл.). В июле значительно выделялась по исследованному показателю одна гибридная форма – Арабелла (~89%). В августе наибольшие показатели относительного содержания воды в листьях были характерны для гибридов Тимоти и Кишмиш Дубовский и составили более 83%. Наименьшее относительное содержание воды в листьях было отмечено у гибридных форм Исполин (77,4%) и Арабелла (76,3%).

Выводы

Наиболее значимые различия между гибридными формами столового винограда проявились в июле и августе. Новый сорт Дубовский розовый характеризовался минимальным в группе содержанием МДА, наибольшим содержанием хлорофилла и воды после воздействия стресса. Это является проявлением высоких адаптивных способностей, комбинированных с нормальным уровнем фотосинтеза [21]. Достаточно высокий адаптивный потенциал проявили гибридные формы Арабелла, Агат Дубовский и Гамлет. Для них были характерны высокие показатели RWC, сниженные значения МДА, несколько заниженный уровень содержания пигментов относительно контрольного сорта Ливия, но достаточно высокие показатели QY. Остальные изученные гибридные формы – Исполин, Кишмиш Дубовский, Пестрый, Тимоти – характеризуются сильно переменными показателями фотосинтеза и относительного содержания воды в листе, а также высоким уровнем повреждения клеточных мембран за счет возникновения окислительного стресса.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности проявления различного физиологического состояния у отобранных гибридных форм столового винограда в ответ на воздействие абиотических стрессоров летнего периода и позволяют выделить три наиболее устойчивые из них такие как Арабелла, Агат Дубовский и Гамлет, а также подтвердить перспективность использования нового сорта Дубовский розовый для формирования стабильных ампелоценозов.

Таблица. Относительное содержание воды (RWC) в листьях винограда

Table. Relative water content (RWC) in grape leaves

Сорта и гибридные формы столового винограда	RWC, %	
	июль	август
Ливия (контроль)	78,9±1,09	82,3±0,62
Агат Дубовский	81,1±1	82,2±11,02
Исполин	80,2±1,01	77,4±11,6
Гамлет	81,3±3,26	81,9±3,11
Дубовский розовый	83,8±3,45	80,5±3,31
Кишмиш Дубовский	81,6±2,91	83,2±5,27
Пестрый	79,7±1,02	81,7±2,2
Тимоти	80,7±0,4	84,3±3,52
Арабелла	88,8±1,12	76,3±2,91

Источник финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-проекта № МФИ–20.1/20.

Financing source

The research was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific project № MFI-20.1/20.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинёв: Штиинца. 1988:768 с.
2. Егоров Е.А., Петров В.С., Панкин М.И. Потенциал продуктивности винограда: проблемы его реализации на промышленных насаждениях юга России // Виноделие и виноградарство. 2007;3:7.
3. Jiang J., Liu X., Liu Ch., Liu G., Li Sh., Wang L. Integrating omics and alternative splicing reveals insights into grape

- response to high temperature. *Plant Physiology*. 2017;173:1502-1518. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01305>
4. Zha Q., Xi X., He Y., Jiang A. Comprehensive evaluation of heat resistance in 68 *Vitis* germplasm resources. *Vitis*. 2018;57:75-81. <https://doi.org/10.5073/vitis.2018.57.75-81>
5. Wang L.-J., Fan L., Loescher W., Duan W., Liu G.-J., Cheng J.-S., Luo H.-B., Li S.-H. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC Plant Biology*. 2010;10:34.
6. Carvalho L.C., Coito J.L., Gonçalves E.F., Chaves M.M., Amancio S. Differential physiological response of the grapevine varieties Touriga Nacional and Trincadeira to combined heat, drought and light stresses. *Plant Biology*. 2016;18:101-111. <http://doi.org/10.1111/plb.12410>
7. Demmig-Adams B., Cohu C.M., Muller O., Adams W.W. Modulation of photosynthetic energy conversion efficiency in nature: from seconds to seasons. *Photosynth. Res*. 2012;113:75-88. <https://doi.org/10.1007/s1120-012-9761-6>
8. Chen L., Jun A.I., Wang Z.X., Zhao Y. Research progress on effect of drought stress on the physiological property and microstructure in grapevine. *North. Hortic.*, 2011;6:205-209.
9. Patakas A., Noitsakis B., Chouzouri A. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2005;106: 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.013>
10. Gambetta G.A. Water stress and grape physiology in the context of global climate change. *Journal of Wine Economics*. 2016;11(1):168-180. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.16>
11. Tombesi S., Nardini A., Frioni T., Soccolini M., Zadra C., Farinelli D., Poni S., Palliotti A. Stomatal closure is induced by hydraulic signals and maintained by ABA in drought-stressed grapevine. *Scientific Reports*. 2015;5:1-12. <https://doi.org/10.1038/srep12449>
12. Zhu D., Che Y., Xiao P., Hou L., Guo Y., Liu X. Functional analysis of a grape WRKY30 gene in drought resistance. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2018; 132: 449-459. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1341-1>
13. Haider M.S., Zhang C., Kurjogi M.M., Pervaiz T., Zheng T., Zhang C., Lide C., Shangguan L., Fang J. Insights into grapevine defense response against drought as revealed by biochemical, physiological and RNA-Seq analysis. *Scientific Reports*. 2017;7:13134. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-13464-3>
14. Wang Z.X., Chen L., Ai J., Qin H.Y., Liu Y.X., Xu P.L., Jiao Z.Q., Zhao Y., Zhang Q.T. Photosynthesis and activity of photosystem II in response to drought stress in Amur Grape (*Vitis amurensis* Rupr.). *Photosynthetica*. 2012;50(2):189-196. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0023-9>
15. Chrysargyris A., Xylia P., Litskas V., Stavrinides M., Heyman L., Demeestere K., Hofte M., Tzortzakis N. Assessing the impact of drought stress and soil cultivation in Chardonnay and Xynisteri grape cultivars. *Agronomy*. 2020;10:670. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050670>
16. Бейбулатов М.Р., Тихомирова Н.А. Развитие столового виноградарства на Южном берегу Крыма // "Магарач". Виноградарство и виноделие. 2013;1:2-3.
17. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений / В. Н. Гольцев [и др.]. Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2014:220 с.
18. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001:F4.2.1-F4.2.6. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0402s01>
19. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2012:487 с.
20. Filella I., Llusia J., Pinol J., Penuelas J. Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 1998;39:213-220. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(97\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(97)00045-2)
21. Carvalho L.C., Amancio S. Cutting the Gordian Knot of abiotic stress in grapevine: from the test tube to climate change adaptation. *Physiologia Plantarum*. 2019;165:330-342. <https://doi.org/10.1111/ppl.12857>

References

1. Zhuchenko A.A. Adaptive potential of cultivated crops. Kishinev: Shtiinca. 1988:768 p. (*in Russian*).
- Egorov E.A., Petrov V.S., Pankin M.I. Potential of grapes productivity: problems of its realization on industrial plantings of the South of Russia. *Winemaking and Viticulture*. 2007;3:7 (*in Russian*).
2. Jiang J., Liu X., Liu Ch., Liu G., Li Sh., Wang L. Integrating omics and alternative splicing reveals insights into grape response to high temperature. *Plant Physiology*. 2017;173:1502-1518. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01305>
3. Zha Q., Xi X., He Y., Jiang A. Comprehensive evaluation of heat resistance in 68 *Vitis* germplasm resources. *Vitis*. 2018;57:75-81. <https://doi.org/10.5073/vitis.2018.57.75-81>
4. Wang L.-J., Fan L., Loescher W., Duan W., Liu G.-J., Cheng J.-S., Luo H.-B., Li S.-H. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC Plant Biology*. 2010;10:34.
5. Carvalho L.C., Coito J.L., Gonçalves E.F., Chaves M.M., Amancio S. Differential physiological response of the grapevine varieties Touriga Nacional and Trincadeira to combined heat, drought and light stresses. *Plant Biology*. 2016;18:101-111. <http://doi.org/10.1111/plb.12410>
6. Demmig-Adams B., Cohu C.M., Muller O., Adams W.W. Modulation of photosynthetic energy conversion efficiency in nature: from seconds to seasons. *Photosynth. Res*. 2012;113:75-88. <https://doi.org/10.1007/s1120-012-9761-6>
7. Chen L., Jun A.I., Wang Z.X., Zhao Y. Research progress on effect of drought stress on the physiological property and microstructure in grapevine. *North. Hortic.*, 2011;6:205-209.
8. Patakas A., Noitsakis B., Chouzouri A. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2005;106: 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.013>
9. Gambetta G.A. Water stress and grape physiology in the context of global climate change. *Journal of Wine Economics*. 2016;11(1):168-180. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.16>
10. Tombesi S., Nardini A., Frioni T., Soccolini M., Zadra C., Farinelli D., Poni S., Palliotti A. Stomatal closure is induced by hydraulic signals and maintained by ABA in drought-stressed grapevine. *Scientific Reports*. 2015;5:1-12. <https://doi.org/10.1038/srep12449>
11. Zhu D., Che Y., Xiao P., Hou L., Guo Y., Liu X. Functional analysis of a grape WRKY30 gene in drought resistance. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2018; 132: 449-459. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1341-1>
12. Haider M.S., Zhang C., Kurjogi M.M., Pervaiz T., Zheng T., Zhang C., Lide C., Shangguan L., Fang J. Insights into grapevine defense response against drought as revealed by biochemical, physiological and RNA-Seq analysis. *Scientific*

- Reports. 2017;7:13134. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-13464-3>
13. Wang Z.X., Chen L., Ai J., Qin H.Y., Liu Y.X., Xu P.L., Jiao Z.Q., Zhao Y., Zhang Q.T. Photosynthesis and activity of photosystem II in response to drought stress in Amur Grape (*Vitis amurensis* Rupr.). *Photosynthetica*. 2012;50(2):189-196. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0023-9>
 14. Chrysargyris A., Xylia P., Litskas V., Stavrinides M., Heyman L., Demeestere K., Hofte M., Tzortzakakis N. Assessing the impact of drought stress and soil cultivation in Chardonnay and Xynisteri grape cultivars. *Agronomy*. 2020;10:670. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050670>
 15. Beybulatov M.R., Tikhomirova N.A. Development of table viticulture on the Southern coast of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2013;1:2-3 (In Russian).
 16. Variable and delayed fluorescence of chlorophyll a – theoretical foundations and practical applications in plant research. V.N. Goltsev [et al.]. Izhevsk: Institute of Computer Research. 2014:220 p. (In Russian).
 17. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001:F4.2.1-F4.2.6. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0402s01>
 18. The molecular-genetic and biochemical methods in modern plant biology. V.I.V. Kuznetsov, V.V. Kuznetsov, G.A. Romanov. Moscow: BINOM, Lab. znaniy. 2012:487 p. (in Russian).
 19. Filella I., Llusia J., Pinol J., Penuelas J. Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 1998;39:213-220. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(97\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(97)00045-2)
 20. Carvalho L.C., Amancio S. Cutting the Gordian Knot of abiotic stress in grapevine: from the test tube to climate change adaptation. *Physiologia Plantarum*. 2019;165:330-342. <https://doi.org/10.1111/ppl.12857>

Сведения об авторах

Валерий Семёнович Петров, д-р с.-х. наук, руководитель науч. направления, вед. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах, petrov_53@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Алиса Евгеньевна Мишко, канд. биол. наук, науч. сотр. лаборатории физиологии и биохимии растений, mishko-alisa@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8425-5216>

Мария Андреевна Сундырева, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией физиологии и биохимии растений, mari.sundy@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1338-1725>

Дамир Муратович Цику, аспирант, мл. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах, mr.tsiku@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-6464-1673>

Анна Александровна Марморштейн, аспирант, мл. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах, am342@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6256-4886>

Information about authors

Valeriy S. Petrov, Dr. Agric. Sci., Head of Research Group, Leading Staff Scientist of Laboratory of Reproduction Control in Ampelocenes and Ecological Systems, petrov_53@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Alisa E. Mishko, Cand. Biol. Sci., Staff Scientist of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, mishko-alisa@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8425-5216>

Maria A. Sundryeva, Cand. Agric. Sci., Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, mari.sundy@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1338-1725>

Damir M. Tsiku, Postgraduate, Junior Staff Scientist of Laboratory of Reproduction Control in Ampelocenes and Ecological Systems, mr.tsiku@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0001-6464-1673>

Anna A. Marmorshtein, Postgraduate, Junior Staff Scientist of Laboratory of Reproduction Control in Ampelocenes and Ecological Systems, am342@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6256-4886>

Статья поступила в редакцию 15.02.2021, одобрена после рецензии 16.02.2021, принята к публикации 20.02.2021