

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У СОРТОВ ВИНОГРАДА МУСКАТ БЕЛЫЙ И ЦИТРОННЫЙ МАГАРАЧА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРАХ

В.Ю. Стаматиди, м.н.с.

И.И. Рыфф, к.б.н., i.riff2010@yandex.ru

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, 298600, ул. Кирова, 31, г. Ялта, Россия, Республика Крым, rietnaya@magarach-institut.ru

Аннотация

Глобальное потепление климата вызвало увеличение периодов засухи, что в свою очередь привело к снижению влагообеспеченности виноградных растений и потере урожая. Современные селекционные программы направлены на скрининг сортов, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к температурным и водным стрессам. В статье представлены результаты исследований, направленные на раскрытие закономерностей ответных адаптивных реакций сортов винограда на гидротермические стрессы летнего периода в условиях Южного берега Крыма. Проанализированы данные по изменению гидротермического коэффициента в годы исследований, 2019...2021 гг. В период созревания ягод значение ГТК (гидротермический коэффициент) в 2019 г. составляло (0,3), в 2020 г. (0,1), что соответствует градации «сухой период». Выявлены адаптационные возможности сортов винограда и их различия, вызванные неоднозначной устойчивостью к абиотическим стрессам. Реакции растений на изменения водного режима отражены в водных потенциалах, определения водных потенциалов листьев проведено стандартным методом по Сколандеру. Измерения водных потенциалов проводили два раза в сутки: в предрассветные и послеполуденные часы. В годы засухи 2019...2020 гг. водные потенциалы (Ψ) листьев в меньшей степени поднимались у сорта Цитронный Магарача по сравнению с сортом Мускат белый: во время созревания ягод предрассветные Ψ_p у сорта Цитронный Магарача доходили до 0,63 МПа, в это же время, у сорта Мускат белый он поднимался до 0,69 МПа. Аналогичная картина наблюдается в повышении дневных водных потенциалов Ψ_d у сорта Цитронный Магарача – до 1,53 МПа, у сорта Мускат белый – до 1,59 МПа. Влияние недостатка влаги проявляется в снижении урожая, который является интегральным выражением всех процессов метаболизма растений. Определена зависимость урожая сортов винограда от водных потенциалов. Установлены сортовые различия в изменении водных потенциалов листьев, являющихся маркером определения ответных реакций на засуху, выявлена связь между водными потенциалами и урожаем. Установлено, что сорт Цитронный Магарача лучше адаптируется к условиям засухи.

Ключевые слова: виноград, глобальное потепление, гидротермический стресс, водные потенциалы, засухоустойчивость, урожай

FEATURES OF CHANGES IN WATER POTENTIALS IN THE GRAPE CULTIVARS MUSCAT BELIY AND TSITRONNYI MAGARACHA IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA UNDER VARIOUS HYDROTHERMAL FACTORS

V.Yu. Stamatidi, Junior Staff Scientist

I.I. Ryff, Cand. Biol. Sci., i.riff2010@yandex.ru

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia, priemnaya@magarach-institut.ru

Abstract

Global climate warming has caused an increase in periods of drought, which in turn has led to a decrease in the moisture supply of grape plants and loss of crops. Modern breeding programs are aimed at screening cultivars that combine high yields with resistance to temperature and water stress. This paper presents the results of studies aimed at revealing the patterns of response adaptive reactions of grape cultivars to hydrothermal stresses in the summer period in the conditions of the Southern coast of Crimea. The data on the change in the hydrothermal coefficient during the years of research, 2019—2021, were analyzed. During the ripening period of berries, the value of the HTC (hydrothermal coefficient) in 2019 was 0.3 and in 2020 it was 0.1, which corresponded to the “dry period” gradation. The adaptive capabilities of grape cultivars and their differences caused by ambiguous resistance to abiotic stresses were revealed. The responses of plants to changes in the water regime were reflected in water potentials; water potentials of leaves were determined using the standard Scholander method. Water potentials were measured twice a day: in the predawn and afternoon hours. In drought years 2019—2020, water potentials (Ψ) of the leaves rose to a lesser extent in the Tsitronnyi Magarach cultivar compared to the Muscat Belyi cultivar: during the ripening of berries, the pre-dawn Ψ_p in Tsitronnyi Magarach reached 0.63 MPa, at the same time, in Muscat Belyi, it rose to 0.69 MPa. A similar picture was observed in the increase in daytime water potentials Ψ_d in Tsitronnyi Magarach – up to 1.53 MPa, in Muskat Belyi – up to 1.59 MPa. The influence of lack of moisture was manifested in a decrease in yield, which was an integral expression of all processes of plant metabolism. The dependence of the yield of grape cultivars on water potentials was determined. Varietal differences in the change in water potentials of leaves, which were a marker for determining responses to drought, were established, and a relationship between water potentials and yield was revealed. It has been established that Tsitronnyi Magarach better adapts to drought conditions.

Key words: grape, global warming, hydrothermal stress, water potentials, drought resistance, yield

Введение

Виноградарство – одна из прибыльных отраслей на территории Крыма. Южный берег Крыма, занимающий прибрежную полосу от мыса Форос до горы Кастель, по почвенно-климатическим условиям является исключительно благоприятным для культуры технических сортов винограда с высоким содержанием сахара в ягодах. Мягкий климат обеспечивает возможность ведения не укрывной культуры винограда и проведение работ по уходу за насаждениями в течение всего года.

В связи с глобальным потеплением климата наблюдается рост среднемесячных температур, увеличение периодов засухи, рост экстремальных температур, возрастающее засоление, что в свою очередь приводит к снижению влагообеспеченности растений. С начала XXI столетия наблюдается тенденция термоаридизации климата Южного берега Крыма (Плугатарь и др., 2015).

Повышение температур в комплексе с недостаточным количеством осадков в летний период отрицательно сказывается на процессе фотосинтеза. Засуха вызывает обезвоживание и одновременно перегрев растений, отрицательно влияет на развитие, при недостатке влаги снижается закладка генеративных органов, а следовательно, и продуктивность (Генкель, 1982). Снижение активности фотосинтеза подавляет ряд физиологических процессах и приводит к снижению урожая (Ненько и др., 2021). Наблюдается не только падение урожаев винограда, ухудшается и качество винограда и вина (Leeuwen, Darriet, 2016). Если на Южном берегу Крыма в период 1961...1990 гг. на долю потерь урожая винограда из-за засухи приходилось 27%, то в последние годы показатель вырос до 35% (Корсакова, 2018).

Современные селекционные программы направлены на отбор и создание сортов, сочетающих высокую урожайность и качество ягод с устойчивостью к стрессам. Возрастает необходимость поиска генетических источников для селекции, скрининга устойчивых форм и внедрения перспективных сортов в соответствующих регионах (Беккер, 2015). На актуальность исследований по адаптации растений к стрессу и их интегративный ответ указывают ведущие специалисты в области физиологии растений (Kuznetsov, Kholodova, 2011).

Адаптационные возможности сортов винограда и их различия, вызванные различной устойчивостью к абиотическим стрессам, рассматриваются в ряде работ (Medrano et al., 2018; Петров, Талаш, 2018; Volynkin et al., 2021).

Развитие ответа растения на стресс затрагивает все системы организма. Основной его целью является минимизация потери воды, снижение последствий её дефицита, а затем формирование устойчивости у растений к данному виду абиотического стресса (Shumilina et al., 2018). Поскольку почвенная засуха, как правило, сопряжена с температурным стрессом, при изучении адаптации растения к засухе необходимо учитывать и температурный фактор (Стаматиди, Рыфф, 2017).

Цель настоящей работы – изучение экофизиологической реакции сортов винограда на действие гидротермического стресса для выделения более адаптивного сорта.

Новизна исследований – в 2019...2021 гг. отсутствуют работы по изучению водных потенциалов винограда в условиях Южного берега Крыма, а их мониторинг необходим в связи с изменением климата.

По рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) в качестве нормы принято среднее многолетнее значение рассматриваемой климатической переменной за 1961...1990 гг. (базовый период) (Росгидромет, 2017).

Увлажнение территории определяется не только количеством осадков, но и испаряемостью. Рядом авторов предложены условные показатели увлажнения,

называемые индексами или коэффициентами. Увлажненность вегетационного периода можно оценить через гидротермический коэффициент Селянинова. Гидротермический коэффициент (ГТК) наиболее полно характеризует условный баланс влаги и тепла (Смирнов и др., 2017).

Материалы и методы

Исследования проводились на винограднике Южного берега Крыма АО «ПАО» «Массандра» в 2019...2021 гг. Виноградник – неорошаемый, находится на расстоянии 5 км восточнее города Ялта, на высоте 200 м над уровнем моря, на покатом склоне юго-западной экспозиции, крутизна склона – 7...8°. Площадь исследуемых насаждений составляет 8 га. Схема посадки растений – 3,0 × 1,5 м, форма ведения куста – среднештамбовый веер на четырехпроволочной шпалере. Культура винограда привитая (подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ). Почва на экспериментальном участке коричневая суглинистая. Объектами исследований были сорта: Мускат белый, происходящий из Греции, неустойчивый к болезням и сорт селекции института «Магарач» Цитронный Магарача, отличающийся устойчивостью к болезням. Были отобраны 20 кустов каждого сорта, на которых в течение трех лет проводили сбор информации.

Определение водного потенциала листьев проведено стандартным методом по Сколандеру. Измерения водного потенциала проводили два раза в сутки: в предрассветные (Ψ_p) и послеполуденные часы (Ψ_d). Листья брали со среднего яруса, без каких-либо повреждений. Количество анализируемых листьев – два с каждого куста (Scholander et al., 1965). Значения водных потенциалов указаны по модулю.

Оборудование: камера давления Model 615, баллон с газообразным азотом.

Обработка данных проводилась методами математической статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

При исследовании связи водного обмена с урожаем винограда наблюдались изменения климатических условий, приведенные ниже.

В 2019 году максимальная температура отмечалась в августе и составила +37°C, количество осадков за год – 473,20 мм, что на 106,3 мм меньше многолетних (579,5 мм).

Год был наиболее засушливым из всех лет исследований, ГТК равен 0,42, что является худшим показателем за все годы и свидетельствует о повышенной засухе.

В 2020 году максимальная температура отмечалась в августе – 35°C. Количество осадков составило 387,70 мм, что на 191,8 мм меньше среднемноголетних (579,5 мм). ГТК этого года равен 0,52.

В 2021 году максимальная температура наблюдалась в июле – 35°C. Количество осадков в 2021 году составило 834,30 мм, что на 254,8 мм выше среднемноголетних. За последние 36 лет, 2021 и 2010 годы были самыми влагообеспеченными, ГТК этого года равен 1,3 (рисунки 1, 2).

В приморской части ЮБК до высоты 200...220 м в мае – июне и сентябре ГТК менее единицы (0,52...0,90), соответствует градации «засушливый период», а в июле – августе – менее 0,5 («сухой») (Плугатарь и др., 2015).

В годы наших наблюдений значение ГТК в мае-июне 2019 года составляло 0,6, май – июнь 2020 года – 0,7, и только в мае-июне 2021 года значение ГТК было выше 1, а именно 1,8. Таким образом, в период роста и развития ягод значение ГТК 2019...2020 года ниже оптимальных значений и соответствовало градации – засушливый период.

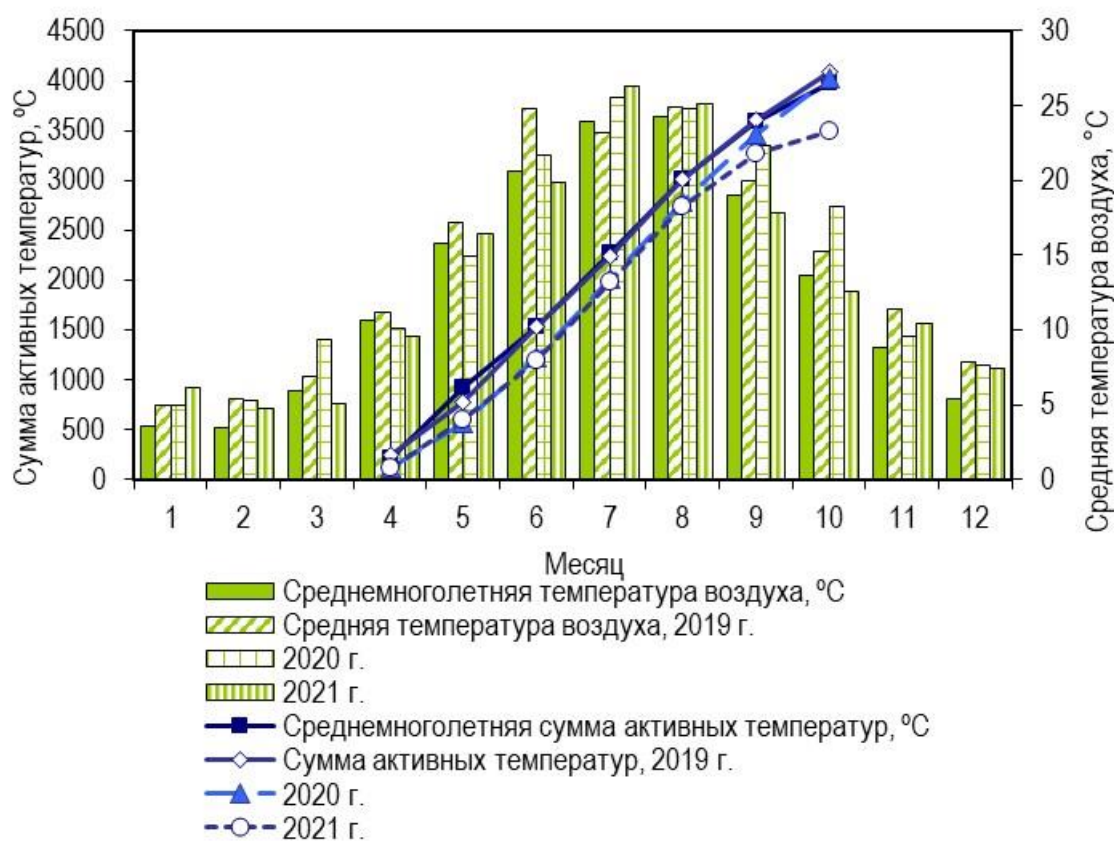


Рисунок 1 – Температурный режим воздуха, 2019...2021 гг.

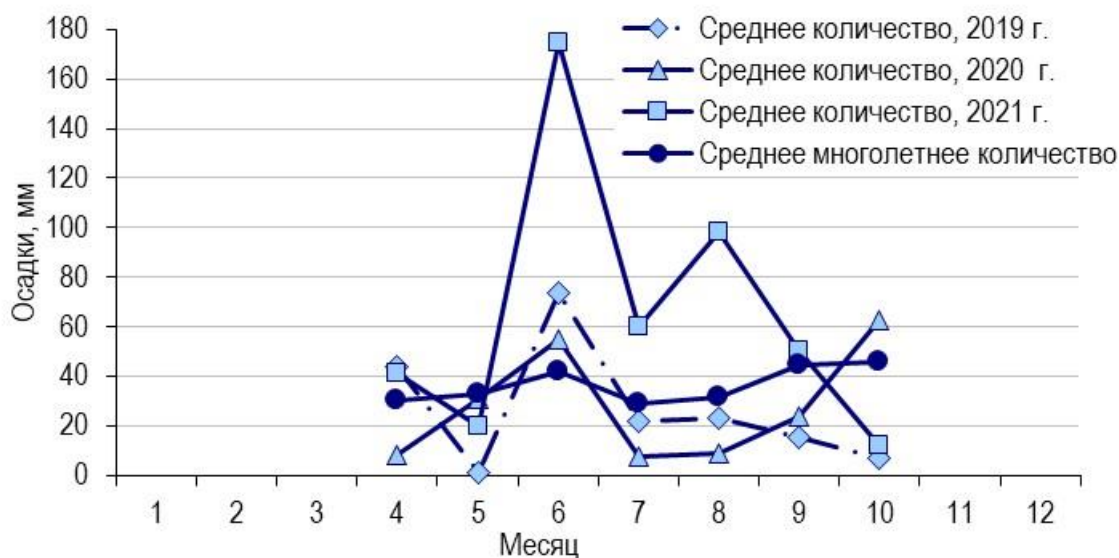


Рисунок 2 – Среднемесячное количество осадков, 2019...2021 гг.

В период созревания ягод ГТК были также ниже оптимальных значений, что приводило к нарушениям в процессе созревания: значения ГТК в июле-августе 2019 года – 0,3, в июле – августе 2020 года – 0,1, что соответствует градации сухой период. Однако в 2021 году, после рекордных 147 мм осадков во 2 декаде июня, значение ГТК в период созревания ягод составило – 1,02, что почти в два раза превышает порог «сухой» зоны.

Определение водного статуса растений путём измерения водного потенциала листьев может являться маркером определения их засухоустойчивости (Kudoyarova et al., 2013). Вода поднимается из почвы в листья через сеть сосудов ксилемы под отрицательным давлением и через устьица испаряется в атмосферу. Водный дефицит, при котором клетки листа теряют тургор, используется в качестве признака устойчивости листьев к засухе у разных видов, а потеря тургора листа коррелирует с закрытием устьиц. Степень устойчивости к водному дефициту варьирует как между родами, так и между сортами одного вида (Кузнецов и др., 2018), в частности между сортами винограда. На необходимость ведения мониторинга водного режима растений и виноградных насаждений указано в работе Нилова Н.Г. (2001). Вариации водных потенциалов сортов винограда исследовались ранее, у растений винограда Ψ обычно находится в диапазоне от 0,3 до 1,7 МПа (Charrier et al., 2018). Крайний дефицит воды приводит к потере большей части или всего растительного покрова и урожая в текущем сезоне. В следующем сезоне на виноградной лозе могут образоваться новые побеги, если ряд почек пережил засуху. Однако, виноградные растения, перенесшие период засухи более уязвимы для различных заболеваний и абиотических стрессов. Снижается накопление запасных питательных веществ, что в дальнейшем влияет на зимостойкость виноградной лозы и приводит к снижению урожайности в следующем сезоне.

В данной работе представлены результаты мониторинга водных потенциалов листьев двух сортов винограда, их динамика в условиях Южного берега Крыма.

Выявлены закономерности в увеличении предрассветного и дневного водного потенциалов листьев в период созревания ягод (первая декада августа). Данная закономерность объясняется постепенным иссушением почвы и высокими температурами. Установлены сортовые различия в значениях предрассветных водных потенциалов листьев (таблица 1), по-видимому, связанные с отличием в активности корневой системы сортов.

Таблица 1 – Значения предрассветных водных потенциалов листьев винограда в летний период за 2019...2021 гг.

Сорт	Год					
	Месяц (число)					
Цитронный Магарача	2019					
	06 (14)	07 (09)	07 (27)	08 (10)	09 (17)	
	0,55 ± 0,007	0,54 ± 0,007	0,6 ± 0,008	0,53 ± 0,007	0,58 ± 0,009	
	2020					
	06 (28)	07 (14)	07 (23)	08 (16)	09 (09)	
	0,59 ± 0,006	0,62 ± 0,007	0,63 ± 0,008	0,62 ± 0,011	0,63 ± 0,007	
	2021					
	06 (18)	07 (12)	7 (27)	8 (15)	9 (04)	
	0,07 ± 0,008	0,08 ± 0,008	0,1 ± 0,005	0,12 ± 0,014	0,22 ± 0,010	
	Мускат белый	2019				
		06 (14)	07 (09)	07 (27)	08 (10)	09 (17)
		0,49 ± 0,011	0,65 ± 0,008	0,53 ± 0,007	0,57 ± 0,011	0,47 ± 0,014
		2020				
		06 (28)	07 (14)	07 (23)	08 (16)	09 (09)
		0,49 ± 0,014	0,62 ± 0,003	0,69 ± 0,014	0,62 ± 0,011	0,63 ± 0,007
2021						
06 (18)		07 (12)	07 (27)	08 (15)	09 (04)	
0,08 ± 0,010		0,09 ± 0,007	0,09 ± 0,007	0,12 ± 0,011	0,21 ± 0,011	

Достоверные сортовые различия установлены между сортами и по послеполуденным значениям водных потенциалов листьев (таблица 2).

Таблица 2 – Значения послеполуденных водных потенциалов листьев винограда в летний период за 2019...2021 гг.

Сорт	Год				
	месяц (число)				
Цитронный Магарача	2019				
	06 (14)	07 (09)	07 (27)	08 (10)	09 (17)
	1,43 ± 0,016	1,42 ± 0,008	1,51 ± 0,014	1,43 ± 0,011	1,38 ± 0,010
	2020				
	06 (19)	07 (14)	07 (23)	08 (16)	09 (09)
	1,41 ± 0,008	1,47 ± 0,011	1,53 ± 0,010	1,49 ± 0,007	1,51 ± 0,008
	2021				
	06 (18)	07 (12)	07 (27)	08 (15)	09 (04)
	1,02 ± 0,016	0,87 ± 0,014	1,0 ± 0,011	1,28 ± 0,011	1,37 ± 0,014
Мускат белый	2019				
	06 (14)	07 (09)	07 (27)	08 (10)	09 (17)
	1,46 ± 0,005	1,45 ± 0,006	1,57 ± 0,014	1,51 ± 0,009	1,41 ± 0,012
	2020				
	06 (19)	07 (14)	07 (23)	08 (16)	09 (09)
	1,43 ± 0,015	1,52 ± 0,010	1,59 ± 0,007	1,55 ± 0,007	1,52 ± 0,010
	2021				
	06 (18)	07 (12)	07 (27)	08 (15)	09 (04)
	0,95 ± 0,006	0,82 ± 0,008	0,99 ± 0,014	1,35 ± 0,007	1,43 ± 0,007

Из данных, приведенных в таблицах видно, что при высоких температурах и засухе сорт Цитронный Магарача испытывает меньший водный стресс по сравнению с сортом Мускат белый. Изменение водных потенциалов растений винограда рассматривается в качестве физиологического механизма адаптации к засухе. Представлен сравнительный анализ способности двух сортов винограда поддерживать водный статус. Во время созревания ягод в годы с засухой предрассветные водные потенциалы Ψ_r у сорта Цитронный Магарача доходили до 0,63 МПа, в это же время, у сорта Мускат белый он поднимался до 0,69 МПа. Аналогичная картина наблюдается в повышении послеполуденных водных потенциалов Ψ_d : у сорта Цитронный Магарача – до 1,53 МПа, у сорта Мускат белый – до 1,59 МПа. При этом растения сорта Мускат белый при засухе проявляли более высокую чувствительность к водному дефициту. Очевидно, данное явление обусловлено физиологическими особенностями водного обмена у сортов. В тоже время в 2021 году период созревания ягод водные потенциалы сортов заметно ниже: Ψ_r обоих сортов был 0,12 МПа, Ψ_d у сорта Цитронный Магарача – 1,28 МПа, у сорта Мускат белый – 1,35 МПа. Данный факт связан с выпадением большего количества осадков – 834,30 мм, что на 254,8 мм выше среднемноголетних. Влияние неблагоприятного фактора проявляется в снижении урожая, который является интегральным выражением всех процессов метаболизма растений.

Урожай тесно связан с общей устойчивостью растений к стрессам и обнаруживает обратную зависимость от степени устойчивости засухи у всех растений, в том числе и у винограда. Получению стабильных урожаев винограда препятствуют абиотические стресс-факторы летнего периода – высокая температура, воздушная и почвенная засуха. Совместное действие высоких температур и обезвоживания усиливает стресс. Разные сорта винограда имеют разную чувствительность к водному дефициту и с точки зрения изменений продуктивности (Martorell et al., 2015). Установлено, что ягоды сорта Совиньон белый в условиях богары при стрессе, вызванном засухой, снижают вес на 46...51% (Yang et al., 2022).

Выявленная нами зависимость между значениями водных потенциалов листьев и

урожаем сортов винограда представлена на рисунках 3...5.

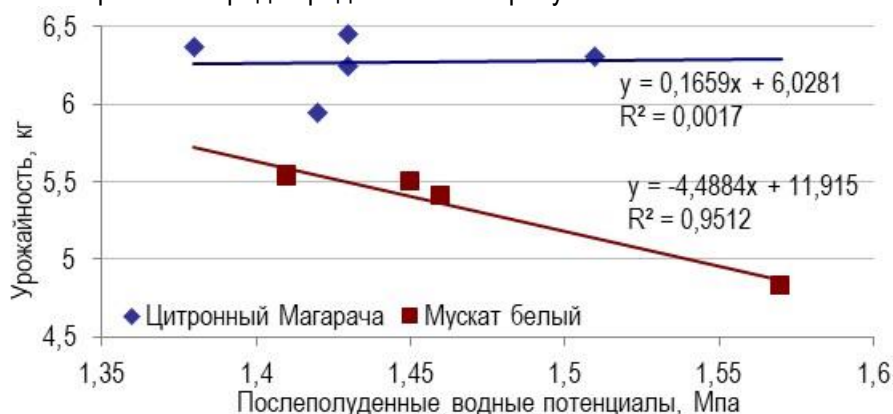


Рисунок 3 – Зависимость между послеполуденными значениями водных потенциалов листьев и урожайностью сортов винограда в 2019 году

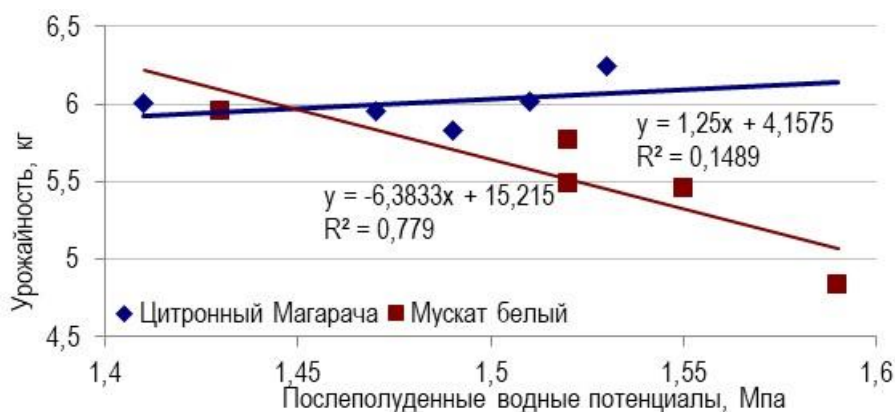


Рисунок 4 – Зависимость между послеполуденными значениями водных потенциалов листьев и урожайностью сортов винограда в 2020 году.

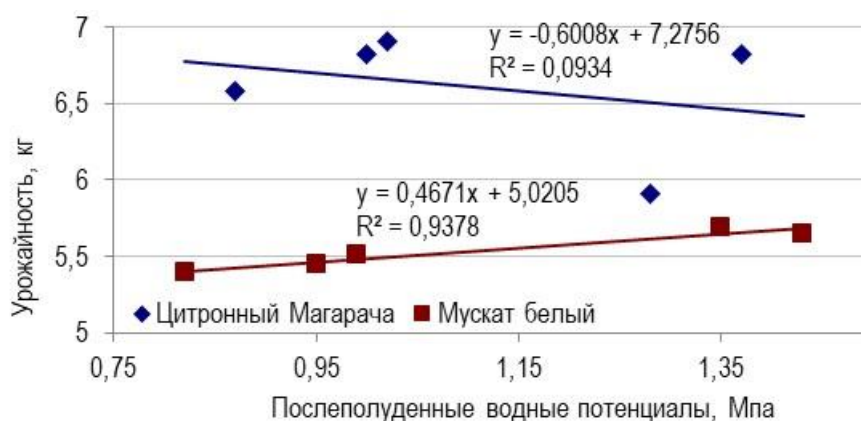


Рисунок 5 – Зависимость между послеполуденными значениями водных потенциалов листьев и урожайностью сортов винограда в 2021 году

Как видно из представленных на рисунках 3, 4 данных, в 2019...2020 гг. (годы засухи) у сорта Мускат белый четко выражена тенденция к снижению урожая при повышении водных потенциалов. У сорта Цитронный Магарача влияния изменения водных потенциалов на урожай не наблюдается, что свидетельствует о меньшей зависимости урожая от влагообеспеченности.

В 2021 году при большом количестве осадков и низких водных потенциалов снижение урожая у сорта Мускат белый не наблюдается, что свидетельствует о выраженной зависимости урожая этого сорта от осадков.

Сорт Мускат белый в большей степени зависит от обеспечения водой и в большей степени подвержен водному стрессу по сравнению с сортом Цитронный Магарача. Полученные данные говорят о перспективности использования метода оценки межсортовых различий на стресс, вызванный засухой, по водным потенциалам.

Заключение

Изучен экофизиологический ответ растений двух сортов винограда на гидротермические факторы.

Доказана возможность использования физиологических показателей в селекционном процессе в качестве диагностических критериев в выявлении генотипов с повышенной адаптивной способностью.

Сравнительный анализ способности двух сортов винограда поддерживать водный статус показал, что в годы засухи (период созревания ягод) предрассветные и послеполуденные водные потенциалы у сорта Мускат белый повышались в большей степени, чем у сорта Цитронный Магарача. Очевидно, данное явление обусловлено физиологическими особенностями водного обмена у сортов.

Влияние недостатка влаги проявляется в снижении урожая, который является интегральным выражением всех процессов метаболизма растений. Определена зависимость урожая сортов винограда от водных потенциалов.

Установлено, что у сорта Цитронный Магарача урожаи более стабильны и в меньшей степени зависят от влагообеспеченности, поэтому данный сорт можно рекомендовать при возделывании на виноградниках без орошения.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Беккер Х. Селекция растений / Под ред. Леуновой В.И., Монахоса Г.Ф. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2015. 425 с.
2. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982. 280 с.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М.: Росгидромет, 2017. 70 с. URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/Доклад2016.pdf
4. Корсакова С.П. Мониторинг климатических изменений и их учет в практике виноградарства региона // Коняевские чтения: сборник научных трудов VI международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 13 – 15 декабря 2017 г. Екатеринбург: УрГАУ. 2018. С.173–175. EDN: QFOUVQ
5. Кузнецов В.В., Злобин И.Е., Карташов А.В., Сарвин Б.А., Ставрианиди А.Р., Пашковский П.П., Иванов Ю.В. Физиологические механизмы адаптации хвойных к засухе // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сборник материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых. Часть 1. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. С. 17–20. DOI: [10.31255/978-5-94797-319-8-17-20](https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-17-20). EDN: XUDIEX
6. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ильина И.А., Соколова В.В., Запорожец Н.М., Караваева А.В., Схаляхо Т.В. Метаболические изменения различных сортов винограда в активации защитных реакций на абиотические стрессы летнего периода // Плодоводство и

- виноградарство Юга. 2021. № 72(6). С.145–159. DOI [10.30679/2219-5335-2021-6-72-145-159](https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-6-72-145-159). EDN: [MDOZCA](#)
7. Нилов Н.Г. Тенденции в современном растениеводстве, приводящие к необходимости организации служб мониторинга водного режима насаждений // Сборник научных трудов «Виноградарство и виноделие». 2001. Т. 32. С.9–12.
 8. Петров В.С., Талаш А.И. Сорты для биологического виноградарства // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. Т. 15. С. 71-74. DOI: [10.30679/2587-9847-2018-15-71-74](https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-15-71-74). EDN: [XNROPB](#)
 9. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: Издательство Типография «Ариал». 2015. 164 с. EDN: [VCIJMH](#)
 10. Смирнов К.В., Малтабар Л.М., Раджабов А.К., Матузок Н.В., Трошин Л.П. Виноградарство. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 500 с. EDN: [PEQCRM](#)
 11. Стаматиди В.Ю., Рыфф И.И. Тестирование жаростойкости сортов винограда *in vitro* // Экосистемы. 2017. № 11. С. 68–72. EDN: [ZXQXBV](#)
 12. Charrier G., Delzon S., Domec J.-C., Zhang L., Delmas C., Merlin I., Corso D., King A., Ojeda H., Ollat N., Prieto J.A., Scholach T., Skinner P., Leeuwen C., Gambetta G. A. Drought will not leave your glass empty: Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world's top wine regions // Science Advances. 2018. Vol. 4, № 1. DOI: [10.1126/sciadv.aao6969](https://doi.org/10.1126/sciadv.aao6969)
 13. Kudoyarova G.R., Veselov D.S., Kholodova V.P. Current state of the problem of water relations in plants under water deficit // Russian Journal of Plant Physiology. 2013. Vol. 60, № 2. P. 165–175. DOI [10.1134/S1021443713020143](https://doi.org/10.1134/S1021443713020143). EDN: [PNQMDZ](#)
 14. Kuznetsov V.V., Kholodova V.P. Foreword to the publication of materials of all-Russian Symposium “Plant and Stress” (Moscow, October 9–12, 2010) // Russian Journal of Plant Physiology. 2011. Vol. 58, № 6. P. 951. DOI: [10.1134/s1021443711060112](https://doi.org/10.1134/s1021443711060112)
 15. Martorell S., Medrano H., Tomàs M., Escalona J.M., Flexas J., Diaz-Espejo A. Plasticity of vulnerability to leaf hydraulic dysfunction during acclimation to drought in grapevines: an osmotic-mediated process // Physiologia Plantarum. 2015. № 153. P.381–391. DOI:[10.1111/ppl.12253](https://doi.org/10.1111/ppl.12253)
 16. Medrano H., Tortosa I., Montes E., Pou A., Balda P., Bota J., Escalona J.M. Genetic improvement of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water use efficiency // Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment: tools, strategies, and challenges for woody crops / Tejero I.F.C., Zuazo V.H.D. eds. London, San Diego, Cambridge. Kidlington: Academic Press. 2018. P. 377–401. DOI: [10.1016/B978-0-12-813164-0.00016-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00016-8)
 17. Scholander P.F., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A., Hammel H.T. Sap pressure in vascular plants // Science. 1965. Vol. 148, № 3668. P. 339-346. DOI: [10.1126/science.148.3668.339](https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339)
 18. Shumilina J.S., Kuznetsova A.V., Frolov A.A., Grishina T.V. Drought as a form of abiotic stress and physiological markers of drought stress // Journal of stress physiology & biochemistry. 2018. Vol. 14, № 4. P. 5–15. EDN: [YSJLTF](#)
 19. Van Leeuwen C., Darriet P. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality // Journal of Wine Economic. 2016. Vol. 11, № 1. P. 150–167. DOI: [10.1017/jwe.2015.21](https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21)
 20. Volynkin V., Likhovskoi V., Levchenko S., Vasylyk I., Ryff I., Berezovskaya S., Boyko V., Belash D. Modern trends of breeding cultivars for recreational areas of viticulture // Acta Horticulturae. 2021. Vol. 1307. P. 13–20. DOI: [10.17660/ActaHortic.2021.1307.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.3)
 21. Yang C., Menz C., Fraga H., Costafreda-Aumedes S., Leolini L., Ramos M.C., Molitor D., van Leeuwen C., Santos J.A. Assessing the grapevine crop water stress indicator over flowering-veraison phase and the potential yield lose rate in important European wine regions // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 261. 107349. DOI:[10.1016/j.agwat.2021.107349](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107349)

References

1. Becker, H. (2015). *Plant breeding* (V.I. Leunova & G.F. Monakhos, Eds.). Partnership of scientific publications KMK. (In Russian).
2. Genkel, P.A. (1982). *Physiology of heat- and drought-resistance of plants*. Nauka. (In Russian).
3. Roshydromet. (2017). *A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2016*. Roshidromet. (In Russian). https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/Доклад2016.pdf
4. Korsakova, S.P. (2017). Monitoring of climatic changes and its account in viticulture activities. In *The VI International Scientific and Practical Conference "Konyaev Readings."* Ural State Agrarian University. <https://elibrary.ru/qfouvq> (In Russian, English abstract).
5. Kuznetsov, V.V., Zlobin, I.E., Kartashov, A.V., Sarvin, B.A., Stavrinidi, A.R., Pashkovsky, P.P., & Ivanov, Yu.V. (2018). Physiological adaptation mechanisms of coniferous plants to drought. In *Mechanisms of Resistance of Plants and Microorganisms to Unfavorable Environmental: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference* (Part 1). The V.B.Sochava Institute of Geography. <https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-17-20> (In Russian, English abstract).
6. Nenko, N.I., Kiseleva, G.K., Ilna, I.A., Sokolova, V.V., Zaporozhets, N.M., Karavaeva, A.V., & Shalyakho, T.V. (2021). Metabolic changes in different grape varieties in the activation of protective reactions to abiotic stress of the summer period. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 72, 145–159. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-6-72-145-159> (In Russian, English abstract).
7. Nilov, N.G. (2001). Tendencies in modern plant growing resulting in the need to organize plant water regime monitoring services. *Viticulture and Winemaking*, 32, 9–12. (In Russian).
8. Petrov, V.S., & Talash, A.I. (2018). Varieties for biological viticulture. *Scientific Works of North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-Making*, 15, 71–74. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-15-71-74> (In Russian, English abstract).
9. Plugatar, Yu.V., Korsakova, S.P., & Ilnitsky, O.A. (2015). *Environmental monitoring of the southern coast of Crimea*. *Arial*. <https://www.elibrary.ru/vcijmh> (In Russian).
10. Smirnov, K.V., Maltabar, L.M., Radjabov, A.K., Matuzok, N.V., & Troshin, L.P. (2017). *Viticulture*. FGBNU "Rosinformagrotekh". <https://www.elibrary.ru/peqcrm> (In Russian).
11. Stamatidi, V.Yu., & Ryff, I.I. (2017). Biotechnological evaluation of the heat resistance degree in some grapevine cultivars. *Ecosystems*, 11, 68–72. <https://www.elibrary.ru/zxqxbv> (In Russian, English abstract).
12. Charrier, G., Delzon, S., Domec, J. C., Zhang, L., Delmas, C. E. L., Merlin, I., Corso, D., King, A., Ojeda, H., Ollat, N., Prieto, J. A., Scholach, T., Skinner, P., van Leeuwen, C., & Gambetta, G. A. (2018). Drought will not leave your glass empty: Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world's top wine regions. *Science Advances*, 4(1). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao6969>
13. Kudoyarova, G.R., Kholodova, V.P., & Veselov, D.S. (2013). Current state of the problem of water relations in plants under water deficit. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60(2), 165–175. <https://doi.org/10.1134/s1021443713020143>
14. Kuznetsov, V.V., & Kholodova, V.P. (2011). Foreword to the publication of materials of all-Russian Symposium "Plant and Stress" (Moscow, October 9–12, 2010). *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(6), 951–951. <https://doi.org/10.1134/s1021443711060112>
15. Martorell, S., Medrano, H., Tomas, M., Escalona, J.M., Flexas, J., & Diaz-Espejo, A. (2014). Plasticity of vulnerability to leaf hydraulic dysfunction during acclimation to drought in grapevines: an osmotic-mediated process. *Physiologia Plantarum*, 153(3), 381–391. <https://doi.org/10.1111/ppl.12253>
16. Medrano, H., Tortosa, I., Montes, E., Pou, A., Balda, P., Bota, J., & Escalona, J.M. (2018). Genetic Improvement of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Water Use Efficiency: Variability Among

- Varieties and Clones. In I.F.G. Tejero & V.H.D. Zuazo (Eds.), *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment: tools, strategies, and challenges for woody crops* (pp. 377–401). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00016-8>
17. Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., & Hammel, H.T. (1965). Sap Pressure in Vascular Plants. *Science*, 148(3668), 339–346. <https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
18. Shumilina, J.S., Kuznetsova, A.V., Frolov, A.A., & Grishina, T.V. (2018). Drought as a form of abiotic stress and physiological markers of drought stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 14(4), 5–15. <https://www.elibrary.ru/ysjltf>
19. Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
20. Volynkin, V., Likhovskoi, V., Levchenko, S., Vasylyk, I., Ryff, I., Berezovskaya, S., Boyko, V., & Belash, D. (2021). Modern trends of breeding cultivars for recreational areas of viticulture. *Acta Horticulturae*, 1307, 13–20. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2021.1307.3>
21. Yang, C., Menz, C., Fraga, H., Costafreda-Aumedes, S., Leolini, L., Ramos, M.C., Molitor, D., van Leeuwen, C., & Santos, J.A. (2022). Assessing the grapevine crop water stress indicator over the flowering-veraison phase and the potential yield lose rate in important European wine regions. *Agricultural Water Management*, 261, 107349. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107349>