

УДК 634.86:631.671/675:632.4

UDC 634.86:631.671,675:632.4

DOI 10.30679/2219-5335-2023-1-79-128-153

DOI 10.30679/2219-5335-2023-1-79-128-153

**НАКОПЛЕНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ
И КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ
В ЯГОДАХ ВИНОГРАДА
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМАХ
ОРОШЕНИЯ И НАГРУЗКЕ УРОЖАЕМ**

**ACCUMULATION OF PHENOLIC
SUBSTANCES AND COLORING
AGENTS IN GRAPE BERRIES
UNDER DIFFERENT ALGORITHMS
OF IRRIGATION AND CROP LOAD**

Березовская Светлана Петровна
канд. с.-х. наук
ст. научный сотрудник
сектора физиологии растений
e-mail: vada_fotinia@inbox.ru

Berezovskaya Svetlana Petrovna
Cand. Agr. Sci.
Senior Staff Scientist
of Plant Physiology Sector
e-mail: vada_fotinia@inbox.ru

Попова Марина Сергеевна
мл. научный сотрудник
сектора физиологии растений
e-mail: darlik7@mail.ru

Popova Marina Sergeevna
Junior Staff Scientist
of Plant Physiology Sector
e-mail: darlik7@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Всероссийский национальный
научно-исследовательский институт
виноградарства и виноделия «Магарах»
РАН», Ялта, Республика Крым, Россия*

*Federal State Budget
Scientific Institution
«All-Russian National
Research Institute of Viticulture
and Winemaking «Magarach» RAS»,
Yalta, Republic of the Crimea, Russia*

В данной работе приведены данные по результатам изучения 2-х алгоритмов орошения винограда сорта Каберне Совиньон в производственных условиях филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра» на ЮБК в 2019–2020 гг. Опытный физиологический алгоритм предусматривал проведение двух водных стрессов. Первый кратковременный водный стресс – в период роста ягод, второй – в период их созревания. Глубина водного стресса в фазу роста ягод в предрассветных значениях водных потенциалов листьев была определена в пределах $-0,5...-0,55$ МПа. Глубина водного стресса в фазу созревания $-0,45...-0,5$ МПа. Нагрузка растений урожаем в опытном варианте была определена как повышенная - на 20% по сравнению с оптимальной. Контрольный вариант – бесстрессовая стратегия орошения на фоне оптимальной нагрузки урожаем. Основным инструментом контроля водного

This work presents the data on study results of two irrigation algorithms for Cabernet–Sauvignon grape variety in production conditions of the Livadia branch of FSUE PJSC Massandra in the South Coast of Crimea in 2019-2020. Experimental physiological algorithm provided for two water stresses to be carried out. The first short-term water stress was during the period of berry growth, the second one – during the stage of berry ripening. The depth of water stress during the stage of berry growth in predawn values of water potentials in leaves was determined in the range of $0.5-0.55$ MPa. The depth of water stress during the stage of berry ripening was in the range of $-0.45...-0.5$ MPa. Crop load of plants in experimental version was determined as higher than normal – by 20 % compared to the optimal one. The control variant was a stress-free irrigation strategy against

статуса растений служила камера давления для измерения водных потенциалов листьев. Вегетационные периоды 2019-2020 гг. характеризовались значительным превышением среднемесячных температур воздуха по сравнению со средними многолетними и малым количеством годовых осадков: соответственно 357,0 и 410,6 мм. Такие погодные условия привели к большим эвапотранспирационным расходам у растений винограда. И уже в третьей декаде июня растения опытного варианта испытывали серьёзный водный стресс ($-0,5 \dots -0,55$ МПа). Созревание винограда в стрессовом варианте орошения также проходило при дефиците влаги. Средние значения водных потенциалов листьев в предрассветные часы составили $-0,45 \dots -0,50$ МПа. В результате исследований было установлено, что стрессовая стратегия орошения на фоне повышенной нагрузки урожаем по сравнению с бесстрессовой на фоне оптимальной нагрузки урожаем позволила получить повышение массовой концентрации сахаров на $1,5 \text{ г/см}^3$, содержания общих фенольных веществ на 28,3 % и красящих веществ на 33,3 %.

Ключевые слова: ВИНОГРАД, АЛГОРИТМЫ ОРОШЕНИЯ, НАГРУЗКА УРОЖАЕМ, ВОДНЫЙ СТРЕСС, ВОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ, ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА

the background of optimal crop load. Basic tool to control water status of plants was a pressure chamber for measuring water potentials of leaves. Growing seasons of 2019-2020 were characterized by a significant rise of average monthly air temperatures compared to average long-term values and low annual precipitation amount: 357.0 and 410.6 mm, respectively. Such weather conditions have led to high evapotranspiration flow rate in grape plants. And yet, in the third decade of June, the plants of experimental variant experienced extreme water stress ($-0.5 \dots -0.55$ MPa). Ripening of grapes in stress variant of irrigation also took place with a moisture deficit. Average values of leave water potentials in predawn hours were $-0.45-0.50$ MPa. As a result of the research, it was found that stressful irrigation strategy against the background of an increased crop load, compared with a stress-free one and an optimal crop load, allowed an increase in the mass concentration of sugars by 1.5 g/cm^3 , in the content of total phenolic substances by 28.3 % and coloring agents by 33.3 %.

Key words: GRAPES, IRRIGATION ALGORITHMS, CROP LOAD, WATER STRESS, WATER POTENTIALS, PHENOLIC COMPOUNDS, COLORING AGENTS

Введение. Виноград (*Vitis vinifera*) – одна из наиболее важных сельскохозяйственных культур во всём мире. В настоящее время виноград выращивают более чем в 90 странах для производства вина, дистиллированных ликёров, сока, столового винограда и изюма [1].

Виноградарство в Крыму – наиболее перспективная и высококорентабельная отрасль сельского хозяйства, которая даёт не только диетические продукты питания, но и сырьё для винодельческой промышленности.

Выявление в винограде и вине таких веществ, как ресвератрол, позволяет определить дальнейшее развитие отечественного виноградарства по

пути «высококачественности» и производства в первую очередь продуктов, которые обладают целебными свойствами. Ресвератрол – стильбен, который принадлежит к фитоалексинам (защитным полифенольным соединениям), относится к основным компонентам растительных экстрактов, которые издавна использовались в традиционной медицине для лечения человека [2]. Из всех пищевых продуктов с большим количеством антиоксидантов выделяются виноград и виноградное вино, которые превышают по своей активности витамины С, Е, и В – каротин, содержат ряд полифенолов (кверцетин и мирицетин, катехин и этикатехин), фенольные кислоты (галовая, кофейная, кумаровая), мономерные антоцианы (гликозиды мальвидина, дельфинидина, цианидина и др.), полимерные процианидины и танины [2]. Многочисленные исследования последних лет, посвящённые биологическому действию ресвератрола, позволили установить противовоспалительный, антисклеротический, сердечно-сосудистый, антимуtagenный и противоопухолевой эффекты. По механизму действия полифенолы-антиоксиданты, которые обрывают цепные реакции, легко отдают свои электроны свободным радикалам, преобразуя их в инертные молекулы. Выраженная антиоксидантная активность, свойственна кверцетину, рутину и другим флавоноидам. Среди флавоноидов винограда наиболее показательны антоцианы, которые создают окраску красных вин, а также лейкоцианы и катехины различной степени полимеризации.

Нужно также отметить активность стильбенов против различных болезнетворных организмов, в частности от *Botrytis Cinerea*. Активностью против грамотрицательных бактерий владеют антоцианы, а против грамположительных – транскумаровая кислота. Полифенолы участвуют в фотосинтезе, дыхании, росте, формировании устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды [3]. Фенольные соединения относятся к одним из наиболее распространенных в растениях представителям вторичных метаболитов, образование которых характерно для всех их клеток и

тканей. Они чрезвычайно разнообразны по структуре и свойствам. Всего в ягоде винограда обнаружено несколько тысяч вторичных метаболитов [4]. В настоящее время растительный фенолом представлен более чем 10000 соединений [5]. Фенольные соединения участвуют в жизнедеятельности растений на протяжении всей их жизни. Отмечена их возможность защищать растения от болезней/патогенов, хищников, растений-конкурентов или абиотических стрессов (температура, дефицит воды, УФ-свет, токсичные металлы), а также облегчать взаимодействие с полезными или симбиотическими организмами необходимыми для питания или размножения растений. Эти специализированные метаболиты рассматривают как фитоалексины и антибиотики в ответ на действие микробиома, антифиданты против травоядных и/или в качестве сигнальных молекул для привлечения насекомых-опылителей. Все это является следствием структурного разнообразия компонентов фенолома растений, многие из которых присутствуют не только в «свободном», но и «связанном» (гликозиды, ацилированные и метоксилированные формы, конъюгаты с другими растительными метаболитами и т.п.) состоянии. Интерес к изучению фенольных соединений в значительной степени обусловлен их способностью взаимодействовать с активными формами кислорода, тем самым способствуя поддержанию окислительно-восстановительного баланса в клетках растений, что наиболее важно в условиях действия стрессовых факторов. В работе Г.П. Зайцева и соавторов [6] указано, что наличие стильбенов в винограде является ответной реакцией растений на всевозможные стрессы, заболевания милдью, оидиумом и другие инфекции.

Это свойство растительных фенольных соединений сохраняется и при их поступлении в организм человека, благодаря чему возможно создание высокоактивных препаратов, обладающих противовоспалительной, антиканцерогенной, противовирусной, антипаразитарной или бактерицидной активностью [5]. Известно и широкое применение фенольных соеди-

нений при лечении заболеваний человека различной этиологии в качестве капилляроукрепляющих, противовирусных, онкоингибирующих, антиоксидантных веществ. Известно и их защитное действие от COVID-19 [5].

Биологическому действию полифенолов, их защитному действию, составу и содержанию в различных органах виноградного растения и вине посвящены многочисленные исследования [6-12]. Фармакологическому изучению и получению сухого экстракта из красных листьев винограда культурного (*Vitis vinifera* L.) как лекарственного сырья для разработки в нашей стране на его основе венотонизирующих лекарственных средств посвящена работа В.Н. Дул [13]. Исследования по изучению фенольного комплекса красных сортов винограда и их лечебному действию представлены в работах [13, 14]. Оценка технологического запаса суммарных полифенолов виноградной грозди и фитоалексинов винограда и вина дана в ряде исследований [15-17]. Влиянию агротехнических приёмов на накопление фенольных веществ посвящены работы С.В. Левченко и соавторов [18, 19]. В исследованиях Клименко В.П., Тураева Д.О., Луцай Е.А., Лиховского В.В. [20] проведена оценка взаимосвязи между содержанием отдельных фенольных соединений в листьях и ягодах винограда. Определено, что большинство корреляций является положительными. Выявлены положительные и отрицательные корреляции, как между различными отдельными фенольными соединениями, так и между различными группами фенольных веществ. В результате дисперсионного анализа [21] показано, что влияние факторов «орган растения», «происхождение сорта», «срок созревания» на содержание соединений фенольных групп в растениях винограда является достоверным, а фактор «окраски ягоды» влиял только на концентрацию оксикарбоновых кислот при взаимодействии с факторами «орган растения» и «срок созревания». В работе Е.А. Рыбалко, Н.В. Барановой, В.Ю. Борисовой [22] проведена оценка степени благоприятности почвенных ресурсов Крыма применительно к культуре винограда, так как

направление использования виноградника, подбор его сортового состава в первую очередь обуславливают почвенно-климатические условия местности. Указанные выше авторы [23] знакомят нас с разработкой геоинформационной базы данных для исследования вариативности основных и вторичных метаболитов винограда в связи с пространственным распределением агроэкологических ресурсов. Их биосинтез и разложение происходит на разных стадиях развития ягоды. Понимание того, как различные абиотические факторы влияют на вторичный обмен веществ и, следовательно, качество ягод, имеет решающее значение при разработке технологии возделывания винограда для производства винограда высокого качества.

Неустойчивый режим выпадения осадков [24, 25] создает серьёзные проблемы при выращивании сельскохозяйственных культур, увеличивая спрос на ресурсы пресной воды. Почти все винодельческие регионы мира расположены в зонах умеренного климата, и во многих из них средиземноморский климат, характеризующийся тёплым и сухим летом. В этих регионах виноград регулярно подвергается периодам засухи, если не применяется орошение. В связи с этим процент поливных виноградников постоянно увеличивается [1]. Но чрезмерное орошение, так же как и недостаточное, может негативно сказаться на качестве урожая, вызвать асфиксию корневой системы, повысить поражаемость растений грибными заболеваниями, привести к засолению почв, в связи с чем, для получения высоких и качественных урожаев необходимо проводить мониторинг водного состояния растений с целью установления точных сроков и норм полива.

Разработка способов управления орошением и методов контроля водного состояния виноградников является основным элементом в современных технологиях выращивания винограда.

Таким образом, можно говорить об актуальности и своевременности проведения данных исследований с точки зрения технологической поддержки конкурентоспособности отечественного виноградарства и виноделия.

Цель исследований заключалась в разработке элементов технологии выращивания винограда, направленных на повышение его целебных свойств, в первую очередь количества природных антиоксидантов (красящих и фенольных веществ).

Объекты и методы исследований. Научно-исследовательская работа проводилась в 2019-2020 гг. в производственных условиях филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра» на сорте винограда Каберне Совиньон 2001 г. посадки, на площади 9,7 га. Подвой – Кобер 5ББ, схема посадки 3,0 м х 1,5 м, формировка – горизонтальный кордон, высота штамба 50-60 см. Культура неукрывная, орошаемая. Полив на участке производился с помощью установленной на винограднике системы капельного орошения израильской фирмы «АИК». Тип почвы – щебнистая среднесуглинистая. Количество учётных кустов – 25 в каждом варианте.

Количество установленных датчиков-индикаторов влажности почвы было 5 в каждом варианте исследований.

Методы исследований были следующие: определение длины побегов производили прямым измерением побегов, степени их вызревания расчетным путем, площади листьев ампелометрическим методом (С.А. Мельник, В.М. Щегловская) [26], фенологические наблюдения согласно методическим рекомендациям [26]. Коэффициенты плодоношения и плодоносности, средний урожай с куста, среднюю массу грозди определяли по А.Г. Амирджанову [27]. Массовую концентрацию сахаров в соке ягод определяли рефрактометрическим методом, массовую концентрацию титруемых кислот методом прямого титрования отмеренного объема сусла раствором щелочи до нейтральной реакции, рН-потенциометрическим методом, общие фенольные вещества колориметрическим методом с применением реактива Фолин-Чокальтеу, красящих веществ методом определения антоцианов в виноградном сусле и винах [28]. Определение водных потенциалов

листьев проводили методом камеры давления [29, 30]. Механический анализ гроздей выполнен по Н.Н. Простосердову [31], статистический согласно методике Г.Ф. Лакина [32] и прикладного пакета Microsoft Excel. Расчёт нагрузки урожаем производили по Л. Равазу [33].

Аппаратура, которая была использована: камера давления, датчики – индикаторы влажности почвы «SMS – Logrus – 3» и прибор для снятия показаний (фирмы «Logrus», Крым, г. Ялта), электронный прибор «Oregon Scintific», pH-метр Hanna HI9024, спектрофотометр «Evolution 220», рефрактометр Mettler Toledo.

Объектом исследований являлись разработанные нами стратегии орошения при оптимизации структуры кроны винограда.

Обсуждение результатов. Водный режим виноградного растения, интенсивность водного обмена могут быть рассмотрены как маркеры его функционального состояния, интенсивности метаболизма. В связи с этим, мониторинг водного режима виноградника может рассматриваться как экофизиологический мониторинг функционального состояния, что имеет важное значение для усовершенствования технологии возделывания винограда в целом. В настоящее время в качестве общепризнанного, наиболее объективного и информативного физиологического метода определения степени водного стресса виноградного растения следует выделить метод, основанный на измерении водных потенциалов листьев при помощи камеры давления [29]. В результате того, что в предрассветные часы влага в системе «почва-растение» приходит в равновесие, измерение водного потенциала листьев в это время становится объективным показателем водного потенциала почв. В дневные часы водный потенциал в большей степени зависит от напряженности атмосферных условий. В связи с этим по показаниям предрассветных водных потенциалов листьев можно судить как о водном дефиците растений в связи с недостатком почвенной влаги, так и о

величине водного потенциала почвы в зоне расположения активной части корневой системы [29].

В связи с тем, что мера водного стресса может быть точно и просто определена с помощью камеры давления для измерения водных потенциалов листьев, последнее стало очень удобным инструментом при организации нами мониторинга и реализации разработанных стратегий орошения [34].

Лабораторией физиологии растений института «Магарач» была инициирована разработка и изготовление камеры давления, адаптированной для работы с виноградным растением в полевых условиях. Камера давления была изготовлена Крымской фирмой «Logrus» по аналогии с 615 моделью камеры Scholander и представляет собой стальной толстостенный герметический цилиндр с толщиной стенок 10 мм. Внешние размеры: высота 170 мм, диаметр основания 90 мм. Внутренние размеры: высота 70 мм, диаметр основания 70 мм. Камера снабжена манометром со шкалой 0-40 кгс/см² (ГОСТ 2405-72), редуктором РС-250-58. При работе с камерой давления использовали смесь из 90-95 % азота и 5-10 % сжатого воздуха. Камера в рабочем состоянии полностью герметична и обладает высокой прочностью, а также все газопроводящие трубки, которые выдерживают давление свыше 100 атм. (около 10 МПа). Измерения проводятся в диапазоне от 0 до 2 МПа. Лист помещается в камеру, которая герметично закрывается. С помощью редуктора подается давление внутрь камеры до появления ксилемного сока на срезе. Момент появления ксилемного сока на срезе можно точно установить с помощью лупы или микроскопа. При каждом исследовании для измерения водного потенциала брали 5 зрелых не повреждённых листьев с каждого варианта опыта. Давление в камере, регистрируемое манометром, считают равным по абсолютной величине, но противоположным по знаку, водному потенциалу листа.

Для каждого вида растений можно выделить определённый диапазон значений водных потенциалов листьев, при котором снижается относи-

тельная транспирация и начинают закрываться устьица. У винограда эта величина порядка $-1,3$ МПа [29], там же приводится связь послеполюденных водных потенциалов листьев винограда с ходом основных физиологических процессов: меньше $-0,7$ МПа – максимальный рост побегов, от $-0,7$ до $-0,9$ МПа – умеренный рост побегов, от $-0,9$ до $-1,1$ – слабый рост побегов, от $-1,0$ до $-1,2$ МПа – прекращается рост листьев, от $-1,1$ до $-1,3$ – прекращается рост побегов, от $-1,3$ до $-1,5$ – устьица закрываются, более $-1,5$ МПа – листья начинают завядать и осыпаться. При предрассветных значениях водного потенциала листьев $-0,2$ МПа наблюдается максимальный рост побегов, при $-0,6$ МПа – существенное подавление транспирации, при $-0,9$ – подавление транспирации в 3 раза, при $-1,1$ МПа – после полива предрассветные водные потенциалы восстанавливаются, диапазон от $-1,1$ до $-1,3$ МПа является зоной сильного стресса, в диапазоне от $-1,3$ до $-1,5$ после полива водные потенциалы не восстанавливаются, при $-1,5$ МПа листья начинают отмирать, в течение дня слабые вариации потенциала. В работе Gambetta G.A. et al. [1] отмечено, что виноградные растения обычно функционируют в диапазоне от $-0,3$ до $-2,0$ МПа. Орошаемые виноградники обычно функционируют в безопасном диапазоне водных потенциалов, не превышающих $-1,5$ МПа. При осуществлении дефицитных стратегий орошения используют диапазон от $-1,2$ до $-1,4$ МПа. Более серьезный дефицит воды, превышающий $-1,6$ МПа, может вызвать потерю тургора и кавитацию ксилемы, что может привести к опадению листьев растений винограда [1].

Выбор стратегии орошения зависит от целей и возможностей виноградаря. Н.Г. Ниловым [30] была предложена классификация режимов орошения: бесстрессовые, стрессовые и смешанные.

При наличии систем локального орошения к наиболее перспективным и достаточно легко реализуемым в настоящее время можно отнести стратегии стрессового орошения. В регионах, где используют орошение,

большое внимание уделяется разработке стратегий недостаточного орошения на уровне ниже 100 % эвапотранспирации (МЭТ) с целью производства винограда высокого качества, особенно для красных вин [1, 24, 35].

С целью разработки физиологического алгоритма для управления орошением производственных насаждений сорта Каберне Совиньон был осуществлён предварительный контроль водного режима экспериментального виноградника. Водный режим опытного и контрольного вариантов виноградника изучали с помощью измерения водных потенциалов листьев, датчиков – индикаторов влажности почвы, значений влажности почвы, полученных термостатно-весовым методом. Все три показателя измеряли одновременно. На основе показаний предрассветных значений водных потенциалов листьев можно было судить о водном дефиците растений в связи с недостатком почвенной влаги в зоне расположения активной части корневой системы. Между показаниями датчиков – индикаторов влажности почвы, установленными на винограднике и значениями водного потенциала листьев было определено соответствие, что значительно облегчило контроль за водным состоянием растений. Параметры предрассветных значений водного потенциала листьев, влажности почвы на глубине 50 см и показаний датчиков – индикаторов влажности почвы, установленных на глубине 50 см, на производственном винограднике сорта Каберне Совиньон отражены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры предрассветных значений водного потенциала листьев, влажности почвы и датчиков – индикаторов влажности почвы, производственный опыт, филиал «Ливадия» АО ПАО «Массандра», 2019–2020 гг.

Параметры	Средние значения показателей						
Влажность почвы, % НВ	100±1,1	85±0,7	75±0,9	65±1,0	60±0,8	50±1,0	40±1,4
Показания прибора, усл. ед.	10± 0,07	7,0± 0,07	5,0± 0,07	3,3± 0,07	3,0± 0,05	2,5± 0,07	2,0± 0,07
Значения предрассветных водных потенциалов листьев, МПа	– 0,1± 0,01	– 0,2± 0,01	– 0,3± 0,01	– 0,4± 0,02	– 0,5± 0,02	– 0,7± 0,02	– 0,9± 0,02

В процессе работы была определена большая разнородность в водном режиме растений винограда на разных участках виноградника. Такая разнородность приводила к формированию разного качества винограда. Водное состояние отдельных участков виноградника, которое приводило к формированию урожая определённого качества, описывали в виде предрассветных значений водных потенциалов листьев. Значения водных потенциалов, которые приводили к формированию желаемого химического состава ягод и предыдущие экспериментальные данные лизиметрических и вегетационных опытов, а также литературные данные [1, 24, 35] были проанализированы и послужили основой в дальнейшей разработке опытного варианта физиологического алгоритма для орошения виноградника сорта Каберне Совиньон филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра». Так, в ряде работ [1, 35] приведены данные о том, что ранний водный дефицит до созревания ягод приводит к уменьшению размера ягод и увеличению концентрации фенольных соединений. В исследовании Gambetta G.A., Kurtural S.K. [24] отмечено, что синтез сахаров, фенольных и красящих веществ увеличивается, когда возникает водный стресс в конце вегетационного периода, между стадиями созревания и сбора урожая.

В результате был разработан физиологический алгоритм (опыт), который предусматривал проведение двух водных стрессов. Первый кратковременный водный стресс проводили сразу после цветения и завязывания всех ягод винограда. Второй водный стресс осуществляли в период созревания ягод. Глубина водного стресса в фазу роста ягод в предрассветных значениях водных потенциалов листьев была определена в пределах от $-0,5$ до $-0,55$ МПа. Глубина водного стресса в фазу созревания от $-0,45$ до $-0,5$ МПа. Контрольный вариант – бесстрессовая стратегия орошения.

Водный режим опытного и контрольного вариантов на протяжении вегетационных периодов проведения исследований поддерживали, регулируя орошение на уровне следующих предрассветных значений водных потенциалов листьев:

I – бесстрессовый алгоритм орошения:

распускание почек – цветение:	от – 0,1 до – 0,2 МПа;
конец цветения – рост ягод:	от – 0,2 до – 0,25 МПа;
рост ягод – начало созревания:	от – 0,2 до – 0,25 МПа;
созревание – сбор урожая:	от – 0,25 до – 0,35 МПа.

II – стрессовой алгоритм орошения:

распускание почек – цветение:	от – 0,1 до – 0,2 МПа;
конец цветения – рост ягод (размер небольшой горошины):	от – 0,5 до – 0,55 МПа;
рост ягод – начало созревания:	от – 0,25 до – 0,35 МПа;
созревание – сбор урожая:	от – 0,45 до – 0,5 МПа.

Вегетационные периоды винограда 2019-2020 гг. проходили на фоне высоких среднемесячных температур воздуха и выпадения недостаточного количества осадков при неравномерном их распределении во время вегетации. Среднемесячные показатели температур воздуха, суммы активных температур воздуха выше 10 °С и суммы осадков (мм) за вегетационные периоды 2019-2020 гг. на ЮБК, города Ялты представлены в таблице 2.

Вегетационный период 2019 года характеризовался напряжённым температурным и водным режимом. Превышение среднемесячных температур воздуха по сравнению со средними многолетними данными составил: в мае 1,3 °С, в июне 5 °С, августе 0,7 °С, в сентябре 2,4 °С. За вегетационный период выпало 119,7 мм осадков. Недобор влаги по сравнению со средними многолетними составил 42 %. По месяцам дефицит осадков составил: 92,1 % в мае, 11,8 % в июне, 36,9 % в августе, 61,8 % в сентябре, а в начале вегетации в марте осадков вообще не было. Существенные осадки выпали только в конце июня – 33 мм. Годовое количество осадков составило 357,4 мм.

Таблица 2 – Среднемесячные показатели температур воздуха, суммы активных температур воздуха (°C) и суммы осадков (мм) за вегетационные периоды 2019-2020 гг., г. Ялта

Год	Показатели	Метеоданные						
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма акт. t, °C
Средние много-летие	температура воздуха	11,8	16,2	20,0	24,0	24,5	18,4	3278
	количество осадков	29,8	30,3	41,7	39,7	30,1	34,8	
2019	температура воздуха	11,3	17,5	25,0	24,0	25,2	20,8	4477
	количество осадков	34,0	2,4	59,0	11,0	8,0	5,3	
2020	температура воздуха	10,5	15,6	22,0	26,0	25,2	22,8	4245
	количество осадков	13,0	31,0	39,0	6,4	10,4	24,0	

В 2020 году исследования проходили на фоне жаркого и очень засушливого вегетационного периода. Среднемесячные температуры воздуха в период с июня по сентябрь превышали средние многолетние на 2,0 °C в июне, на 1,9 °C в июле, на 0,7 °C в августе и на 4,4 °C в сентябре. И только в апреле и мае среднемесячные температуры воздуха были ниже соответственно на 1,3 °C и 0,6 °C средних многолетних значений. Всего за вегетационный период на ЮБК выпало 110,8 мм осадков, что составляет 53,4 % от средних многолетних значений. Недобор влаги за вегетационный период составил 46,6 %. По месяцам дефицит осадков был следующим: в апреле 61,8 %, в июле 83,9 %, в августе 65,5 %, в сентябре 69 %. Годовое количество осадков составило 410,6 мм.

На рисунке наглядно видно, что значения среднемесячных температур воздуха за вегетационные периоды 2019 и 2020 годов были несколько ниже только в апреле и мае, а в июле 2019 года среднемесячная температура равнялась средней многолетней.

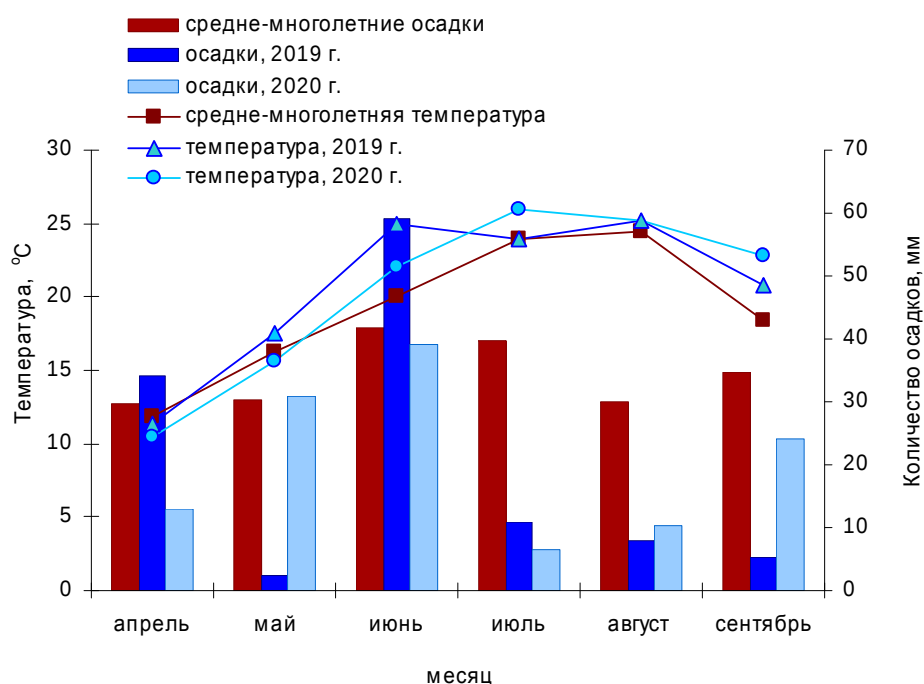


Рис. Среднемесячные показатели температур воздуха и суммы осадков за вегетационные периоды 2019-2020 гг., г. Ялта

Все остальные месяцы были с превышением средних многолетних температур воздуха. Превышение по осадкам было только в апреле и июне 2019 года. Анализ суммы активных температур выше 10 °C (средняя многолетняя 3278 °C) за вегетационные периоды лет исследований также превышали средние многолетние данные:

в 2019 – на 1199 °C (годовая сумма активных температур 4477 °C);

в 2020 – на 967 °C (годовая сумма активных температур 4245 °C).

Такие погодные условия приводили к большим эвапотранспирационным расходам (суммарное испарение с поверхности почвы и с поверхности листьев) и к дефициту влаги в почве. Данное обстоятельство позволяет осуществлять стрессовые режимы орошения винограда в нашем регионе, а также в других регионах с недостаточным естественным увлажнением. В работе В.И. Иванченко, С.П. Березовской и В.А. Мельникова [36] приводятся следующие значения предрассветных водных потенциалов листьев сорта Мускат белый, произрастающего на склонах крутизной 5 и 13° на неорошаемом винограднике Южного берега Крыма: в июле значения

водного потенциала листьев в предрассветные часы на крутизне склона 5° составляли – 0,37 МПа, а на крутизне склона 13° – 0,58 МПа, в сентябре соответственно – 0,62 и 0,63 МПа.

Средние значения водных потенциалов листьев, определённые в предрассветные часы, когда водный режим почвы и растения уравниваются, и в послеполуденные, когда растения в большей степени страдают от недостатка влаги и высоких температур, показатели влажности почвы (определённые термостатно–весовым путём) и показатели датчиков – индикаторов влажности почвы за периоды исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние значения показателей влажности почвы и водных потенциалов листьев винограда сорта Каберне Совиньон в производственном опыте филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра» за вегетационные периоды 2019-2020 гг.

Алгоритм орошения	Параметры водного режима		Показатели			
			период вегетации			
			цветение	после цветения	рост ягод	созревание ягод
Стрессовый	значения водных потенциалов листьев, МПа	предрассветные	–0,23±0,01	–0,5±0,02	–0,25±0,01	–0,45±0,01
		послеполуденные	–1,25±0,01	–1,5±0,01	–1,35±0,02	–1,45±0,03
	показания датчиков – индикаторов влажности почвы, усл. ед.		7,0±0,2	3,0±0,2	6,0±0,1	3,0±0,1
	влажность почвы, %НВ		85±0,2	60±0,9	80±0,7	60±0,8
Бесстрессовый	значения водных потенциалов листьев, МПа	предрассветные	–0,22±0,01	–0,25±0,01	–0,25±0,01	–0,3±0,01
		послеполуденные	–1,2±0,01	–1,25±0,01	–1,28±0,01	–1,35±0,02
	показания датчиков – индикаторов влажности почвы, усл. ед.		7,0±0,1	6,0±0,1	6,0±0,2	5,0±0,1
	влажность почвы, %НВ		85±1,3	80±0,7	80±0,7	75±0,7

В бесстрессовом варианте орошения водный режим почвы в период от фазы цветения до фазы созревания поддерживали на уровне 85-80 % от НВ и предрассветных значений водных потенциалов листьев –0,2...–0,25 МПа. Средние значения предрассветных водных потенциалов листьев при этом составили –0,25 МПа. В период созревания винограда влажность почвы в бес-

стрессовом варианте была 75 % НВ. Средние значения предрассветных водных потенциалов составили $-0,3$ МПа. В стрессовом варианте орошения средние значения послеполуденных водных потенциалов листьев опускались до $-1,55$ МПа в период роста ягод винограда и до $-1,45$ в период созревания урожая. В бесстрессовом варианте орошения послеполуденные водные потенциалы в среднем не опускались ниже $-1,35$ МПа.

Чтобы избежать потерь в количестве урожая, которые при снижении орошения от 100 до 60 % МЭТ в среднем составляют 26 % [35], при осуществлении стрессовой стратегии орошения нагрузка урожаем в среднем была повышена на 20 % в сравнении с бесстрессовой стратегией орошения. Предусматривалось, что такое незначительное повышение с одной стороны может предотвратить потери в урожае, а с другой стороны не вызовет большой перегрузки, от которой растения могут пострадать.

Средние агробиологические показатели, которые были получены в ходе проведения исследований по сорту винограда Каберне Совиньон в производственном опыте филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра», в 2019-2020 гг. представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Агробиологические показатели сорта Каберне Совиньон в производственном опыте филиала «Ливадия» АО ПАО «Массандра», 2019-2020 гг.

Изучаемые параметры	Алгоритм орошения	
	стрессовый	бесстрессовый
Среднее количество побегов, шт.	$23,2 \pm 2,6$	$21,0 \pm 2,8$
Среднее количество плодоносных побегов, шт.	$21,5 \pm 2,2$	$19,2 \pm 2,3$
Среднее количество гроздей, шт.	$32,8 \pm 1,5$	$27,3 \pm 1,6$
Коэффициент плодоношения, K_1	$1,4 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,05$
Коэффициент плодоношения, K_2	$1,5 \pm 0,06$	$1,4 \pm 0,06$
Средняя длина побегов, см	$156,9 \pm 11,0$	$182,3 \pm 10,3$
Средняя площадь листьев, см^2	87552 ± 1237	93138 ± 2632
Среднее вызревание лозы, %	$85,7 \pm 4,7$	$78,9 \pm 5,1$
Средняя масса грозди, г	$119,8 \pm 10,8$	$130,0 \pm 11,2$
Средний урожай с куста, кг/куст	$3,929 \pm 0,32$	$3,549 \pm 0,36$

Было получено превышение параметров длины побегов (182,3 см), площади листьев (93138 см²) и массы грозди (130 г) при бесстрессовой стратегии орошения по сравнению со стрессовой (соответственно 156,9 см, 87552 см² и 119,8 г). Однако показатели коэффициентов плодоношения (1,4), плодоносности (1,5), урожая с куста (3,929 кг/куст) и вызревания побегов (85,7 %) были выше в стрессовом варианте орошения по сравнению с бесстрессовым (соответственно 1,3 и 1,4; 3,549 кг/куст и 78,9 %).

Анализ урожая показал, что при осуществлении стрессовой стратегии орошения на фоне повышенной нагрузки урожаем сформировались более разряженные грозди меньшего размера и массы по сравнению с бесстрессовой стратегией орошения на фоне оптимальной нагрузки. А образовавшиеся более мелкие ягоды засохли и опали. При визуальном осмотре гроздей стрессового варианта орошения было также отмечено меньшее их поражение грибными заболеваниями по сравнению с бесстрессовым. Полученные данные подтверждаются опытами, описанными в работе С.П. Березовской и Т.Г. Райченко [37].

При учёте урожая винограда было установлено, что за счёт большего количества гроздей и в связи с меньшим количеством потерь от поражения грибными заболеваниями, средний урожай с куста при стрессовой стратегии орошения был на 10,7 % выше, чем при бесстрессовой. Уменьшение длины побегов и площади листьев под воздействием водного стресса способствовало формированию более «ажурного» полога, что в свою очередь послужило лучшему освещению, проветриванию гроздей и снижению поражаемости грибными заболеваниями. Влияние микроклимата полога на урожайность и качество плодов отмечено в работе Р. Смарта [38]. Формирование меньшего размера ягод и гроздей при стрессовом режиме орошения подтверждает также механический анализ гроздей винограда (табл. 5).

Таблица 5 – Механический анализ гроздей винограда сорта Каберне Совиньон, производственный опыт, филиал «Ливадия» АО ПАО «Массандра», 2019-2020 гг.

№ грозди		Вес, г				Объем 100 ягод	Вес, г		
		грозди	гребня	ягод	100 ягод		кожицы с плотными частями мякоти	семян	сока
стрессовый режим орошения									
1		123,7	3,0	120,7	83,9	75	35,7	8,1	76,9
2		130,6	6,1	124,5	69,4	66	32,6	11,6	80,3
3		103,0	3,3	99,7	78,5	70	29,4	8,8	61,5
4		120,5	3,1	117,4	77,3	75	32,1	9,1	76,2
5		117,2	3,8	113,4	75,0	72	30,8	9,2	73,4
средние значения	г	119,0±4,6	3,9±0,6	115,1±4,3	76,8±2,4	72,0±1,7	32,1±1,0	9,4±0,6	73,7±3,3
	%	100	3,3	96,7	—	—	27,9	8,2	64,0
бесстрессовый режим орошения									
1		123,6	2,8	120,8	121,8	120	38,7	9,5	72,6
2		136,6	2,9	133,7	136,7	125	36,1	10,7	86,9
3		126,0	3,0	123,0	122,0	120	36,5	9,3	77,2
4		133,0	2,8	130,2	132,0	125	44,1	10,2	75,9
5		130,8	3,0	127,8	130,0	120	43,5	10,3	74,0
средние значения	г	130,0±12,9	2,9±0,4	127,1±12,7	128,8±11,5	115,0±7,6	39,7±5,6	10,0±1,0	76,7±7,1
	%	100	2,2	97,8	—	—	31,2	7,9	60,3

Параметры веса гроздей и ягод при бесстрессовой стратегии орошения соответственно составили: 130,4 и 127,1 г, веса и объёма 100 ягод: 128,8 и 115,0 г и были выше по сравнению с параметрами при стрессовом алгоритме орошения (соответственно 119,0 и 115,1 г и 76,8 и 72,0 г). Формирование более мелких ягод и гроздей под воздействием водного стресса и нагрузки урожаем отмечено у ряда авторов [39-42]. Также было отмечено формирование более мощных гребней при стрессовой стратегии орошения (средняя масса 3,3 г) по сравнению с бесстрессовой (средняя масса 2,5 г).

Основной целью проводимых исследований является выяснение возможностей изменения биохимического состава виноградной ягоды посредством регулирования водного режима виноградного растения в наиболее важные фазы вегетации (роста и созревания ягод).

В нашем опыте биохимические показатели, такие как массовая концентрация сахаров и титруемых кислот, общих фенольных и красящих соединений, pH, определяли в соке ягод винограда.

Было установлено, что в стрессовом варианте орошения более интенсивно проходило накопление фенольных (с превышением на 28,3 %) и красящих (с превышением на 33,3 %) веществ (табл. 6). Увеличение количества фенольных и красящих соединений при стрессе отмечено в работах многих авторов [1, 24, 42-46].

При осуществлении стрессовой стратегии орошения более интенсивно проходило и накопление массовой концентрации сахаров (табл. 6).

Таблица 6 – Параметры качества урожая винограда сорта Каберне Совиньон в производственном опыте, филиал Ливадия, АО ПАО «Массандра», ЮБК, 2019-2020 гг.

Изучаемые параметры	Вариант опыта	
	опыт	контроль
Массовая концентрация сахаров, г/100 см ³	24,9 ± 2,5	23,4 ± 2,8
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	7,7 ± 0,6	8,0 ± 0,5
рН	3,5 ± 0,03	3,3 ± 0,03
Общие фенольные соединения, г/дм ³	195,0 ± 6,8	152,0 ± 7,2
Красящие вещества, г/дм ³	60,0 ± 8,0	45,0 ± 9,4

Превышение значений по данному показателю в стрессовом варианте орошения составило 1,5 г/100 см³ по сравнению с бесстрессовым на фоне более высоких значениях рН – 3,5, в бесстрессовом варианте 3,3.

В своей работе Muller B. et al. отмечают, что в условиях дефицита воды снижение роста происходит быстрее, чем уменьшение ассимиляции, что приводит к более высокому накоплению сахаров в листьях [42].

Выводы. Было установлено, что разработанные элементы технологии выращивания винограда с осуществлением двух водных стрессов, одного кратковременного (до –0,5...–0,55 МПа) после цветения винограда в фазу роста ягод и длительного в фазу созревания винограда (до –0,5...–0,45 МПа) на фоне повышенной нагрузки урожаем на 20 % от оптимальной, позволили получить повышение массовой концентрации сахаров на 1,5 г/см³, содержания общих фенольных веществ на 28,3 г/дм³ и

красящих веществ на 33,3 %. Отмечено уменьшение поражаемости растений винограда грибными заболеваниями при осуществлении стрессовой стратегии орошения по сравнению с бесстрессовой. Установлена возможность получения урожаев желаемого качества с помощью поддержания определенного водного режима при контроле водного состояния растений. Показано, что очень удобным и точным способом контроля водного состояния растений винограда в производственных условиях является метод измерения водных потенциалов листьев с помощью камеры давления.

Литература

1. Gambetta G.A. et al. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance // *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71. Issue 16. P. 4658-4676. DOI: 10.1093/jxb/eraa245.
2. Белякова Е.А., Якуба Ю.Ф., Гугучкина Т.И. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность новых красных сортов винограда // *Виноделие и виноградарство*. 2006. № 6. С.16-17.
3. Яланецкий А.Я. Виноградное вино как функциональный продукт питания лечебно-профилактического назначения // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2010. № 4. С. 36-37.
4. Загоскина Н.В. Биофлавоноиды растений: распространение, свойства, экология, здоровье человека // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой профессору Ю.Д. Жилову «Экология и здоровье человека»*. Москва, 2020. С. 104-106.
5. Загоскина Н.В. Фенолом растений и его регуляция // *Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: сборник материалов XI Международного симпозиума*. М.: Институт физиологии растений им.К.А. Тимирязева РАН, 2022. С. 7.
6. Фитоалексины винограда и вина / Г.П. Зайцев [и др.] // *Виноградарство и виноделие*. 2015. Т. 45. С. 110-112.
7. Chaves M.M. et al. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data // *Ann Bot*. 2010. Vol. 105(5). P. 661-676. DOI: 10.1093/aob/mcq030.
8. Radulescu L. et al. Phitochemical profiles, antioxidant and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) seeds and skin from organic and conventional vineyards // *Plants (Basel)*, 2020. Vol. 9(11). P. 1470. DOI: 10.3390/plants9111470.
9. Albergaria E.T., Morais Oliveira A.F., Albuquerque U.P. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants // *South African Journal of Botany*, 2020. Vol. 131. P. 12-17. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.02.002.
10. Высокомолекулярные соединения в сусле новых сортов и клонов винограда / Н.М. Агеева [и др.] // *Химия растительного сырья*. 2019. № 4. С. 97-103.
11. Агеева Н.М., Чемисова Л.Э., Маркосов В.А. Исследование состава фенольного комплекса красных сортов винограда, произрастающего в Республике Крым и в Краснодарском крае [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2016. № 37(01). С. 161-170. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/01/13.pdf.1>. (дата обращения 15.02.2021).

12. Биологически активные вещества и здоровье / А.Л. Загайко [и др.]. Харьков, 2012. 404 с.

13. Дул В.Н. Фармакогностическое изучение и стандартизация винограда культурного (*Vitis Vinifera* L.) листьев красных и сухого экстракта на их основе : дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.02 / Дул Вячеслав Николаевич. Москва, 2014. 126 с.

14. Ostroukhova E. et al. Chemical and technological features of native grape cultivars of Crimea / In the book: Vitis products composition, health benefits and economic valorization. Plant science research and practice. New York, 2021. P. 17-55.

15. Барабой В.А. Фенольные соединения виноградной лозы: структура, антиоксидантная активность, применение // Биотехнология. 2009. Т. 2. С. 67-73.

16. Оценка технологического запаса суммарных полифенолов виноградной грозди / И.В. Черноусова [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022. № 24(2). P. 177-185. DOI 10.35547/IM.2022.53.41.013.

17. Levchenko S.V. et al. Phenolic compounds in the Crimean autochthonous grape cultivars // Acta Horticulturae. 2021. Т. 1308. С. 181-188.

18. Levchenko S.V. et al. Assessment of the influence of foliar treatment on productivity and phenolic maturity of grapes // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 232. 03026.

19. Левченко С.В. Управление качеством винограда селекционно-генетическими и агротехнологическими методами: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.08 / Левченко Светлана Валентиновна. Ялта, 2022. 368 с.

20. Клименко В.П., Тураев Д.О., Луцай Е.А., Лиховской В.В. Взаимосвязь между содержанием фенольных соединений в листьях и в ягодах винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21 (3). С. 198-203. DOI 10.35547/IM. 2019.21.3.003.

21. Клименко В.П., Тураев Д.О., Луцай Е.А., Лиховской В.В. Детерминация изменчивости фенольных соединений в растениях винограда [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65(5). С. 193-210. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/05/15.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-193-210 (дата обращения: 19.01.2023).

22. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Борисова В.Ю. Оценка почвенных условий Крымского полуострова применительно к культуре винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. № 21(3). С. 235-239. DOI 10/35547/IM.2019.21.3/009.

23. Рыбалко Е.А., Остроухова Е.В., Баранова Н.В., Пескова И.В., Борисова В.Ю. Разработка геоинформационной базы данных для исследования вариативности основных и вторичных метаболитов винограда в связи с пространственным распределением агроэкологических ресурсов [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 66(6). С. 149-167. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/06/11.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-6-66-149-167 (дата обращения: 19.12.2022).

24. Gambetta G.A., Kurtural S.K. Global warming and wine quality: are we close to the tipping point? // OENO One. 2021. Vol. 55. No.3(2021). P. 353–361. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.3.4774>.

25. Chacon–Vozmediano J.L. Effects of water stress on vegetative growth and Merlot grapevine yield in a Semi – Arid Mediterranean climate // Horticulturae. 2020. Vol. 6(4). P. 95. DOI: 10.3390/horticulturae6040095.

26. Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины / Под ред. А.М. Авидзба. Ялта: Институт винограда и вина «Магарач», 2004. 264 с.

27. Амирджанов А.Г. Оценка продуктивности сортов винограда и виноградников: методические указания. Ялта, 2002. 46 с.

28. Методы теххимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиковой. Симферополь, 2009. 303 с.
29. Нилов Н.Г. Методы мониторинга водного режима виноградников / Труды Научного центра виноградарства и виноделия. Ялта, 2000. Т. 2. Кн. 3. С. 36-40.
30. Нилов Н.Г. Стратегия орошения виноградников // Виноградарство и виноделие. 2001. №1. С. 26-28.
31. Простосердов Н.Н. Изучение винограда для определения его использования. Москва: Пищепромиздат, 1963. 78 с.
32. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа. 1990. 351 с.
33. Верновский Э.Д. Виноградарство и виноделие. Москва: Колос, 1984. С. 311.
34. Нилов Н.Г., Березовская С.П., Рыфф И.И., Иванов Ю.А. Способы управления орошением виноградников: тезисы докладов и сообщений Международной научно-практической конференции, посвящённой 180-летию НИВиВ «Магараç». Ялта, 2008. Т. 2. С. 45-46.
35. Березовская С.П. Повышение качества винограда путем оперативного управления его водным режимом при микроорошении: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08 / Березовская Светлана Петровна. Ялта, 2000. 18 с.
36. Иванченко В.И., Березовская С.П., Мельников В.А. Влияние крутизны склона и влагообеспеченности участка на качество и количество урожая сорта Мускат белый в условиях Южного берега Крыма // «Магараç». Виноградарство и виноделие. 2016. № 1. С. 10-12.
37. Березовская С.П., Райченко Т.Г. Снижение поражаемости растений столовых сортов винограда под воздействием водного стресса // «Магараç». Виноградарство и виноделие. 2015. №4. С.32-34.
38. Smart R.E. Principles of grapevine canopy microclimate with implications for yield and quality // American S., Enol. Vitis. 1985. Vol. 36. P.230–239.
39. Naor A., Bravdo B., Hepner Y. Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon Blanc yield, juice quality and water relations // South African Journal of Enology and Viticulture. 1993. Vol. 14. № 2. DOI: 10.21548/14-2-2172.
40. Charrier G., Delzon S., Domec J.C. et al. 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). 31 2018.eaao6969.
41. Петров В.С., Фисюра А.В., Марморштейн А.А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта Ливия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 62-71.
42. Muller B. et al. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs // Journal of Experimental Botany. 2011. Vol. 62. Issue 6. P. 1715–1729. DOI: 10.1093/jxb/erq438.
43. Ojeda H., Deloire A., Carbonneau A. Influence of water deficits on grape berry growth // Vitis. 2001. Vol. 40(3). P. 141-145.
44. Alsina M.M. et al. Water relations and vulnerability to embolism in eight grapevine cultivars // Vitis. 2007. Vol. 46(1). P.1-6.
45. Picard M. et al. Water deficit impacts aging bouquet in fine red Bordeaux wine // Food Chemistry. 2017. DOI: 10.3389/fchem.2017.00056.
46. Alberghia E.T. et al. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants // South African Journal of Botany. 2020. Vol. 131. P. 12-17. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.02.002.

References

1. Gambetta G. A. et al. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance // Journal of Experimental Botany. 2020. Vol. 71, Issue 16. P. 4658-4676. DOI: 10.1093/jxb/eraa245.
2. Belyakova E.A., Yakuba Yu.F., Guguchkina T.I. Biologically active substances and antioxidant activity of new red grape varieties // Winemaking and viticulture. 2006. № 6. P. 16-17. (in Russian).
3. Yalanetsky A.Ya. Grape wine as a functional food product for therapeutic and prophylactic purposes // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2010. № 4. P. 36-37. (in Russian).
4. Zagorskina N.V. Plant bioflavonoids: distribution, properties, ecology, human health // Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to Prof. Yu.D. Zhilov "Ecology and Human Health". Moscow, 2020. P. 104-106. (in Russian).
5. Zagorskina N.V. Plant phenol and its regulation / In the book: Phenolic compounds: fundamental and applied aspects. Collection of materials of the XI International Symposium. Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev RAS. 2022. P.7. (in Russian).
6. Zaitsev G.P. Phytoalexins of grapes and wine // Viticulture and winemaking. 2015. Vol. 45. P. 110-112. (in Russian).
7. Chaves M.M. et al. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data // Ann Bot. 2010. Vol. 105(5). P. 661-676. DOI: 10.1093/aob/mcq030.
8. Radulescu L. et al. Phitochemical profiles, antioxidant and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) seeds and skin from organic and conventional vineyards // Plants (Basel). 2020. Vol. 9(11). P. 1470. DOI: 10.3390/plants9111470.
9. Albergaria E.T., Morais Oliveira A.F., Albuquerque U.P. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants // South African Journal of Botany. 2020. Vol. 131. P. 12-17. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.02.002.
10. Ageeva N.M. et al. High-molecular compounds in the must of new varieties and clones of grapes // Chemistry of vegetable raw materials. 2019. № 4. P. 97-103. (in Russian).
11. Ageeva N.M., Chemisova L.E., Markosov V.A. Composition's study of the phenol complex of red grapes types, growing in the Republic of the Crimea and in the Krasnodar region [Electronic resource] // Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2016. № 37(01). P. 161-170. Available at: <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/01/13.pdf.1>. (accessed date: 15.02.2021) (in Russian).
12. Zagaiko A.L. et al. Biologically active substances and health. Kharkov, 2012. 404 p. (in Russian).
13. Dul V.N. Pharmacognostic study and standardization of red grapes (*Vitis Vinifera* L.) leaves and dry extract based on them: dissertation for the degree of Cand. Agric. Sci.: 14.04.02 / Dul Vyacheslav Nikolaevich. Moscow, 2014. 126 p. (in Russian).
14. Ostroukhova E. et al. Chemical and technological features of native grape cultivars of Crimea / In the book: Vitis products composition, health benefits and economic valorization. Plant science research and practice. New York, 2021. P. 17-55.
15. Baraboy V.A. Phenolic compounds of grapevine: structure, antioxidant activity, application // Biotechnology. 2009. Vol.2. P. 67-73. (in Russian).
16. Chernousova I.V. et al. Evaluation of technological stock of total polyphenols in a grape bunch // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2022. № 24(2). P.177-185. DOI: 10.35547/IM.2022.53.41.013 (in Russian).

17. Levchenko S.V. et al. Phenolic compounds in the Crimean autochthonous grape cultivars // *Acta Horticulturae*. 2021. Vol. 1308. C. 181-188.
18. Levchenko S.V. et al. Assessment of the influence of foliar treatment on productivity and phenolic maturity of grapes // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 232. 03026.
19. Levchenko S.V. Management of the quality of grapes by selection-genetic and agrotechnological methods: Dis. ... Dr. Agric. Sci.: 06.01.08 / Levchenko Svetlana Valentinovna. Yalta, 2022. 368 p. (in Russian).
20. Klimenko V. P., Turaev D. O., Lushchai E. A., Likhovskoi V.V. The relationship between phenolic compounds content in grapevine leaves and berries // *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019. Vol. 21(3). P. 198–203. DOI: 10.35547/IM. 2019.21.3.003 (in Russian).
21. Klimenko V. P., Turaev D. O., Lushchai E. A., Likhovskoi V.V. Determination of the variability of phenolic compounds in grape plants // *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020. № 65 (5). P. 193-210. (in Russian).
22. Rybalko E.A., Baranova N.V., Borisova V.Yu. Assessment of the Crimean peninsula soil conditions in the context of viticulture // *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019. Vol. 21(3). P. 235–239. DOI: 10/35547/IM.2019.21.3/009 (in Russian).
23. Rybalko E.A., Ostroukhova E.V., Baranova N.V. Development of geoinformational database to study the variability of major and secondary grape metabolites in connection with spatial distribution of agroecological resources // *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020. № 66(6). P. 149-163. DOI: 10.30679/2219–5335–2020–6–66–149–167 (in Russian).
24. Gambetta G.A., Kurtural S.K. Global warming and wine quality: are we close to the tipping point? // *OENO One*. 2021. № 3(2021). Vol. 55. P. 353–361. DOI: 10.20870/eno-one.2021.55.3.4774.
25. Chacon–Vozmediano J.L. Effects of water stress on vegetative growth and Merlot grapevine yield in a Semi – Arid Mediterranean climate // *Horticulturae*. 2020. No. 6(4). P. 95. DOI: 10.3390/horticulturae6040095.
26. Guidelines for agrotechnical research in viticulture in Ukraine / Edited by A.M. Avidzba. Yalta: Institute of Vine and Wine Magarach, 2004. 264 p. (in Russian).
27. Amirjanov A.G. Evaluation of the productivity of grape varieties and vineyards: methodical instructions. Yalta. 2002. 46 p. (in Russian).
28. Methods of technochemical control in winemaking / Edited by V.G. Gerzhikova. Simferopol, 2009. 303 p. (in Russian).
29. Nilov N.G. Methods for monitoring the water regime of vineyards / Works of the Scientific Center for Viticulture and Winemaking. Yalta, 2000. Vol. 2. Book. 3. P. 36-40. (in Russian).
30. Nilov N.G. Vineyard irrigation strategy // *Viticulture and winemaking*. 2001. № 1. P. 26-28. (in Russian).
31. Prostoserdiv N.N. The study of grapes to determine their use. Moscow: Pishchepromizdat, 1963. 78 p. (in Russian).
32. Lakin G.F. Biometrics. Moscow: Higher School, 1990. 351 p. (in Russian).
33. Vernovskiy E.D. Viticulture and winemaking. Moscow: Kolos, 1984. 311 p. (in Russian).
34. Nilov N.G., Berezovskaya S.P., Ryff I.I., Ivanov Yu.A. Methods for managing the irrigation of vineyards: Abstracts of reports and reports of the international scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the Institute Magarach. Yalta, 2008. Vol. 2. P. 45-46. (in Russian).

35. Berezovskaya S.P. Improving the quality of grapes through the operational management of its water regime during micro-irrigation: Dis. Autoref. Of the Cand. Agric. Sci.: 06.01.08 / Berezovskaya Svetlana Petrovna. Yalta, 2000. 18 p. (in Russian).

36. Ivanchenko V.I., Berezovskaya S.P., Melnikov V.A. Effect of steepness of the slope on the soil moisture content and consequently on the quality and quantity of crop varieties Muscat White in the conditions of Southern coast of Crimea // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2016. Vol. 1. P. 10-12. (in Russian).

37. Berezovskaya S.P., Raichenko T.G. Reduction of infestation of table grape plants with fungal diseases as affected by water stress // Magarach. Viticulture and Winemaking. 2015. Vol. 4. P. 32-34. (in Russian).

38. Smart R.E. Principles of grapevine canopy microclimate with implications for yield and quality // American S., Enol. Vitis. 1985. Vol. 36. P.230-239.

39. Naor A., Bravdo B., Hepner Y. Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon Blanc yield, juice quality and water relations // South African Journal of Enology and Viticulture. 1993. Vol. 14. № 2. DOI: 10.21548/14-2-2172.

40. Charrier G., Delzon S., Domec J.C. et al. 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). 31 2018.eaao6969.

41. Petrov V.S., Fisyura A.V., Marmorstein A.A. Biological method of managing the productivity of irrigated grape variety Livia // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2022. № 2(66). P. 62-71. (in Russian).

42. Muller B. et al. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs // Journal of Experimental Botany. 2011. Vol. 62. Issue 6. P. 1715-1729. DOI: 10.1093/jxb/erq438.

43. Ojeda H., Deloire A., Carbonneau A. Influence of water deficits on grape berry growth // Vitis. 2001. Vol. 40(3). P. 141-145.

44. Alsina M.M. et al. Water relations and vulnerability to embolism in eight grapevine cultivars // Vitis. 2007. Vol. 46(1). P.1-6.

45. Picard M. et al. Water deficit impacts aging bouquet in fine red Bordeaux wine // Food Chemistry. 2017. DOI: 10.3389/fchem.2017.00056.

46. Albergaria E.T. et al. The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants // South African Journal of Botany. 2020. Vol. 131. P. 12-17. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.02.002.