

## АДАПТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА

**Киселева Г.К.**, канд. биол. наук, **Ильина И.А.**, д-р техн. наук,  
**Соколова В.В.**, канд. с.-х. наук, **Запорожец Н.М.**, канд. с.-х. наук,  
**Петров В.С.**, д-р с.-х. наук, **Хохлова А.А.**, канд. биол. наук, **Караваева А.В.**, **Схаляхо Т.В.**

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

**Реферат.** Изучены особенности физиолого-биохимических изменений, происходящие в листьях сортов винограда различного эколого-географического происхождения в летний период 2021-2022 гг. Выявлены сортовые различия в формировании ответных реакций на повышенные температуры и недостаток осадков. Сорта винограда Кристалл, Достойный, Восторг проявили себя более адаптивными к стрессам летнего периода в сравнении с сортами Красностоп АЗОС, Алиготе, Зариф, и рекомендуются для возделывания в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края и использования в селекции.

**Ключевые слова:** виноград, сорт, ответные реакции, повышенные температуры, недостаток осадков, каротиноиды

**Summary.** The features of physiological and biochemical changes occurring in the leaves of grape varieties of various ecological and geographical origin in the summer period of 2021-2022 were studied. Varietal differences in the formation of responses to elevated temperatures and lack of precipitation were revealed. Grape varieties Kristall, Dostoynyi, Vostorg proved to be more adaptable to summer stresses in comparison with the varieties Krasnostop AZOS, Aligote, Zarif, and are recommended for cultivation in the conditions of the Anapo-Taman zone of the Krasnodar region and use in breeding.

**Key words:** grapevine, variety, responses, elevated temperatures, lack of rainfall, carotenoids

**Введение.** Важной составляющей адаптивного потенциала сортов винограда является устойчивость к летним стрессам (повышенным температурам и засухе). В связи с тем, что за последние 40 лет на территории Анапо-Таманской зоны Краснодарского края произошло повышение среднегодовой температуры воздуха на 1,9 °С, максимальной – на 4,4 °С, уменьшение количества атмосферных осадков в фенофазу роста и созревания ягод на 30 мм вопросы устойчивости винограда к летним стрессам остаются актуальными [1].

Повышенные температуры и недостаток осадков оказывают негативное влияние на все процессы жизнедеятельности винограда и являются одной из причин, снижающих его урожайность и качество ягод, что подтверждено многочисленными исследованиями [2-6].

Показано также влияние глобальных изменений климата на рост, обмен веществ виноградной лозы, физиологические процессы, включая фотосинтез, дыхание, эффективность использования влаги, химические компоненты и др. Рассмотрено действие и взаимодействие изменений концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, повышенной температуры и засухи на физиологические процессы в растениях [7-10].

При недостаточном водообеспечении наблюдается усиление интенсивности транспирации и дыхания, снижение фотосинтетической активности и водоудерживающей способности тканей, что приводит к существенному торможению роста и снижению продуктивности растений [2]. Изменения физиологических процессов отражается на физиолого-биохимических показателях, которые активно используются для выявления устойчивых сортов плодово-ягодных культур и других растений [11-14].

На сегодня получены факты, свидетельствующие о том, что адаптация растений к стрессовым условиям коррелирует с усилением антиоксидантной защиты, компонентами которой являются пролин, пероксидаза, каротиноиды, аскорбиновая кислота и др. Эти метаболиты могут служить маркерами развития окислительного стресса и диагностическими критериями засухоустойчивости растений [15].

Физиолого-биохимические исследования, позволяющие изучить адаптационную устойчивость винограда в сложившихся климатических условиях, важны для выявления наиболее устойчивых генотипов для возделывания и использования в селекционных целях.

Цель настоящей работы – изучить формирование адаптивных реакций сортов винограда различного эколого-географического происхождения к повышенным температурам и засухе летнего периода, выявить наиболее адаптивные сорта для условий Анапо-Таманской зоны Краснодарского края.

**Объекты и методы исследований.** Материал для исследований отбирался в летний период 2021-2022 гг. на участках ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия (АЗОСВиВ) – филиале ФГБНУ СКФНЦСВВ, расположенной в г. Анапа. Физиолого-биохимические исследования проводились в лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ СКФНЦСВВ, Центре коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии; физиолого-биохимические и микробиологические исследования; почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность.

Объектами исследований являлись сорта винограда различного эколого-географического происхождения: межвидовые гибриды европейско-американского происхождения Достоянный, Красностоп АЗОС, Восторг, западно-европейского происхождения – Алиготе, восточно-европейского происхождения – Зариф. Контроль – высоко устойчивый сорт Кристалл – межвидовой гибриды евро-амуро-американского происхождения. Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3 × 2,5 м, почва – чернозем южно-карбонатный.

Для физиолого-биохимических исследований ежемесячно отбирали закончившие рост листья с седьмого-девятого узла плодоносящих боковых побегов (с трех кустов винограда каждого сорта в 5-кратной повторности). Параметры водного режима определяли весовым методом по Кушниренко [16]. Содержание фотосинтетических пигментов находили спектрофотометрическим методом в 85 % ацетоновой вытяжке [17]. Содержание углеводов определяли с использованием антронового реактива согласно методике [18]. Статистическую обработку полученного экспериментального материала проводили по методике [19]. Расчеты выполняли с использованием программного пакета Microsoft Excel 2010.

**Обсуждение результатов.** В июле и августе 2021 года среднемесячные температуры воздуха составляли 26,1 и 25,4 °С соответственно. Максимальные температуры воздуха достигали 35 °С. На фоне высоких температур июль к тому же характеризовался небольшим количеством выпавших осадков – 33 мм за месяц в сравнении с августом, в котором выпало 346 мм осадков.

В июне-июле 2022 года среднемесячные температуры воздуха составляли 23,0 и 24,2 °С соответственно. Максимальная температура воздуха достигала 33 °С. Август был самым жарким – среднемесячная температура воздуха составляла 27 °С, максимальная – 34 °С. На фоне высоких температур июль и август характеризовались небольшим количеством выпавших осадков – 9 мм за месяц в сравнении с июнем, в котором выпал 41 мм осадков (рис. 1).

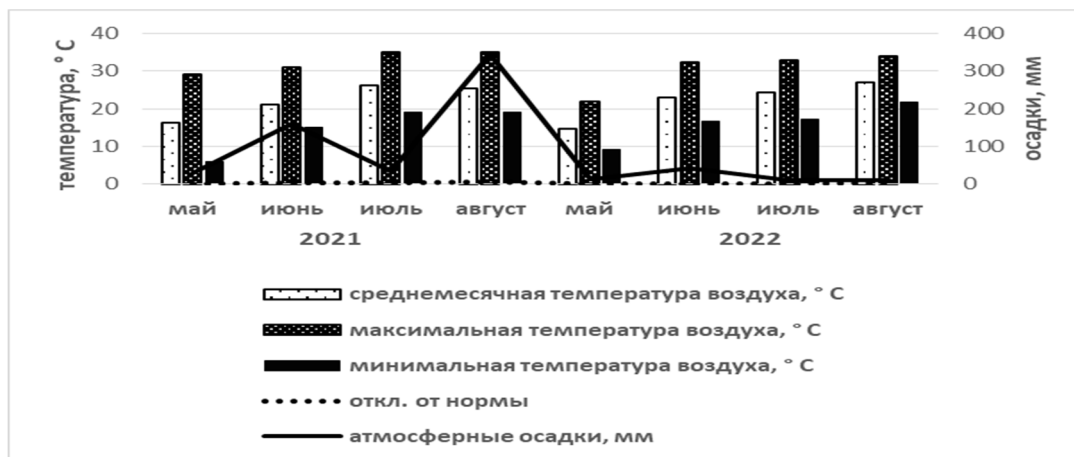


Рис. 1. Метеорологические условия летнего вегетационного периода 2021-2022 гг., г. Анапа

Вода играет важную роль в жизни виноградного растения, она является основным растворителем и активным метаболитом многих биохимических процессов. Нормальное функционирование листьев и побегов возможно лишь при условии сохранения и поддержания достаточной оводненности их тканей.

По данным исследователей содержание воды в листьях винограда в начале вегетации составляет 80-82 %, в конце 70-75 % и зависит от возраста, подвоя, местоположения на ярусе, агротехнологических приемов и ряда других факторов. Также показано, что в середине лета содержание воды в листьях винограда составляет около 73 %. В побегах в это время содержится 71 % воды, в кистях 70-85 %, в ягодах – около 85 %. Снижение оводненности листьев, как и других органов виноградного куста к концу периода вегетации является необратимым процессом и связано с возрастными изменениями свойств биокolloидов плазмы, а также с сезонными перестройками в анатомическом строении клеток [20].

Нашими исследованиями установлено, что в июне оводненность листьев изучаемых сортов винограда была максимальной и составляла 68,64-77,21 %. В июле она снижалась до 66,26-75,17 %, и в августе составляла 66,08-70,98 % в зависимости от сорта (рис. 2).

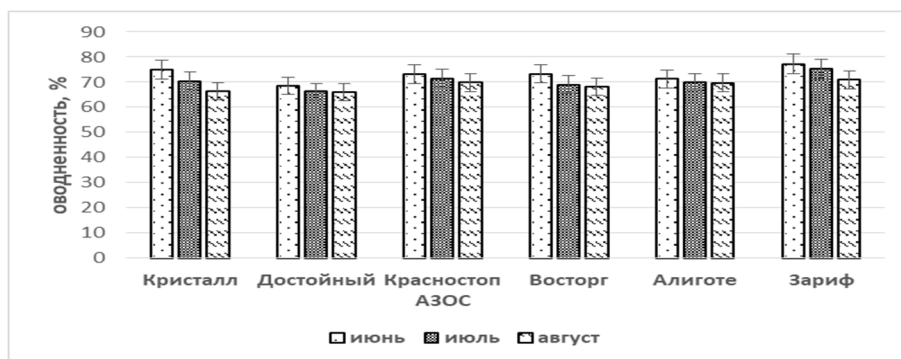


Рис. 2. Оводненность листьев винограда в летний период 2021-2022 гг.

Таким образом, к концу лета содержание воды в листьях снизилось на 1,59-8,55 % в зависимости от сорта. В наименьшей степени оводненность листа снизилась у сортов Алиготе (на 1,59 %) и Достойный (на 2,56 %).

Вода находится в клетке в двух состояниях: свободном и связанном. Свободная вода – это чистая, лишенная каких-либо примесей вода с высокой подвижностью. Под связанной подразумевают содержащуюся в гетерогенных системах воду, которая не может служить растворителем и имеет ограниченную подвижность.

Воздействие засухи приводит к уменьшению в клетках свободной воды и увеличению связанной. Установлено, что устойчивость растений к абиотическим неблагоприятным факторам определяется не столько количеством связанной воды, сколько соотношением связанной воды к свободной. Высокий коэффициент количественного соотношения связанной и свободной воды свидетельствует о высокой засухоустойчивости сорта [11, 13].

В наших исследованиях к концу лета у всех изучаемых сортов увеличилась доля связанной формы воды, то есть увеличился показатель ( $K_{\text{связ./своб.}}$ ) (рис. 3).

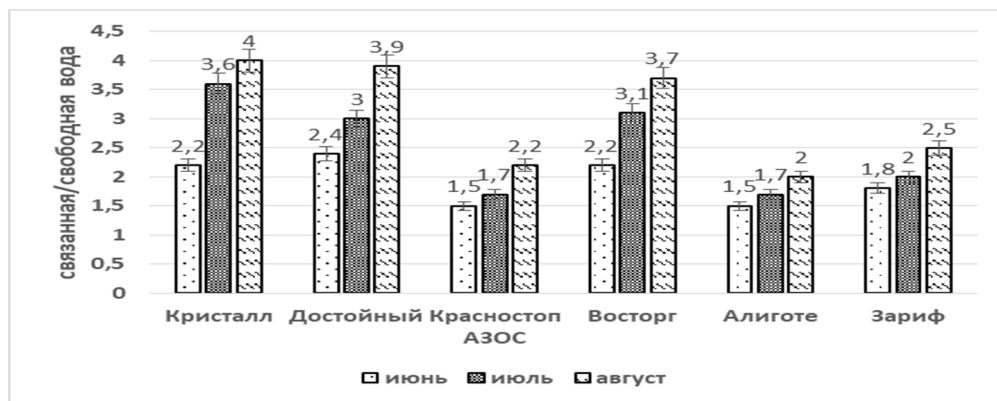


Рис. 3. Соотношение связанной и свободной форм воды в листьях винограда в летний период 2021-2022 гг.

В начале лета в июне показатели отношения связанной воды к свободной составляли 1,5-2,4; в августе они увеличились до 2,0-4,0. У сортов Кристалл, Достойный, Восторг к концу лета отмечены более высокие показатели соотношений ( $K_{\text{связ./своб.}}$ ) – 3,7-4,0 в отличие от других изучаемых сортов, у которых они составляли 2,0-2,5.

Как известно, засушливые условия приводят к измельчанию клеток, что отражается на площади листовой пластинки [21]. В наших исследованиях в течение лета площадь листовой пластинки изучаемых сортов винограда имела тенденцию к уменьшению. В июне и июле она составляла 131,00-175,81 см<sup>2</sup>, в августе имела наименьшие размеры – 105,30-149,80 см<sup>2</sup>. К концу лета площадь листовой пластинки уменьшилась в 1,2-1,6 раз (рис. 4).



Рис. 4. Изменение площади листовой пластинки винограда в летний период 2021-2022 гг.

Важными показателями физиологического состояния листа в летний вегетационный период является содержание фотосинтетических пигментов и их соотношение. Однако содержание хлорофилла в листьях является сортовым признаком, коррелирует с интенсивностью окраски листа независимо от освещенности и других экологических факторов. В

июне, в период активной вегетации «зрелые» листья сортов Кристалл, Достойный, Красно-стоп АЗОС имели темно-зеленые листья и содержание хлорофилла у них было больше (4,59-5,25 мг/г сухого веса), чем у других изучаемых сортов.

Сорт Алиготе имел средне-зеленый цвет листьев, содержание хлорофилла 3,10 мг/г сухого веса. Восторг и Зариф отличались светло-зеленой окраской листьев и пониженным содержанием хлорофилла – 2,88 и 2,11 мг/г сухого веса соответственно (табл.).

У винограда содержание хлорофилла в листьях возрастает в фазы цветения и роста ягод и незначительно снижается в фазу созревания ягод [22]. В наших исследованиях у сортов сверхраннего срока созревания Восторг и Зариф в июле содержание хлорофилла увеличивалось до 6,17 и 4,49 мг/г сухого веса соответственно, а в августе снижалось до 4,51 и 3,44 мг/г сухого веса.

Содержание пигментов в листьях винограда в течение лета 2021-2022 гг.,  
мг/г сухого веса

Сорт	Сумма хлорофиллов (a+b)			Каротиноиды		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Кристалл	5,25±1,12	3,81±0,14	3,82±0,23	1,52±0,06	1,30±0,02	1,31±0,04
Достойный	4,61±0,31	4,34±0,42	4,47±0,26	1,21±0,16	1,34±0,08	1,31±0,01
Красно-стоп АЗОС	4,59±0,41	5,98±0,36	5,32±1,29	1,82±0,07	1,54±0,02	1,29±0,11
Восторг	2,88±0,04	6,17±0,18	4,51±0,44	1,51±0,17	1,54±0,03	1,40±0,14
Алиготе	3,10±0,47	4,73±0,11	4,92±0,10	1,32±0,03	1,52±0,03	1,19±0,11
Зариф	2,11±0,25	4,49±0,25	3,44±0,31	1,57±0,23	1,40±0,03	1,08±0,09
НСР <sub>05</sub>	0,42	0,31	0,24	0,31	0,12	0,17

У среднераннего сорта Красно-стоп АЗОС в июле содержание хлорофилла увеличивалось до 5,98 мг/г сухого веса, а в августе незначительно снижалось до 5,32 мг/г сухого веса. У среднепозднего сорта Достойный содержание хлорофилла изменялось незначительно и в течение летнего периода составляло 4,34-4,61 мг/г сухого веса.

Другие листовые пигменты – каротиноиды выполняют защитную функцию: защищают лист от избыточной инсоляции. Их содержание в летний вегетационный период у изучаемых сортов варьировало от 1,08 до 1,82 мг/г сухого веса в зависимости от сорта.

Наиболее информативным показателем является количественное соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов; чем оно ниже, тем больше доля каротиноидов в пигментном комплексе и тем значительнее их роль. Наименьшие значения соотношения хлорофилл/каротиноиды отмечены в августе у сортов Кристалл (2,8), Достойный (2,1) и Восторг (2,7), свидетельствующие об их повышенной устойчивости к избыточной инсоляции. У остальных изучаемых сортов соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов составляло в августе 3,0-3,5 (рис. 5).

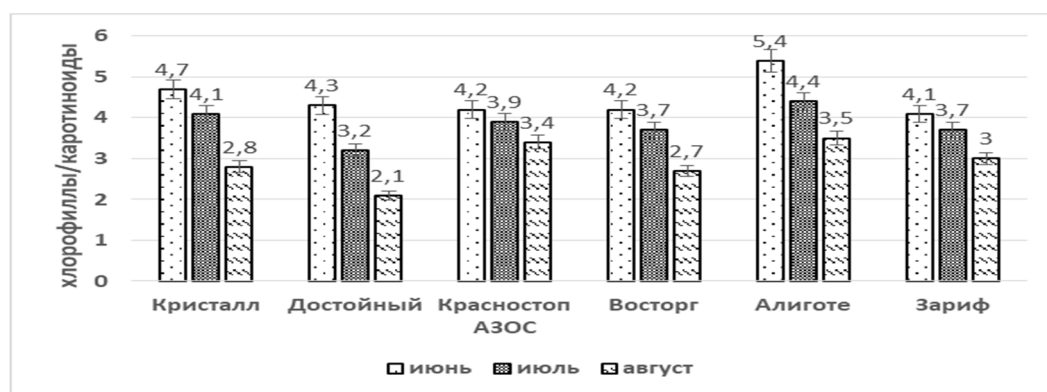


Рис. 5. Количественное соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов в листьях винограда в течение лета 2021-2022 гг.

Углеводы (крахмал и водорастворимые сахара) – важные показатели метаболических процессов, происходящих в листовом аппарате в летний период. Содержание крахмала – конечного стабильного продукта фотосинтеза в листьях у всех сортов в июне было максимальным и составляло 12,13-24,23 мг/г сухого веса. В течение лета в условиях высоких температур происходило снижение его содержания, что могло быть результатом дисбаланса между образованием углерода при фотосинтезе и потреблением при дыхании. В июле и августе содержание крахмала снизилось до 4,19-11,90 мг/г сухого веса.

В меньшей степени содержание крахмала снизилось у сортов Кристалл, Достойный – в 1,39 и 1,35 раз соответственно. Эти сорта выделены как более устойчивые к повышенным температурам (рис. 6).

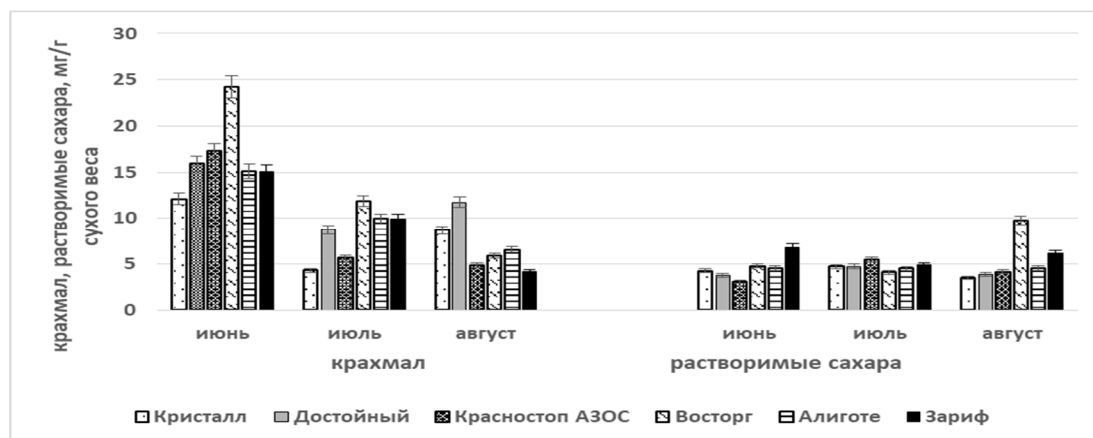


Рис. 6. Содержание углеводов в листьях винограда в летний период 2021-2022 гг.

Воздействие засухи приводит к усилению гидролитических процессов, в результате чего накапливаются водорастворимые сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза), которые оказывают протекторный эффект, защищая белково-липидные компоненты мембран от денатурации при обезвоживании. В июне у изучаемых сортов содержание водорастворимых сахаров в листьях составляло 3,07-6,82 мг/г сухого веса в зависимости от сорта. Максимальное содержание их отмечено у сорта Зариф, в июле – у сорта Красностоп АЗОС, в августе, после перенесенной засухи – у сорта Восторг, где они исполнили роль осмотических регуляторов (см. рис. 6).

**Выводы.** Изучены особенности физиолого-биохимических изменений, происходящие в листьях сортов винограда различного эколого-географического происхождения в летний период 2021-2022 гг. Выявлены сортовые различия в формировании ответных реакций на повышенные температуры и недостаток осадков. Установлено, что наиболее информативными физиолого-биохимическими параметрами, характеризующим адаптационную устойчивость винограда к стрессам летнего периода являются показатели соотношения связанной воды к свободной и показатели соотношения хлорофилл/каротиноиды.

У сортов Кристалл, Достойный, Восторг к концу лета отмечены более высокие показатели отношения связанной воды к свободной – 3,7-4,0, что указывает на повышение устойчивости в отличие от других изучаемых сортов, у которых они составляли 2,0-2,5.

Установлено, что наименьшие значения соотношения хлорофилл/каротиноиды отмечены в августе у сортов Кристалл (2,8), Достойный (2,1) и Восторг (2,7), свидетельствующие о повышенной устойчивости к избыточной инсоляции. У остальных изучаемых сортов соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов составляло в августе 3,0-3,5.

На основании обобщенных данных установлено, что сорта винограда Кристалл, Достойный, Восторг, проявили себя более адаптивными к стрессам летнего периода 2021-2022 гг. в сравнении с сортами Красностоп АЗОС, Алиготе, Зариф, и рекомендуются для возделывания в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края и использования в селекции.

## Литература

1. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Новикова Л.Ю., Наумова Л.Г., Лукьянова А.А. Влияние изменений климата на фенологию винограда [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 57(3). С. 29-50. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/19/03/03.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-29-50 (дата обращения: 31.05.2023).
2. Berry Z.C., Emery N.C., Gotsch S.G., Goldsmith G.R. Foliar water uptake: processes, pathways, and integration into plant water budgets // Plant, cell & environment. 2019. No.42(2). P. 410-423. <https://doi.org/10.1111/pce.13439>
3. Griesser M. et al. Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir) // Plant Physiology and Biochemistry. 2015. No. 88. P. 17-26.
4. Cogato A. et al. Evaluating the spectral and physiological responses of grapevines (*Vitis vinifera* L.) to heat and water stresses under different vineyard cooling and irrigation strategies // Agronomy. 2021. No.11(10). P. 1940.
5. Cataldo E., Fucile M., Mattii G.B. Leaf Eco-Physiological Profile and Berries Technological Traits on Potted *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir Subordinated to Zeolite Treatments under Drought Stress // Plants. 2022. No.11(13). P. 1735. DOI:10.3390/plants11131735
6. Haider M.S., Zhang C., Kurjogi M.M. et al. Insights into grapevine defense response against drought as revealed by biochemical, physiological and RNA-Seq analysis // Sci. Rep. 2017. No.7. P. 13134. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13464-3>
7. Biasi R., Brunori E., Ferrara C., Salvati L. Assessing impacts of climate change on phenology and quality traits of *Vitis vinifera* L.: the contribution of local knowledge // Plants. 2019. No. 8(5). P. 121. DOI:10.3390/plants8050121
8. Kizildeniz T. et al. Effects of climate change including elevated CO<sub>2</sub> concentration, temperature and water deficit on growth, water status, and yield quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars // Agricultural Water Management. 2015. No. 159. P. 155-164.
9. Cabral I. L. et al. Regulated Deficit Irrigation and Its Effects on Yield and Quality of *Vitis vinifera* L., Touriga Francesa in a Hot Climate Area (Douro Region, Portugal) // Agriculture. 2021. No. 11(8). P. 774.
10. Cogato A. et al. Water Stress Impacts on Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in Hot Environments: Physiological and Spectral Responses // Agronomy. 2022. No. 12(8). P. 1819.
11. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Питула З.В., Абиляфова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С.40-48.
12. Bhusal N., Han S.G., Yoon T.M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus×domestica* Borkh.) // Scientia Horticulturae. 2019. No. 246. P. 535-543. DOI: [10.1016/j.scienta.2018.11.021](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.021)
13. Панфилова О.В., Голяева О.Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 52(5). С.1056-1064. doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus
14. Кузнецова А.П., Щеглов С.Н., Шестакова В.В. Возможности использования биохимических показателей для идентификации устойчивости сортов и гибридов рода *Cerasus* Mill. к коккомикозу // Агро XXI. 2011. № 1-3. С. 24-26.
15. Колупаев Ю.Е., Кокорев А.И. Антиоксидантная система и устойчивость растений к недостатку влаги // Физиология растений и генетика. 2019. № 51(1). С. 28-54. DOI: [10.15407/frg2019.01.028](https://doi.org/10.15407/frg2019.01.028)
16. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Бондарь Е.М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости растений. Кишинев, 1970. 79 с.
17. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975, 392 с.
18. Воробьев Н.В. Определение содержания сахарозы, фруктозы и глюкозы в растительных тканях с помощью антронового реактива // Бюллетень НТИ ВНИИ риса. 1985. № 33. С. 11-13.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014, 351 с.
20. Стоев К. Физиология винограда и основы его возделывания. М.: Книга по требованию, 2013. 386 с.
21. Caine R.S., Yin X., Sloan J. et al. Rice with reduced stomatal density conserves water and has improved drought tolerance under future climatic conditions // New Phytol. 2019. No. 221. P. 371-384.
22. Штирбу А. Влияние подвоев на рост и развитие ассимиляционной поверхности и накопление пластидных пигментов в листьях у растений винограда // Horticultură, Viticultură și vinificație, silvicultură și grădini publice, protecția plantelor. 2010. № 24(2). P. 2634.