

УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ВИНОГРАДА РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ К ПОВЫШЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ И ЗАСУХЕ

**Ненько Н.И., д-р с.-х. наук, Киселева Г.К., канд. биол. наук,
Мишко А.Е., канд. биол. наук, Схаляхо Т.В., Федорович С.В., Вялков В.В.**

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

Реферат. По результатам физиолого-биохимических и анатомо-морфологических исследований выявлены адаптационные механизмы устойчивости различных сортов винограда к стрессовым условиям летнего вегетационного периода. Предложены наиболее информативные показатели, характеризующие засухоустойчивость сортов. По физиолого-биохимическим параметрам выделены сорта, обладающие устойчивостью к повышенным температурам и засухе в условиях Анапо-Таманской зоны.

Ключевые слова: виноград, сорт, засуха, высокая температура, стресс, устойчивость

Summary. Based on results of physiological, biochemical, anatomical and morphological studies, the adaptation mechanisms of resistance of various grape varieties under stress conditions of the summer growing season are revealed. The most informative indicators characterizing the drought tolerance of the varieties were revealed. According to physiological and biochemical indicators, the varieties are identified that are resistant to elevated temperatures and drought in the conditions of Anapo-Taman zone.

Key words: grapes, variety, drought, high temperature, stress, resistance

Введение. В агроклиматических условиях Анапо-Таманской зоны получение стабильных высоких урожаев винограда ограничивается воздействием неблагоприятных факторов внешней среды. Основные стресс-факторы летнего вегетационного периода региона – высокая температура, воздушная и почвенная засуха в период формирования ягод винограда [1, 2]. Повышение температуры вызывает окислительные повреждения растений из-за индуцированного жарой дисбаланса между фотосинтезом и дыханием, что вызывает нарушение всех основных физиологических функций растения.

Неблагоприятное действие засухи состоит в первую очередь в обезвоживании и нарушении метаболических процессов. Такие реакции растений развиваются в ответ на недостаточное снабжение водой или комплексное действие водного дефицита, интенсивного света и перегрева. В полевых условиях особенно губительно совместное действие высоких температур и обезвоживания, что усиливает негативные последствия стрессов [3, 4].

Устойчивость к повышенным температурам и засухе является важной составляющей адаптивного потенциала сортов винограда. В связи с этим детальное изучение механизмов устойчивости растений является крайне важным для управления их активностью в целях повышения устойчивости и продуктивности виноградных насаждений.

Цель настоящей работы – выявить адаптационные механизмы устойчивости различных сортов винограда в условиях стрессовых факторов летнего периода, выделить сорта, обладающие устойчивостью к повышенным температурам и засухе.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на базе ампелографической коллекции ФГБНУ АЗОСВиВ, расположенной в г.-к. Анапа, квартал технических сортов винограда на черноземе южном карбонатном, вегетационной площадке

СКФНЦСВВ, г. Краснодар, ЦКП «Приборно-аналитический» и лаборатории физиологии и биохимии ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Объектами исследований являлись сорта винограда различного эколого-географического происхождения (табл. 1). Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3,0 x 2,5 м.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследований

Происхождение	Название
Межвидовой гибрид евро-амуро-американского происхождения	Кристалл (контроль)
Межвидовой гибрид амуро-американского происхождения	Восторг
Межвидовые гибриды евро-американского происхождения	Красностоп АЗОС Достойный
Восточно-европейского происхождения	Зариф
Западно-европейского происхождения	Алиготе

Определение физиолого-биохимических параметров водного обмена, содержания малонового диальдегида, белков, активности пероксидазы. определение коэффициента проницаемости клеточных мембран проводилось согласно методикам [5, 6]. Анатомические исследования листовой пластинки растений винограда изучали при увеличении 10x40 на микроскопе Olympus BX41 («Olympus corporation», Япония) по разработанной методике [7]. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [8].

Обсуждение результатов. Мониторинг климатических условий летнего вегетационного периода 2017-2019 гг. в Анапо-Таманской зоне выявил постепенное повышение температуры воздуха в июне 2019 г. в сравнении с июнем 2017 г. на 7 °С и снижение ее в июле на 3 °С и на 4 °С в августе. Учитывая низкую влагообеспеченность в июне 2019 года можно говорить о наступлении в этот период засухи (рис. 1).

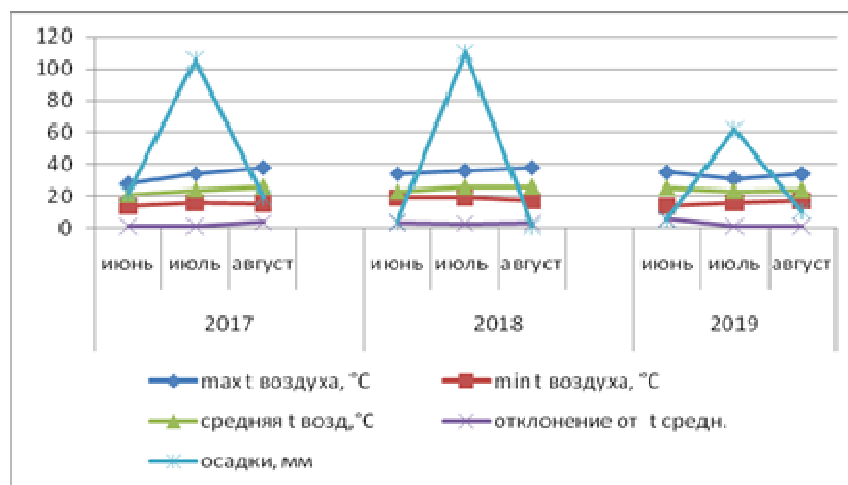
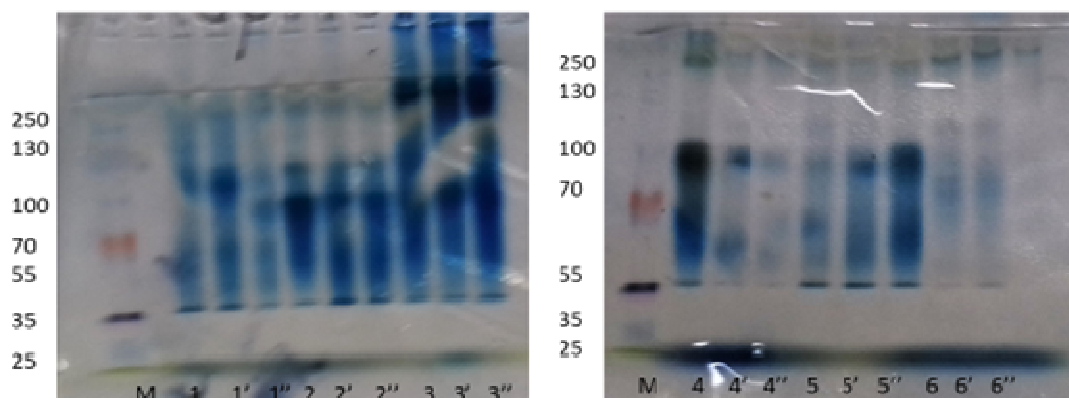


Рис. 1. Гидротермические условия Анапо-Таманской зоны в летний вегетационный период 2017-2019 гг.

Биохимические механизмы адаптации растений к засухе предотвращают обезвожи-

вание клетки, обеспечивают детоксикацию продуктов распада, способствуют восстановлению нарушенных структур цитоплазмы. Высокая водоудерживающая способность цитоплазмы сохраняется при накоплении низкомолекулярных гидрофильных белков, связывающих значительный объем воды в виде гидратных оболочек [9].

Анализ электрофоретических спектров водо-солерастворимых белков, обладающих пероксидазной активностью, позволяет охарактеризовать экспрессивность генетических систем изучаемых сортов винограда в условиях засухи. В июне 2019 г. электрофоретический спектр белков с пероксидазной активностью в листьях сортов винограда представлен белками с молекулярной массой 250, 130, 110, 100, 80, 70, 60 кДа (рис. 2).



1-6 – контроль при 25°C, 1'-6' – завядание 2 часа при 25°C, 1''-6'' – высушивание 2 часа при 45°C; 1-Достойный, 2-Красностоп АЗОС, 3-Кристалл, 4-Восторг, 5-Алиготе, 6-Зариф

Рис. 2. Спектр водо-солерастворимых белков с пероксидазной активностью (К, Na-фосфатный буфер (рН 7,8), с добавлением 4 % Тритон Х-100) в листьях винограда в июне 2019 г.

В отличие от сорта Кристалл у сорта Достойный содержится больше белков с молекулярной массой 110, 100, 80 кДа, а у сорта Красностоп АЗОС – с молекулярной массой 100, 80 и 70, 60 кДа. Сорт Зариф отличается большим содержанием высокомолекулярных белков с молекулярной массой 250, 130, 110 кДа. При воздействии высокотемпературного стресса в модельном опыте у сортов Кристалл, Красностоп АЗОС увеличивается содержание белков с более низкой молекулярной массой, а у сортов Кристалл, Достойный, Алиготе – при водном стрессе.

В июне 2019 года сорта Кристалл и Алиготе проявили большую устойчивость к высокотемпературному и водному стрессу, что обусловлено более высоким содержанием белков теплового шока с молекулярной массой 80, 70 и 60 кДа.

Развитие жароустойчивости у растений, адаптация к высоким температурам включает в себя повышение активности антиоксидантных ферментов. В функционировании антиоксидантной защитной системы при действии высокотемпературного стресса принимают участие как антиоксидантные ферменты (пероксидазы и др.), так и низкомолекулярные вещества – пролин, аскорбиновая кислота [10].

Определение активности фермента пероксидазы в июне 2019 года показало, что среди изучаемых сортов винограда большей пероксидазной активностью в обычных условиях выделялись сорта Кристалл, Восторг, Красностоп АЗОС и Зариф, а в модельных опытах при воздействии высокотемпературного стресса – сорта Кристалл и Алиготе; при воздействии водного стресса – сорт Кристалл.

Интенсивность перекисного окисления липидов – важный показатель физиологического состояния растительного организма и его ответной реакции на высокотемпературный стресс. Об интенсивности перекисного окисления липидов мембран можно судить по содержанию малонового диальдегида (МДА).

Нашими исследованиями в условиях летнего периода 2019 г. определение содержания малонового диальдегида как маркера окисления мембранных липидов в листьях позволило охарактеризовать изучаемые сорта как устойчивые к водному дефициту, а сорта Алиготе и Зариф – к высокотемпературному стрессу.

Таким образом, сорта Алиготе и Зариф обладали комплексной устойчивостью к низкой влагообеспеченности и высокой температуре в условиях модельного опыта.

Информативными показателями физиологического состояния листа при высокотемпературном стрессе являются параметры водного режима. Установлено, что в июне 2019 г. при прогревании листьев более устойчивыми были сорта Кристалл, Достойный, Восторг, в июле при высокой влагообеспеченности – Кристалл, Восторг, Алиготе и в августе – Кристалл, Достойный, Восторг, Алиготе.

В условиях июньской засухи листья винограда сортов Кристалл и Достойный были более оводненными. В июле при хорошей влагообеспеченности и августе практически у всех изучаемых сортов винограда оводненность листьев снижалась. Снижение этого показателя связано с усилением синтетических процессов, приводящих к увеличению количества сухих веществ в листовых тканях (рис. 3).

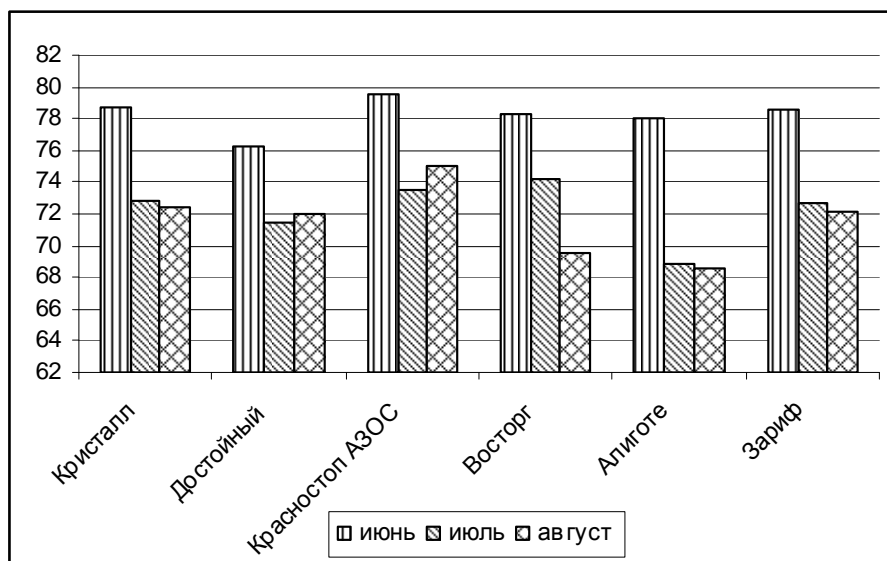

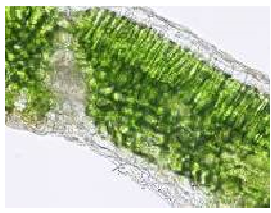
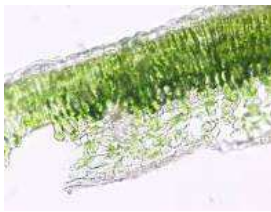





Рис. 3. Динамика оводненности листьев винограда в летний период 2019 г., Анапо-Таманская зона

В июне 2019 года по анатомо-морфологическим показателям у сортов Кристалл, Восторг более всего проявились признаки ксероморфной структуры листовой пластинки (табл. 2). У этих сортов отмечено наибольшее развитие палисадной паренхимы по сравнению с губчатой и, как следствие, выше индекс палисадности, более мощное развитие кутикулы на клетках верхнего эпидермиса, больше устьиц на единицу поверхности листовой пластинки и мельче линейные размеры. Это является признаками ксероморфной организации и обуславливает устойчивость растений к засухе.

В условиях июньской засухи большей оводненности листьев винограда сортов Кристалл, Восторг, Алиготе соответствует меньшее содержание абсцизовой кислоты и большее количество устьиц на единицу площади листа.

Таблица 2 – Биометрические параметры листовой пластинки сортов винограда различного эколого-географического происхождения, июнь 2019 г., (мк)

Сорт	Общая толщина листовой пластинки	Толщина палисадного слоя	Толщина губчатого слоя	Толщина верхнего эпидермиса	Индекс палисадности	Микрофото поперечного среза листовой пластинки
Достойный	123,8	58,0	55,1	10,7	1,05	
Красноstop	146,3	68,1	67,3	10,9	1,01	
Кристалл	120,8	59,7	51,1	10,0	1,17	
Восторг	133,9	66,2	57,2	10,5	1,16	
Алиготе	136,7	64,32	61,7	10,7	1,04	
Зариф	135,4	66,3	58,4	10,7	1,14	

Известно, что на устойчивость растений к засухе большое влияние оказывает абсцизовая кислота (АБК), регулирующая деятельность устьичного аппарата. Высокие количества АБК в листьях образуются при стрессах, особенно при водном стрессе. Имеются данные, что при завядании содержание АБК в листьях винограда возрастает в 40 раз [11, 12]. В этих случаях она вызывает отток ионов калия из замыкающих клеток устьиц, в результате чего устьица закрываются и тем самым предотвращается опасность высыхания. В наших исследованиях наибольшим количеством АБК в конце летнего вегетационного периода характеризовались сорта Красностоп АЗОС, Кристалл, Зариф.

Активность фотосинтетического аппарата яблони – один из параметров, наиболее чувствительных к воздействию повышенных температур и недостаточной водообеспеченности. По результатам биохимических исследований пигментного комплекса у изучаемых сортов яблони выявлены различия в содержании суммы хлорофиллов ($a+b$) и каротиноидов.

В течение лета у всех изучаемых сортов винограда наблюдали изменение содержания суммы хлорофиллов ($a+b$). После июньской засухи этот показатель (в июле) у всех сортов снизился и повысился вновь в августе. Менее всего содержание суммы хлорофиллов ($a+b$) изменялось у сорта Восторг, что свидетельствует об активной адаптации этого сорта и повышенной его устойчивости к стресс-факторам летнего периода.

В летний вегетационный период у всех изучаемых сортов винограда наблюдалось изменение содержания каротиноидов. Как известно, каротиноиды выполняют защитные функции: защищают хлорофилл от окисления молекулярным кислородом и регулируют степень адаптации растений к высокой интенсивности света. Как правило, количественное соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам стремится к соотношению 3:1 [13]. После июньской засухи (в июле) содержание каротиноидов у всех сортов увеличилось, у сорта Достойный в большей степени, свидетельствующее об активной адаптации этого сорта к данному стресс-фактору. В августе содержание каротиноидов резко повысилось у сортов Красностоп АЗОС, Восторг, Зариф.

Таким образом, пигментный комплекс различных сортов винограда представляет собой лабильную систему, которая чутко реагирует на изменение условий летнего вегетационного периода и адаптируется к ним в пределах генотипических особенностей сорта.

Выводы. В процессе физиолого-биохимических исследований выявлены адаптационные механизмы устойчивости различных сортов винограда к стрессовым факторам летнего вегетационного периода 2019 года:

- высокое содержание белков теплового шока с молекулярной массой 80, 70 и 60 кДа;
- обезвреживание продуктов перекисного окисления липидов с помощью пероксидазы;
- высокое содержание абсцизовой кислоты в стрессовый период;
- лабильность пигментного комплекса, реагирующего на изменение условий летнего вегетационного периода;
- формирование ксероморфной структуры листовой пластинки.

Использование физиолого-биохимических и анатомо-морфологических показателей позволяет получить надёжную оценку различных сортов винограда на устойчивость к стрессорам летнего периода и могут быть использованы в качестве косвенных критериев диагностики сортов на устойчивость к жаре и засухе.

Выявлено, что по физиолого-биохимическим параметрам (активность пероксидазы, содержание малонового диальдегида, абсцизовой кислоты, пигментов) сорта винограда Кристалл, Достойный, Восторг, Алиготе показали большую устойчивость к стрессовым условиям летнего периода 2019 года в сравнении с другими изучаемыми сортами.

Литература

1. Nenko N.I., Ilina I.A., Petrov V.C. [et al] The stability of grapes varieties to drought // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2019. - № 10(1). – P.1903-1910.
2. Устойчивость сортов винограда к засухе в условиях Анапо-Таманской зоны / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, В.С. Петров [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С.45-51.
3. Удовенко Г.В. Механизмы адаптации растений к стрессам // Физиология и биохимия культурных растений. 1979. № 11. С. 99-107.
4. Patil S.G., Karkamkar S.P., Deshmukh M.R. Evaluation of grape varieties for their drought tolerance // J. Maharashtra Agr. Univ. – 2003. – № 3 (28). –С. 250-251.
5. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Ненько Н.И., Ильина И.А., Воробьева Т.Н. [и др.]; под общ. ред. Н.И. Ненько. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. 115 с.
6. Ненько Н.И., Киселева Г.К. Физиолого-биохимические методы сортов плодовых культур для адаптивной селекции и промышленного возделывания // Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда. Краснодар, 2017. С.61-65.
7. Киселева Г.К., Ненько Н.И. Оценка степени засухоустойчивости яблони и винограда по ксероморфным признакам листовой пластинки // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Под общей редакцией Н.И. Ненько. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. С. 36-39.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1979. 463 с.
9. Yordanov I., Velikova V., Tsonev T. Plant responses to drought and stress tolerance:European Workshop on Environmental Stress and Sustainable agriculture, Varna. 7-12 Sept., 2002 // Bulg. J Plant Physiol. – 2003. –Spec. Issue. – С. 187-206.
10. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Активные формы кислорода при адаптации растений к стрессовым температурам // Физиология и биохимия культ. растений. 2009. Т. 41. № 2. С. 95-61.
11. Montero F.J., Melia X., Brasa A., Segarra D., Cuesta A., Lanjeri S. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain // Vitis: Viticulat. and Enol. Abstr. – 2000. – 39. – № 1-2. – С. 13-15.
12. Zufferey V., Spring J.L., Verdenal T., Dienes A., Belcher S. The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot Noir wines in Switzerland // Oeno One. – 2017. - Vol. 51. - № 1. - P. 17-27 (DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.1.1314>)
13. Nisar N., Li L., Lu S. [et al] Carotenoid metabolism in plants // Mol. Plant. – 2015. - № 8. – P. 68–82.