УДК 634.8 : 631.52

**Физиолого-биохимическая оценка устойчивости растений винограда к стрессорам летнего периода[[1]](#footnote-1)\***

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ASSESSMENT**

**OF GRAPEVINE RESISTANCE TO STRESSORS**

**OF SUMMER PERIOD**

|  |  |
| --- | --- |
| *Н.И. Ненько, И.А. Ильина,*  *В.С. Петров, М.А. Сундырева* | *N.I. Nenko, I.A. Ilina,*  *V.S. Petrov, M.A. Sundyreva* |
| ФГБНУ «Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства и виноградарства»,  Россия, г. Краснодар  е-mail: [kubansad@kubannet.ru](mailto:kubansad@kubannet.ru) | North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture,  Russia, Krasnodar  е-mail: [kubansad@kubannet.ru](mailto:kubansad@kubannet.ru) |
| **Аннотация.** Приводятся результаты физиолого-биохимического изучения адаптивности сортов винограда Кристалл, Достойный и Красностоп АЗОС к абиотическим стрессорам летнего периода в нестабильных погодных условиях умеренно континентального климата юга России. | **Summary.** The results of physiological and biochemical study of adaptability of grapes Crystal, Dostojnyi and Krasnostop AZOS to abiotic stressors in summer period in unstable weather conditions, moderate continental climate of the south of Russia. |
| **Ключевые слова:** виноград, сорт, абиотические стрессоры, адаптивность. | **Key words:** grape, cultivar**,** abiotic stressors, adaptability |

**Введение.** Основные площади промышленных насаждений Российского винограда находятся в южных регионах. На этой территории преобладающим является умеренно континентальный климат с характерными нестабильными условиями среды обитания винограда, частыми аномальными проявлениями в форме температурных и водных стрессов. По многолетним данным метеостанции г.-к. Анапа температура воздуха в Анапо-Таманской подзоне Черноморской зоны виноградарства за последние 40 лет в период вегетации, с мая по сентябрь включительно, составляла в среднем 20,6 °С. Максимальная температура поднимается в летний период до 38 °С. Отмечается устойчивая тенденция уменьшения влагообеспеченности насаждений винограда. Период активного роста ягод винограда с июля по сентябрь характеризуется устойчивым дефицитом атмосферных осадков. За этот срок сумма осадков в среднем за последние сорок лет составляла 121 мм, в последние годы (2007 – 2015 гг.) их было в 1,6 раза меньше – 76 мм.

Аномальное проявление абиотических стрессоров сопровождается нестабильным плодоношением, низким уровнем реализации потенциала хозяйственной продуктивности, сокращением продуктивного срока эксплуатации насаждений винограда, снижением конкурентоспособности отечественного виноградарства. Одним из путей эффективного решения актуальной проблемы является вовлечение и изучение растительных генетических ресурсов, выделение высокоадаптивных генотипов и их плодотворное использование в виноградарстве.

**Целью исследований** являлось изучение влияния высоких температур и низкой влагообеспеченности в летний период на физиолого-биохимические характеристики листьев различных сортов винограда, определение параметрических характеристик наиболее значимых биохимических показателей адаптации, свидетельствующих об устойчивости сортов винограда к стрессорам летнего периода.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в Анапо-Таманской подзоне Черноморской зоны виноградарства на столовых и технических сортах винограда Анапской ампелографической коллекции, на черноземе южном карбонатном. Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – высокоштамбовый двусторонний спиралевидный кордон АЗОС. Устойчивость растений виноградак засухе изучалась на примере межвидовых гибридов: раннего срока созревания *Кристалл* (евро-амуро-американский) и среднего – *Достойный* и *Красностоп АЗОС*. Оценку адаптационной устойчивости сортов винограда к низкой влагообеспеченности проводили по показателям оводненности, содержании свободной и связанной воды, пролина, сахарозы [1–3]; к высокой температуре – по коэффициенту повреждения мембран (по выходу катионов в модельном опыте), содержанию органических и фенолкарбоновых кислот [4–7]. Об интенсивности фотосинтеза судили по содержанию пигментов в листьях, а об устойчивости хлорофилл – белкового комплекса по динамике содержания белка и хлорофиллов **а** и **б,** анатомическому строению листовой пластинки [1, 8].

**Обсуждение результатов.** За период 2014–2016 гг. в условиях лета на территории анапо-таманской зоны отмечалось снижение количества выпавших осадков в июне на 72,3 %, в июле – на 83,3 %, в августе 2014 – 2015 гг. отмечалась засуха, при этом максимальная температура воздуха в июне и июле повысилась на 7°С, в августе – на 4°С. В этих условиях на протяжение летнего периода 2016 г. отмечалось снижение оводненности листьев винограда сорта *Кристалл* на 19,2 %, сорта *Красностоп АЗОС* – 13,2 % и сорта *Достойный* – на 11,8 %.

За анализируемый период в 2016 г. в сравнении с 2014 г. оводненность листьев у изучаемых сортов в июне снизилась на 0,6–2,0 %, в июле – на 0,68 – 1,85 % и в августе – на 4,39–11,37 % (рис. 1).



**Рис. 1. Гидротермические условия летнего периода 2014 – 2016 гг.**

**Анапо-таманской зоны**

В условиях лета в 2014–2016 гг. оводненность листьев изучаемых сортов в большей степени коррелировала с минимальной температурой воздуха, Ккоррел = 0,6 – 0,9 (рис. 2).



**Рис. 2. Зависимость оводненности листьев винограда**

**от гидротермических условий вегетационного периода 2016 г.**

В июле 2016 г. в сравнении с июнем у изучаемых сортов винограда отношение содержания связанной воды к свободной уменьшалось на 8,5–11,7 %, а в августе в сравнении с июлем – повышалось на 21–29 % и в большей степени – у сортов *Кристалл* и *Достойный*, сорт *Красностоп АЗОС* занимал промежуточное положение, при этом изменение этого показателя у сорта *Достойный* коррелировало с количеством выпавших осадков (Ккоррел.= 1).



**Рис. 3. Динамика отношения содержания связанной воды к свободной**

**в листьях винограда в летний период 2016 г.**

Содержание связанной воды в условиях засухи уменьшается наряду с увеличением содержания пролина (в 3,7–5,7 раза), что характеризует его стресс-протекторные свойства (рис. 4).



**Рис. 4. Зависимость содержания связанной и свободной воды от содержания**

**пролина в листьях винограда в период вегетации 2013–2016 гг.**

За анализируемый период водоудерживающая способность в условиях засухи у изучаемых сортов обусловлена большим содержанием пролина, входящего в состав осмопротекторных белков, (Ккоррел = 0,82–0,99), в 2015 г. ‒ у сорта *Красностоп АЗОС*, а в 2016 г. у сорта *Кристалл* – с содержанием сахарозы (Ккоррел = 0,85–1,0) (рис. 5).



**Рис. 5. Зависимость содержания связанной и свободной воды от содержания**

**сахарозы в листьях винограда в период вегетации 2013 – 2016 гг.**

Под действием засухи в августе 2016 г. в листьях снижалось содержание белка вследствие его гидролиза (рис. 6).



**Рис. 6. Динамика содержания белка в листьях винограда, август 2016 г.**

Увеличение содержания суммы свободных органических кислот в листьях винограда в условиях засухи 2015 и 2016 гг. указывает на активацию дыхания, а, следовательно, обменных процессов, что может быть связано с адаптацией изучаемых сортов к высокотемпературному стрессу и низкой влагообеспеченности (рис. 7).



**Рис. 7. Динамика содержания суммы органических кислот**

**в листьях винограда в период вегетации 2016 г.**

В августе 2015 г. и июле 2016 г. в сравнении с 2014 г. отмечалось увеличение содержания хлорофилла (а + б) в листьях изучаемых сортов винограда, что согласуется с большим содержанием каротиноидов, защищающих хлорофилл от разрушения, особенно у сорта *Достойный*, что позволяет предположить различные эффекты проявления их защитных свойств в отношении хлорофилла у разных по происхождению сортов (рис. 8, 9).



**Рис. 8. Динамика содержания хлорофилла (а+б)**

**в листьях винограда в период вегетации 2016 г.**



**Рис. 9. Динамика содержания каротина в листьях винограда**

**в период вегетации 2016 г.**

В июле 2016 г. в сравнении с 2015 г. у изучаемых сортов отмечалось увеличение коэффициента повреждения мембран при высокотемпературном стрессе в модельном опыте, что характеризует снижение жаростойкости (рис. 10). В августе 2016 г. у сорта *Красностоп АЗОС* жаростойкость повышалась. Следовательно, изучаемые сорта по-разному адаптируются засухе.



**Рис. 10. Жаростойкость сортов винограда в летний период 2016 г.**

В условиях 2016 г. выявлены корреляционные взаимосвязи между содержанием связанной и свободной форм воды с содержанием пролина и сахарозы в листьях винограда. Установлено, что в 2016 г. наибольшая корреляция между содержанием связанной, свободной водой с содержанием пролина отмечается у сортов *Кристалл* и *Красностоп АЗОС* (Ккоррел = 0,86–0,98) и меньшая – у сорта *Достойный* (Ккоррел =0,26). У сорта *Кристалл* отмечалась большая корреляция содержания связанной и свободной воды с содержанием сахарозы (Ккорел=0,97), чем у сортов *Достойный* и *Красностоп* АЗОС (Ккоррел =0,60–0,61).

Таким образом, в отличие от 2014 и 2015 гг. в 2016 г. устойчивость сортов *Кристалл* и *Красностоп АЗОС* к стрессовым условиям летнего периода зависит не только от содержания пролина, но и сахарозы, а у сорта *Достойный* – сахарозы.

По анатомо-морфологическим показателям в июле 2016 г. более всего проявились признаки ксероморфной структуры листовой пластинки у сортов *Кристалл* и *Красностоп АЗОС*. У этих сортов отмечено наибольшее развитие слоя палисадной паренхимы по сравнению с губчатой, более мощное развитие клеток верхнего эпидермиса с кутикулой, больше устьиц на единицу поверхности листовой пластинки, что является признаками ксероморфной организации и обуславливает устойчивость растений этих сортов к засухе.

Таким образом, можно высказать предположение о наличии генов неспецифической устойчивости к низкой влагообеспеченности и экстремальным температурам зимнего и летнего периодов у сортов винограда *Кристалл* и *Красностоп АЗОС*, что обусловлено их межвидовым происхождением и рекомендовать их для селекции, как носители хозяйственно ценных признаков.

В условиях лета 2016 г. развитие грибных патогенов (милдью) стимулировало накопление лигнина, кофейной и хлорогеновой кислот, ресвератрола, аскорбиновой кислоты, увеличение активности пероксидазы в листьях винограда сортов ТАНА 33, ТАНА 42, ТАНА 68

Биохимические показатели адаптации сортов винограда *Кристалл,* *Достойный* и *Красностоп АЗОС* к абиотическим стрессорам летнего периода 2014–2016 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Параметры наиболее значимых биохимических показателей**

**адаптации сортов винограда к стрессорам летнего периода 2014 -2016 гг.**

| **Биохимический показатель** | **Кристалл** | **Красностоп АЗОС** | **Достойный** |
| --- | --- | --- | --- |
| Оводненность листьев, % | 60,82-78,18 | 67,74-80,08 | 65,52-81,77 |
| Содержание сухих веществ, % | 21,82-39,18 | 19,92-32,26 | 18,2-34,48 |
| Содержание свободн. воды, % | 5,21-54,03 | 6,15-25,61 | 6,55-60,07 |
| Содержание связанной воды, % | 45,97-94,79 | 71,61-93,90 | 39,93-93,45 |
| Отношение связ.вода/своб. | 0,85-18,20 | 3,18-15,26 | 0,67-14,27 |
| Содержание сахарозы, мг/г | 1,05-14,03 | 0,11-15,68 | 0,34-11,56 |
| Содержание крахмала, мг/г | 2,18-13,39 | 1,21-14,52 | 1,85-13,21 |
| Содержание пролина, мг/кг | 21,7-227,0 | 17,4-407,2 | 8,81-522,2 |
| Содержание белка, мг/г | 9,54-31,76 | 7,96-40,72 | 8,38-25,50 |
| Содержание свободн. аминокислот, мг/г | 0,06-0,76 | 0,04-0,57 | 0,04-0,73 |
| Коэфф. повреждения мембран, % | 0,77-58,10 | 2,66-22,46 | 2,21-69,17 |
| Сумма фенолкарб. кислот, мг/кг | 24,2-2854,0 | 14,6-911,0 | 39,9-1892 |
| Содержание аскорбиновой кислоты, мг/кг | 7,9-159,5 | 6,2-580,3 | 11,5-153,8 |
| Сумма оргкислот, мг/кг | 1,4-31,0 | 2,0-15,02 | 0,17-18,73 |
| Содержание хлорофилла, а+б, мг/г | 4,17-10,42 | 4,59-12,20 | 4,18-8,39 |
| Содержание каротина, мг/г | 1,62-3,29 | 1,65-4,27 | 1,38-3,25 |
| Индекс палисадности | 0,98-1,13 | 0,98-1,13 | 1,04-1,16 |
| Содержание ИУК, мг/кг | 0,83-8,1 | 1,05-14,7 | 0,1-22,8 |
| Содержание АБК, мг/кг | 0,4-4,0 | 0,1-5,2 | 0,04-3,4 |

Таким образом, для сортов винограда *Кристалл, Достойный и Красностоп АЗОС* в Анапо-Таманской подзоне Черноморской зоны установлены оптимальные физиолого-биохимические параметры устойчивости к стрессорам летнего периода 2014–2016 гг.

Погодные условия вегетации винограда в июне 2016 г. были очень благоприятными для эпифитотийного развития оидиума, антракноза, милдью. В этих условиях поражение вредными организмами сорта *Кристалл* было минимальным (1–2 балла). Чуть больше отмечалось поражение этими патогенами сортов *Достойный* и *Красностоп АЗОС* (2–4 балла). Установлена высокая обратная корреляционная зависимость между интенсивностью развития и процентом поражения милдью и содержанием хлорогеновой кислоты в листьях растений винограда изучаемых сортов (Ккоррел.= - 1).

**Выводы.** В Анапо-Таманской подзоне Черноморской зоны виноградарства в условиях дефицита атмосферных осадков оводненность листьев изучаемых сортов *Кристалл, Достойный и Красностоп АЗОС* в большей степени коррелировала с минимальной температурой воздуха, Ккоррел = 0,6–0,9.

Водоудерживающая способность у сорта *Красностоп АЗОС* в условиях засухи была обусловлена большим содержанием пролина, входящего в состав осмопротекторных белков (Ккоррел = 0,82–0,99 в), у сорта *Кристалл* – с содержанием сахарозы (Ккоррел = 0,85–1,0).

Под действием засухи в листьях отмечается снижение содержания белка вследствие его гидролиза. Увеличение содержания суммы свободных органических кислот в листьях винограда в условиях засухи указывает на активацию дыхания, а, следовательно, обменных процессов, что может быть связано с адаптацией изучаемых сортов к высокотемпературному стрессу и низкой влагообеспеченности.

Выявлены корреляционные взаимосвязи между содержанием связанной и свободной форм воды с содержанием пролина и сахарозы в листьях винограда. Установлено, что наибольшая корреляция между содержанием связанной, свободной водой с содержанием пролина отмечается у сортов *Кристалл* и *Красностоп АЗОС* (Ккоррел=0,86–0,98). У сорта *Кристалл* отмечалась корреляционная связь содержания связанной и свободной воды с содержанием сахарозы (Ккоррел = 0,97).

По анатомо-морфологическим показателям более всего проявились признаки ксероморфной структуры листовой пластинки у сортов *Кристалл* и *Красностоп АЗОС*. У этих сортов отмечено наибольшее развитие слоя палисадной паренхимы по сравнению с губчатой, более мощное развитие клеток верхнего эпидермиса с кутикулой, больше устьиц на единицу поверхности листовой пластинки. Признаки ксероморфной организации обусловили устойчивость этих сортов к засухе.

Таким образом, можно высказать предположение о наличии генов неспецифической устойчивости к низкой влагообеспеченности и экстремальным температурам зимнего и летнего периодов у сортов винограда *Кристалл* и *Красностоп АЗОС*, что обусловлено их межвидовым происхождением и рекомендовать их для селекции, как носителей хозяйственно ценных признаков.

Литература

1. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Учебно-методическое пособие / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, Т.Н. Воробьева [и др.]; Под общей редакцией Н.И. Ненько // Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – 215 с.
2. Методика определения содержания сахаров (сахарозы, глюкозы, фруктозы) в побегах и листьях плодовых культур и винограда с применением капиллярного электрофореза / Ненько Н.И., Сундырева М.А., Шестакова В.В. [и др.] // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда: учебно-методическое пособие. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015.
3. Методика определения массовой концентрации свободных аминокислот / М.В. Захарова, И.А. Ильина, Г.В. Лифарь [и др.] // Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству, Краснодар. - 2010. - С. 289-295
4. Ненько, Н.И. Проницаемость клеточных мембран как критерий оценки засухоустойчивости винограда / Н.И. Ненько, Т.В. Схаляхо // Садоводство и виноградарство, 2011. – №1. – С. 25 –28.
5. Методика определения массовой концентрации винной, яблочной, янтарной, лимонной кислот с применением капиллярного электрофореза / Захарова М.В., Ильина И.А., Киселева Г.К. [и др.] // Сб. трудов «Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству». – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2010. – С. 283–288.
6. Методика определения массовой концентрации аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной кислот с применением капиллярного электрофореза / Захарова М.В., И.А. Ильина, Г.К. Киселева [и др.] // Сб. трудов «Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству». – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2010. – С. 279–282.
7. Методика определения массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция в материалах растительного происхождения с применением капиллярного электрофореза / М.В. Захарова, И.А. Ильина, Г.К. Киселева [и др.] // Сб. трудов «Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству». – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2010. – С. 273–278.
8. Практикум по биохимии. Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. М.: Изд-во МГУ. 1989. – 509 с.

1. \*Работа выполнена в рамках регионального конкурса РФФИ и администрации Краснодарского края,

   грант № 16-44-230115 [↑](#footnote-ref-1)