

УДК 634.8:631.52

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДАПТАЦИИ
СОРТОВ ВИНОГРАДА
К АБИОТИЧЕСКИМ
И БИОТИЧЕСКИМ
СТРЕССОРАМ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА**

Ненько Наталия Ивановна
д-р с.-х. наук, профессор
зав. лабораторией физиологии
и биохимии растений
e-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

Ильина Ирина Анатольевна
д-р техн. наук, профессор
зам. директора по НИР
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Петров Валерий Семенович
д-р с.-х. наук
зав. функциональным
научным центром
«Виноградарство и виноделие»
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Киселева Галина Константиновна
канд. биол. наук, доцент
ст. научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Сундырева Мария Андреевна
канд. с.-х. наук,
научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Схаляхо Татьяна Вячеславовна
младший научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: kubansad@kubannet.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский зональный
научно-исследовательский институт
садоводства и виноградарства»,
Краснодар, Россия*

UDC 634.8:631.52

**CONFORMITY TO NATURAL
LAWS OF GRAPES VARIETIES
ADAPTATION TO THE ABIOTIC
AND BIOTIC STRESS FACTORS
OF SUMMER PERIOD**

Nenko Natalia
Dr. Sci. Agr., Professor
Head of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
e-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

Ilyina Irina
Dr. Tech. Sci., Professor
Deputy Chief
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Petrov Valeriy
Dr. Sci. Agr.
Head of the Functional
Scientific Center
of "Viticulture and Winemaking"
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Kiseleva Galina
Cand. Sci. Biol., Docent
Senior Research Associate
of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Sundyreva Maria
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
e-mail: kubansad@kubannet.ru

Skhalyaho Tatiana,
Junior Research Associate
of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
e-mail: kubansad@kubannet.ru

*Federal State Budgetary
Scientific Institution
"North Caucasian Regional
Research Institute
of Horticulture and Viticulture",
Krasnodar, Russia*

В условиях анапо-таманской зоны (летний период 2014-2016 гг.) рассмотрены вопросы адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения к абиотическим и биотическим стрессам, а также механизмы формирования их продуктивности. В результате проведенных исследований получены сравнительные данные, характеризующие физиологическое состояние растений винограда при усилении действия стрессовых факторов. В работе использовались современные физиолого-биохимические методы исследований с применением высокоэффективного аналитического оборудования, а также методы световой микроскопии. Результаты проведенного исследования показали, что у изучаемых сортов винограда различного эколого-географического происхождения под воздействием стрессовых факторов наблюдается активация разных сигнальных систем, что подтверждается изменением ключевых физиолого-биохимических и анатомо-морфологических показателей растений. Выявлены различные механизмы адаптации изучаемых сортов винограда в период вегетации к засухе и высокотемпературному стрессу, обусловленные их разным эколого-географическим происхождением. Выделены сорта, обладающие хозяйственно ценными свойствами, перспективные для использования в селекции и возделывания в производственных насаждениях на юге Российской Федерации. При изучении устойчивости сортов винограда к биотическим стрессорам вегетационного периода установлено, что при большем содержании в листьях растений хлорогеновой кислоты, являющейся метаболическим предшественником лигнина и создающей неблагоприятные условия для развития фитопатогенов, растения винограда сорта Кристалл меньше поражаются милдью, чем растения сортов Красностоп АЗОС и Достойный ($K_{\text{коррел.}} = 0,92$). Выявлена высокая обратная

In the Anapa-Taman conditions (the summer period of 2014-2016) it is considered the questions of adaptation of various ecological and geographical origin grapes to abiotic and biotic stresses, and also the problem of formation mechanisms of their productivity. As a result of the carried out research the comparative data are obtained that characterizing a physiological condition of grapes plants when strengthening action of stressful factors. In the work the modern physiological and biochemical methods of research with the highly effective analytical equipment, and also methods of light microscopy have been used. The results of the carried out research have shown that the studied grapes varieties of various ecological and geographical origin under the influence of stressful factors made active the different systems and it is confirmed by change of key physiological and biochemical and anatomical and morphological indicators of plants. The various mechanisms of adaptation of the studied grapes varieties during vegetation to a drought and a high-temperature stress caused by their different ecological and geographical origin are revealed. The varieties with economical valuable properties perspective for use in the breeding and cultivation in the production orchards in the South of the Russian Federation are selected. In the process of studying of stability of grapes varieties to biotic stresses of the vegetation period it is established that at bigger content in the plants leaves of chlorogenic acid, that is metabolic precursor of a lignin and create of the adverse conditions for development of phytopathogens, the Crystal grapes are defected by mildew less, than plants of Krasnostop of AZOS and Dostoyny ($K_{\text{correl.}} = 0,92$). The high inverse

корреляционная зависимость между интенсивностью развития, процентом поражения растений винограда милдью и содержанием хлорогеновой кислоты в листьях растений винограда изучаемых сортов (Kкоррел.= - 1).

Ключевые слова: ВИНОГРАД, АДАПТАЦИЯ, БИОТИЧЕСКИЕ И АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ, ОВОДНЕННОСТЬ, БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

correlation is revealed between intensity of development, percent of defeat of grapes plants by mildew and the content of chlorogenic acid in the leaves of grapes plants of the studied varieties (Kcorrel. = - 1).

Key words: GRAPES, ADAPTATION, BIOTIC AND ABIOTIC STRESSES, WATER CAPACITY, BIOCHEMICAL INDICATORS

Введение. Выявление сортов винограда, обладающих комплексной устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам среды играет важнейшую роль при конструировании высокопродуктивных ампелоценозов, что имеет большое значение в связи с локальными изменениями погодно-климатических условий [1, 2].

Природно-климатические условия Краснодарского края благоприятствуют получению урожаев винограда высокого качества, способного выдерживать конкуренцию на международном рынке.

В то же время получение стабильных высоких урожаев ограничивается воздействием таких неблагоприятных факторов внешней среды, как зимние морозы, особенно после длительной теплой погоды, и летние засухи. Поэтому только сорта, сочетающие высокое качество с адаптированностью к условиям данного региона, могут с успехом возделываться в достаточно широких масштабах [3, 4].

В связи с этим особенно актуально изучение физиолого-биохимических закономерностей формирования как продукционного, так и адаптивного потенциала сортов винограда различного эколого-географического происхождения и выявление наиболее значимых физиолого-биохимических и анатомо-морфологических параметров, характеризующих экспрессивность генетических систем адаптации растений к абиотическим и биотическим стрессам [5-7].

Цель данной работы – изучить физиолого-биохимические закономерности адаптации растений винограда различного эколого-географического происхождения к абиотическим и биотическим стрессорам летнего периода.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в 2014-2016 гг. на базе ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия, расположенной в г.-к. Анапа, квартал технических сортов винограда, на черноземе южном карбонатном, вегетационной площадке СКЗНИИСиВ, г. Краснодар, ЦКП «Приборно-аналитический» и лаборатории физиологии и биохимии ФГБНУ СКЗНИИСиВ. Растения винограда 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3 x 2,5 м.

Объектами исследований служили технические сорта винограда, раннего срока созревания — Кристалл (межвидовой гибрид европейско-амуру-американского происхождения); Красностоп АЗОС, Достойный (межвидовые гибриды европейско-американского происхождения).

Использованы современные высокоточные физиолого-биохимические методы исследования водного обмена, содержания хлорофилла (а+б), каротиноидов, фенолкарбоновых, органических, абсцизовой, индолилуксусной кислот, антоцианов, халконов, малонового диальдегида, пролина, сахарозы, пероксидазы с применением высокоэффективного аналитического оборудования на базе ЦКП «Приборно-аналитический» и лаборатории физиологии и биохимии растений СКЗНИИСиВ [8, 9]. Микрообъекты растительных образцов изучали и фотографировали с помощью микроскопа «Olympus» ВХ 41 согласно методике [10]. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [11].

Обсуждение результатов. За период 2014-2016 гг. в условиях лета на территории анапо-таманской зоны отмечалось постепенное 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 повысилась на 7°C, в июле – на 7°C и в августе – на 4°C. Август 2014 и 2015 гг. характеризовался низкой влагообеспеченностью (осадки – 0 -11 мм), в 2016 г. осадки составили 47 мм (рис. 1).

В этих условиях на протяжении летнего периода 2016 года отмечалось снижение оводненности листьев винограда сорта Кристалл на 19,2 %, сорта Красностоп АЗОС – на 13,2 % и сорта Достойный – на 11,8 % (рис. 2). За анализируемый период в 2016 г., в сравнении с 2014 г., оводненность листьев у изучаемых сортов в июне снизилась на 0,6-2 %, в июле – на 0,68-1,85 % и в августе – на 4,39-11,37 % и в большей степени коррелировала с минимальной температурой воздуха ($K_{коррел} = 0,6-0,9$) (рис. 3).

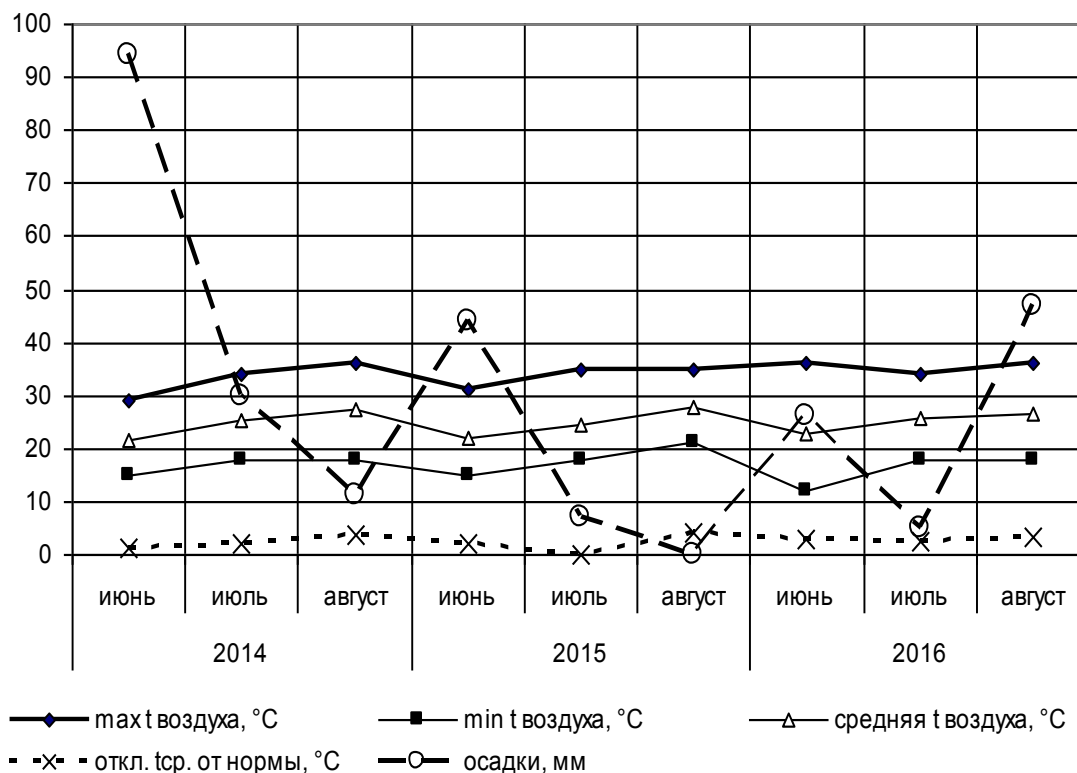


Рис. 1. Гидротермические условия летнего периода 2014-2016 гг.

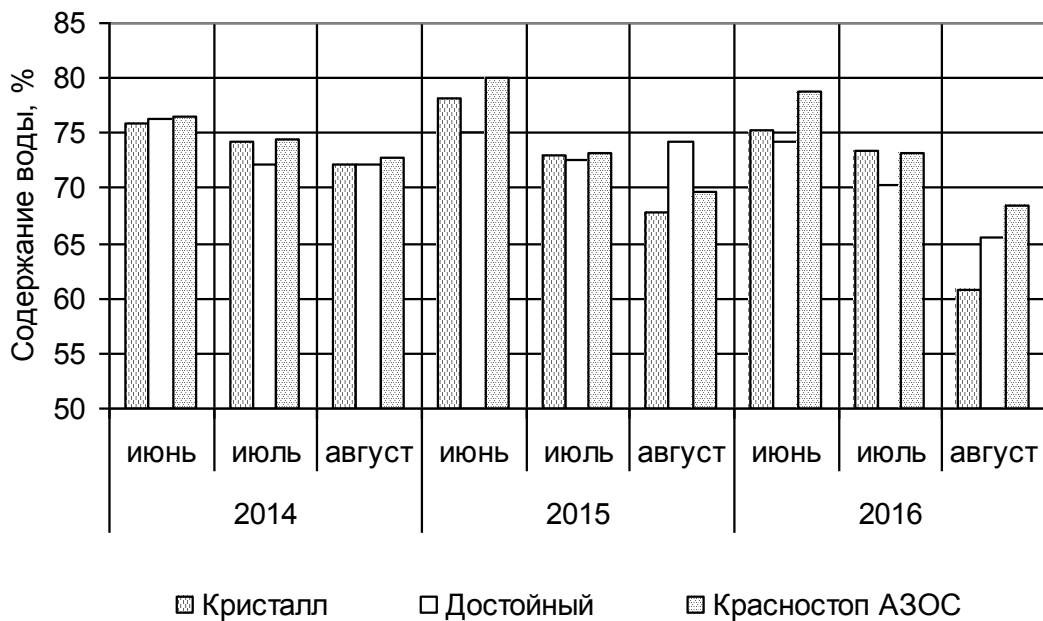


Рис. 2. Оводненность листьев винограда в условиях вегетационного периода, 2014-2016 гг.

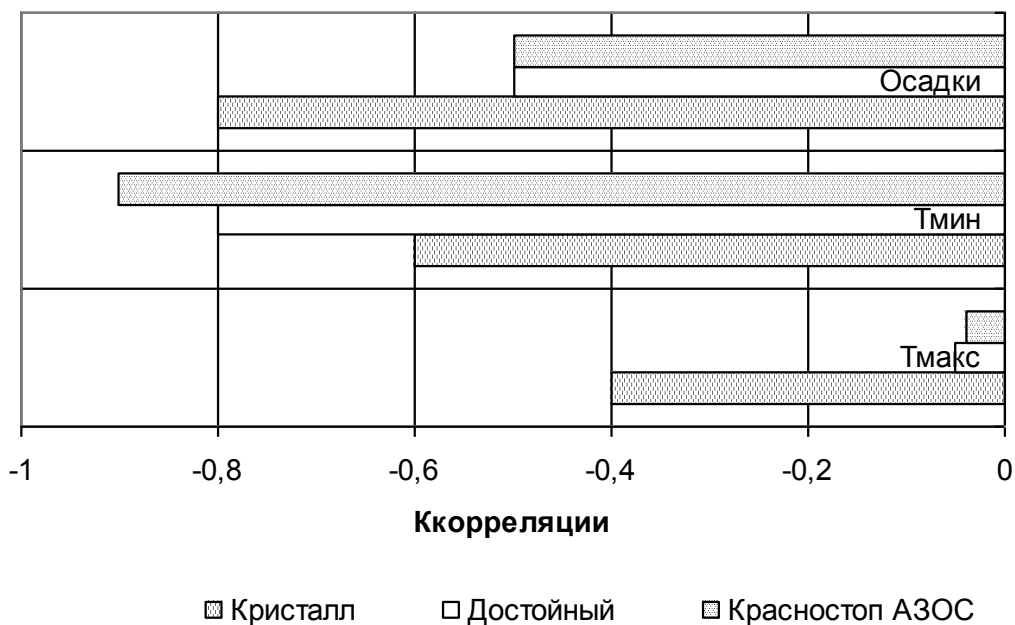


Рис. 3. Зависимость оводненности листьев винограда от гидротермических условий вегетационного периода 2016 г.

В июле 2016 года 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 ($K_{коррел.} = 1$) (рис. 4).

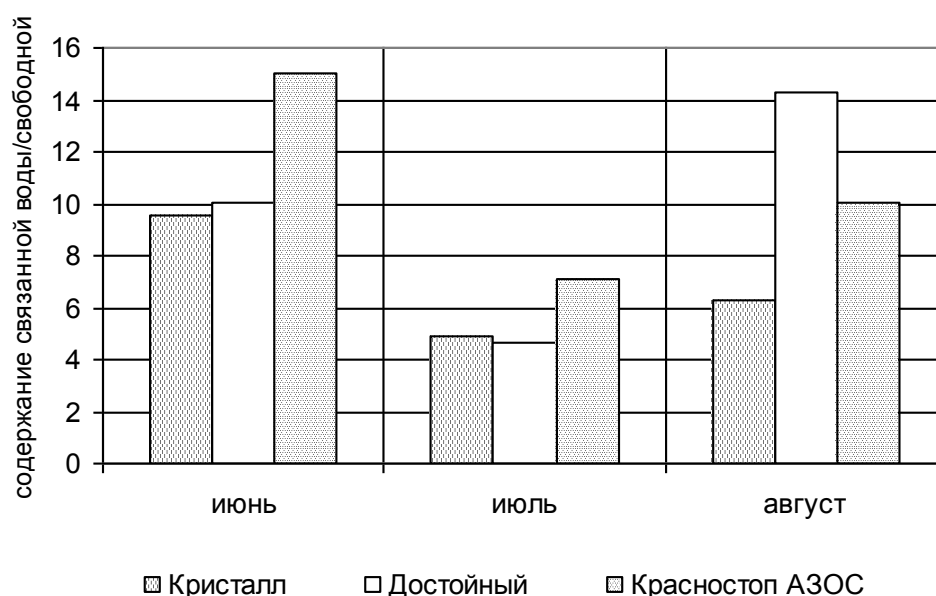


Рис. 4. Динамика отношения содержания связанной воды к свободной в листьях винограда в летний период 2016 г.

Содержание связанной воды в листьях в условиях засухи уменьшалось наряду с увеличением содержания пролина (в 3,7-5,7 раза), что характеризует его стресс-протекторные свойства. За анализируемый период водоудерживающая способность в условиях засухи у изучаемых сортов винограда обусловлена большим содержанием пролина, входящего в состав осмопротекторных белков, ($K_{коррел} = 0,82-0,99$). В 2015 году у сорта Красностоп АЗОС, а в 2016 г. у сорта Кристалл – с содержанием сахарозы ($K_{коррел} = 0,85-1,0$) (рис. 5, 6).

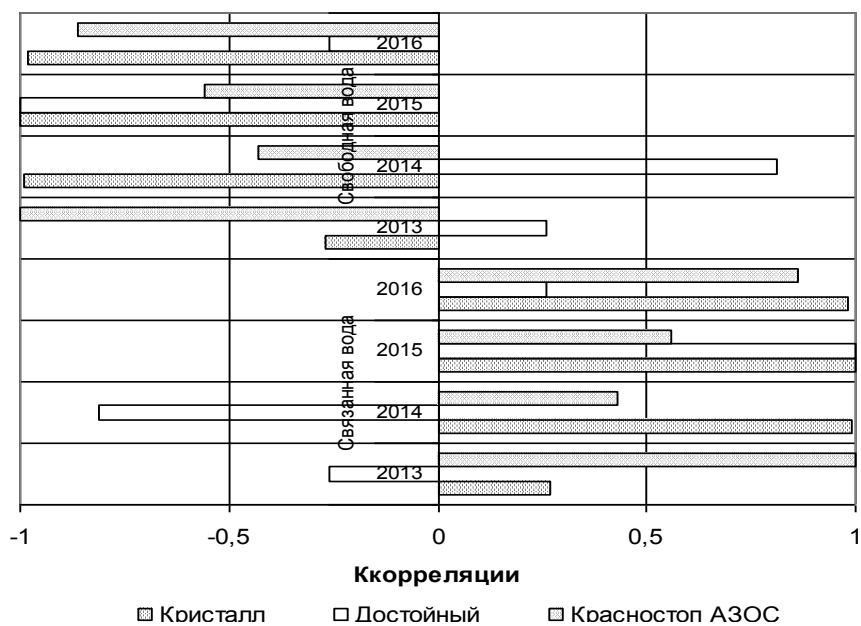


Рис. 5. Зависимость содержания связанной и свободной воды от содержания пролина в листьях винограда в период вегетации, 2013-2016 гг

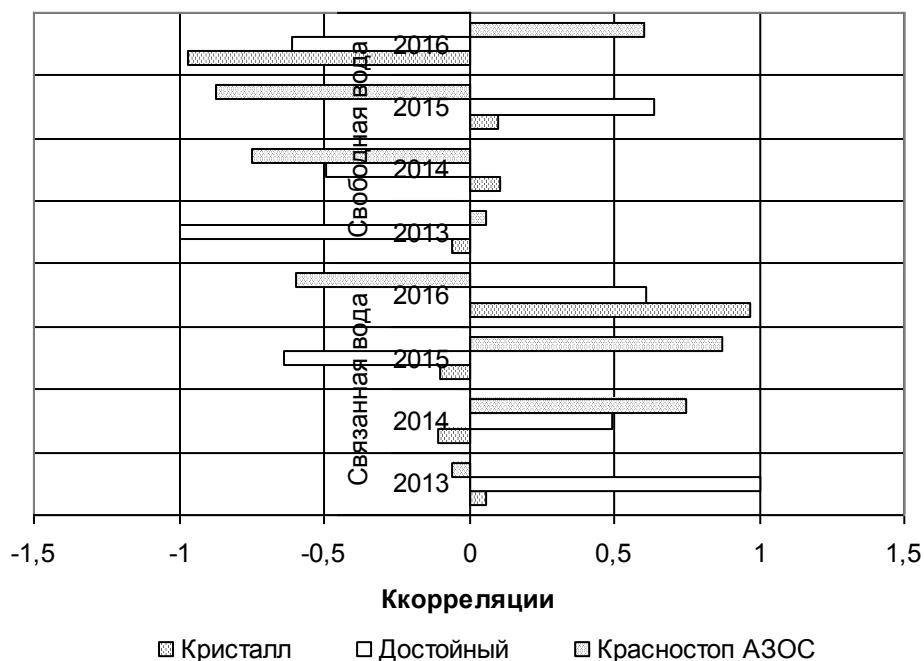


Рис. 6. Зависимость содержания связанной и свободной воды от содержания сахарозы в листьях винограда в период вегетации, 2013-2016 гг.

Под действием засухи в августе 2016 года в листьях снижается содержание белка вследствие его гидролиза (рис. 7)

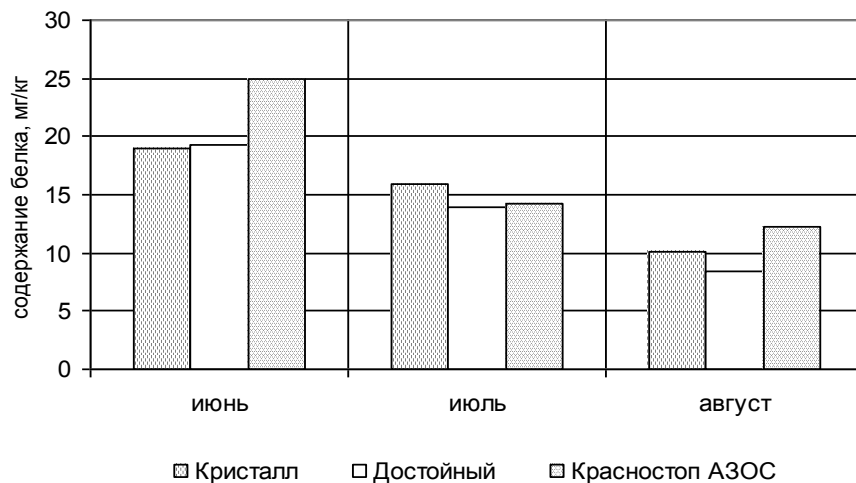


Рис. 7. Динамика содержания белка в листьях винограда в период вегетации 2016 г.

Увеличение содержания суммы свободных органических кислот в листьях 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. 8).

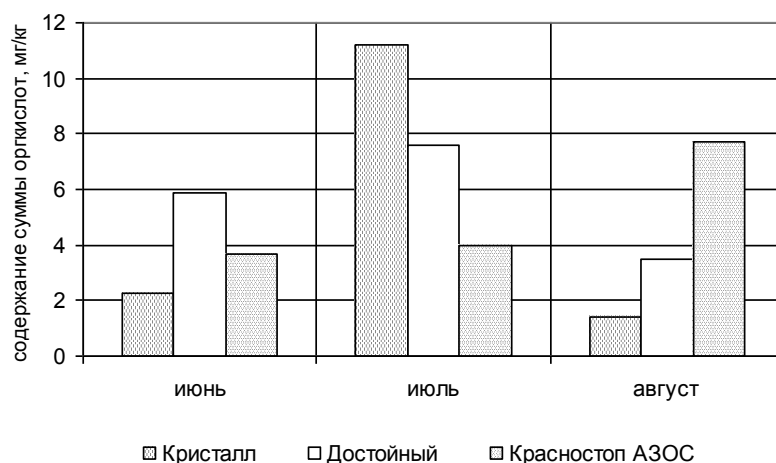


Рис. 8. Динамика содержания суммы органических кислот в листьях винограда в период вегетации 2016 г.

В августе 2015 г. и июле 2016 г., в сравнении с 2014 г., отмечалось увеличение содержания хлорофилла (а + б) в листьях изучаемых сортов винограда и каротиноидов, защищающих хлорофилл от разрушения, особенно у сорта Достойный, что предполагает различную степень проявления защитных свойств у разных по происхождению сортов (рис. 9, 10).

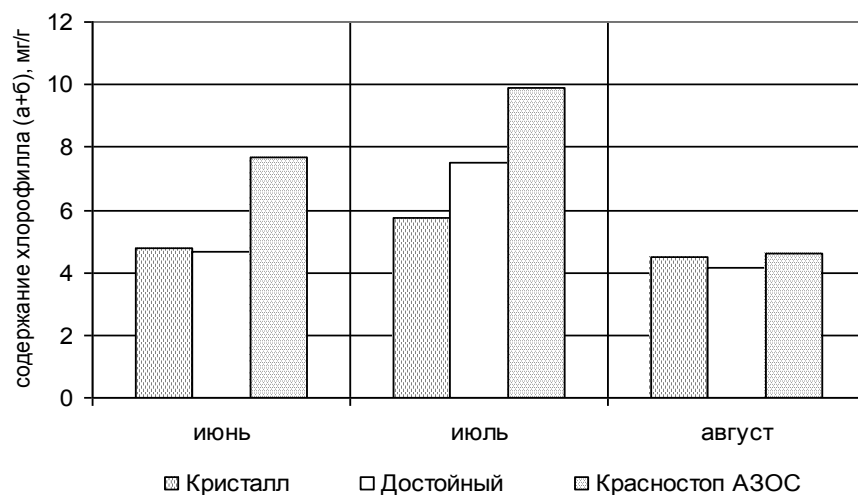


Рис. 9. Динамика содержания хлорофилла (а+б) в листьях винограда в период вегетации 2016 г.

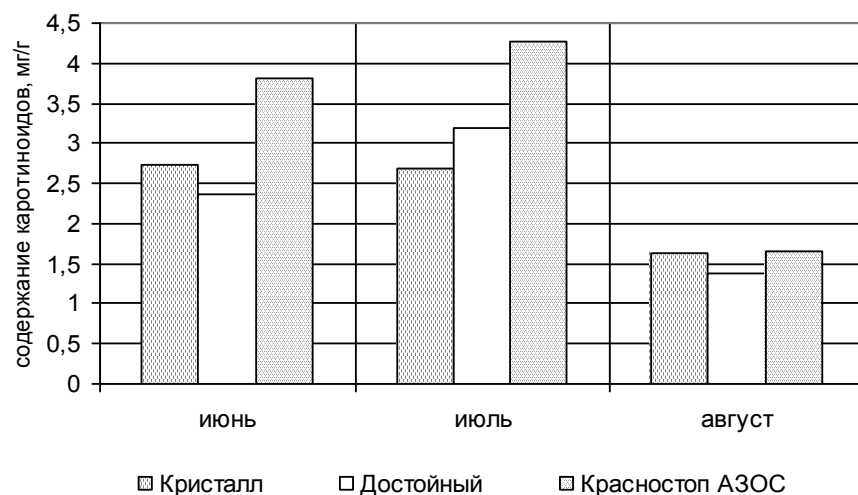


Рис. 10. Динамика содержания каротина в листьях винограда в период вегетации 2016 г.

В летний период 2014-2016 гг. определяли соотношение ИУК/АБК, характеризующее интенсивность ростовых процессов (рис. 11)

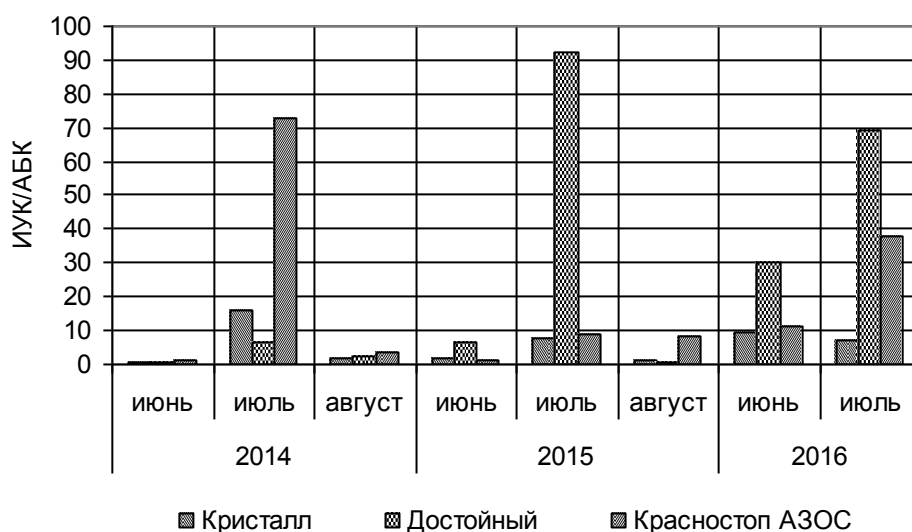


Рис. 11. Соотношение содержания ИУК/АБК в листьях винограда, 2014-2016 гг.

Установлено, что большая величина отношения ИУК/АБК отмечалась у сорта Красностоп АЗОС в июле 2014 и 2016 гг., у сорта Достойный – в июле 2015 г. и в июне и июле 2016 г., в период активного роста побегов.

В июле 2016 г., в сравнении с 2015 г., в модельном опыте у изучаемых сортов отмечалось увеличение коэффициента повреждения мембран при высокотемпературном стрессе, что свидетельствует о снижении жаростойкости растений (рис. 12).

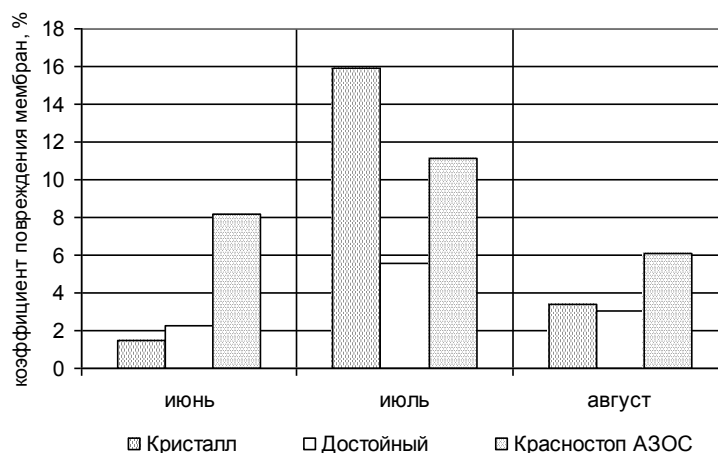


Рис. 12. Жаростойкость сортов винограда в летний период 2016 г.

В августе 2016 года у сорта Красностоп АЗОС жаростойкость повышалась, следовательно, изучаемые сорта по-разному адаптируются засухе.

В условиях 2016 г. выявлены корреляционные взаимосвязи содержания связанной и свободной форм воды с содержанием пролина и сахарозы в листьях винограда. Установлено, что наиболее тесная корреляция содержания связанной и свободной воды с содержанием пролина отмечается у сортов Кристалл и Красностоп АЗОС ($K_{\text{коррел}} = 0,86-0,98$) и меньшая – у сорта Достойный ($K_{\text{коррел}} = 0,26$). У сорта Кристалл наблюдалась большая корреляция содержания связанной и свободной воды с содержанием сахарозы ($K_{\text{коррел}} = 0,97$), чем у сортов Достойный и Красностоп АЗОС ($K_{\text{коррел}} = 0,60-0,61$).

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

По анатомо-морфологическим показателям в июле 2016 г. более всего проявились признаки ксероморфной структуры листовой пластинки у сортов Кристалл и Красностоп АЗОС (табл. 1).

Таблица 1 – Биометрические параметры листовой пластинки сортов винограда различного эколого-географического происхождения (8.07.16).

Сорт	Общая толщина листовой пластинки	Толщина палисадного слоя	Толщина губчатого слоя	Толщина верхнего эпидермиса	Индекс палисадности
Достойный	138,7	65,3	62,9	10,5	1,03
Красностоп АЗОС	120,8	58,8	51,9	10,1	1,13
Кристалл	140,8	68,8	61,7	10,3	1,11

У этих сортов отмечено наибольшее развитие слоя палисадной паренхимы по сравнению с губчатой, более мощное развитие клеток верхне-

го эпидермиса с кутикулой, больше устьиц на единицу поверхности листовой пластинки, что является признаками ксероморфной организации и обуславливает устойчивость растений этих сортов к засухе.

Можно высказать предположение о наличии генов неспецифической устойчивости к низкой влагообеспеченности и экстремальным температурам летнего периода у сортов винограда Кристалл и Красностоп АЗОС, что обусловлено их межвидовым и эколого-географическим происхождением, и рекомендовать их для селекции в качестве носителей хозяйственно ценных признаков.

Биохимические показатели адаптации сортов винограда Кристалл, Достойный и Красностоп АЗОС к абиотическим стрессорам летнего периода 2014-2016 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры наиболее значимых биохимических показателей адаптации сортов винограда к стрессорам летнего периода, 2014-2016 гг.

Биохимический показатель	Сорт		
	Кристалл	Красностоп АЗОС	Достойный
1	2	3	4
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/свободная	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 свободных 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

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/кг	7,9-159,5	6,2-580,3	11,5-153,8
Сумма органических кислот, 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 анапо-таманской зоны на основе результатов проведенных исследований установлены оптимальные физиолого-биохимические параметры устойчивости сортов винограда Кристалл, Достойный, Красностоп АЗОС 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). Несколько больше отмечалось поражение этими патогенами сортов Достойный и Красностоп АЗОС (2-4 балла). Установлена высокая обратная корреляционная зависимость между интенсивностью развития, процентом поражения растений винограда милдью и содержанием хлорогеновой кислоты в листьях растений винограда изучаемых сортов (Ккоррел.= - 1).

Выводы. При исследовании устойчивости к абиотическим стрессорам летнего периода 2013-2016 гг. у изучаемых сортов винограда различного эколого-географического происхождения наблюдалась активация различных сигнальных систем, что подтверждалось изменением оводненности тканей побегов и листьев, содержания свободной и связанной форм воды, АБК, ИУК, осмопротекторов (пролина, сахарозы), белка, крахмала,

суммы фенолкарбоновых кислот, аскорбиновой и органических кислот, свободных аминокислот, пигментов в листьях растений, а также размеров замыкающих клеток устьиц.

Это позволило выявить у сортов винограда различного эколого-географического происхождения различные механизмы адаптации к засухе и высокотемпературному стрессу в летний период 2013-2016 гг., а также выделить сорта, обладающие хозяйственно ценными свойствами, перспективные для селекции и возделывания в условиях юга России.

При исследовании устойчивости к биотическим стрессорам установлено, что при большем содержании в листьях хлорогеновой кислоты, являющейся метаболическим предшественником лигнина и создающей неблагоприятные условия для развития фитопатогена, растения винограда сорта Кристалл меньше поражаются милдью, чем сорта Красностоп АЗОС и Достойный ($K_{коррел.} = 0,92$).

Литература

1. Егоров, Е.А. Актуализация приоритетов в селекции плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда для субъектов Северного Кавказа / Е.А. Егоров // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 3-45
2. Серпуховитина, К.А. Доминирующие факторы эффективного виноградарства и виноделия / К.А. Серпуховитина // Виноделие и виноградарство. – 2005. – №5. – С. 10-12.
3. Ненько, Н.И. Адаптация технических сортов винограда к засухе в анапотаманской зоне / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, Т.В. Схалыхо // Виноградарство и виноделие. Сборник научных трудов. – Ялта, 2011. – Т. 41. – Ч.2. – С.21-23.
4. Skriver, K. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress / Skriver K, Mundy J. // Plant Cell.- 1990. - № 2.- P. 503–512.
5. Кузнецов, В.В. Элементы неспецифичности реакции генома растений при температурном и холодном стрессе / В.В. Кузнецов, Дж. Кимпел, Дж. Гокджиян, Дж. Ки // Физиология растений. – 1987. – Т. 34. – С. 859-868.
6. Newton, R. Molecular and physiological genetics of drought tolerance in forest species / R.J. Newton, E.A. Funkhouser, F. Fong, C.G. Tauer // Forest Ecology and Management. – 1991. – № 43. – P. 225-250.
7. Nakhforoosh, A. Dissection of drought response of modern and underutilized wheat varieties according to Passioura's yield-water framework / Alireza Nakhforoosh, Heinrich Grausgruber, Hans-Peter Kaul and Gernot Bodner // Plant Sci. Published online 2015 Jul 23. doi: 10.3389/fpls.2015.00570

8. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические методы изучения исходного и селекционного материала / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, В.С. Петров, М.А. Сундырева // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 530-540
9. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Учебно-методическое пособие. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – 215 с.
10. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева – М.: Колос, 1967. – 176 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

References

1. Egorov E.A. Aktualizacija prioritetov v selekcii plodovyh, jagodnyh, orehoplodnyh kul'tur i vinograda dlja sub'ektov Severnogo Kavkaza / E.A. Egorov // Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2012. – S. 3-45
2. Serpuhovitina, K.A. Dominirujushhie faktory jeffektivnogo vinogradarstva i vinodelija / K.A. Serpuhovitina // Vinodelie i vinogradarstvo. – 2005. – №5. – S. 10-12.
3. Nen'ko, N.I. Adaptacija tehniceskikh sortov vinograda k zasuhe v anapotamanskoj zone / N.I. Nen'ko, G.K. Kiseleva, T.V. Shaljaho // Vinogradarstvo i vinodelie. Sbornik nauchnyh trudov. – Jalta, 2011. – T. 41, Ch.2. – S.21-23.
4. Skriver, K. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress / Skriver K, Mundy J. // Plant Cell.- 1990. - № 2.- R. 503–512.
5. Kuznecov V.V. Jelementy nespecificnosti reakcii genoma rastenij pri temperaturnom i holodovom stresse / V.V. Kuznecov, Dzh. Kimpel, Dzh. Gokdzhijan, Dzh. Ki // Fiziologija rastenij. – 1987. – T. 34. – S. 859-868.
6. Newton, R. Molecular and physiological genetics of drought tolerance in forest species / R.J. Newton, E.A. Funkhouser, F. Fong, C.G. Tauer // Forest Ecology and Management. – 1991. – № 43. – P. 225-250.
7. Nakhforoosh, A. Dissection of drought response of modern and underutilized wheat varieties according to Passioura's yield-water framework / Alireza Nakhforoosh, Heinrich Grausgruber, Hans-Peter Kaul and Gernot Bodner // Plant Sci. Published online 2015 Jul 23. doi: 10.3389/fpls.2015.00570
8. Nen'ko, N.I. Fiziologo-biohimicheskie metody izuchenija ishodnogo i selekcionnogo materiala / N.I. Nen'ko, I.A. Il'ina, V.S. Petrov, M.A. Sundryeva // Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2012. – S. 530-540
9. Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovanija plodovyh kul'tur i vinograda. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2015. – 215 s.
10. Pausheva Z.P. Praktikum po citologii rastenij / Z.P. Pausheva – М.: Kolos, 1967. – 176 s.
11. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta / B.A.Dosphehov. – М.: Kolos, 1985. – 351 s.