

УДК 634.8: 581.1.036

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ
ВИНОГРАДА К СТРЕССОРАМ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА***

Ненько Н.И., д-р с.-х. наук, **Ильина И.А.**, д-р техн. наук, **Сундырева М.А.**, канд. с.-х. наук,
Киселева Г.К., канд. биол. наук, **Шестакова В.В.**, канд. с.-х. наук, **Схаляхо Т.В.**

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

Реферат. В статье приводятся результаты физиолого-биохимических исследований сортов винограда различного эколого-географического происхождения в связи с устойчивостью к стрессам зимнего периода. Установленные параметры позволили выявить сорта винограда устойчивые к воздействию низких температур по второму и третьему компонентам зимостойкости, перспективные для создания многолетних ценозов.

Ключевые слова: виноград, низкотемпературный стресс, компоненты зимостойкости, адаптационная устойчивость

Summary. The results of physiological and biochemical study of grapes varieties of different ecological and geographical origin in connection with the resistance to stresses of the winter period are presented in the article. Determined parameters allowed to reveal the grapes varieties resistant to low temperatures by the second and third components of the winter-hardiness, promising to create the perennial cenoses.

Key words: grapes, low-temperature stress, components of winter-hardiness, adaptive resistance

Введение. В условиях изменяющегося климата большое значение имеет состояние растительного организма и его адаптация к стрессовым факторам. Необходимо выделить сорта, перспективные для дальнейшего использования, наиболее приспособленные к почвенно-климатическим условиям зон возделывания. Решающую роль в адаптации растений к абиотическим факторам зимнего периода играют биологические свойства сортов. Отличительная особенность адаптации – высокая лабильность физиологических функций и биохимических реакций, обеспечивающих жизнеспособность растения. [1-4].

Выявление регуляторных систем и механизмов, обеспечивающих упорядоченность физиологических процессов, способность растений к адаптации в широком диапазоне меняющихся условий среды – приоритетное направление исследований в области физиологии и биохимии растений. В условиях постоянно варьирующих факторов внешней среды большое значение имеет активация защитно-компенсаторных и других приспособительных реакций винограда, в том числе на регуляцию и сохранение относительного постоянства внутренней водной среды растений как одного из главных средств приспособления к переменным условиям и действию повреждающих факторов [6-7].

Цель настоящей работы – определить физиолого-биохимические закономерности адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения, а также параметры биохимических показателей их устойчивости по второму и третьему компонентам зимостойкости к абиотическим факторам зимнего периода юга России.

* Работа выполнена в рамках ФАНО и поддержана грантом №13-04-96581 р юг а Российского фонда фундаментальных исследований и администрацией Краснодарского края.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на базе ампелографической коллекции АЗОСВиВ, расположенной в г.-к. Анапа, квартал технических сортов винограда на черноземе южном карбонатном, с использованием приборной базы центра коллективного пользования и лаборатории физиологии и биохимии СКЗНИИСиВ. Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3 x 2,5 м.

Объекты исследований – сорта винограда технического назначения: раннего срока созревания межвидовой европейско-амуро-американский гибрид *Кристалл*, среднего срока созревания межвидовые гибриды европейско-американской группы – *Достойный* и *Красностоп АЗОС*. Для характеристики адаптационной устойчивости растений винограда к низкотемпературным и водным стрессам зимнего периода анапо-таманской зоны содержание свободной и связанной воды определяли весовым методом; углеводов, белка – спектральным методом; состав и количество органических, фенолкарбоновых, индолилуксусной и абсцизовой кислот – методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 103Р [8-11]. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [12].

Обсуждение результатов. Для определения взаимосвязей в динамиках изменений физиологических и биохимических процессов различных генотипов винограда в холодный период года проведен анализ данных за период 2012-2015 гг по изменению качественно-количественного состава биохимических веществ, активно участвующих в обменных и окислительно-восстановительных процессах, при воздействии низкотемпературных стрессов по компонентам зимостойкости.

Для выявления физиолого-биохимических закономерностей в системе «многолетнее растение – природная среда» изучено влияние гидротермических условий анапо-таманской зоны на оводненность лозы винограда. Показано, что период, когда растения находились в состоянии глубокого покоя (декабрь), был достаточно благоприятным: во все анализируемые годы температура воздуха не опускалась ниже -9°C . В феврале 2012 и 2014 гг., когда растения перешли в состояние вынужденного покоя, температура опускалась до -20°C и -17°C , соответственно, что вызывало у растений стресс (рис. 1).

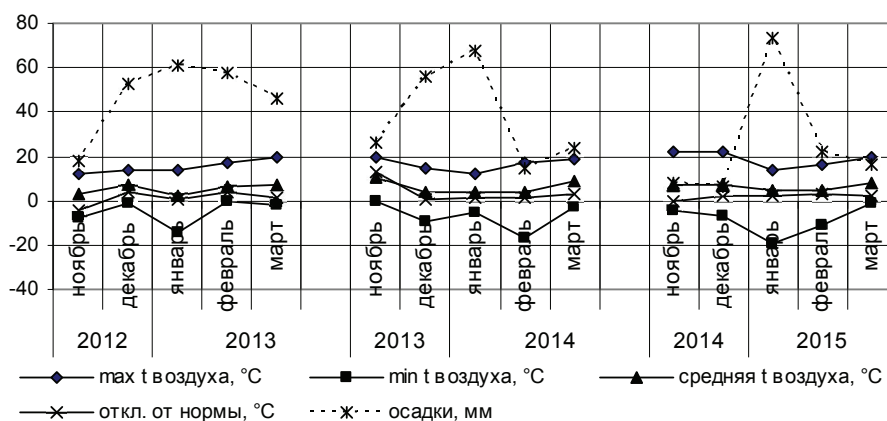


Рис. 1. Гидротермические условия зимнего периода г. Анапа, период 2012 -2015 гг.

В осенне-зимний период 2014 - 2015 гг. метеоусловия г. Анапа были относительно мягкими, средняя температура воздуха не опускалась ниже $4,3^{\circ}\text{C}$, а количество выпавших осадков приближалось к норме. В декабре температура воздуха опустилась ниже 5°C , на 25-30 дней позже среднемноголетних сроков. Следует отметить понижение температуры

воздуха до минус 4 С в ноябре, когда растения еще не вошли в глубокий покой, в январе – до минус 19 С, а также в феврале (когда растения находились в состоянии вынужденного покоя) – до минус 11 С. За вегетационный период 2014 года изучаемые сорта Кристалл, Достойный, Красностоп АЗОС, выжившие после экстремально низкой температуры января - февраля 2012 г., накопили в побегах запас пластических веществ, при этом сорт раннего срока созревания – больше (содержание сухих веществ 77,16 %), среднего срока созревания - меньше (72,91-74,76 %), что характеризует повышенное содержание воды у последних (табл. 1).

Таблица 1 – Водный режим лозы винограда в декабре, 2013-2014 гг.

Сорт	Содержание воды, %						Содержание сухих веществ, %	
	общее		свободной		связанной			
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Кристалл	19,42	22,84	63,49	65,9	36,51	34,1	80,58	77,16
Достойный	19,47	25,24	70,64	72,9	29,36	27,1	80,53	74,76
Красностоп АЗОС	18,30	27,09	64,62	74,85	35,38	25,2	81,70	72,91

В декабре 2014 г. у всех анализируемых сортов отмечается рост оводненности побегов в сравнении с декабрем 2013 г. Это свидетельствует об активном протекании обменных процессов и о том, что растения винограда находятся в состоянии вынужденного покоя. Наряду с большей оводненностью побегов у сортов Достойный и Красностоп АЗОС отмечается большее содержание свободной формы воды (72,9 % и 74,8 %, соответственно) в сравнении с сортом Кристалл (65,9 %). Это позволяет предположить более активное протекание обменных процессов у сортов Достойный и Красностоп АЗОС.

При изучении закономерностей в системе «многолетнее растение – природная среда» за 2012 - 2014 гг. выявлены зависимости между водным режимом побегов винограда и гидротермическими условиями окружающей среды (рис. 2).

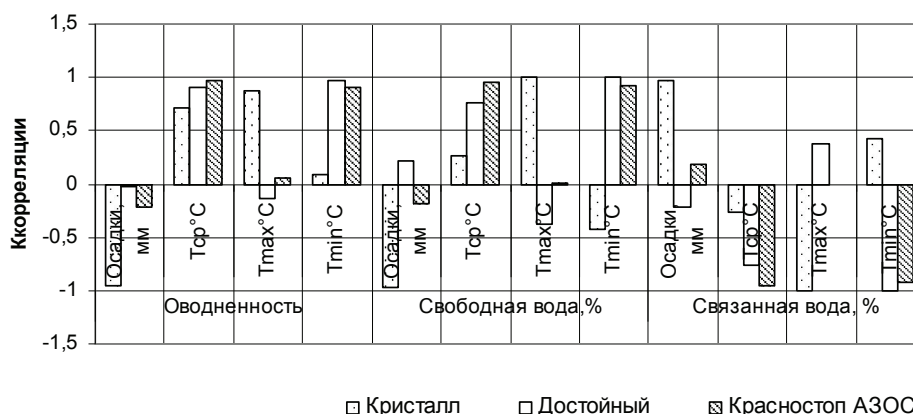


Рис.2. Зависимость водного режима побегов сортов винограда от гидротермических условий г. Анапа, декабрь 2012-2014 гг.

Анализ данных показал, что оводненность лозы в декабре за период 2011-2013 гг. у сорта *Кристалл* (евро-амуро-американского происхождения) зависела от минимальной

температуры воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,95$), а у сортов *Достойный* и *Красноstop АЗОС* (евроамериканского происхождения) – от максимальной температуры воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,91$ и $0,99$, соответственно) и количества выпавших осадков ($K_{\text{коррел.}} = 1,0$ и $0,96$, соответственно). Содержание свободной воды в тканях винограда сорта Кристалл зависит от минимальной ($K_{\text{коррел.}} = 1,0$), а у сортов *Достойный* и *Красноstop АЗОС* – от максимальной температуры воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 1,0$ и $0,92$, соответственно).

При воздействии низких температур нарушается структура клеточных мембран, увеличивается их проницаемость, что повышает выход электролитов из тканей растений. Основной причиной нарушения функциональной активности клеток при воздействии низких температур на растения служит разрушение мембранных липидов в результате их перекисного окисления.

Фенольные соединения, антоцианы, халконы выполняют в растениях стресспротекторную функцию, защищая мембраны клеток от разрушения. В связи с этим определялось содержание антоцианов, халконов, фенолкарбоновых (хлорогеновой и кофейной) и аскорбиновой кислот в побегах винограда изучаемых сортов (рис. 3, 4).

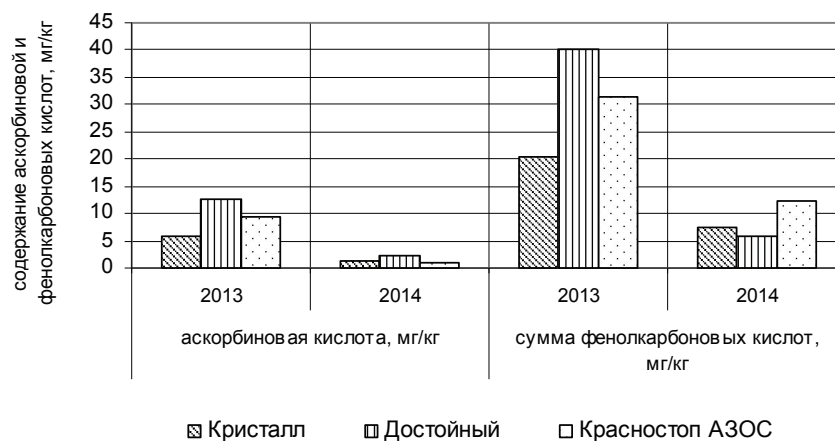


Рис. 3. Содержание аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот в лозе винограда, декабрь 2013, 2014 гг.

В декабре 2014 года сорта винограда Кристалл и Достойный характеризуются большим содержанием аскорбиновой кислоты (1,3 и 2,3 мг/кг, соответственно) и сорт Красноstop АЗОС – суммой фенолкарбоновых кислот (12,4 мг/кг), защищающих клеточные мембраны от разрушения.

Установлено, что в лозе сорта Кристалл в декабре 2014 г. содержится больше халконов (18,2 усл. ед.), и антоцианов (6 усл.ед.), чем у сортов Достойный (15,2 и 6,5 усл.ед.) и Красноstop АЗОС (14,0 и 4,6 усл.ед.), защищающих мембраны клеток от разрушения. Следует отметить, что у всех анализируемых сортов в декабре 2014 г. в сравнении с декабрем 2013 г. содержание халконов в лозе увеличивается в 2,1 - 2,3 раза, а содержание антоцианов у сорта Достойный – на 35,4 % (рис. 4). Следовательно, увеличение содержания халконов в лозе винограда представляет общую закономерность для всех изучаемых сортов винограда, а повышение содержания антоцианов у сорта Достойный связано с сортовой спецификой и, что характеризует особенности адаптации изучаемых сортов.

Оценка механизма устойчивости лозы к обезвоживанию отдельно у каждого из изучаемых сортов показала, что у сорта Кристалл большее воздействие на содержание связанной формы воды в лозе оказывает пролин ($K_{\text{коррел.}} = 0,9$) и меньшее – сахароза ($K_{\text{коррел.}} =$

0,5); у сорта Красностоп АЗОС – как пролин, так и сахараза ($K_{коррел.} = 0,8$); у сорта Достойный и пролин, и сахараза имеют незначительное влияние ($K_{коррел.} = 0,3$) (рис.5).



Рис.4. Содержание антоцианов и халконов в лозе винограда, декабрь 2013, 2014 гг.

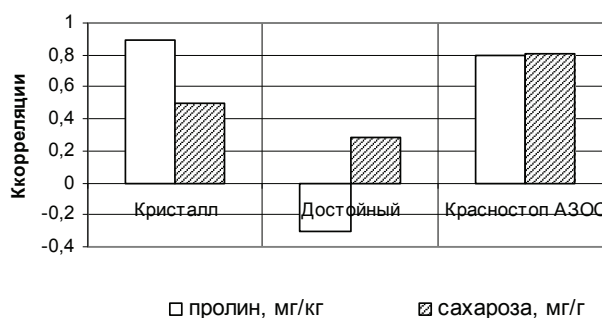


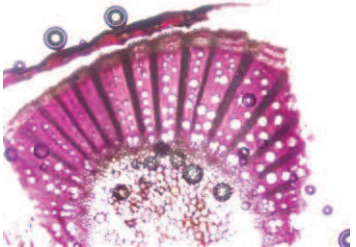
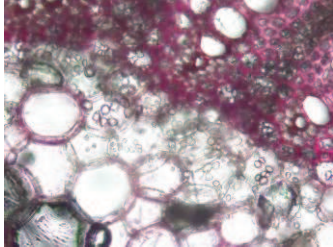

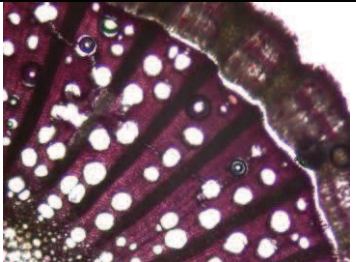
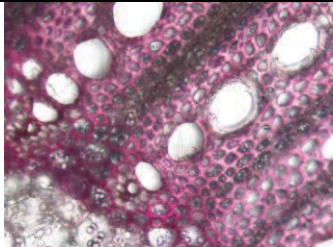
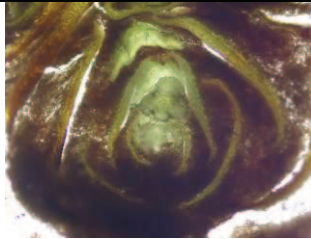
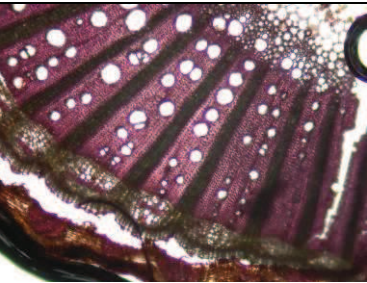
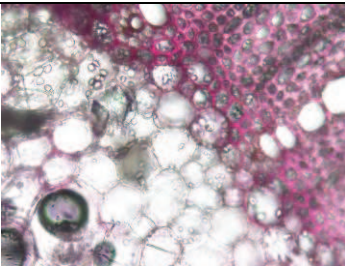
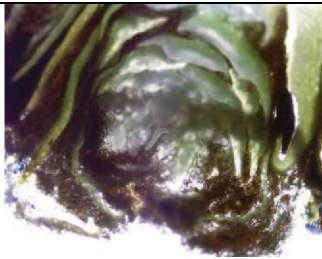
Рис. 5. Биохимическая характеристика водоудерживающей способности сортов винограда, декабрь 2012-2014 гг.

Анатомо-морфологические исследования почек в декабре 2014 года показали, что они находились в состоянии зимнего покоя. У всех сортов винограда в зимующих почках (глазках) заложены эмбриональные соцветия, обуславливающие урожай следующего года (табл. 2). При искусственном промораживании побегов винограда в морозильной камере при температуре минус 25°С оводненность побегов сорта Кристалл повысилась на 4 %, а у сортов Достойный и Красностоп АЗОС снизилась в 2,5 раза (рис. 6, 7). При этом содержание свободной воды у этих сортов понизилось в 2,1, 2,5 и 3,3 раза, соответственно. Отношение содержания связанной формы воды к свободной форме после промораживания повысилось у сорта Кристалл в 5,2 раза, у сорта Достойный – в 6 раз и у сорта Красностоп АЗОС – в 9,1 раза.

При промораживании побегов содержание белка у сорта Кристалл снизилось в 2,2 раза, у сорта Достойный – в 3,1 и сорта Красностоп АЗОС – в 2,6 раза; крахмала - у сортов Кристалл, Достойный – в 2,6 и у сорта Красностоп АЗОС – в 1,6 раза. Это свидетельствует об активном протекании гидролитических процессов. После промораживания побегов содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки лозы винограда у сортов Достойный, Красностоп АЗОС, Кристалл, отмеченных как высокоморозостойкие, не изменилось и составляло по-прежнему 4,9-5,0 балла.

Таким образом, воздействие низких температур у изучаемых сортов винограда вызвало наибольшие изменения в лубе лозы, но не повредило ее сердцевину.

Таблица 2 – Сравнительная анатомо-морфологическая характеристика однолетней лозы и почек различных сортов винограда до искусственного промораживания (29.12.14)

Сорт	Поперечный срез одно- летней лозы	Содержание крахмала в зоне мелкоклеточной серд- цевины (в баллах)	Продольный разрез почки	Морозостойкость сорта
Достойный		 5,0 баллов		Высокоморозостойкий
Красноstop АЗОС		 5,0 баллов		Высокоморозостойкий
Кристалл		 4,9 балла		Высокоморозостойкий

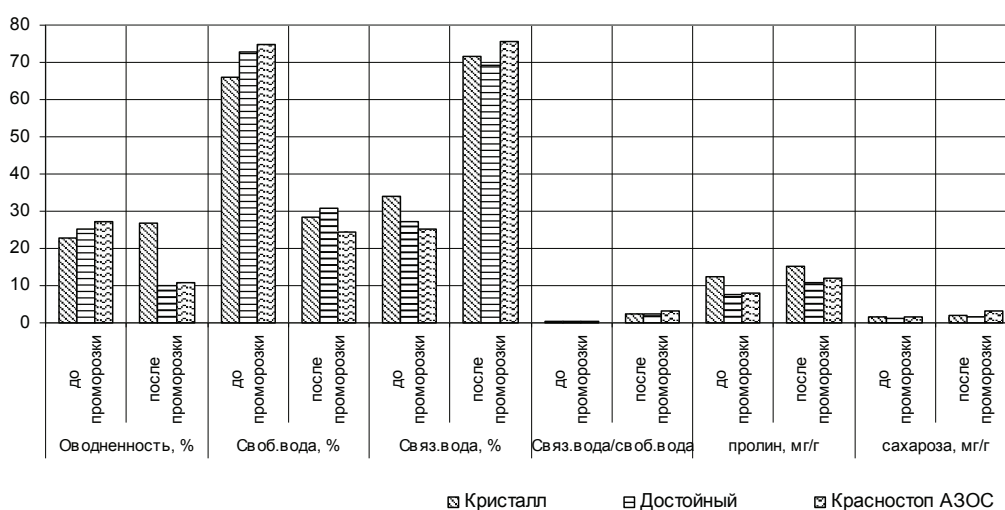


Рис. 6. Биохимическая характеристика устойчивости лозы винограда к обезвоживанию при низкотемпературном стрессе, декабрь 2014 г.

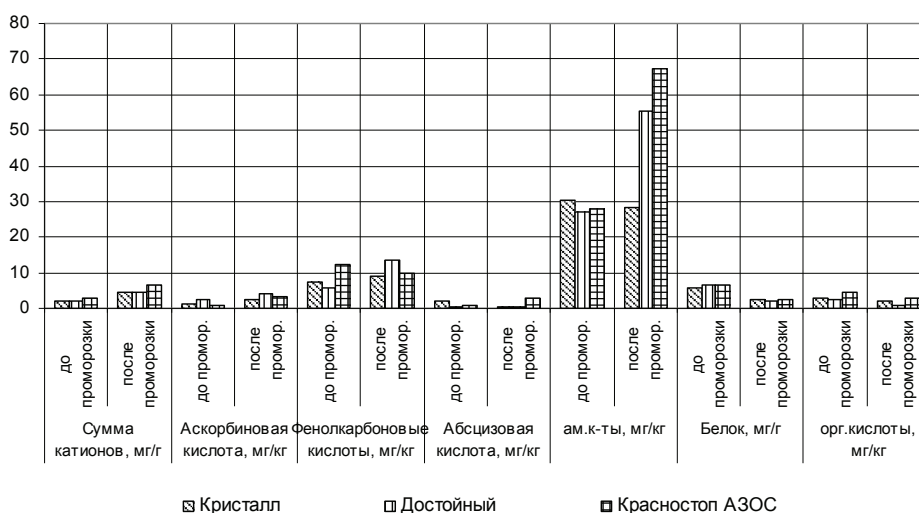


Рис. 7. Биохимическая характеристика устойчивости лозы винограда к низкотемпературному стрессу, декабрь 2014 г.

Уменьшение содержания суммы органических кислот цикла Кребса у сортов Кристалл и Красностоп АЗОС в 1,5 раза и у сорта Достойный в 4,2 раза, в результате промораживания побегов при минус 25°C, характеризует снижение интенсивности дыхания и позволяет предположить, что в декабре 2014 г. растения винограда не вошли в состояние глубокого покоя, поэтому воздействие экстремально низкой температуры в модельном опыте послужило причиной их гибели, поскольку превысило границы толерантности при активно протекающих обменных процессах.

В феврале 2015 года содержание свободной формы воды в побегах у сорта Кристалл уменьшилось на 17,9 %, у сорта Красностоп АЗОС – на 12,8 %, а у сорта Достойный повысилось на 6,5 %. Это, вероятно, связано с подмерзанием побегов у последнего (табл. 4)

В конце февраля 2015 г. оводненность побегов снизилась в сравнении с декабрем 2014 г. у сорта Кристалл на 6,8 %, Красностоп АЗОС – 6,1 %, у сорта Достойный увеличилась на 5,8 %. У сорта Достойный отмечалось также увеличение содержания свободной формы воды в побегах, что может быть обусловлено большей активацией обменных про-

цессов. Биохимическая характеристика устойчивости сортов винограда к низкотемпературному стрессу приведена в табл. 5.

Таблица 4 – Водный режим лозы винограда, декабрь 2014 - февраль 2015 гг.

Сорт	Содержание воды, %					
	общее		свободная		связанная	
	декабрь 2014 г.	февраль 2015 г.	декабрь 2014 г.	февраль 2015 г.	декабрь 2014 г.	февраль 2015 г.
Кристалл	22,8	16	65,9	48	34	52
Достойный	25,2	31	72,9	80	27	21
Красностоп АЗОС	27,1	21	74,8	62	25	38

Таблица 5 – Биохимическая характеристика устойчивости винограда к обезвоживанию, декабрь 2014- февраль 2015 гг.

Сорт	Связанная / своб. вода		Белок, мг/г		Пролин, мг/кг		Сахароза, мг/г		Фенолкарбоновые к-ты, мг/кг	
	декабрь 2014	февраль 2015	декабрь 2014	февраль 2015	декабрь 2014	февраль 2015	декабрь 2014	февраль 2015	декабрь 2014	февраль 2015
Кристалл	0,49	1,1	5,65	4,3	13	189	1,6	3	7,4	37
Достойный	0,37	0,3	6,58	3,4	7,6	98	1,1	4,6	5,7	40
Красностоп АЗОС	0,34	0,6	6,47	4,8	7,9	65	1,7	3,2	12,4	23

Увеличение в феврале 2015 г., в сравнении с декабрем 2014 г., величины отношения связанной воды к свободной у сортов Кристалл и Красностоп АЗОС вдвое согласуется с повышением содержания пролина в лозе в 8,5 - 14,5 раз, а сахарозы – в 2 - 4 раза и суммы фенолкарбоновых кислот в 1,8 - 7 раз, и в большей мере – у сорта Кристалл, что характеризует адаптационную перестройку в связи с воздействием в январе 2015 г. низкотемпературного стресса. В феврале увеличение содержания фенолкарбоновых и аскорбиновой кислот, повышающих устойчивость клеточных мембран к разрушению, и содержание пролина свидетельствует о повышении водоудерживающей способности цитоплазмы и служит проявлением адаптации сортов по третьему компоненту зимостойкости. Результаты позволяют предположить разные механизмы адаптации сортов к стрессорам зимнего периода.

Анатомо-морфологические и гистохимические исследования однолетней лозы изучаемых сортов винограда показали, что в марте они вступили в вегетационный период, характеризующийся активностью ростовых процессов. Содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки у сортов Достойный, Красностоп АЗОС, Кристалл составило 4,9 балла. Исследования почек показали, что в них начались эмбриональные процессы, обуславливающие урожай текущего года. Таким образом, в связи с потеплением климата в декабре зимнего периода 2012 - 2015 гг. растения винограда не вошли в состояние глубокого покоя и не отличались устойчивостью к экстремально низким температурам в этот период (второй компонент зимостойкости).

В состоянии вынужденного покоя при благоприятных климатических условиях февраля 2015 г. изучаемые сорта можно охарактеризовать положительно по третьему ком-

поненту зимостойкости. Проявление низких температур в январе 2015 г. привело к подмерзанию растений винограда, что, несомненно, скажется на их продуктивности.

Установлены параметры наиболее информативных показателей, характеризующих устойчивость сортов винограда к стрессорам зимнего периода 2011 – 2015 гг. (табл.6).

Таблица 6 – Биохимические показатели адаптации межвидовых гибридов винограда к стрессорам зимнего периода, 2007-2015 гг.

Биохимический показатель	В состоянии глубокого покоя	В состоянии вынужденного покоя
Оводненность побега, %	20,69 – 31,87	16,44 - 31,02
Содержание сухих веществ, %	68,13 – 79,31	68,98 – 83,56
Содержание свободной воды, %	63,02 – 81,25	47,5 – 80,43
Содержание связанной воды, %	18,65 – 36,98	19,85 – 52,5
Отношение связ.вода/своб.вода	0,34 – 0,79	0,24 – 1,11
Содержание сахарозы, мг/г	1,07– 11,83	2,99 – 6,15
Содержание крахмала, мг/г	2,95 – 15,24	3,72 – 8,51
Содержание пролина, мг/кг	7,6 – 92,0	46,2 – 190,0
Содержание белка, мг/г	3,7 – 6,58	3,36 – 8,21
Сумма катионов, мг/г	1,9 – 3,34	1,77 – 3,08
Сумма фенолкарб. и аскорб. кислот, мг/г	0,27 – 13,4	0,01 – 0,06

Заключение. Для межвидовых гибридов винограда установлены оптимальные физиолого-биохимические параметры зимостойкости (в состоянии глубокого и вынужденного покоя), позволившие этим сортам выжить в экстремальных зимних условиях 2011-2015 гг.

Литература

1. Серпуховитина, К.А. Формирование сортовой политики на Кубани / К.А. Серпуховитина, Г.Н. Ключникова, Т.А. Нудьга, Н.Н. Апалькова // Виноделие и виноградарство. -2005.- № 3.- С. 4-6.
2. Site productivity, the key to crop productivity / Sauerborn J. // J. Agron. and Crop Sci. – 2002. – 188, № 6. – С. 363-367.
3. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – М.: Изд-во РУДН «Агрорус», 2001. – Т. II. – 708 с.
4. Серпуховитина, К.А. Доминирующие факторы эффективного виноградарства и виноделия // Виноделие и виноградарство. – 2005. – №5. – С. 10-12.
5. Петров, В.С. Устойчивое производство винограда на основе системного управления его продуктивностью и качеством // Виноделие и виноградарство. – 2006. – № 1. – С. 4-6.
6. Урманцев, Ю. А. Проблема специфичности и неспецифичности ответных реакций растений на повреждающие воздействия / Ю.А. Урманцев, Н.Л. Гудсков // Журнал общей биол.– 1986.– № 47.– С.33–34.
7. Колесниченко, А. В. Характеристика низкотемпературного стресса у растений / А.В. Колесниченко, П.Т. Побежимова, В.К. Войников // Физиол. растений. – 2000. – № 47. – С. 624–630.
8. Ненько, Н. И. Физиологические методы в адаптивной селекции плодовых культур / Н.И. Ненько, Т.Н. Дорошенко, Т.А. Гасанова // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.- Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012.- С. 189-198.
9. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Учебно-методическое пособие.- Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015.- 215 с.
10. Киселева, Г.К. Анатомио-морфологическая оценка адаптивного потенциала сортов плодовых культур и винограда // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.- Краснодар : СКЗНИИСиВ, 2012.- С. 199–205.
11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Колос.- 1979.- 415 с.