

УДК 634.8 : 581.1.036

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АДАПТАЦИИ ВИНОГРАДА РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ

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

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

Реферат. Изучены физиолого-биохимические закономерности адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения к стрессам зимнего периода. Выявлены наиболее значимые физиолого-биохимические и анатомо-морфологические критерии и параметры, характеризующие устойчивость, и выделены сорта винограда, устойчивые к воздействию низких температур по второму и третьему компонентам зимостойкости, перспективные для создания многолетних ампелоценозов.

Ключевые слова: виноград, сорт, низкотемпературный стресс, компоненты зимостойкости

Summary. The physiological and biochemical regularities of adaptation of grapes varieties of various ecological-geographical origin to stresses of the winter period are studied. The most significant physiological-biochemical and anatomical-morphological criteria and parameters characterized plants stability are revealed and the grapes varieties steady against influence of low temperatures on the second and third components of winter hardiness, promising for creation of perennial ampelo ceneses are revealed.

Key words: grapes, varieties, low-temperature stress, winter hardiness components

Введение. Природно-климатические условия юга России благоприятствуют получению высоких урожаев конкурентоспособной продукции винограда, однако решение этой важной задачи лимитируется воздействием на растения винограда таких неблагоприятных факторов внешней среды, как зимние морозы, особенно после длительной теплой погоды. Поэтому только сорта, сочетающие высокое качество с адаптированностью к условиям региона возделывания, могут с успехом выращиваться в достаточно широких масштабах [1]. Это обуславливает необходимость совершенствования сортимента за счет сортов, лучше приспособленных к условиям места произрастания. Повышение устойчивости растений винограда к экстремальным факторам среды возможно лишь на основе глубокого изучения их физиолого-биохимических особенностей и выявления критериев их адаптационной устойчивости к стрессам зимнего периода. Комплексная оценка сортов винограда по вышеназванным характеристикам позволяет выявить устойчивые сорта и может быть использована в качестве косвенных методов диагностики сортов на морозостойкость [2].

Цель работы – изучить физиолого-биохимические закономерности адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения и выявить наиболее значимые физиолого-биохимические и анатомо-морфологические критерии и параметры, характеризующие устойчивость растений к стрессорам зимнего периода.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнены на базе ампелографической коллекции АЗОСВиВ, расположенной в г.-к. Анапа, на черноземе южном карбонатном, на технических сортах винограда 1995 г. посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки 3 x 2,5 м. Объекты исследований – сорта технического назначения: раннего срока созревания межвидовой гибрид европейско-амуро-американский *Кристалл*, среднего срока созревания –

межвидовые гибриды европейско-американской группы *Достойный* и *Красностоп АЗОС*.

Для характеристики адаптационной устойчивости растений винограда к низкотемпературным 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 в центре коллективного пользования и лаборатории физиологии и биохимии ФГБНУ СКЗНИИСиВ [2-5]. Устойчивость растений изучалась в естественных условиях и при моделировании стресса (принудительное обезвоживание; температура -25 °С). Экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [6].

Обсуждение результатов. За анализируемый период 2013-2016 гг. на территории г. Анапа большее количество осадков отмечалось в январе, а низкие температуры воздуха – в феврале 2014 года и в январе 2015-2016 гг. (рис. 1).

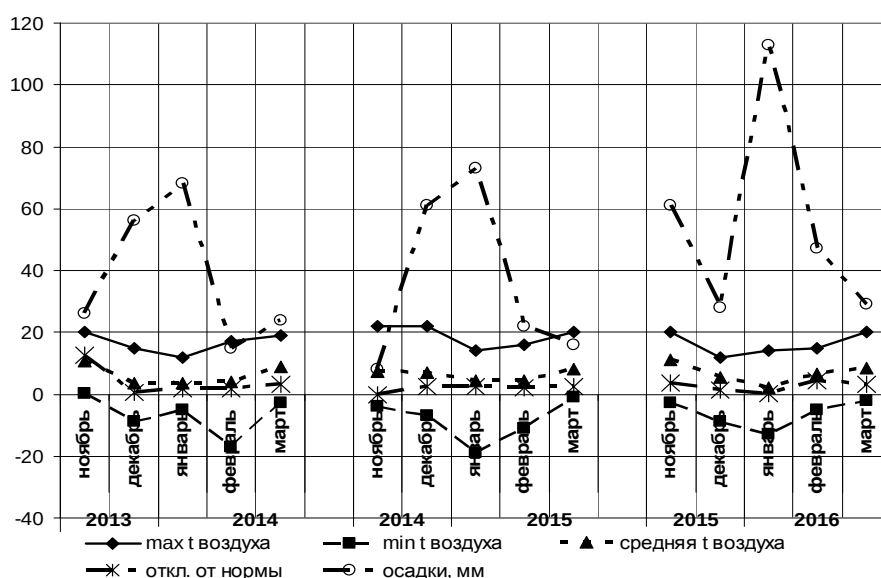


Рис. 1. Гидротермическая характеристика зимнего периода 2013-2016 гг., г. Анапа

В январе-феврале 2015-2016 гг. минимальная температура воздуха увеличивалась на 6 °С и количество выпавших осадков – на 45 и 32 мм, соответственно, в марте – на 13 мм.

Результаты анализа гидротермических условий в зимний период 2013-2016 гг. свидетельствуют о постепенном потеплении климата.

В декабре 2015 года у всех анализируемых сортов винограда отмечено снижение оводненности побегов и содержания в них свободной формы воды, в сравнении с декабрем 2014 г. (рис. 2). Снижение оводненности побегов за анализируемый период позволяет предположить адаптацию растений к изменяющимся гидротермическим условиям. За вегетационный период 2015 года, в сравнении с 2014 г., сорта Кристалл, Достойный, Красностоп АЗОС накопили в побегах запас пластических веществ: сорт раннего срока созревания – больше (на 13,72 %), а сорта среднего срока созревания – меньше (на 6,1-9,0 %).

Устойчивость растений к отрицательной температуре в значительной мере зависит от температурного режима, количества осадков и их распределения в течение вегетационного периода. Этими факторами определяется не только общее развитие растений винограда, но и своевременное прекращение их роста, что необходимо для «вызревания» побегов и прохождения процессов закалывания, обуславливающих их подготовку к перезимовке [7].

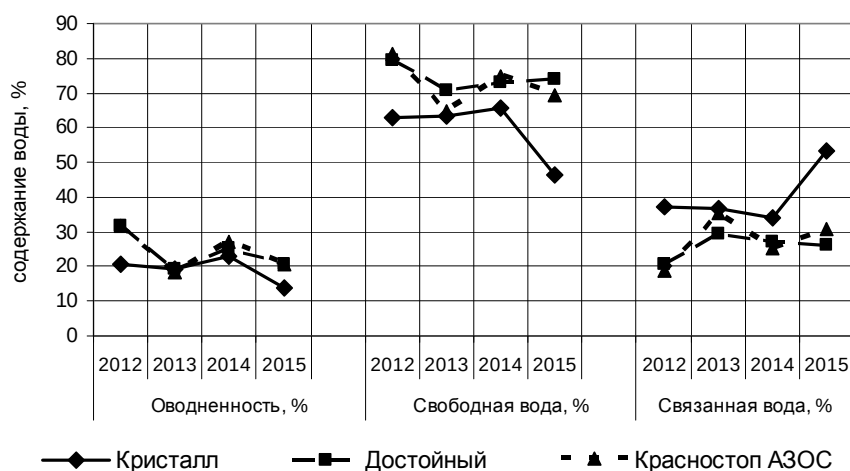


Рис. 2. Водный режим побегов винограда, декабрь 2012-2015 гг.

При изучении взаимодействия «генотип-окружающая среда» за период 2012-2015 гг. у сорта Кристалл содержание свободной формы воды в побегах в декабре коррелирует с максимальной температурой воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,94$) и количеством выпавших осадков ($K_{\text{коррел.}} = 0,92$), а у сортов Достойный и Красностоп АЗОС – как с максимальной, так и с минимальной температурой воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,65-0,73$) и количеством выпавших осадков ($K_{\text{коррел.}} = 0,66-0,68$) (рис. 3).

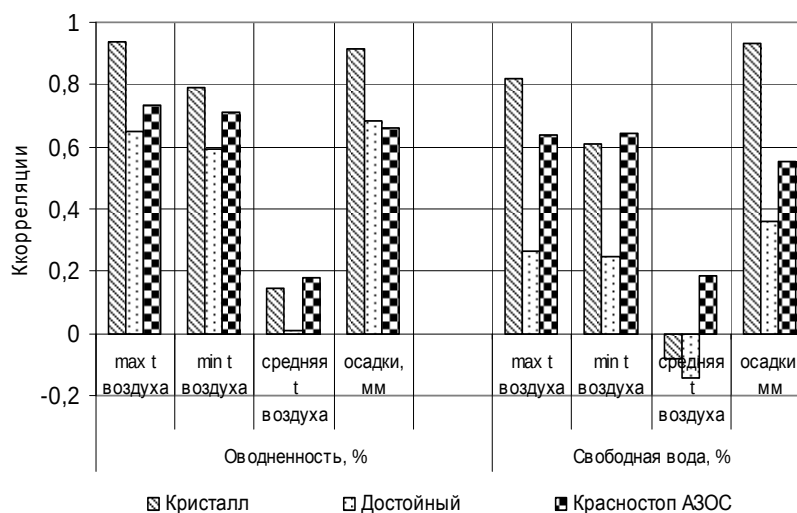


Рис. 3. Зависимость водного режима побегов винограда от гидротермических условий, декабрь 2012-2015 гг.

Фенольные соединения, антоцианы, халконы выполняют в растениях стресспротекторную функцию, защищая мембраны клеток от разрушения. В связи с этим определялось содержание этих соединений в побегах винограда (рис. 4).

В декабре 2015 г., в сравнении с 2014 г., увеличилось на 63,7-159,9 % содержание халконов, защищающих мембраны клеток от разрушения (рис. 4). Увеличение количества халконов в лозе винограда в этот период является общей закономерностью для всех изучаемых в опыте сортов винограда.

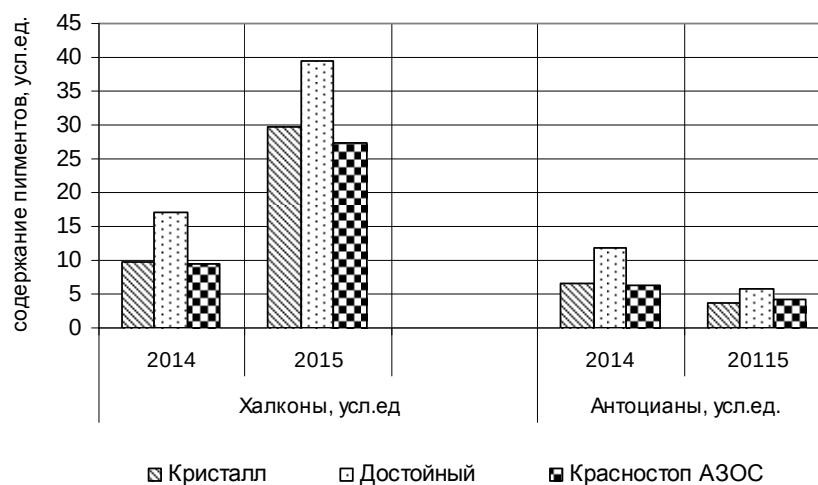


Рис. 4. Содержание пигментов в лозе винограда, декабрь 2012-2015 гг.

Определение содержания крахмала в лозе – показателя, характеризующего морозоустойчивость в период органического покоя, показало, что в декабре 2015 г. его количество меньше у сорта Кристалл (1,67 мг/г) и больше – у сорта Достойный (4,98 мг/г), сорт Красностоп АЗОС (4,2 мг/г) занимает промежуточное положение. Отношение содержания сахарозы к содержанию крахмала у сорта Кристалл в декабре 2015 г. составило 3,8; у сорта Достойный – 0,96; у Красностоп АЗОС – 0,55; это характеризует сорт Кристалл как более морозоустойчивый.

В условиях декабря 2015 г. на содержание связанной формы воды в побегах сортов винограда наибольшее влияние оказало содержание сахарозы ($K_{\text{коррел.}} = 0,7$). В декабре 2014 г. наибольшее влияние на устойчивость растений винограда изучаемых сортов к обезвоживанию оказывало содержание пролина (в 2013 г. пролина и сахарозы), что свидетельствует о влиянии условий года на специфику защитных реакций в состоянии органического покоя (рис. 5).

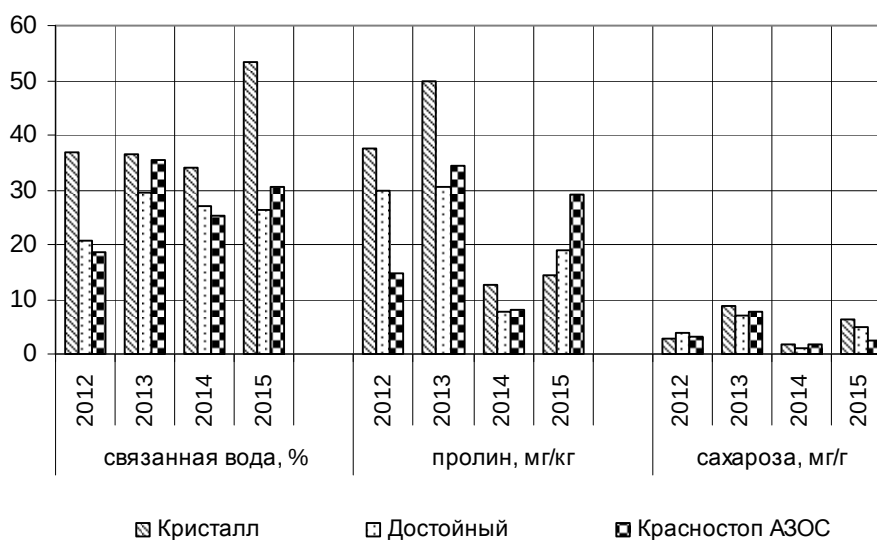


Рис. 5. Водоудерживающая способность лозы винограда, декабрь 2012-2015 гг.

Оценка механизма устойчивости виноградной лозы к обезвоживанию показала, что у сорта Кристалл большее воздействие на содержание связанной формы воды в лозе оказывает пролин ($K_{\text{коррел.}} = 0,9$) и меньшее – сахараза ($K_{\text{коррел.}} = 0,5$); у сорта Красностоп АЗОС – как пролин, так и сахараза ($K_{\text{коррел.}} = 0,8$); у сорта Достойный – и пролин и сахараза на содержание связанной воды оказывают незначительное влияние ($K_{\text{коррел.}} = 0,3$) (рис. 6). Это позволяет предположить у изучаемых сортов различные механизмы адаптации к изменяющимся условиям среды в состоянии органического покоя.

За период 2012-2015 гг. в декабре в лозе сорта Кристалл отмечено большее содержание пролина (12,6-49,8 мг/кг), чем у сортов Красностоп АЗОС (7,9-34,5 мг/кг) и Достойный (7,6-30,4 мг/кг), что предполагает более высокую степень устойчивости лозы сорта Кристалл к обезвоживанию за счет образования белков с высоким содержанием пролина, укрепляющих клеточные стенки.

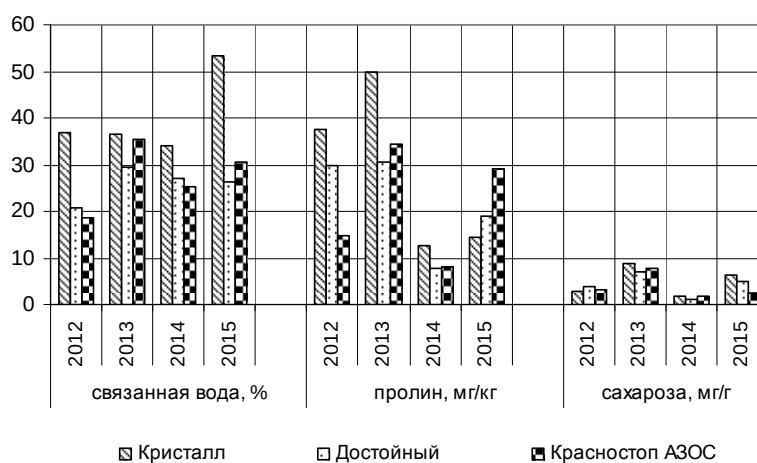


Рис. 6. Биохимическая характеристика водоудерживающей способности побегов сортов винограда, декабрь 2012-2015 гг.

В декабре 2015 г. сорта Кристалл и Достойный характеризуются большим содержанием аскорбиновой кислоты (20,6 и 12,3 мг/кг, соответственно) и фенолкарбоновых кислот (51,2 и 62,5 мг/кг, соответственно), защищающих клеточные мембраны от разрушения (у сорта Красностоп АЗОС – 9,3 мг/кг и 25,1 мг/кг, соответственно) (рис. 7).

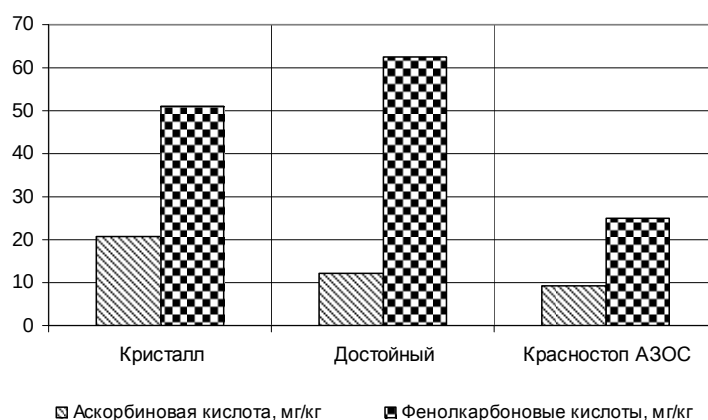


Рис. 7. Содержание аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот в побегах винограда, декабрь 2015 г.

Гистохимическими исследованиями установлено, что содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевины у сортов Кристалл и Достойный – 5,0 баллов, у сорта Красностоп АЗОС – 4,7 балла, что позволяет охарактеризовать их как высокоморозостойкие и морозостойкий, соответственно.

Для морозостойких сортов винограда характерен быстрый гидролиз крахмала уже с начала зимы. У недостаточно морозостойких сортов гидролиз крахмала задерживается. Сорта Достойный и Кристалл по темпам расходования крахмала вследствие его гидролиза проявили себя как высоко зимостойкие, сорт Красностоп АЗОС – как морозостойкий.

Анатомо-морфологическое исследование почек в декабре 2016 г. показало, что они находятся в состоянии покоя, в зимующих почках (глазках) заложены эмбриональные соцветия, обуславливающие урожай следующего года.

При искусственном промораживании побегов винограда в 2015 г. при температуре минус 25 °С оводненность побегов сорта Кристалл повысилась, а у сортов Достойный и Красностоп АЗОС – снизилась (рис. 8).

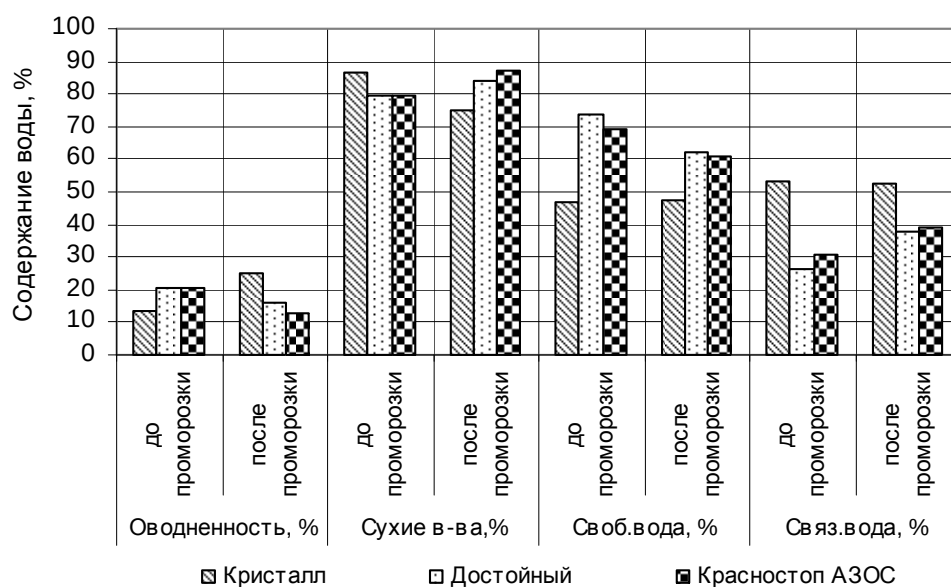


Рис. 8. Влияние низкотемпературного стресса на водный режим побегов винограда, декабрь 2015 г.

Отношение содержания связанной формы воды к свободной после промораживания повысилось у сорта Достойный на 66,7 %, у сорта Красностоп АЗОС – на 45,5 %, у сорта Кристалл практически не изменилось.

При промораживании побегов содержание белка у сорта Кристалл увеличилось на 19,9 %, у сорта Достойный снизилось на 22,1 %, у сорта Красностоп АЗОС – на 28,6 % и крахмала у сорта Кристалл – на 36,5 %, у сортов Достойный и Красностоп АЗОС – на 175 и 96,3 %, соответственно (рис. 9). Это свидетельствует об активном протекании гидролитических процессов, что согласуется с повышением содержания пролина у сорта Красностоп АЗОС на 197,6 %.

Уменьшение содержания органических кислот цикла Кребса у сорта Достойный на 52,2 % характеризует снижение интенсивности дыхания и позволяет предположить, что в декабре 2015 г. растения винограда этого сорта вошли в состояние глубокого покоя. Повышение их содержания у сортов Кристалл и Красностоп АЗОС на 50,0 и 17,8 %, соответственно, может служить проявлением защитной реакции.

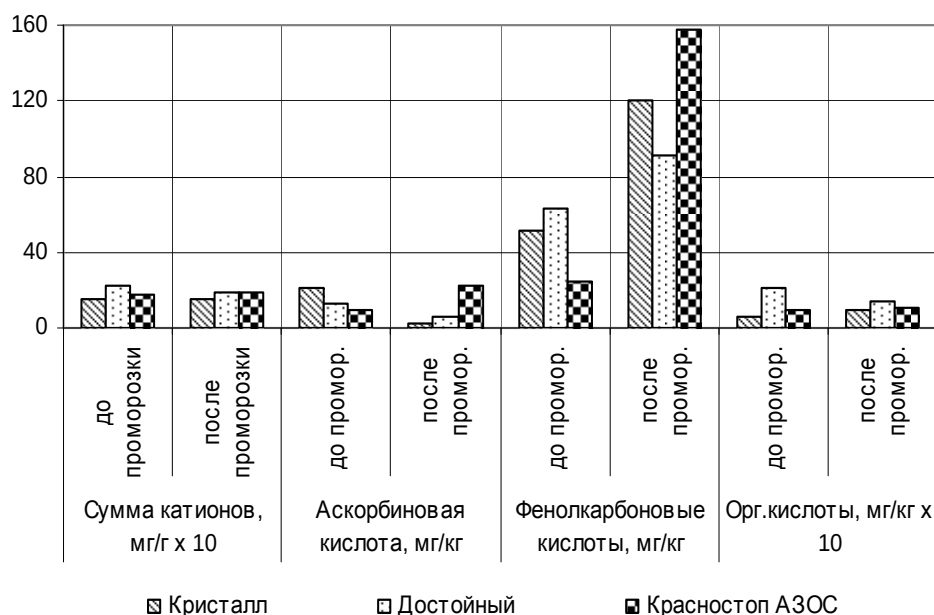


Рис. 9. Биохимическая характеристика морозоустойчивости лозы винограда, декабрь 2015 г.

Установлены закономерности влияния низкотемпературного стресса на содержание катионов и фенолкарбоновых кислот в лозе винограда. Так, при промораживании побегов отмечается увеличение содержания фенолкарбоновых кислот (хлорогеновой и кофейной) у сорта Кристалл на 135,4 %, Достойный – на 45,6 % и у сорта Красностоп АЗОС – в 6,4 раза. Это свидетельствует о различных механизмах устойчивости сортов винограда различного эколого-географического происхождения к воздействию экстремально низких температур.

Гистохимическими исследованиями показано, что после промораживания побегов содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки лозы винограда сортов Достойный, Красностоп АЗОС, Кристалл, отмеченных как высокоморозостойкие, не изменилось и составляло по-прежнему 4,9-4,7 балла. Таким образом, воздействие низких температур вызвало наибольшие изменения в лубе лозы и не повредило ее сердцевину.

В конце февраля 2016 г. оводненность побегов винограда повысилась в сравнении с декабрем 2015 г. у сорта Кристалл на 12,6 %, Достойный – на 22,2 %, Красностоп АЗОС – на 68,8 %. Содержание свободной формы воды у сорта Кристалл повысилось на 53,9 %, у сорта Достойный на 7,7 %, у сорта Красностоп АЗОС – на 14,8 %, что, вероятно, связано с активацией обменных процессов.

Увеличение в феврале 2015 г. содержания пролина в лозе в 4,1-7,7 раз и снижение количества крахмала на 119,4 и 178,1 % согласуется с активацией гидролитических процессов (рис. 10).

У анализируемых сортов винограда увеличение содержания фенолкарбоновых и аскорбиновой кислот, повышающих устойчивость клеточных мембран к разрушению, и содержания пролина свидетельствует о повышении водоудерживающей способности цитоплазмы и служит проявлением их адаптации по третьему компоненту зимостойкости.

Полученные результаты позволяют предположить различные механизмы адаптации к стрессорам зимнего периода у изучаемых сортов.

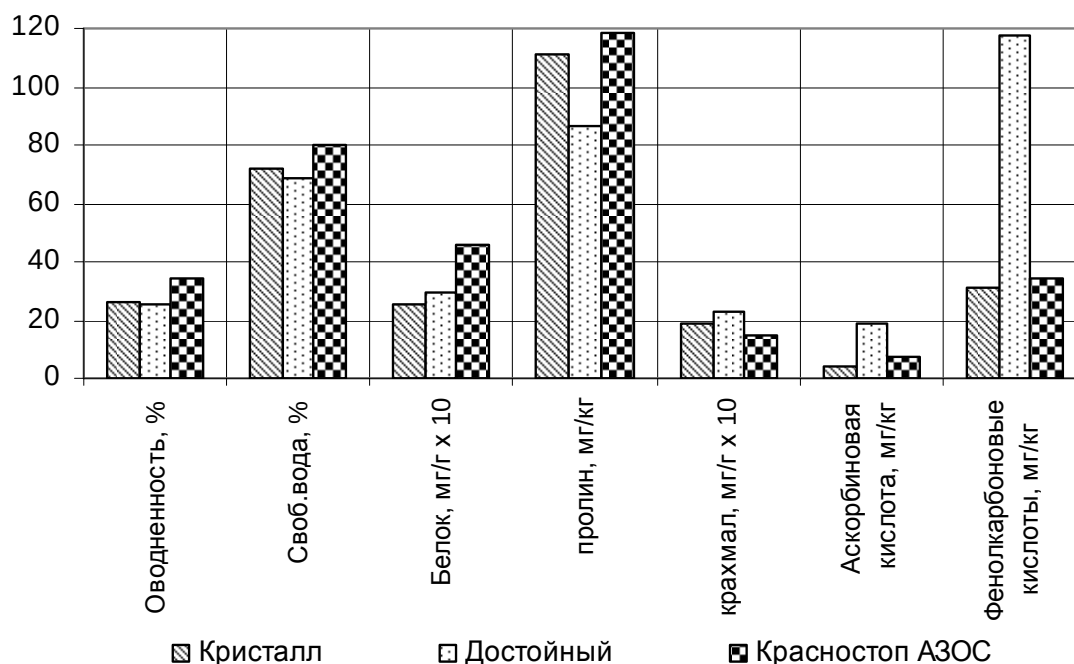


Рис. 10. Биохимическая характеристика лозы винограда по 3-му компоненту зимостойкости, февраль 2016 г.

Проведенные нами анатомо-морфологические и гистохимические исследования од-нолетней лозы сортов винограда разных сроков созревания показали, что в марте изучае-мые сорта вступили в вегетационный период, который характеризуется усилением актив-ности ростовых процессов.

Установлено, что содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки у сорта Достойный, Красностоп АЗОС, Кристалл составило 4,9 балла. Анатомо-морфологические исследования почек показали, что в них начались эмбриональные процессы, обуславли-вающие урожай текущего года.

Таким образом, в связи с потеплением климата в зимний период 2015 – 2016 гг. рас-тения 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 фев-раля 2016 г. сорта можно охарактеризовать положительно по третьему компоненту зимо-стойкости. Проявление низких температур в январе 2016 г. привело к подмерзанию расте-ний винограда, что, несомненно, скажется на их продуктивности.

Установлены параметры наиболее информативных показателей, характеризующих устойчивость растений винограда сортов различного эколого-географического происхож-дения к стрессорам зимнего периода: оводненность побегов, содержание сухих веществ, свободной и связанной воды и их соотношение, белка, аминокислоты пролина, сахаров (крахмал, сахароза), суммы фенолкарбоновых (хлорогеновая, кофейная) и аскорбиновой кислот, суммы катионов (за период 2007 – 2015 гг.) (табл.).

Таким образом, для межвидовых гибридов винограда установлены оптимальные фи-зиолого-биохимические параметры зимостойкости (в состоянии глубокого и вынужденно-го покоя) и диапазоны их варьирования, позволившие этим сортам выжить в экстремаль-ных зимних условиях анапо-таманской зоны.

Биохимические показатели адаптации межвидовых гибридов винограда
к стрессорам зимнего периода 2007-2015 гг.

Биохимические показатели	Состояние глубокого покоя	Состояние вынужденного покоя
Оводненность побега, %	13,70– 31,87	16,44 – 34,60
Содержание сухих веществ, %	68,13 – 86,28	65,40– 83,56
Содержание свободн. воды, %	46,54– 81,25	47,5 – 80,43
Содержание связанной воды, %	18,65 – 53,46	19,85 – 52,5
Отношение связ.вода/своб.	0,34 – 1,15	0,24 – 1,11
Содержание сахарозы, мг/г	1,07– 11,83	2,18 – 6,15
Содержание крахмала, мг/г	1,67– 15,24	1,51– 8,51
Содержание пролина, мг/кг	7,6 – 92,0	46,2 – 190,0
Содержание белка, мг/г	2,43– 6,58	2,49 – 8,21
Сумма катионов, мг/г	1,46 – 3,34	1,54 – 3,08
Сумма фенолкарбоновых и аскорбиновой кислот, мг/г	0,03 – 13,4	0,01 – 0,06

Выводы. Изучены физиолого-биохимические закономерности адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения в связи с устойчивостью к стрессам зимнего периода. Выявлены наиболее значимые физиолого-биохимические и анатомо-морфологические критерии и параметры зимостойкости (в состоянии глубокого и вынужденного покоя), характеризующие устойчивость растений винограда к стрессорам зимнего периода. Выявлены сорта винограда, устойчивые к воздействию низких температур по второму и третьему компонентам зимостойкости, перспективные для создания многолетних ампелоценозов.

Литература

1. Егоров Е.А. Научное обеспечение отраслей садоводства и виноградарства в аспекте импортозамещения / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрин, Г.А. Кочьян // Научные труды СКЗНИИСиВ. Том 10. – Краснодар: ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2016. – С. 7-17.
2. 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.
3. 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.
4. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Учебно-методическое пособие. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – 215 с.
5. Киселева, Г.К. Анатомо-морфологическая оценка адаптивного потенциала сортов плодовых культур и винограда / Г.К. Киселева. // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 199-205.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос. – 1979. – 415 с.
7. Туманов, И.И. Физиология закаливания и морозостойкости / И.И. Туманов. – М.: Наука, 1979. – 350 с.