

УДК 581 : 576.5 : 634.224

UDC 581 : 576.5 : 634.224

DOI 10.30679/2219-5335-2022-3-75-149-164

DOI 10.30679/2219-5335-2022-3-75-149-164

**АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
МЕТАБОЛИЗМА ВИНОГРАДА
В УСЛОВИЯХ ОСЕННЕ-ЗИМНЕГО
ПЕРИОДА***

**ADAPTIVE CHANGES
IN THE METABOLISM OF GRAPES
UNDER THE AUTUMN-WINTER
PERIOD CONDITIONS ***

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

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

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

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

Соколова Виктория Викторовна
канд. с.-х. наук
заведующая научно-
образовательным сектором
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru

Sokolova Viktoria Viktorovna
Cand. Agr. Sci.
Head of Scientific
Educational Sector
e-mail: KudryshovaVV@yandex.ru

Запорожец Наталья Михайловна
канд. с.-х. наук
учёный секретарь
e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru

Zaporozhets Natalia Mikhailovna
Cand. Agr. Sci.
Scientific Secretary
e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru

Караваева Алла Витальевна
младший научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: alla.karavaeva.65@mail.ru

Karavaeva Alla Vitalevna
Junior Research Associate
of Plant Physiology
and Biochemistry Laboratory
e-mail: alla.karavaeva.65@mail.ru

Схалыхо Татьяна Вячеславовна
младший научный сотрудник
лаборатории физиологии
и биохимии растений
e-mail: tShalyho@mail.ru

Shalyakho Tatiana Vyacheslavovna
Junior Research Associate
of Plant Physiology
and Biochemistry Laboratory
e-mail: tShalyho@mail.ru

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/19

* The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project № МФИ-20.1/19

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

Несмотря на наблюдающееся в последние десятилетия повышение среднегодовой температуры в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края проблема зимо- и морозостойкости винограда остается актуальной. Цель данной работы – выявить адаптационные перестройки метаболизма различных сортов винограда, возникающие в ответ на климатические условия осенне-зимнего периода, на основании физиолого-биохимических показателей выделить устойчивые сорта. Объекты исследований – сорта винограда различного эколого-географического происхождения: Кристалл (контроль) – евро-амуро-американского происхождения; Красностоп АЗОС, Достойный – евро-американского происхождения; Восторг – амуро-американского происхождения; Зариф – восточно-европейского происхождения; Алиготе – западноевропейского происхождения. Обнаружено, что сорт Красностоп АЗОС выделялся наибольшим снижением оводненности тканей (на 10%), а также повышенным содержанием связанной воды (48,50 % от общего количества) в середине зимы в сравнении с другими изучаемыми сортами. Пониженные температуры в ноябре способствовали гидролизу крахмала и превращению его в растворимые сахара, защищающие клетки от образования кристаллов льда. В середине зимы содержание крахмала у всех сортов уменьшилось в связи с его гидролизом, причем в большей степени у сортов Достойный (в 10,38 раз), Красностоп АЗОС (в 9,63 раз), Зариф (в 8,75 раз). Помимо растворимых сахаров адаптационная устойчивость винограда к пониженным температурам достигалась увеличением содержания антоцианов в коре побега.

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Despite the increase in the average annual temperature observed in recent decades in the Anapo-Taman zone of the Krasnodar region, the problem of winter and frost resistance of grapes remains urgent. The purpose of this work is to reveal the adaptive changes in the metabolism of various grape varieties that arise in response to the climatic conditions of the autumn-winter period, on the basis of physiological and biochemical parameters, to identify resistant varieties. The objects of research are grape varieties of various ecological and geographical origin: Kristall (control) – Euro-Amuro-American origin; Krasnostop AZOS, Dostoinyi – Euro-American origin; Vostorg – Amuro-American origin; Zarif – Eastern European origin; Aligote – Western European origin. It was found that the Krasnostop AZOS variety was distinguished by the greatest decrease in tissue water content (by 10%), as well as an increased content of bound water (48.50% of the total amount) in the middle of winter in comparison with other studied varieties. The lowered temperatures in November contributed to the hydrolysis of starch and its transformation into soluble sugars that protect cells from the formation of ice crystals. In the middle of winter, the starch content in all varieties decreased due to its hydrolysis, and to a greater extent in Dostoinyi varieties (10.38 times), Krasnostop AZOS (9.63 times), Zarif (8.75 times). In addition to soluble sugars, the adaptive resistance of grapes to low temperatures was achieved an increase in the content of anthocyanins in the shoot bark. The maximum increase

Максимальное увеличение антоцианов (в 2,69 раз) выявлено у сорта Красностоп АЗОС, свидетельствующее об их значимой роли в адаптивных процессах. Установлено, что по степени оводненности тканей, содержанию связанной воды, антоцианов, растворимых белков, степени гидролиза крахмала сорт Красностоп АЗОС проявил наибольший потенциал устойчивости к низким температурам в условиях зимы 2020-2021 гг. в сравнении с другими изучаемыми сортами.

Ключевые слова: ВИНОГРАД, МОРОЗОСТОЙКОСТЬ, МЕТАБОЛИЗМ, АДАПТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ГИДРОЛИЗ КРАХМАЛА, АНТОЦИАНЫ

in anthocyanins (2.69 times) was found in the Krasnostop AZOS variety, indicating their significant role in adaptive processes. It was found that, according to the degree of tissue hydration, the content of bound water, anthocyanins, soluble proteins, and the degree of starch hydrolysis, the Krasnostop AZOS variety showed the greatest potential for resistance to low temperatures in the winter conditions of 2020-2021 in comparison with other studied varieties.

Key words: GRAPES, FROST RESISTANCE, METABOLISM, ADAPTIVE PROCESSES, STARCH HYDROLYSIS, ANTHOCYANES

Введение. Зимостойкость – важная составляющая адаптивного потенциала сортов винограда. Несмотря на наблюдающееся в последние десятилетия повышение среднегодовой температуры в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края проблемы зимо- и морозостойкости винограда остаются актуальными [1].

Особый интерес вызывает вопрос о влиянии изменяющегося климата на вхождение винограда в состояние покоя, определяющееся, в основном, сезонными колебаниями температуры воздуха и продолжительностью светового дня.

В условиях температурных флуктуаций во время закаливания в клетках и тканях виноградной лозы изменяется метаболизм. Метаболические изменения во время закалки, суммируясь, влияют на функциональную активность и состояние растительного организма в целом. Именно осенью, во время закаливания происходит формирование зимостойкости и морозостойкости виноградной лозы [2].

В этот период происходят сложные биохимические изменения на клеточном уровне, направленные на повышение устойчивости клеток к низким температурам. У винограда, как и у других растений, понижается

оводненность клеток, значительная часть оставшейся воды переходит в связанную форму, которая не замерзает.

К концу лета и началу осени в тканях и органах накапливается крахмал – основное запасное вещество виноградной лозы. Под действием низких отрицательных температур ($-3...-5^{\circ}\text{C}$) начинается гидролиз крахмала с образованием водорастворимых сахаров, таких как сахароза, глюкоза, фруктоза [3-7].

Сахара понижают точку замерзания содержимого клетки и защищают ее от образования кристаллов льда [8, 9]. Синтезирующиеся другие криопротекторные соединения (пролин, антоцианы, халконы, аскорбиновая кислота и др.) стабилизируют клеточные мембраны, вследствие чего они продолжают функционировать [10-13].

Региональный сортимент винограда в условиях меняющегося климата требует оценки наблюдаемых тенденций физиолого-биохимических изменений, связанных с подготовкой к зимнему покою и устойчивостью к низким отрицательным температурам.

В связи с этим цель данных исследований – выявить адаптационные перестройки метаболизма различных сортов винограда, возникающие в ответ на климатические условия осенне-зимнего периода, на основании физиолого-биохимических показателей выделить устойчивые сорта.

Объекты и методы исследований. Данные исследования проведены в 2020-2021 гг. на растениях ампелографической коллекции АЗОСВиВ (филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ), расположенной в г. Анапа. Растения 1995 года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Схема посадки $3 \times 2,5$ м, почва – чернозем южно-карбонатный.

Объекты исследований: сорта винограда различного эколого-географического происхождения: Кристалл (контроль) – евро-амуро-

американского происхождения; Красностоп АЗОС, Достойный – евро-американского происхождения; Восторг – амуро-американского происхождения; Зариф – восточно-европейского происхождения; Алиготе – западно-европейского происхождения.

Биохимические показатели определяли в побегах, почках и во внутренней части живой коры (флоэме), отделяя при помощи скальпеля слои опробковевшей и отмершей корки. Исследования проводили в 3-кратной повторности, каждая повторность состояла из 10 почек (или кусочков однолетних побегов).

Оводненность почек, коры, побегов определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105 °С до постоянной массы [14]. Содержание крахмала и растворимых сахаров определяли согласно методике [15] с использованием антронового реактива по спектру поглощения (длина волны - 670 нм), снятому на фотоколориметре ФЭК-56. Содержание растворимых белков определяли при помощи спектрофотометра Unicо 2800 [16].

Для анализа содержания антоцианов из средней пробы коры побегов отбирали навеску 0,2 г, измельчали и заливали 10 мл 0,1 N соляной кислоты, настаивали в течение 2 часов при периодическом взбалтывании. После центрифугирования интенсивность окраски измеряли на фотокалориметре ФЭК-56 при длине волны 490 нм. Полученные результаты измерений оптической плотности выражали в условных единицах согласно методике [17].

Исследования проведены в Центре коллективного пользования технологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии, физиолого-биохимические и микробиологические исследования; почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность.

Статистический анализ проводили по Б.А. Доспехову [18]. Расчеты выполняли с использованием программного пакета Microsoft Excel 2010.

Оценивали существенность разницы между анализируемым показателями на 95 % уровне достоверности ($HCp_{0,5}$), рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение.

Обсуждение результатов. Формирование свойств зимо- и морозостойкости винограда происходит в условиях действия пониженных температур во время закаливания. В этот период наряду с обезвоживанием протоплазмы клеток происходят сложные биохимические изменения, связанные с перестройкой структуры и свойств протоплазмы, накопление и превращение углеводов и др. соединений, направленные на повышение устойчивости клеток к низким температурам. Погодно-климатические условия осеннего периода с постепенным снижением температуры способствовали этим процессам (рис. 1).

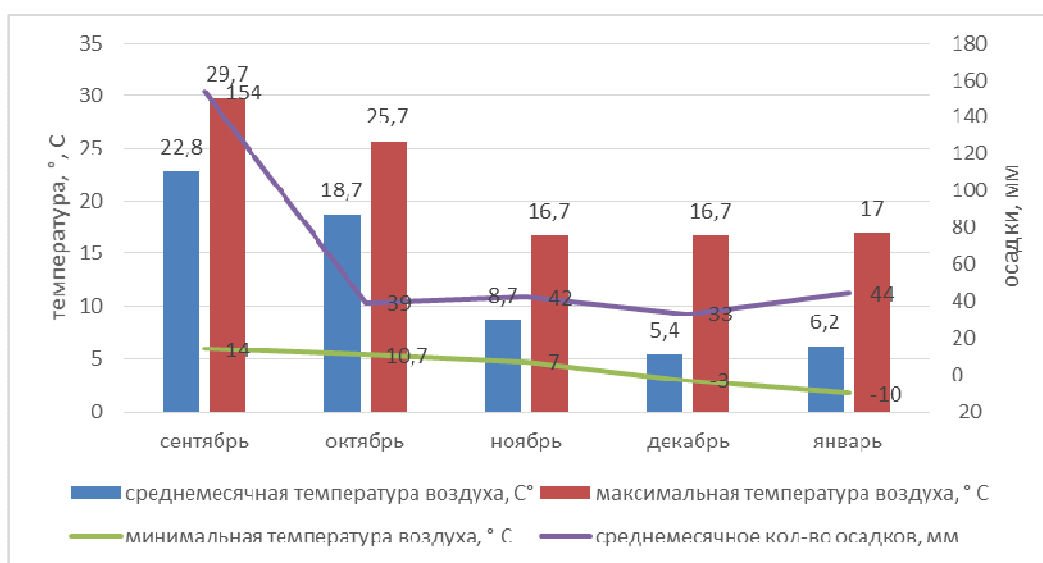


Рис. 1. Метеорологические условия ампелоколлекции в г. Анапа в осенне-зимний период 2020-2021 гг.

В сентябре 2020 г. среднесуточная температура составляла 22,8 °C; в октябре 18,7 °C; ноябре 8,7 °C; декабре 5,4 °C. Среднемесячное количество осадков составляло 154, 39, 42, 33, 44 мм соответственно.

Зимостойкость виноградной лозы в значительной степени зависит от степени вызревания ее тканей и их оводненности к началу зимнего покоя.

К моменту полного вызревания тканей виноградных побегов (конец сентября-начало октября) содержание воды в них стабилизируется и сохраняется в течение последующих месяцев с тенденцией к некоторому снижению в период устойчивой морозной погоды зимой.

Так, по данным Goffinet M.C., к началу зимнего периода оводненность побегов винограда в различных штатах США составляла около 50 %. Более морозостойким сортам свойственна, как правило, более низкая оводненность вызревших побегов [19].

В наших исследованиях выявлены различия оводненности почек, коры и побегов различных сортов винограда в течение осенне-зимнего периода 2020-2021 гг. (табл.).

Оводненность органов и тканей винограда в осенне-зимний период
2020-2021 гг., %

Сорт	почки		кора		побег	
	ноябрь	январь	ноябрь	январь	ноябрь	январь
Кристалл	38,60	37,67	32,32	41,21	43,57	40,78
Достойный	27,95	39,88	21,88	42,07	45,91	42,32
Красностоп АЗОС	36,08	29,48	24,58	41,61	47,47	37,37
Восторг	27,87	42,49	12,05	44,91	43,58	44,39
Алиготе	31,23	47,51	32,66	43,94	40,24	43,46
Зариф	39,66	44,97	24,35	40,75	46,76	46,76
НСР _{0,5}	5,06	6,13	7,33	1,58	2,57	3,10

Снижение оводненности тканей наблюдали у побегов винограда в отличие от почек и коры. Если в ноябре она варьировала от 40,24 до 46,76 %, то в январе, в период максимальной морозостойкости ее значения снизились до 37,37-46,46 %. Наибольшее снижение оводненности тканей побегов (на 10 %) наблюдали у сорта Красностоп АЗОС, что позволяет выделить его как наиболее морозостойкий (рис. 2).

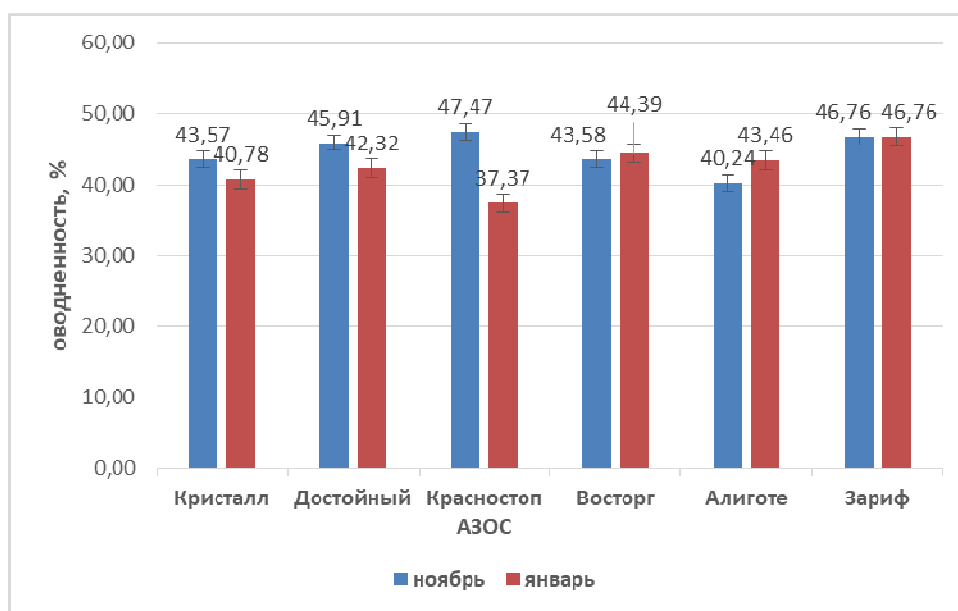


Рис. 2. Оводненность побегов винограда
в осенне-зимний период 2020-2021 гг.
НСР_{0,5}: ноябрь – 2,21; январь – 0,46

При снижении оводненности тканей побегов изменяется соотношение между различными формами воды в сторону уменьшения свободной и повышения доли связанной воды. Связанная вода, или вода, которая удерживается биокolloидами, отличается рядом свойств: она не является растворителем, трудно замерзает.

Общепринято, что связанная вода определяет агрегативную устойчивость биокolloидов растений, а свободная вода определяет активность физиологических процессов. При изучении вопросов водного режима в связи с зимостойкостью было отмечено, что многие из зимостойких растений содержат несколько больше связанной воды в тканях. Показано, что увеличение связанной воды в однолетних побегах коррелирует с повышением их зимостойкости [5].

В наших исследованиях в ноябре содержание связанной воды в почках варьировало от 19,12 % у сорта Алиготе до 31,83 % у сорта Зариф. К январю у всех изучаемых сортов, кроме сорта Достойный ее содержание увеличилось и составляло 20,31-48,50 % от общего количества воды. Сорт

Красностоп АЗОС выделился повышенным содержанием связанной формы воды в середине зимы в сравнении с другими сортами, что свидетельствует о его повышенной морозостойкости в этот период (рис. 3).

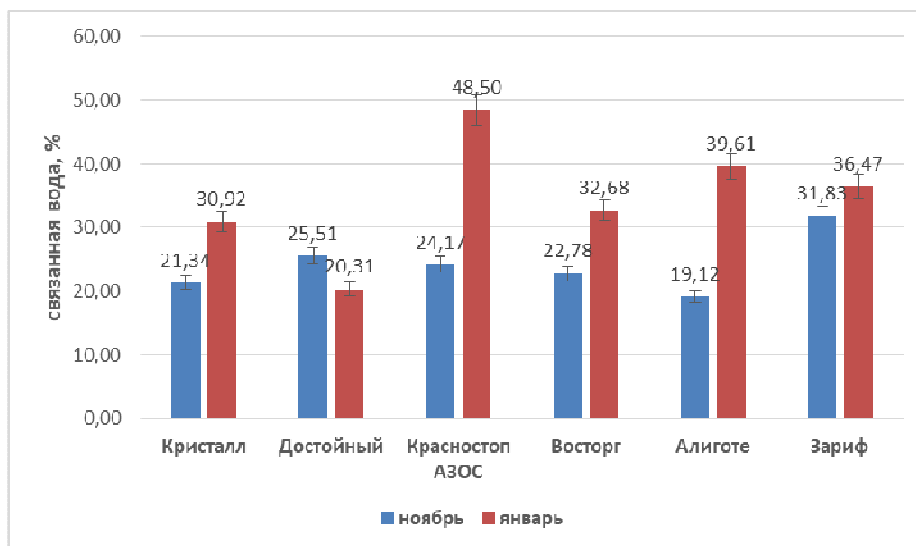


Рис. 3. Содержание связанной формы воды в почках винограда
в осенне-зимний период 2020-2021 гг.
НСР_{0,5}: ноябрь – 1,63; январь – 0,48

В начале осени (сентябрь-октябрь) виноград находится в состоянии глубокого покоя. На этот период приходится так называемый крахмальный максимум в побегах, когда клетки тканей заполнены крахмалом, а защитных веществ – сахаров очень мало. Как известно, у морозостойких сортов при действии низких температур усиливается гидролиз крахмала и накопление в цитоплазме растворимых сахаров.

Степень и скорость превращения крахмала в сахара у одного и того же сорта неодинакова в разные годы и зависит от изменения температуры. У разных по морозостойкости сортов также различна степень и скорость превращения крахмала: у более морозостойких сортов большая часть крахмала переходит в сахар [7].

Наступившее в ноябре снижение среднемесячной температуры воздуха на 10 °С способствовало гидролизу крахмала, накоплению в расти-

тельных клетках сахаров и других защитных веществ и перестройке коллоидов цитоплазмы. В ноябре содержание крахмала в побеге составляло 5,85-16,84 мг/г сухого веса в зависимости от сорта (рис. 4).

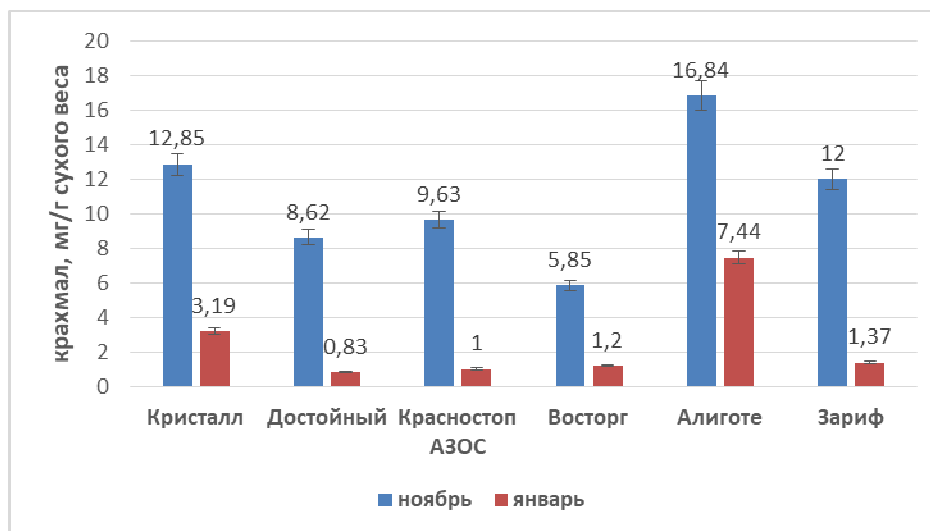


Рис. 4. Изменение содержания крахмала в побегах винограда в осенне-зимний период 2020-2021 гг.

НСР_{0,5}: ноябрь – 5,61; январь – 3,74

В январе его содержание у всех сортов уменьшилось в связи с превращением в сахара, причем в большей степени у сортов Достойный, Красностоп АЗОС, Зариф. У сорта Достойный – в 10,38 раз, у сортов Красностоп АЗОС и Зариф – в 9,63 и 8,75 раз соответственно. Таким образом, у этих сортов гидролиз крахмала с последующим превращением в сахара имел важное значение в процессах адаптации к зимним условиям.

Но сахара образуются не только в результате гидролиза крахмала. Как продукты ассимиляции, образовавшиеся в течение вегетационного периода, сахара откладываются в запас в тканях побега и почек. Сахара играют важную защитную роль, предохраняют белки от денатурации, создавая механический барьер между молекулами белка и связывая воду, что увеличивает общее количество связанной воды в побегах, а это в свою очередь также предохраняет белки от денатурации [13].

Содержание суммы водорастворимых сахаров (сахарозы, глюкозы, фруктозы) в ноябре составляло 1,73-4,93 мг/г сухого веса в зависимости от сорта. В январе оно увеличилось у сортов Достойный, Восторг, Алиготе – в 1,51; 1,29; 1,21 раз соответственно. Следовательно, у этих сортов водорастворимые сахара сыграли важную роль в устойчивости к зимним стрессовым условиям (рис. 5).

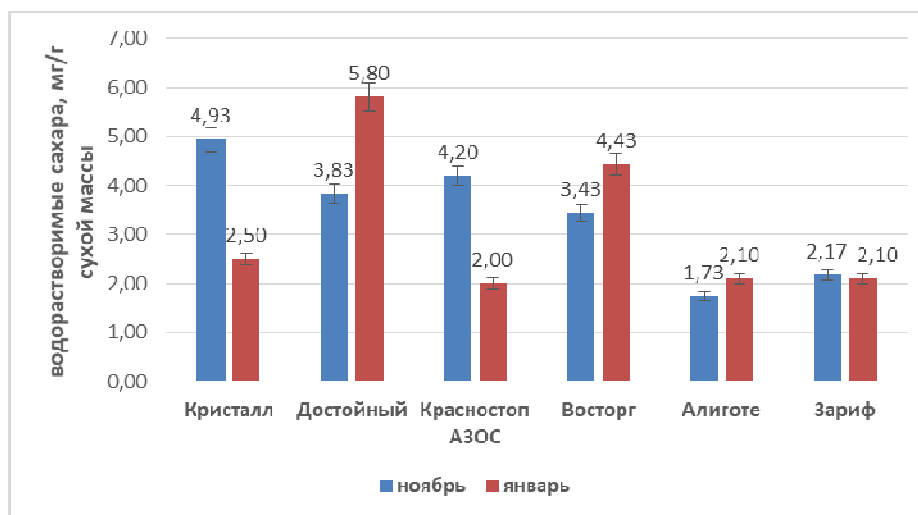


Рис. 5. Изменение содержания растворимых сахаров в почках винограда в осенне-зимний период 2020-2021 гг.

НСР_{0,5}: ноябрь – 4,51; январь – 5,56

У сортов Кристалл, Красностоп АЗОС, Зариф оно уменьшилось. Установить четкую зависимость между морозостойкостью и содержанием водорастворимых сахаров (или крахмала) в одревесневших однолетних побегах и почках нам не представилось возможным, по-видимому, по той причине, что углеводный обмен не является обуславливающим, а подчинен белковому обмену и зависит от его направленности.

В период закалки помимо накопления углеводов увеличивается содержание водорастворимых белков, а также происходит образование новых адаптивных форм белков, ферментов, изоферментов, которые позволяют растениям более эффективно выполнять свои физиологические функции в условиях зимовки [20].

Показано, что в зимний период у морозостойких сортов винограда фракция легкорастворимых белков значительно уменьшается. Так, в феврале у морозостойкой формы Рипария × Рупестрис 101-14 легкорастворимые белки составили около 28 % от общего количества белков, у неморозостойкого сорта Карабурну – 51 % [21].

В наших исследованиях в ноябре содержание растворимых белков в почках варьировало от 3,48 до 5,03 мг/г сухого веса (рис. 6).

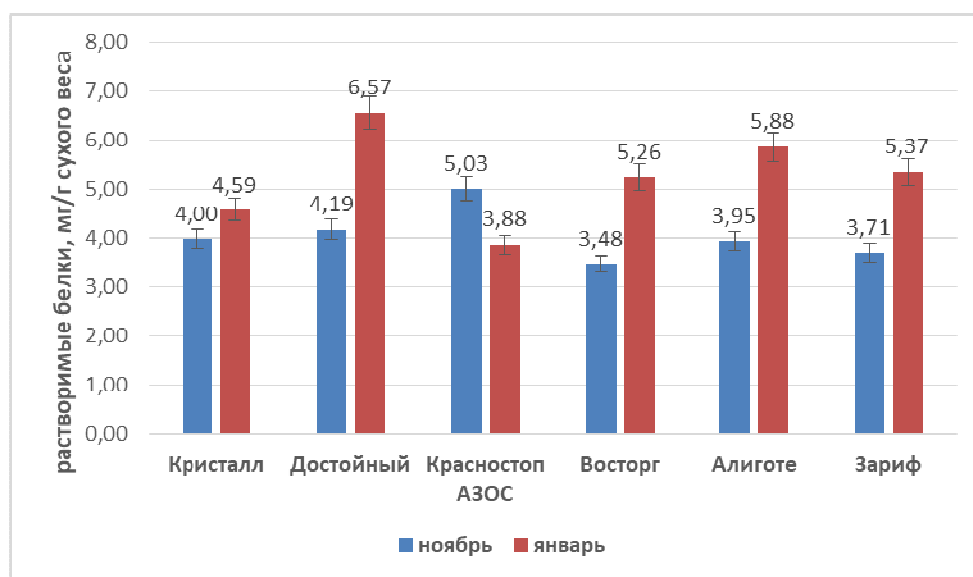


Рис. 6. Динамика содержания растворимых белков в почках винограда в осенне-зимний период 2020-2021 гг.
НСР_{0,5}: ноябрь – 0,54; январь – 2,17

В январе их содержание уменьшилось только у сорта Красностоп АЗОС, что позволяет выделить его как морозостойкий. У остальных сортов содержание водорастворимых белков увеличилось в сравнении с ноябрем в 1,14-1,56 раз.

Одним из компонентов универсальных защитных реакций растений является биосинтез антоцианов – растительных пигментов из группы флавоноидов. Известен факт активации биосинтеза антоцианов при низкотемпературном воздействии у *Brassica rapa* [11]. Исследователи связывают

увеличение содержания антоцианов в коре подвоев яблони в зимний период с морозоустойчивостью [13].

В январе в сравнении с ноябрем отмечено увеличение содержания этих пигментов у всех изучаемых сортов. Максимальное увеличение антоцианов (в 2,69 раз) отмечено у сорта Красностоп АЗОС, свидетельствующее об их значимой роли в адаптивных процессах (рис. 7).

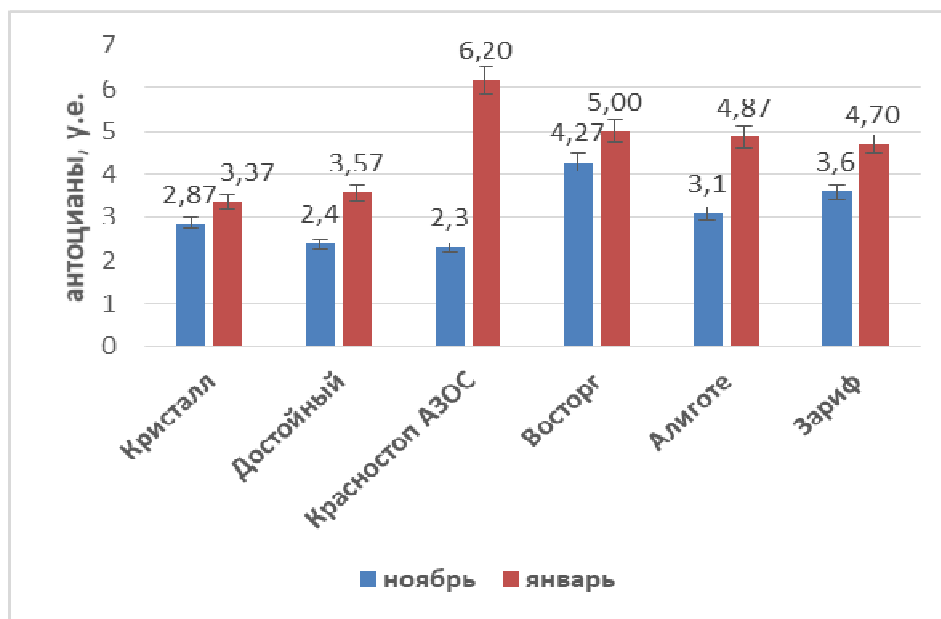


Рис. 7. Динамика содержание антоцианов в коре винограда в осенне-зимний период 2020-2021 гг.
НСР_{0,5}: ноябрь – 0,65; январь – 1,42

Выводы. Физиолого-биохимические исследования различных сортов винограда выявили адаптационные перестройки метаболизма, возникающие в ответ на климатические условия осенне-зимнего периода 2020-2021 гг.

Обнаружено, что сорт Красностоп АЗОС выделился наибольшим снижением оводненности тканей (на 10 %), а также повышенным содержанием связанной формы воды (48,50 % от общего количества) в середине зимы в сравнении с другими изучаемыми сортами.

Пониженные температуры в ноябре способствовали гидролизу крахмала и превращению его в растворимые сахара, защищающие клетки от

образования кристаллов льда. В середине зимы содержание крахмала у всех сортов уменьшилось в связи с его гидролизом, причем в большей степени у сортов Достойный (в 10,38 раз), Красностоп АЗОС (в 9,63 раз), Зариф (в 8,75 раз).

Помимо растворимых сахаров адаптационная устойчивость винограда к пониженным температурам достигалась увеличением содержания антоцианов в коре побега. Максимальное увеличение антоцианов (в 2,69 раз) выявлено у сорта Красностоп АЗОС, свидетельствующее об их значимой роли в адаптивных процессах.

Установлено, что по степени оводненности тканей, содержанию связанной формы воды, антоцианов, растворимых белков, степени гидролиза крахмала сорт Красностоп АЗОС проявил наибольший потенциал устойчивости к низким температурам в условиях зимы 2020-2021 гг. в сравнении с другими изучаемыми сортами.

Литература

1. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Агроэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия. Краснодар, 2020. 138 с.
2. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ильина И.А., Соколова В.В., Запорожец Н.М. Исследование физиолого-биохимических изменений в тканях побегов винограда в зимних погодных-климатических условиях [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 66(6). С. 222-236 DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-222-236
3. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ильина И.А., Петров В.В., Запорожец Н.М., Соколова В.В. Морозостойкость сортов винограда различного эколого-географического происхождения // Садоводство и виноградарство. 2021. № 4. С. 37-42 <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-4-37-42>
4. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М., Соколова В.В. Устойчивость сортов винограда к низким температурам зимнего периода // Вестник РАСХН. 2021. № 5. С.18-21 <https://doi.10.30850/vrsn/2021/5/18-21>
5. Федотова И.Э., Хархардина Е.Л., Острикова О.В. Динамика водного режима отдалённых гибридов вишни в зимний период // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. № 59. С. 70-76. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-70-76>
6. Călugăr A., Cordea M.I., Babeş A., Fejer M. Dynamics of Starch Reserves in Some Grapevine Varieties (*Vitis vinifera* L.) During Dormancy // Bulletin UASVM Horticulture. – 2019. – № 76(2). – P. 185-192 DOI:10.15835/buasvmcn-hort: 2019.0008
7. Kaya Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold // Erwerbs-Obstbau. – 2020. – 62 (1). – P. 43-50 <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w->

8. Jiang H.Y., Li W., He B.J., Gao Y.H., Lu J.X. Sucrose metabolism in grape (*Vitis vinifera* L.) branches under low temperature during overwintering covered with soil // Plant Growth Regul. – 2014. – 72(3). – P. 229-238.
9. Savitch L.V., Harney T., Huner N.R. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation // Physiol. Plant. – 2000. – №. 108. – P. 270-278.
10. Zhang J., Wu X., Niu R., Liu Y., Liu N., Xu W., Wang Y. Cold resistance evaluation in 25 wild grape species // Vitis. – 2012. – № 5. – P. 153-160
11. Ahmed N.U., Park J.I., Jung H.J., Hur Y., Nou I.S. Anthocyanin biosynthesis for cold and freezing stress tolerance and desirable color in *Brassica rapa* // Functional & integrative Genomics. – 2015. – № 15. – P. 383-394 DOI 10.1007/s10142-014-0427-7
12. Kobayashi S., Ishimaru M., Hiraoka K., Honda C. 2002. Myb-related genes of the kyoho grape (*Vitis labruscana*) regulate anthocyanin biosynthesis // Planta. – 2002. – № 215. – P. 924-933.
13. Wang Y., HU Y., Chen B., Zhu Y., Dawuda M.M. et al. Physiological mechanisms of resistance to cold stress associated with 10 elite apple rootstocks // Journal of integrative agriculture. – 2018. – №.17 (4). – P. 857-866 doi: 10.1016/S2095-3119(17)61760-X
14. Кушниренко М.Д., Курчатова Г. П., Бондарь Е.М., Гончарова Э.А. Водный обмен яблони. Кишинев: Штиинца, 1970. 220 с.
15. Воробьев Н.В. Определение содержания сахарозы, фруктозы и глюкозы в растительных тканях с помощью антронового реактива // Бюллетень НТИ ВНИИ риса. 1985. № 33. С. 11-13.
16. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. 256 с.
17. Соловьева М.А. Оценка зимостойкости плодовых культур / Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). Ленинград: ВИР, 1988. С. 163-164.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1979. 463 с.
19. Goffinet M.C. The anatomy of low-temperature injury of grapevines // In: Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting (June 19-23, 2000). – Seattle, Washington, 2000. – P. 94-100.
20. Karimi R., Ershadi A., Esna-Ashari M., Akbar Booja M.M. Seasonal changes in soluble proteins, total phenol and malondialdehyde content and their relationship with cold hardiness of some grapevine cultivars // Agricult Crop Manag. – 2015. – №16. – P. 999-1013 <http://journals.ut.ac.ir>
21. Стоев К. Физиология винограда и основы его возделывания. Т. 2. Рост и развитие виноградной лозы. М.: Книга по требованию, 2013. 386 с.

References

1. Petrov V.S., Alejnikova G.Yu., Marmorshtejn A.A. Agroekologicheskoe zoni-rovanie territorii dlya optimizacii razmeshcheniya sortov, ustojchivogo vinogradarstva i kache-stvennogo vinodeliya. Krasnodar, 2020. 138 s.
2. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Sokolova V.V., Zaporozhec N.M. Issledovanie fiziologo-biohimicheskikh izmenenij v tkanyah pobegov vinograda v zimnih pogodno-klimaticheskikh usloviyah [Elektronnyj resurs] // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2020. № 66(6). S. 222-236 DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-222-236
3. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Petrov V.V., Zaporozhec N.M., Sokolova V.V. Morozostojkost' sortov vinograda razlichnogo ekologo-geograficheskogo pro-iskhozhdeniya // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 4. S. 37-42 <https://doi.org/31676/0235-2591-2021-4-37-42>

4. Nen'ko N.I., Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Zaporozhec N.M., Sokolova V.V. Uстойчивость сортов винограда к низким температурам зимнего периода // Vestnik RASHN. 2021. № 5. S.18-21 <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/18-21>
5. Fedotova I.E., Harhardina E.L., Ostrikova O.V. Dinamika vodnogo rezhima otdalyonnykh gibridov vishni v zimnij period // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2019. № 59. S. 70-76. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-70-76>
6. Călugăr A., Cordea M.I., Babeș A., Fejer M. Dynamics of Starch Reserves in Some Grapevine Varieties (*Vitis vinifera* L.) During Dormancy // Bulletin UASVM Horticulture. – 2019. – № 76(2). – P. 185-192 DOI:10.15835/buasvmcn-hort: 2019.0008
7. Kaya Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold // Erwerbs-Obstbau. – 2020. – 62 (1). – P. 43-50 <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w>
8. Jiang H.Y., Li W., He B.J., Gao Y.H., Lu J.X. Sucrose metabolism in grape (*Vitis vinifera* L.) branches under low temperature during overwintering covered with soil // Plant Growth Regul. – 2014. – 72(3). – P. 229-238.
9. Savitch L.V., Harney T., Huner N.R. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation // Physiol. Plant. – 2000. – №. 108. – P. 270-278.
10. Zhang J., Wu X., Niu R., Liu Y., Liu N., Xu W., Wang Y. Cold resistance evaluation in 25 wild grape species // Vitis. – 2012. – № 5. – P. 153-160
11. Ahmed N.U., Park J.I., Jung H.J., Hur Y., Nou I.S. Anthocyanin biosynthesis for cold and freezing stress tolerance and desirable color in Brassica rapa // Functional & Integrative Genomics. – 2015. – № 15. – P. 383-394 DOI 10.1007/s10142-014-0427-7
12. Kobayashi S., Ishimaru M., Hiraoka K., Honda C. 2002. Myb-related genes of the kyoho grape (*Vitis labruscana*) regulate anthocyanin biosynthesis // Planta. – 2002. – № 215. – P. 924-933.
13. Wang Y., HU Y., Chen B., Zhu Y., Dawuda M.M. et al. Physiological mechanisms of resistance to cold stress associated with 10 elite apple rootstocks // Journal of integrative agriculture. – 2018. – №.17 (4). – P. 857-866 doi: 10.1016/S2095-3119(17)61760-X
14. Kushnirenko M.D., Kurchatova G. P., Bondar' E.M., Goncharova E.A. Vodnyj obmen yabloni. Kishinev: Shtiinca, 1970. 220 s.
15. Vorob'ev N.V. Opredelenie sodержaniya saharozy, fruktozy i glyukozy v rastitel'nykh tkanyakh s pomoshch'yu antronovogo reaktivа // Byulleten' NTI VNII risa. 1985. № 33. S. 11-13.
16. Pleshkov B.P. Praktikum po biohimii rastenij. M.: Kolos, 1976. 256 s.
17. Solov'eva M.A. Ocenka zimostojkosti plodovykh kul'tur / Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdejstviyam (metodicheskoe rukovodstvo). Le-ningrad: VIR, 1988. S. 163-164.
18. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M., 1979. 463 s.
19. Goffinet M.C. The anatomy of low-temperature injury of grapevines // In: Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting (June 19-23, 2000). – Seattle, Washington, 2000. – P. 94-100.
20. Karimi R., Ershadi A., Esna-Ashari M., Akbar Booja M.M. Seasonal changes in soluble proteins, total phenol and malondialdehyde content and their relationship with cold hardiness of some grapevine cultivars // Agricult Crop Manag. – 2015. – № 16. – P. 999-1013 <http://journals.ut.ac.ir>
21. Stoev K. Fiziologiya vinograda i osnovy ego vozdeleyvaniya. T. 2. Rost i razvitie vinogradnoj lozy. M.: Kniga po trebovaniyu, 2013. 386 s.