

Н.И. Ненько, доктор сельскохозяйственных наук

Г.К. Киселева, кандидат биологических наук

И.А. Ильина, доктор технических наук

Н.М. Запорожец, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Соколова, кандидат сельскохозяйственных наук

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия  
РФ, 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39

E-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

УДК 634.8:681

DOI: 10.30850/vrsn/2021/5/18-21

## УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ВИНОГРАДА К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА\*

В Анапо-Таманской зоне Краснодарского края, где сосредоточены основные площади виноградных насаждений, вопросы устойчивости винограда к низким температурам зимнего периода приобретают особую актуальность, так как резкие перепады температуры воздуха в осенне-зимний период способствуют снижению зимостойкости виноградной лозы. Представлены результаты оценки физиолого-биохимических изменений (основополагающая приспособительная реакция растений), связанных с морозостойкостью сортов винограда различного эколого-географического происхождения: Достойный, Красностоп, Кристалл, Восторг, Алиготе, Зариф. У сортов Красностоп, Кристалл, Восторг выявлено максимальное снижение оводненности почек (на 11,7–15,3 %) и повышенное накопление водорастворимых сахаров (в 2,67–3,29 раз) по сравнению с другими, что говорит об их большей устойчивости к низким температурам. У Восторга увеличено содержание пролина (в 40,5 раз), свидетельствующее об активном его участии в формировании защитного ответа на низкие температуры. У всех изучаемых сортов винограда установлена более тесная связь между оводненностью почек и содержанием растворимых сахаров в коре, чем с содержанием пролина. Сорта Красностоп, Кристалл, Восторг по оводненности тканей виноградной лозы, содержанию растворимых сахаров и пролина выделены как наиболее устойчивые к низким температурам в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края, что позволяет сделать вывод о возможности их использования в селекционном процессе в качестве источников морозостойкости.

**Ключевые слова:** виноград, сорта, Анапо-Таманская зона, морозостойкость, оводненность, водорастворимые сахара, пролин.

N.I. Nen'ko, *Grand PhD in Agricultural sciences*G.K. Kiseleva, *PhD in Biological sciences*I.A. Il'ina, *Grand PhD in Engineering sciences*N.M. Zaporozhets, *PhD in Agricultural sciences*V.V. Sokolova, *PhD in Agricultural sciences*North Caucasian Federal scientific center for horticulture, viticulture, winemaking  
RF, 350901, Krasnodarskij kraj, g. Krasnodar, ul. im. 40-letiya Pobedy, 39

E-mail: nenko.nataliya@yandex.ru

## A GRAPE VARIETIES RESISTANCE TO LOW WINTER TEMPERATURES

In the conditions of frequently repeated in recent years, temperature fluctuations in the Anao-Taman zone of the Krasnodar region, where the main areas of grape plantings are concentrated, the resistance issues of grapes to low temperatures of the winter period are particularly relevant, since sharp differences in the air temperature in the autumn-winter period contribute to the decrease in winter resistance Grape vines. The article presents the results of the assessment of physiological biochemical changes, which are a fundamental adaptive reaction of plants associated with the frost resistance of grapes of various ecological and geographical origin: Dostoyny, Krasnostop, Kristall, Vostorg, Aligote, Zarif. As a result of research in grape varieties, Krasnostop, Crystal, Vostorg was revealed to maximize kidney hydrogen decreased (by 11.7–15.3 %) and increased accumulation of water-soluble sugars (at 2.67–3.29 times) in comparison with other studied varieties, What speaks of their larger resistance to low temperatures. The variety of the Vostorg was discovered an increase in the content of proline by 40.5 times, indicating its active participation in the formation of a protective response to low temperatures. In all studied grape varieties have a closer connection between the kidney hydrogen and the content of soluble sugars in the core than with the content of the proline. Of all varieties, the waters of the grape vines, the content of soluble sugars and proline, the varieties of the Krasnostop, Crystal, Vostorg are allocated as the most resistant to low temperatures in the conditions of the Anao Taman zone of the Krasnodar Territory, which makes it possible to conclude the possibility of their use in the selection process in quality sources of frost resistance.

**Key words:** Grapes, varieties, Anao-Taman zone, frost resistance, hedance, water-soluble sugars, proline.

Почвенно-климатические условия Анапо-Таманской зоны Краснодарского края — благоприятные для возделывания винограда столовых и технических сортов с высокими потребительскими качествами

как для промышленной переработки, так и для потребления в свежем виде. Однако в последние годы увеличилась повторяемость стрессовых отрицательных температур воздуха в зимний период, негативно

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/19 / The work was carried out within financial support of the Kuban Science Foundation within the scientific framework № МФИ-20.1/19.

влияющих на получение высоких стабильных урожаев. Отмечено понижение минимальной температуры воздуха до 2000 года на 1,8°C, а к настоящему времени этот показатель повысился на 1,8°C. [6] Колебания метеорологических факторов в осенне-зимний период могут приводить к деаκклиматизации и потере зимостойкости виноградной лозы. [8] Поэтому изучение ответных реакций растений винограда на климатическую неустойчивость, определяющих степень адаптации сортов, актуально.

В основе защитных реакций, позволяющих растениям приспособиться к температурным флуктуациям, лежат физиолого-биохимические процессы на тканевом и клеточном уровнях. К ним относятся изменения в метаболизме углеводов, липидов, накопление криопротекторных веществ. Гидрофильные белки, моно- и олигосахариды способны связывать воду, которая впоследствии не замерзает и не транспортируется. Установлено, что от содержания воды, растворимых углеводов, пролина в одревесневших тканях и почках виноградной лозы зависит морозостойкость. [11-13] Эти параметры рассматривают как критерии оценки морозостойкости сортов винограда.

Цель работы – провести физиолого-биохимическую оценку морозостойкости сортов винограда различного эколого-географического происхождения, выявить устойчивые сорта для возделывания в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края и использования в селекционном процессе.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Физиолого-биохимические исследования проводили в 2019–2021 годах на базе Анапской ампелографической коллекции, лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ СКФНЦСВВ, Центра коллективного пользования технологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии; физиолого-биохимические и микробиологические, а также почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность.

Объект изучения – сорта винограда: межвидовые гибриды европейско-американского происхождения – *Достойный*, *Красностоп*, *Восторг*, западно-европейского – *Алиготе*, восточно-европейского – *Зариф*. Контроль – высоко зимостойкий сорт *Кристалл* (межвидовой гибрид евро-американского происхождения). Растения одного года посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Возделывание растений винограда – на черном паре, схема посадки – 3 × 2,5 м.

Биохимические показатели определяли в зимующих почках (глазки) и во внутренней части живой коры (флоэма), отделяя при помощи скальпеля слои опробковевшей и отмершей корки. Исследования проводили в трехкратной повторности на десяти почках или кусочках однолетних побегов в каждой. Оводненность почек определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105°C до постоянной массы. [3]

Содержание растворимых сахаров находили согласно методике [1] с использованием антронового

реактива по спектру поглощения (длина волны – 670 нм), снятому на фотоколориметре ФЭК-56. Содержание пролина устанавливали методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 104Р согласно методике, основанной на получении электрофореграммы с помощью прямого детектирования поглощающих компонентов пробы. [5] Полученные экспериментальные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики. [2]

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Осенняя закалка растений винограда проходила в благоприятных температурных условиях. За изучаемый период (2019–2021) в ноябре максимальная температура воздуха достигала 20°C, минимальная – минус 1,4, декабре – 18 и минус 2, январе – 12 и минус 19,2, феврале – 14 и минус 11,5°C соответственно. Перепад температур за изучаемый период в ноябре составлял 13°C, декабре – 10, январе – 15 и феврале – 5°C. Среднемесячное количество осадков – 42,1, 18,2, 29, 60 мм соответственно.

На зимостойкость виноградной лозы существенно влияют не только условия зимнего периода, но и вегетации, обеспечивающие степень вызревания тканей, водный режим, минеральное питание, а также генетические особенности сорта. Ключевой фактор, влияющий на устойчивость винограда к низким температурам – оводненность тканей. Ее снижение при вступлении растений в состояние зимнего покоя – показатель их устойчивости к факторам зимнего периода. [7] Многими исследованиями установлена отрицательная корреляция между содержанием воды в почках винограда и их морозостойкостью. Сорта с высоким содержанием воды в почках более подвержены воздействию низких температур, чем с низким. [13]

В ноябре оводненность почек составила 33,7... 41,6 % в зависимости от сорта. В январе, в период проявления наибольшей морозостойкости, этот показатель у всех сортов понизился до 23,5...34,5 %, в большей степени у сортов *Красностоп*, *Кристалл*, *Восторг* – на 12,6, 15,3, 11,7 % соответственно, в меньшей у *Зариф* – на 1,9 % (рис. 1).

В феврале содержание воды несколько увеличилось у всех изучаемых сортов в связи с выходом их из периода органического покоя и уменьшением устойчивости к пониженным температурам.

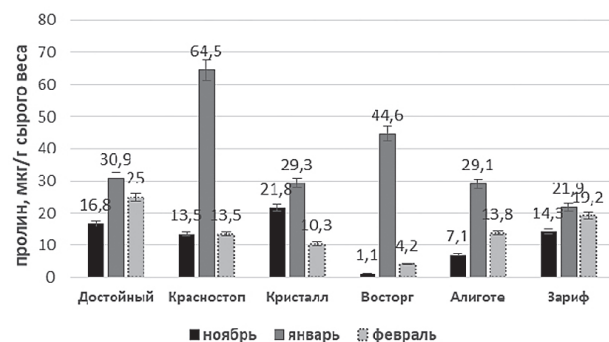
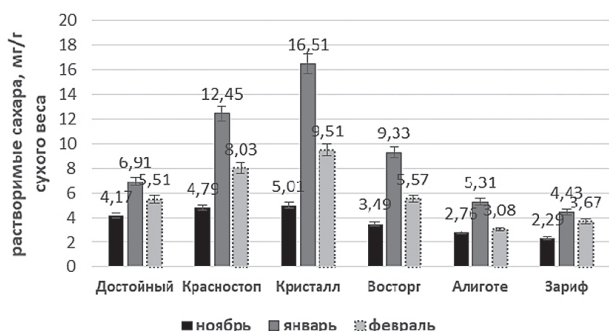


Рис. 1. Динамика оводненности почек винограда (среднее значение) в зимний период (ноябрь 2019 – февраль 2021) НСР<sub>0,5</sub>: ноябрь – 0,16; январь – 0,15; февраль – 0,19.



**Рис. 2.** Содержание растворимых сахаров в коре винограда (среднее значение) в зимний период (ноябрь 2019 – февраль 2021) НСР<sub>0,5</sub>: ноябрь – 0,16; январь – 0,15; февраль – 0,19.

При закалке, во время низкотемпературной адаптации в тканях винограда, преимущественно во флоэме побегов из-за гидролиза крахмала, накапливаются водорастворимые сахара. В результате повышения общего содержания сахаров, точка замерзания содержимого клеток снижается и образуется лед в межклетниках. При этом протопласт постепенно обезвоживается, препятствуя внутриклеточному образованию льда. [14, 15]

В проведенных нами исследованиях увеличение содержания водорастворимых сахаров происходило с ноября по январь, затем начался процесс его снижения (ноябрь – 2,29...5,01 мг/г сухого веса в зависимости от сорта, январь – 4,43...16,51 мг/г). У *Красностоп* содержание водорастворимых сахаров увеличилось в 2,59 раз, *Кристалла* и *Восторга* – 3,29 и 2,67 раз соответственно по сравнению с ноябрем, у остальных – 1,65...1,93 раза (рис. 2).

Содержание сахаров коррелировало с оводненностью почек ( $r = 0,87$ ). Подобный факт наблюдали в почвенно-климатических условиях Ирана – в почках морозоустойчивых сортов винограда под воздействием низких температур усиливался гидролиз крахмала и происходило накопление растворимых сахаров в цитоплазме. [9]

При изучении механизмов адаптации растений к низкотемпературному стрессу особый интерес вызывает аминокислота пролин, сочетающая в себе функции осмопротектора, мембранозащитного соединения и антиоксиданта. Обнаружена корреляция между накоплением пролина и морозостойкостью у граната и винограда. [9, 10] В то же время, не во всех исследованиях подтверждается связь между

накоплением растениями пролина и развитием их устойчивости к гипотермии. Так, изучение динамики содержания пролина в листьях озимой пшеницы показало, что его количество многократно возрастает только после наступления морозов. [4]

В ноябре конститутивное содержание пролина в коре составило 1,1...21,8 мкг/г сырого веса в зависимости от сорта (рис. 3).

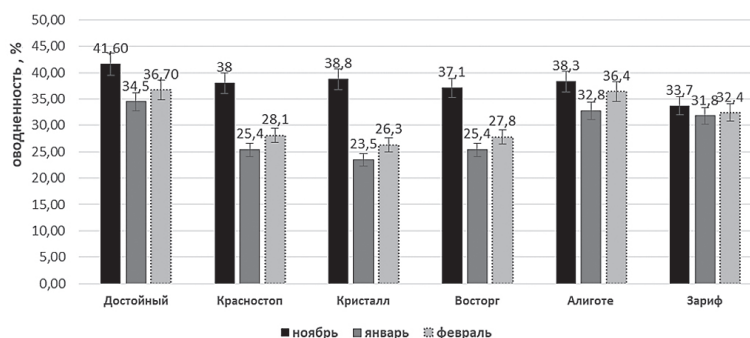
В январе после действия пониженных температур у всех сортов содержание пролина увеличилось в различной степени: *Восторг* – 40,5 раз, остальных – 1,3...4,8 раза. Многократное увеличение содержания пролина у *Восторга* свидетельствует об активном его участии в формировании защитного ответа на низкие температуры. У остальных сортов его защитная роль невелика. В феврале содержание пролина у всех сортов уменьшилось в связи с исполнением своей функции.

Таким образом, оводненность тканей, содержание водорастворимых сахаров и пролина можно рассматривать в качестве диагностических критериев устойчивости сортов винограда к низким температурам. Причем, оводненность почек и содержание растворимых сахаров в коре более предпочтительно по сравнению с накоплением пролина, так как между этими параметрами прослеживается тесная математическая связь.

По физиолого-биохимическим параметрам сорта *Красностоп*, *Кристалл*, *Восторг* выделены как наиболее устойчивые к низким температурам в зимний период. Это позволяет возделывать их в условиях изменяющегося климата Анапо-Таманской зоны и использовать в селекционном процессе в качестве источников морозостойкости.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Воробьев, Н.В. Определение содержания сахарозы, фруктозы и глюкозы в растительных тканях с помощью антронового реактива / Н.В. Воробьев // Бюллетень НТИ ВНИИ риса. – 1985. – № 33. – С. 11–13.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Кушниренко, М.Д. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений / М.Д. Кушниренко // Метод. указания. – Кишинев: Штиинца, 1970. – 80 с.
4. Майор, П.С. Зміни вмісту вільного проліну у рослинах озимої пшениці протягом осінньо-зимового періоду / П.С. Майор, В.П. Захарова, Л.Г. Великожон // Физио-



**Рис. 3.** Содержание пролина в коре винограда (среднее значение) в зимний период (ноябрь 2019 – февраль 2021) НСР<sub>0,5</sub>: ноябрь – 0,21; январь – 0,46; февраль – 0,28.



- логия и биохимия культ. растений. — 2009. — Т. 41. — № 5. — С. 371–383.
5. Ненько, Н.И. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, Т.Н. Воробьева и др. — Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2015. — 115 с.
  6. Петров, В.С. Агрэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия / В.С. Петров. — Краснодар, 2020. — 138 с.
  7. Стоев, К. Физиология винограда и основы его возделывания / К. Стоев. — М.: Книга по требованию, 2013. — 386 с.
  8. Antivilo, F.G. Thermal history parameters drive changes in physiology and cold hardiness of young grapevine plants during winter / F.G. Antivilo, R.C. Paz, M. Echeverria, M. Keller // *Agricultural and Forest Meteorology*. — 2018. — № 262 (15). — P. 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.017>
  9. Ershadi, A. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars / A. Ershadi, R. Karimi, K.M. Naderi // *Acta physiologiae plantarum*. — 2016. — № 38 (2). — P. 1–10. DOI 10.1007/s11738-015-2021-6.
  10. Ghasemi, A.A. Evaluation of cold hardiness in seven Iranian commercial pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars / A.A. Ghasemi, A. Ershadi, E. Fallahi // *HortScience*. — 2012. — № 47. — P. 1821–1825.
  11. Grant, T.N. Physiological and biochemical seasonal changes in *Vitis* genotypes with contrasting freezing tolerance / T.N. Grant, I.E. Dami // *Am.J. Enol. Vitic.* — 2015. — № 66. — P. 195–203.
  12. Karimi, R. Seasonal changes in soluble proteins, total phenol and malondialdehyde content and their relationship with cold hardiness of some grapevine cultivars / R. Karimi., A. Ershadi, M. Esna-Ashari, M.M. Akbar Booja // *Agricult. Crop. Manag. (J. Agricult.)*. — 2015. — № 16. — P. 999–1013. <http://journals.ut.ac.ir>.
  13. Kaya, Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold / Ö. Kaya // *Erwerbs-Obstbau*. — 2020. — № 62 (1). — P. 43–50. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w>.
  14. Ma, Y. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress / Y. Ma, Y. Zhang, J. Lu, H. Shao // *African Journal of Biotechnology*. — 2009. — № 8. — P. 2004–2010. <file:///C:/Users/VipNet/Downloads/60470-Article%20Text-111722-1-10-20101004.pdf>.
  15. Rosa, M. Soluble sugars Metabolism, sensing and abiotic stress / M. Rosa, C. Prado, G. Podazza et al. // *Plant Signal Behav.* — 2009. — № 4. — P. 388–393.
  2. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospekhov // М.: Kolos, 1985. — 351 s.
  3. Kushnirenko, M.D. Metody izucheniya vodnogo obmena i zasuhoustojchivostiplodovyhrastenij/M.D.Kushnirenko// Metod. ukazaniya. — Kishinev: Shtiinca, 1970. — 80 s.
  4. Major, P.S. Zmini vmistu vil'nogo prolinu u roslinah ozimoï pshenici protyagom osinn'о-zimovogo periodu / P.S. Major, V.P. Zaharova, L.G. Velikozhon // *Fiziologiya i biokhimiya kul't. rastenij*. — 2009. — Т. 41. — № 5. — S. 371–383.
  5. Nen'ko, N.I. Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovaniya plodovykh kul'tur i vinograda / N.I. Nen'ko, I.A. Il'ina, T.N. Vorob'eva i dr. — Krasnodar: SKZNIISIV, 2015. — 115 s.
  6. Petrov, V.S. Agroekologicheskoe zonirowanie territorii dlya optimizacii razmeshcheniya sortov, ustojchivogo vinogradarstva i kachestvennogo vinodeliya / V.S. Petrov. — Krasnodar, 2020. — 138 s.
  7. Stoev, K. Fiziologiya vinograda i osnovy ego vozdelvaniya / K. Stoev. — М.: Книга по требованию, 2013. — 386 s.
  8. Antivilo, F.G. Thermal history parameters drive changes in physiology and cold hardiness of young grapevine plants during winter / F.G. Antivilo, R.C. Paz, M. Echeverria, M. Keller // *Agricultural and Forest Meteorology*. — 2018. — № 262 (15). — P. 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.017>
  9. Ershadi, A. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars / A. Ershadi, R. Karimi, K.M. Naderi // *Acta physiologiae plantarum*. — 2016. — № 38 (2). — P. 1–10. DOI 10.1007/s11738-015-2021-6.
  10. Ghasemi, A.A. Evaluation of cold hardiness in seven Iranian commercial pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars / A.A. Ghasemi, A. Ershadi, E. Fallahi // *HortScience*. — 2012. — № 47. — P. 1821–1825.
  11. Grant, T.N. Physiological and biochemical seasonal changes in *Vitis* genotypes with contrasting freezing tolerance / T.N. Grant, I.E. Dami // *Am.J. Enol. Vitic.* — 2015. — № 66. — P. 195–203.
  12. Karimi, R. Seasonal changes in soluble proteins, total phenol and malondialdehyde content and their relationship with cold hardiness of some grapevine cultivars / R. Karimi., A. Ershadi, M. Esna-Ashari, M.M. Akbar Booja // *Agricult. Crop. Manag. (J. Agricult.)*. — 2015. — № 16. — P. 999–1013. <http://journals.ut.ac.ir>.
  13. Kaya, Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold / Ö. Kaya // *Erwerbs-Obstbau*. — 2020. — № 62 (1). — P. 43–50. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w>.
  14. Ma, Y. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress / Y. Ma, Y. Zhang, J. Lu, H. Shao // *African Journal of Biotechnology*. — 2009. — № 8. — P. 2004–2010. <file:///C:/Users/VipNet/Downloads/60470-Article%20Text-111722-1-10-20101004.pdf>.
  15. Rosa, M. Soluble sugars Metabolism, sensing and abiotic stress / M. Rosa, C. Prado, G. Podazza et al. // *Plant Signal Behav.* — 2009. — № 4. — P. 388–393.

**LIST OF SOURCES**

1. Vorob'ev, N.V. Opređenje soderzhaniya saharozy, fruktozy i glyukozy v rastitel'nykh tkanyakh s pomoshch'yu antronovogo reaktivnogo / N.V. Vorob'ev // *Byulleten' NTI VNII risa*. — 1985. — № 33. — S. 11–13.