

Научная статья/Research Article

УДК 634.8:631.52:581.1.036

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-46-53

Ирина Анатольевна Ильина¹, Галина Константиновна Киселева²,
Наталья Михайловна Запорожец³, Виктория Викторовна Соколова⁴✉

^{1,2,3,4}Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
Краснодар, Россия

¹kubansad@kubannet.ru

²galina-kiseleva-1960@mail.ru

³nat_zaporozhec@mail.ru

⁴kudryshovavv@yandex.ru

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ВИДОВ РОДА *VITIS* (TOURNEF) L. К СТРЕСС-ФАКТОРАМ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА НА ФОНЕ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Цель исследования – выявить особенности адаптации растений видов рода *Vitis* (Tournef) L. к стрессорам, проявляющимся в зимний период в условиях Анапо-Таманской зоны и связанным с изменением климата. Изучена устойчивость сортов винограда: Кристалл – евро-ауро-американского происхождения, Достойный и Красностоп АЗОС – евро-американского, Восторг – ауро-американского, Зариф восточно-европейского, Алиготе – западно-европейского происхождения – к изменению климата в зимний период 2021–2022 гг. в условиях Анапо-Таманской зоны. В побегах изучаемых сортов винограда определяли общую осмотическую, содержание свободной, связанной воды весовым методом, белок определяли спектральным методом на спектрофотометре LEKISS 1207, абсцизовую кислоту, сахарозу, а также аминокислоту пролин – методом капиллярного электрофореза, содержание крахмала в побегах – гистохимически с использованием микроскопа Олутрис. За анализируемый период минимальные температуры в зимний период повысились на 6–10 °С, перепад температур в декабре снизился на 10 °С, в январе – на 12, в феврале – на 3 °С. Установлено, что после промораживания в побегах винограда увеличивается содержание связанной формы воды, активируется распад белка у всех сортов винограда, находящихся в изучении. Сорта Кристалл, Достойный, Восторг, Зариф характеризуются большим содержанием связанной формы воды; сорта Кристалл, Красностоп АЗОС, Алиготе – пролина; сорта Кристалл, Восторг, Алиготе и Зариф – сахарозы, что позволяет предположить различные механизмы водоудерживающей способности. Методом искусственного промораживания установлено, что сорта Достойный, Кристалл, Красностоп АЗОС являются высокоморозостойкими, сорт Восторг – морозостойким, сорта Алиготе и Зариф Восторг – среднеморозостойкими. Низкие температуры декабря и февраля 2022 г. (–3, –5 °С) не оказали существенного влияния на перезимовку изучаемых сортов винограда в Анапо-Таманской зоне.

Ключевые слова: виноград, сорта, климат, зимний период, зимостойкость

Для цитирования: Физиолого-биохимические особенности адаптации видов рода *Vitis* (Tournef) L. к стресс-факторам зимнего периода на фоне меняющегося климата / И.А. Ильина [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 1. С. 46–53. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-46-53.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/19.

Irina Anatolyevna Ilyina¹, Galina Konstantinovna Kiseleva², Natalia Mikhailovna Zaporozhets³,
Victoria Viktorovna Sokolova⁴✉

^{1,2,3,4}North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

¹kubansad@kubannet.ru

²galina-kiseleva-1960@mail.ru

³nat_zaporozhec@mail.ru

⁴kudryshovavv@yandex.ru

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF ADAPTATION OF THE GENUS *VITIS* (TOURNEF) L. SPECIES TO WINTER STRESS FACTORS ON THE CHANGING CLIMATE BACKGROUND

The purpose of the study is to identify the features of adaptation of plants of species of the genus Vitis (Tournef) L. to stressors that manifest themselves in the winter period in the conditions of the Anapo-Taman zone and are associated with climate change. The resistance of grape varieties: Crystal of Euro-Amur-American origin, Dostoiny and Krasnostop AZOS – Euro-American, Vostorg – Amur-American, Zarif of Eastern European, Aligote – of Western European origin – to climate change in the winter period 2021–2022 was studied in the conditions of the Anapo-Taman zone. In the shoots of the studied grape varieties, the total water content, the content of free, bound water were determined by the gravimetric method, protein was determined by the spectral method on a LEKISS 1207 spectrophotometer, abscisic acid, sucrose, and the amino acid proline were determined by capillary electrophoresis, the starch content in shoots was determined histochemically using an Olympus microscope. During the analyzed period, the minimum temperatures in winter increased by 6–10 °C, the temperature drop in December decreased by 10 °C, in January by 12 °C, and in February by 3 °C. It has been established that after freezing in the grape shoots, the content of the bound form of water increases, protein breakdown is activated in all grape varieties under study. Varieties Crystal, Worthy, Vostorg, Zarif are characterized by a high content of the bound form of water; varieties Crystal, Krasnostop AZOS, Aligote – proline; cultivars Kristall, Vostorg, Aligote and Zarif are sucrose, which suggests different mechanisms of water-retaining capacity. It was established by the method of artificial freezing that the varieties Dostoiny, Kristall, Krasnostop AZOS are highly frost-resistant, the variety Vostorg is frost-resistant, the varieties Aligote and Zarif Vostorg are moderately frost-resistant. The low temperatures of December and February 2022 (–3, –5 °C) did not have a significant impact on the overwintering of the studied grape varieties in the Anapo-Taman zone.

Keywords: grapes, varieties, climate, winter period, winter hardiness

For citation: Physiological and biochemical features of adaptation of the genus *Vitis* (Tournef) L. species to winter stress factors on the changing climate background / I.A. Ilyina [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(1): 46–53. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-46-53.

Acknowledgments: the study has been carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation within the framework of the scientific project No. MFI-20.1/19.

Введение. Наблюдающееся за последние годы потепление климата на планете привело к изменению гидротермических условий в регионах, что способствовало активации приспособительных механизмов растений, в том числе винограда, в онтогенезе и годовом цикле. Ранее с помощью комплекса физиолого-биохимических параметров выявлены сорта винограда различного эколого-географического происхождения, максимально адаптированные к местным климатическим условиям возделывания, что позволяет наиболее полно использовать их генетический потенциал [1, 2].

На юге России растения винограда подвергаются стрессам в зимний период по второму и третьему компонентам зимостойкости, когда растения находятся в состоянии зимнего покоя и вынужденного покоя [3]. Поддержание обменных процессов на постоянном уровне, а также способность быстрого их восстановления при воздействии стрессового фактора помогает растению адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям. Ответные реакции растений винограда, позволяющие им приспособиться к новым стрессорам условий произрастания, затрагивают гомеостаз, экспрессию генов, мета-

болизм, физиологические функции. Сочетание такого рода реакций формирует акклиматизацию, в процессе которой растение вырабатывает устойчивость к действию стресс-фактора. Акклиматизация идет в течение жизни организма и не наследуется, однако генотип определяет нормы реакции растений [3, 4].

Растения приспосабливаются к неблагоприятным внешним условиям среды за счет перехода основных реакций обмена веществ на менее интенсивный уровень. В результате этого происходит восстановление равновесия между интенсивностью физиолого-биохимических процессов, снижается чувствительность растения к условиям среды, отклоняющимся от нормы, и, как следствие, у него появляется устойчивость к повреждающему фактору [5, 6]. Результат изучения физиолого-биохимических характеристик дает достоверную оценку генотипов растений винограда на устойчивость к неблагоприятным погодноклиматическим условиям зимнего периода и их адаптивность, что может быть использовано в качестве косвенных методов диагностики сортов винограда на морозостойкость [7].

Цель исследования – выявить физиолого-биохимические механизмы адаптации растений видов рода *Vitis (Tournef) L.* к стрессорам зимнего периода Анапо-Таманской зоны.

Объекты и методы. Исследование проводилось на базе ампелоколлекции АЗОСВиВ, ЦКП приборно-аналитический, лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объекты исследования – межвидовые гибриды винограда различного эколого-географического происхождения: евро-амуро-американского (Кристалл), амуро-американского (Восторг), евро-американского (Красностоп АЗОС, Достойный), восточно-европейского (Зариф), западно-европейского (Алиготе).

Для оценки адаптационной устойчивости растений винограда к абиотическим стрессам зимнего периода определяли такие физиолого-биохимические показатели, как: общая оводненность, содержание свободной и связанной воды – с помощью весового метода, белков – спектральным методом, пролина и сахарозы – на приборе «Капель 105 Р». При изготовлении

анатомических препаратов использовали методы общепринятой ботанической микротехники [3, 8]. Устойчивость растений к стресс-факторам изучалась в естественных условиях и при моделировании стресса (принудительное обезвоживание; температура – 20 °С). Экспериментальные данные обрабатывали с помощью общепринятых методов вариационной статистики [9].

Для проведения исследования использовали микроскоп Olympus, спектрофотометры UNICO 2800, LEKISS1207, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 105 Р», весы JW-1-3000 Асот и др.

Результаты и их обсуждение. В результате изучения гидротермических условий г.к. Анапа за период 2021–2022 гг. установлено, что температура воздуха в декабре была выше средней многолетней. Максимальная температура воздуха колебалась от +12 до +14 °С, а минимальная – от –9 до –1 °С.

В январе 2022 г. минимальная температура воздуха варьировала от –13 до –3 °С, а максимальная – от +14 °С до +15 °С. В феврале 2022 г. максимальная температура воздуха достигала +14...+15 °С, а минимальная колебалась от –11 до –5 °С.

В целом следует отметить, что потепление было вызвано преимущественно повышением минимальной температуры воздуха: в декабре – на 8 °С, в январе – на 10 и в феврале – на 6 °С, а перепад температур в декабре за анализируемый период снизился на 10 °С, в январе – на 12 и в феврале – на 3 °С. Это свидетельствует о том, что климат на юге России становится более теплым и мягким.

В гидротермических условиях декабря 2021 г. большая оводненность виноградной лозы отмечалась у сортов винограда Достойный, Алиготе и Зариф (13,5–19 %).

У сортов Алиготе и Зариф оводненность лозы в большей мере коррелировала с минимальной температурой воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,67–0,72$) и количеством выпавших осадков ($K_{\text{коррел.}} = 0,93–0,95$), а у сортов евро-американского происхождения – с максимальной температурой воздуха ($K_{\text{коррел.}} = 0,56–0,63$) и количеством выпавших осадков ($K_{\text{коррел.}} = -1$) (рис. 1) [4].

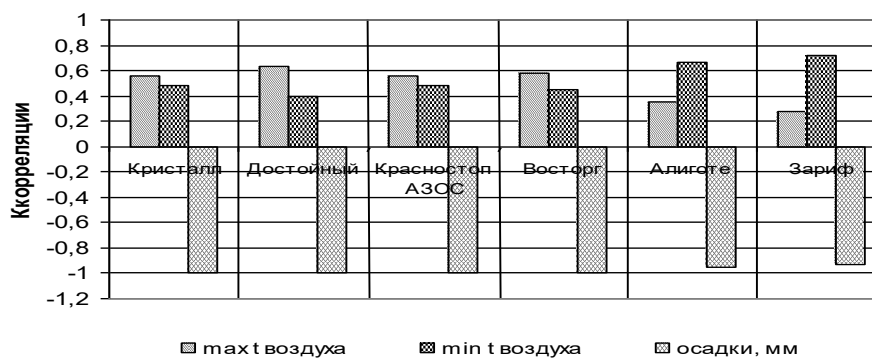


Рис. 1. Зависимость оводненности лозы винограда от гидротермических условий зимнего периода 2021–2022 гг.

При промораживании побегов всех изучаемых сортов винограда увеличивалось содержание связанной формы воды, активировался распад белка, особенно у сортов Достойный и Красностоп АЗОС. Сорта винограда Кристалл, Достойный, Восторг, Зариф характеризовались

большим содержанием связанной формы воды; сорта Кристалл, Красностоп АЗОС, Алиготе – пролина; сорта Кристалл, Восторг, Алиготе и Зариф – сахарозы, что позволяет предположить различные механизмы водоудерживающей способности (рис. 2–4).

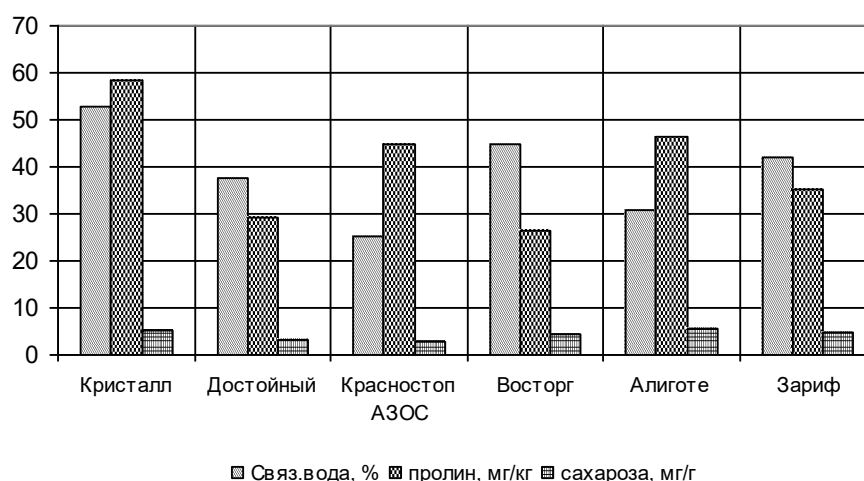


Рис. 2. Биохимическая характеристика водоудерживающей способности лозы винограда в декабре 2021 г.

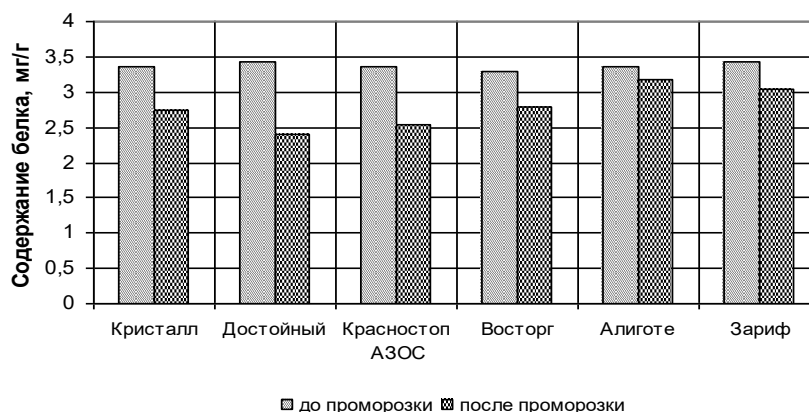


Рис. 3. Влияние промораживания побегов на содержание белка в лозе сортов винограда в декабре 2021 г.

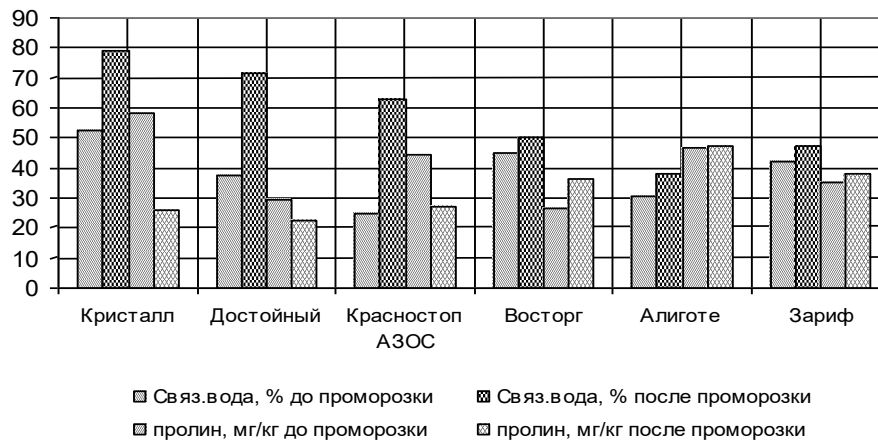


Рис. 4. Влияние промораживания на содержание связанной воды и пролина в лозе сортов винограда в декабре 2021 г.

Таким образом, на основании вышеизложенных результатов исследования можно сделать предварительный вывод, что в связи с повышенными температурами воздуха в зимний период 2021–2022 гг. растения винограда не вошли в состояние глубокого покоя и не отличались устойчивостью к экстремально низким температурам в этот период (второй компонент зимостойкости).

В феврале 2022 г. в сравнении с декабрем 2021 г. у всех изучаемых сортов винограда увеличилось общее количество воды в лозе, одновременно отмечался рост содержания свободной воды, что свидетельствует о переходе растений винограда в состояние вынужденного покоя и активации обменных процессов (рис. 5).

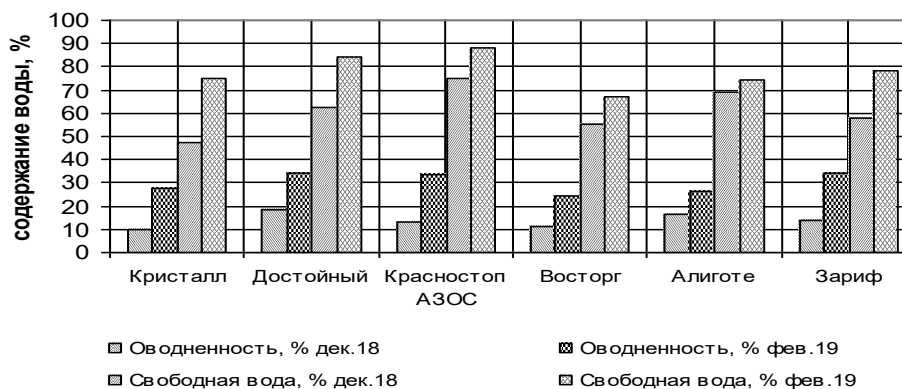


Рис. 5. Динамика оводненности и содержания свободной формы воды в лозе сортов винограда в декабре 2021 – феврале 2022 г.

Выявлено, что после воздействия пониженных температур у различных сортов винограда содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки виноградной лозы изменилось по-разному. Гистохимическими исследованиями установлено следующее: после проморозки содержание крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки лозы винограда у сортов Достойный, Красностоп АЗОС, Кристалл снизилось с 5,0 до 4,8 баллов, у сорта Восторг – с 4,6 до 4,5 балла. У сортов Алиготе, Зариф содержание

крахмала в зоне мелкоклеточной сердцевинки лозы после проморозки не изменилось и составило 4,4 и 4,3 балла соответственно.

Результаты исследования методом искусственного промораживания позволили сделать вывод о том, что сорта винограда Достойный, Кристалл, Красностоп АЗОС относятся к высокоморозостойким, сорт Восторг – к морозостойким, сорта Алиготе и Зариф – среднеморозостойким.

Определение отношения содержания сахара к содержанию крахмала позволило установить большую скорость гидролиза последнего у сортов винограда Кристалл, Восторг, Зариф по сравнению с сортами Достойный, Красностоп АЗОС, Алиготе, что может характеризовать менее активный обмен веществ в феврале у последних трех сортов в состоянии вынужденного покоя.

Таким образом, благоприятные погодноклиматические условия февраля 2019 г. позволили положительно охарактеризовать сорта винограда по третьему компоненту зимостойкости (в состоянии вынужденного покоя).

Стрессовые воздействия различной природы вызывают накопление в тканях растений абсцизовой кислоты (АБК), которая, вероятно, является их общим медиатором на стрессоры и оказывает влияние на изменения, происходящие в клетках генной экспрессии [10]. При воздействии низкой температуры у всех изучаемых сортов винограда снижается содержание фенолкарбоновых кислот, обладающих антиокислительными свойствами, и увеличивается содержание абсцизовой кислоты, обладающей антистрессовой активностью (рис. 6).

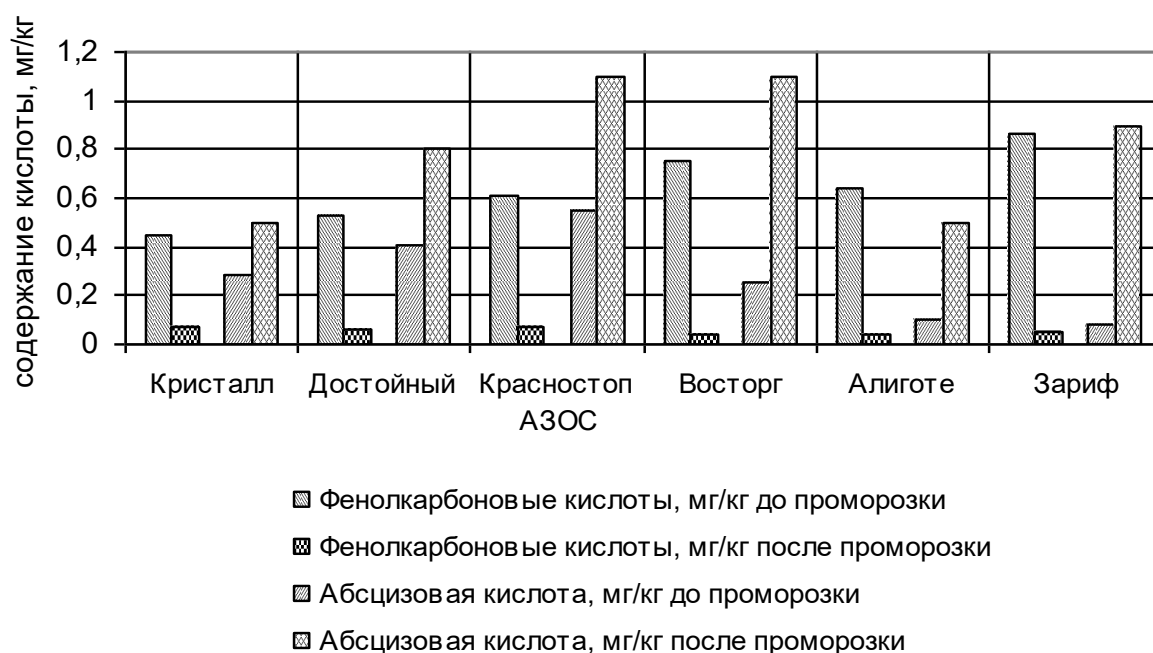


Рис. 6. Влияние промораживания на содержание фенолкарбоновых и абсцизовой кислот в лозе сортов винограда в условиях декабря 2021 г.

На основании анатомо-морфологического изучения почек зимующих глазков установлено, что растения винограда в этот период находятся в состоянии зимнего покоя. У всех сортов винограда в зимующих почках заложены эмбриональные соцветия, обуславливающие урожай следующего года.

Метод искусственного промораживания лозы винограда показал, что у всех изучаемых сортов винограда повреждений тканей однолетней лозы и почек не обнаружено.

Заключение. Низкие температуры (–3, –5 °C) декабря 2021 г. и февраля 2022 г. не оказали существенного влияния на перезимовку изучаемых

сортов винограда, учитывая физиолого-биохимические критерии формирования устойчивости на примере изучаемых сортов винограда (Кристалл, Достойный, Красностоп АЗОС, Восторг, Алиготе, Зариф) по второму и третьему компонентам зимостойкости за период 2021–2022 гг. Анапо-Таманской зоны.

Список источников

1. Lowerature stress tolerance of grapevine varieties of different ecological and geographical origin / N.I. Nenko [et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Na-

- tural, Exact, and Applied Sciences. 2019; 73 (1): P. 56–65. DOI: 10.2478/prolas-2018-0046.
2. Засухоустойчивость сортов винограда в условиях Краснодарского края / Г.К. Киселева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 75–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-75-83.
 3. Физиолого-биохимические методы изучения исходного и селекционного материала // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве / Н.И. Ненько [и др.]. Краснодар, 2012. С. 195–205.
 4. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М., 2010. 638 с.
 5. Hossain M., Burritt D.J., Fujita M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms // Oxidative Damage to Plants. 2014; 5: 477–522.
 6. Differential effects of cold acclimation and abscisic acid on free amino acid composition in wheat / Z. Kovács [et al.] // Plant Science. 2011; 180: 61–68.
 7. Arora R., Rowland L.J. Physiological Research on Winter-hardiness: Deacclimation Resistance, Reacclimation Ability, Photoprotection Strategies, and a Cold Acclimation Protocol Design. HortScience. 2011; 46(8): 1071–1078.
 8. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / под общ. ред. Н.И. Ненько. Краснодар, 2015. 115 с.
 9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
 10. Skriver K., Mundy J. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. Plant Cell. 1990; 2: 503–512.
- ### References
1. Lowerature stress tolerance of grapevine varieties of different ecological and geographical origin / N.I. Nen'ko [et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2019; 73 (1): P. 56–65. DOI: 10.2478/prolas-2018-0046.
 2. Zasuhooustojchivost' sortov vinograda v usloviyah Krasnodarskogo kraya / G.K. Kiseleva [I dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 6. S. 75–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-75-83.
 3. Fiziologo-biohimicheskie metody izucheniya ishodnogo i selekcionnogo materiala // Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve / N.I. Nen'ko [i dr.]. Krasnodar, 2012. S. 195–205.
 4. Koshkin E.I. Fiziologiya ustojchivosti sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur. M., 2010. 638 s.
 5. Hossain M., Burritt D.J., Fujita M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms // Oxidative Damage to Plants. 2014; 5: 477–522.
 6. Differential effects of cold acclimation and abscisic acid on free amino acid composition in wheat / Z. Kovács [et al.] // Plant Science. 2011; 180: 61–68.
 7. Arora R., Rowland L.J. Physiological Research on Winter-hardiness: Deacclimation Resistance, Reacclimation Ability, Photoprotection Strategies, and a Cold Acclimation Protocol Design. HortScience. 2011; 46(8): 1071–1078.
 8. Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovaniya plodovyh kul'tur i vinograda / pod obsch. red. N.I. Nen'ko. Krasnodar, 2015. 115 s.
 9. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
 10. Skriver K., Mundy J. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. Plant Cell. 1990; 2: 503–512.

Статья принята к публикации 08.09.2022 / The article accepted for publication 08.09.2022.

Информация об авторах:

Ирина Анатольевна Ильина¹, заместитель директора по науке, доктор технических наук, профессор
Галина Константиновна Киселева², старший научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, кандидат биологических наук, доцент

Наталья Михайловна Запорожец³, ученый секретарь, кандидат сельскохозяйственных наук

Виктория Викторовна Соколова⁴, заведующая научно-образовательным сектором, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Irina Anatolyevna Ilyina¹, Deputy Director for Science, Doctor of Technical Sciences, Professor

Galina Konstantinovna Kiseleva², Senior Researcher, Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Natalia Mikhailovna Zaporozhets³, Scientific Secretary, Candidate of Agricultural Sciences

Victoria Viktorovna Sokolova⁴, Head of the Scientific and Educational Sector, Candidate of Agricultural Sciences

