
ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Изучение устойчивости побегов винограда к низким температурам
при обработке абсцизовой кислотой**

**Галина Константиновна Киселёва[✉], Юрий Федорович Якуба,
Валерий Семёнович Петров, Ирина Анатольевна Ильина,
Наталья Михайловна Запорожец, Анна Александровна Хохлова**

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Аннотация

Исследования проводили на участках ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия, г. Анапа, в 2023–2024 гг. Цель исследований – изучить устойчивость побегов винограда сорта Дмитрий к низким отрицательным температурам зимнего периода при обработке абсцизовой кислотой (АБК) различной концентрации с добавлением сульфата магния. Растения обрабатывали в конце вегетации. Использовали 4 варианта обработки: 1) 50 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния; 2) 100 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния; 3) 200 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния; 4) контроль – обработка водопроводной водой. В январе, в период проявления максимальной устойчивости к низким температурам, обработанные побеги подвергали искусственному промораживанию в климатической камере СМ-30/100–120 при температурах: –15°C; –20°C; –25°C. Обработка АБК различной концентрации позволила увеличить жизнеспособность почек, но максимальный эффект получен при использовании концентрации АБК 200 мМ + 42 мМ/л раствор сульфата магния. При этой обработке процент жизнеспособных почек увеличился при воздействии температурой –15°C на 16,1%; при температуре –20°C – на 32,8%; при температуре –25°C – на 75,3%, в результате чего жизнеспособность почек увеличилась до 96,2–98,2%. Установлено, что обработка повышает содержание гликолей, выступающих в роли криопротекторов, а также снижает уязвимость клеточных мембран к повреждениям, стабилизирует их, снижая выход ионов калия и кальция. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования АБК для осенней обработки винограда с целью повышения устойчивости к низким отрицательным температурам зимой.

Ключевые слова

Виноград, абсцизовая кислота, морозостойкость, искусственное промораживание, гликоли, кальций, калий

Для цитирования

Киселёва Г.К., Якуба Ю.Ф., Ильина И.А. и др. Изучение устойчивости побегов винограда к низким температурам при обработке абсцизовой кислотой // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1. С. 124–136.

**Study of resistance of grape shoots to low temperatures
when treated with abscisic acid**

**Galina K. Kiseleva[✉], Yuri F. Yakuba, Valery S. Petrov,
Irina A. Ilyina, Natalya M. Zaporozhets, Anna A. Khokhlova**

North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, Krasnodar, Russia

[✉]**Corresponding author:** kiseleva-1960@mail.ru

Abstract

The studies were conducted on the plots of the ampelographic collection of the Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture and Winemaking in 2023–2024. The aim of the research is to study the resistance of Dmitry grape shoots to low negative temperatures during the winter period when treated with abscisic acid (ABA) of various concentrations with the addition of magnesium sulfate. The plants were treated at the end of the growing season. Four treatment options were used: 1) 50 mM ABA + 42mM/l magnesium sulfate solution; 2) 100 mM ABA + 42mM/l magnesium sulfate solution; 3) 200 mM ABA + 42mM/l magnesium sulfate solution; 4) control – treatment with tap water. In January, during the period of maximum resistance to low temperatures, the treated shoots were artificially frozen in a CM-30/100–120 climate chamber at the temperatures of –15°C, –20°C, –25°C. Treatment with ABA at different concentrations increased the viability of the buds, but the maximum effect was obtained when using an ABA concentration of 200 mM + 42mM/l magnesium sulfate solution. This treatment increased the percentage of viable buds at –15°C by 16.1%; at –20°C by 32.8%; at –25°C by 75.3%, resulting in an increase in bud viability to 96.2–98.2%. It was found that the treatment increases the content of glycols, which act as cryoprotectors, and also reduces the vulnerability of cell membranes to damage, stabilizing them and reducing the release of potassium and calcium ions. The data obtained indicate the possibility of using ABA for autumn treatment of grapes to increase resistance to low negative temperatures in winter.

Keywords

grapes, abscisic acid, frost resistance, artificial freezing, glycols, calcium, potassium

For citation

Kiseleva G.K., Yakuba Yu.F., Petrov V.S., Ilyina I.A. et al. Study of resistance of grape shoots to low temperatures when treated with abscisic acid. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 1. P. 124–136.

**Введение
Introduction**

Виноград (*Vitis vinifera* L.) – важная сельскохозяйственная культура, издавна возделываемая в Краснодарском крае как для производства вина, соков, изюма, так и для потребления в свежем виде. За последние годы наблюдается положительная динамика увеличения объемов его производства за счет использования современных агрономических технологий и возделывания наиболее адаптивных для данного региона сортов. Так, с 2018 по 2022 гг. урожайность винограда увеличилась на 20%, валовой сбор возрос на 42% – до 889,6 тыс. т в год [1, 2].

Несмотря на положительную динамику нарастающего производства винограда, отмечается рост последствий неблагоприятных глобальных изменений климата

на его урожайность и адаптивность – в частности, на устойчивость к низким температурам. В результате уровень реализации потенциала хозяйственной продуктивности используемых сортов варьирует в диапазоне от 36% до 86% и составляет в среднем 60% [3]. Поэтому увеличение морозостойкости винограда продолжает оставаться одной из наиболее актуальных проблем виноградарства.

В настоящее время в условиях Краснодарского края во избежание подмерзания слабовзимостойкие сорта возделывают в укрывной культуре, используя для этого агроволокно, растительные материалы (сухую траву, опилки), пленку [3–5]. За рубежом также используют разнообразные укрывные материалы для защиты виноградников от мороза [6–8]. Например, в Италии [9, 10] в качестве защиты виноградного куста от зимних неблагоприятных условий используют покрытие органического происхождения (из сахаров) и соломы.

Помимо укрытия на зиму, правильно подобранная агротехника, своевременное внесение азотных удобрений способствуют повышению морозоустойчивости виноградной лозы. По данным румынских исследователей [11], виноградная лоза, обработанная осенью, до опадения листьев, медным купоросом, накапливает больше запасных веществ, вследствие чего становится более морозостойкой. Иранские и китайские виноградары [12–14] использовали обработку виноградной лозы абсцизовой кислотой (АБК) в конце вегетационного периода для увеличения ее морозостойкости. Установлено, что обработка АБК сдерживала рост побегов, ускоряла опадение листьев и развитие перидермы, таким образом способствуя адаптации растений к низким отрицательным температурам. Обработка изменяла водный режим растений, процессы дыхания и фотосинтеза, метаболизм липидов и стабилизации клеточных мембран.

Некоторые зарубежные исследователи [15, 16] для повышения потенциала устойчивости виноградной лозы к вымерзанию в качестве внекорневой подкормки использовали сульфат калия. В этом случае увеличивалось содержание абсцизовой кислоты, фенольных соединений, растворимых сахаров, полиаминов и других осмолпротекторов, защищающих растительные клетки от повреждений низкими температурами. Однако влияние обработки АБК на морозостойкость виноградной лозы в отечественной литературе не изучалось, а роль этого соединения в формировании механизмов устойчивости к низким температурам изучена недостаточно.

Цель исследований: изучение устойчивости побегов винограда к низким отрицательным температурам зимнего периода при обработке абсцизовой кислотой различной концентрации с добавлением сульфата магния.

Методика исследований **Research method**

Материал для исследований отобран на участках ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия (АЗОС-ВиВ) – в филиале Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (ФГБНУ СКФНЦСВВ), г. Анапа. Почва опытного участка – западно-предкавказские выщелоченные черноземы на лессовидных суглинках. Климат – умеренно континентальный. По данным метеорологической станции г. Анапы, среднегодовая температура воздуха на данном участке исследований составляет +12,5°C. Минимальная температура зимой опускается до –24... –26°C, летом максимальная температура воздуха повышается до +38°C; сумма активных температур – 3800–4000°C. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 550–600 мм.

Объект исследований – технический сорт винограда Дмитрий (Варусет × Гранатовый) селекции СКФНЦСВВ. Это сорт позднего срока созревания, урожайность высокая,

стабильная (145–150 ц/га). Средняя масса грозди составляет 178 г, средняя масса ягоды – 1,5 г. Сорт используется для приготовления красных столовых и ликерных вин с интенсивной темно-рубиновой окраской с вишневым оттенком и ароматом с черносмородиновыми и ежевичными тонами, а также соков, отличающихся полным мягким гармоничным вкусом. Отличается средней поражаемостью милдью, оидиумом и серой гнилью, устойчив к антракнозу. Повреждаемость филлоксерой корневой формы выше средней.

В задачи исследований входили: 1) оценка влияния обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на сохранность побегов и почек после искусственного промораживания при разных температурах; 2) оценка влияния обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на содержание гликолей, ионов калия и кальция в вытяжке из замороженных тканей побегов.

Опытные растения – 2008 г. посадки, подвой Кобер 5ББ. Формировка – высокоштамбовый двуплечий кордон, без зимнего укрытия. Схема посадки: 3×1,5 м. Обработку растений проводили в ноябре 2023 г. раствором абсцизовой кислоты (АБК) различной концентрации с добавлением 42 мМ/л раствора сульфата магния с помощью пульверизатора.

Используемые варианты обработки:

- 50 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния;
- 100 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния;
- 200 мМ АБК + 42 мМ/л сульфата магния.

На каждый вариант были обработаны по 3 растения. В январе 2024 г., в период проявления максимальной морозостойкости, побеги, имеющие по 8–10 почек, были срезаны для искусственного промораживания и проведения анализов. Далее их хранили в холодильнике, неплотно завернутыми в смоченную водой ткань из мешковины при температуре +5°C. Искусственное промораживание побегов проводили в климатической камере СМ-30/100–120 в течение суток при температурах: –15°C; –20°C; –25°C, с последующим выдерживанием (оттаиванием) при комнатной температуре в течение 4 ч согласно методике [3], после чего использовали для анализа.

Анализ повреждений однолетних побегов и почек проводили при помощи стереоскопического микроскопа Микромед МС2 Zoom 2А при увеличении ×3 по 6-балльной шкале: 0 – луб ярко-зеленый, древесина светло-зеленая (здоровая лоза); 1 – единичные участки побуревших луба и древесины; 2 – побуревшие участки луба и древесины занимают 1/3 поверхности побега, 3 – побуревшие участки луба и древесины занимают 1/2 поверхности побега; 4 – побуревшие участки луба и древесины занимают более 1/2 поверхности побега; 5 – сплошное побурение луба и древесины [3]. Измерения проводили в 3-кратной аналитической повторности.

Анализ вытяжки виноградной лозы для определения содержания гликолей проводили методом газовой хроматографии по методике Я.И. и А.Я. Яшиных [17] с использованием хроматографа «Кристалл-2000М», оборудованного капиллярной колонкой HP FFAP длиной 50 м, внутренним диаметром 0,32 мм и детектором ионизации в пламени. Содержание ионов калия и кальция в водно-спиртовом экстракте (10%-ный этанол) коры побегов определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105М» по методике, основанной на получении электрофореграммы с помощью косвенного детектирования непоглощающих компонентов пробы [18]. Использовалось приборное обеспечение Центра коллективного пользования технологичным оборудованием ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Статистическую обработку данных производили с использованием программы Microsoft Office Excel 2010 по методике Б.А. Доспехова. Выполняли расчет средних значений ($\bar{X}_{cp}$), ошибки средних ($S_{\bar{x}}$), наименьшей существенной разности (HCp_{05}) с использованием t-критерия Стьюдента [19].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Сорт винограда Дмитрий может выдерживать отрицательные температуры до -25°C , но устойчивость зависит от многих факторов: условий среды, состояния растений, агротехники. Особое значение имеют предшествующие температуры и длительность их воздействия [3, 20, 21].

Анализ метеорологических условий осенне-зимнего периода 2023–2024 гг. В течение осенне-зимнего периода среднемесячные температуры воздуха понижались с $+21,8^{\circ}\text{C}$ в сентябре до $+4,6^{\circ}\text{C}$ в январе. Период характеризовался повышенной среднемесячной температурой воздуха по сравнению со средними многолетними значениями на $+1,2...+2,3^{\circ}\text{C}$. Зимой отмечены резкие перепады температуры: максимальные температуры воздуха составляли в декабре $+16^{\circ}\text{C}$, в январе $+15^{\circ}\text{C}$; минимальные – в декабре -1°C , в январе -9°C . Количество атмосферных осадков в сентябре-ноябре варьировало от 4,3 до 223 мм, в декабре-феврале – от 23 до 124 мм, будучи близким к условной норме (рис. 1).

Поскольку низкие критические температуры (-25°C) в данном регионе наблюдаются нечасто, для оценки повреждающего действия низких отрицательных температур на побеги и почки винограда использовали метод искусственного промораживания.

Влияние обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на сохранность побегов и почек после искусственного промораживания при разных температурах. Микроскопический анализ тканей побегов показал, что при промораживании при -15°C во всех вариантах опыта повреждения побегов не отмечены. Повреждения получили однолетние побеги в контрольном варианте опыта без обработки, замороженные при температурах -20°C и -25°C . Эти повреждения оценены на 2 и 3 баллов соответственно. При температуре -20°C побуревшие участки луба и древесины занимают 1/3 поверхности побега, при -25°C – 1/3 поверхности побега.



Рис. 1. Метеорологические условия на участке исследований в осенне-зимний период 2023–2024 гг. (АЗОСВиВ, г. Анапа)

Figure 1. Meteorological conditions at the research site in the autumn-winter period of 2023–2024 (AZOSViV, Anapa)

В варианте обработки 50 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния имеются незначительные повреждения, оцененные в 1 балл, то есть побурели единичные участки тканей луба и древесины. При обработке раствором АБК большей концентрации – 100 и 200 мМ – повреждений нет (табл. 1).

Обработка АБК различной концентрации позволила увеличить жизнеспособность почек, но максимальный эффект получен при использовании концентрации АБК 200 мМ. При этой обработке процент жизнеспособных почек увеличился при воздействии температурой –15°С на 16,1%; при температуре –20°С – на 32,8%; при температуре –25°С – на 75,3%. Таким образом, при обработке АБК в концентрации 200 мМ жизнеспособные почки составляли 96,2–98,2% (табл. 2).

Таблица 1

**Степень повреждения однолетних побегов
после искусственного промораживания**

Table 1

Degree of damage to annual shoots after artificial freezing

Вариант обработки	Повреждение однолетних побегов, балл		
	температура, °С		
	–15	–20	–25
Вода (контроль)	0	2	3
50 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	0	1	1
100 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	0	0	0
200 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	0	0	0

Таблица 2

Сохранность живых почек после искусственного промораживания

Table 2

Preservation of living buds after artificial freezing

Вариант обработки	Живые почки, %		
	Температура, °С		
	–15	–20	–25
Вода (контроль)	82,1	65,3	20,9
50 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	84,3	79,6	78,7
100 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	89,6	80,9	80,4
200 мМ АБК + 42 мМ/л раствор сульфата магния	98,2	98,1	96,2

По утверждению многих исследователей, механизм действия АБК на устойчивость к низким температурам заключается в следующем: «...накапливающаяся в тканях АБК увеличивает проницаемость мембран для воды и водоотдачу клеток». В результате клетка обезвоживается, и лед образуется не в клетке, а в межклеточном пространстве [8, 15, 20].

Влияние обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на содержание гликолей (криопротекторов) в вытяжке из замороженных тканей. Образование внеклеточного льда и отток воды из клеток обеспечиваются также криопротекторами – веществами, повышающими внутриклеточное осмотическое давление и понижение температуры замерзания цитоплазмы клетки. Общеизвестными криопротекторами являются гликоли [20, 22].

Суммарное содержание гликолей (бутилен-гликоль, рацемат; бутилен-гликоль, мезоформа, 1,2-пропиленгликоль) определяли в вытяжке из тканей, замороженных при -25°C . В контрольном варианте опыта без обработки суммарное содержание гликолей составляло 169,9 мкг/г сырого веса. При обработке в варианте с концентрацией АБК 50 мМ содержание гликолей составляло 240,3 мкг/г сырого веса, при обработке с концентрацией АБК 100 мМ – 553,0 мкг/г сырого веса (рис. 2).

Максимальное накопление гликолей – 767,1 мкг/г сырого веса – отмечено в варианте при обработке концентрацией АБК 200 мМ. В этом варианте содержание гликолей увеличилось в 4,5 раза по сравнению с контролем.

Итак, установлено, что обработка повышает содержание гликолей. Увеличение содержания этих криопротекторов, обусловленное влиянием АБК, способствовало меньшему повреждению тканей побегов при низких температурах.

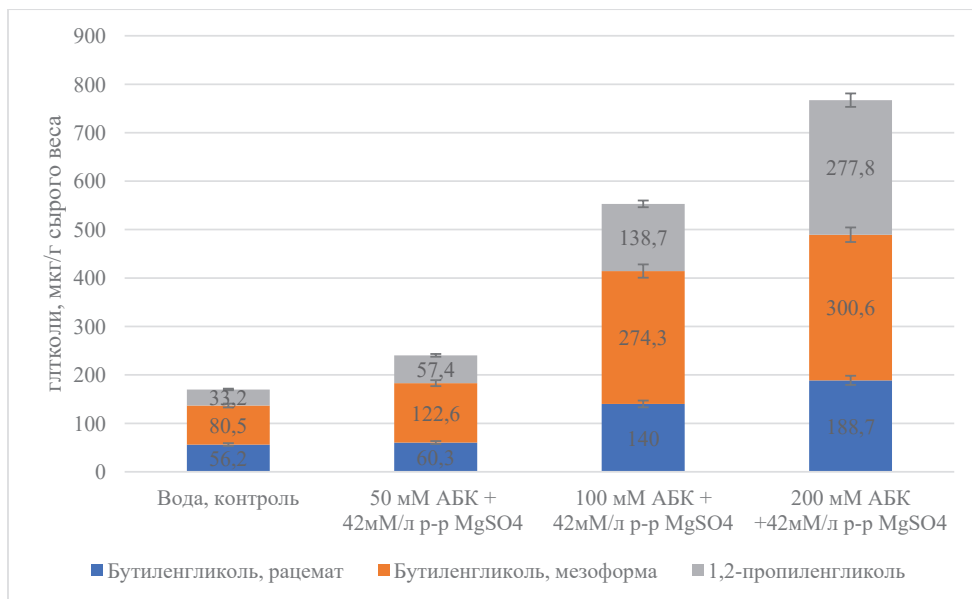


Рис. 2. Накопление гликолей в вытяжке побегов винограда в различных вариантах обработки

Примечание. На столбиках отмечены средние значения и ошибки средних ($X_{cp} \pm S_x$).

НСР_{0,5}: бутиленгликоль, рацемат – 12,7;
бутиленгликоль, мезоформа – 16,6; 1,2-пропиленгликоль – 16,7.
Различия между вариантами обработки существенны.

Figure 2. Accumulation of glycols in the extract of grape shoots in different treatment options

Влияние обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на содержание ионов калия и кальция в вытяжке из замороженных тканей. Согласно мнению китайских исследователей «...повреждение растений от воздействия низких температур начинается с нарушений структуры и функций клеточных мембран. Нарушение активного транспорта ионов через мембраны приводит к усилению пассивного выхода из клеток ионов (преимущественно калия и кальция) и сахаров. По содержанию ионов калия и кальция в вытяжке из замороженных и оттаявших клеток можно судить о степени их повреждения» [23]. Обнаружено, что у более морозостойких сортов винограда после искусственного промораживания содержание ионов калия и кальция увеличивалось в меньшей степени в сравнении с неморозостойкими [4].

В проведенных нами исследованиях в контрольном варианте опыта обнаружен максимальный выход (утечка) катионов калия (1100,2 мкг/г сырого веса) и кальция (224,5 мкг/г сырого веса) (рис. 3).

При обработке, особенно в вариантах с концентрациями АБК 100 и 200 мМ, снижалось содержание катионов кальция в 1,3–1,8 раз и калия в 1,6–2,1 раз в сравнении с контролем.

Итак, обработка АБК снижает уязвимость клеточных мембран к повреждениям, стабилизирует их, снижая выход ионов при действии низких отрицательных температур.

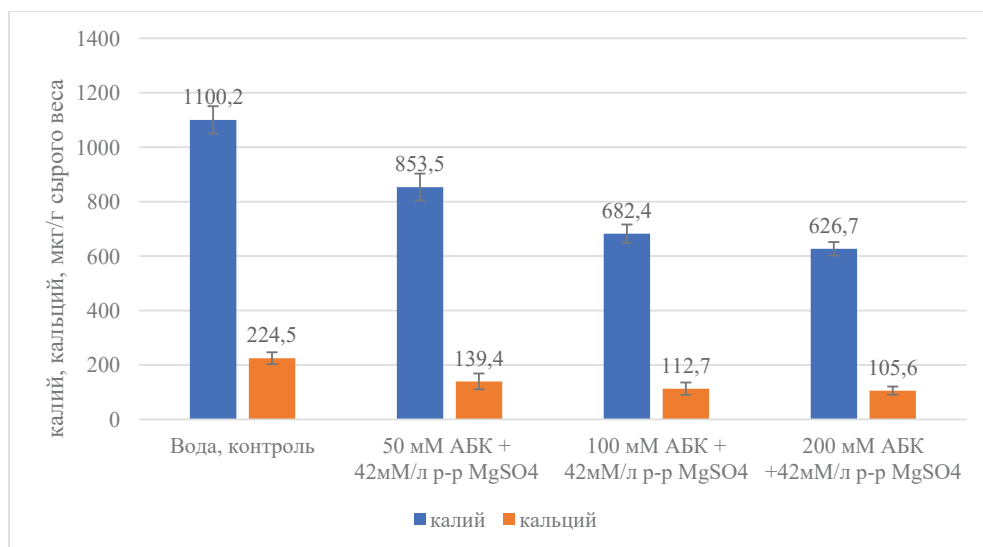


Рис. 3. Содержание ионов калия и кальция в вытяжке коры винограда при различных вариантах обработки

Примечание. На столбиках отмечены средние значения и ошибки средних ($\bar{X}_{cp} \pm S_{\bar{X}}$). НСР_{0,5}: калий – 23,2; кальций – 11,7. Различия между вариантами обработки существенны.

Figure 3. Content of potassium and calcium ions in grape bark extract under different treatment options

Выводы Conclusions

Выявлено положительное влияние осенней обработки АБК различной концентрации с добавлением сульфата магния на сохранность побегов и почек после искусственного промораживания при температурах: -15°C ; -20°C ; -25°C . Наиболее

выраженное воздействие на устойчивость к низким температурам оказал вариант обработки с концентрацией АБК 200 мМ + 42мМ/л раствор сульфата магния. Установлено, что обработка повышает содержание гликолей, выступающих в роли криопротекторов. Выявлено, что обработка АБК снижает уязвимость клеточных мембран к повреждениям, стабилизирует их, снижая выход ионов калия и кальция при действии низких отрицательных температур. Полученные данные свидетельствуют о возможности использования АБК для осенней обработки винограда в целях повышения морозостойкости.

Список источников

1. Кузнецова И.Б., Макаров С.С. Особенности клонального микроразмножения культурного винограда (*Vitis vinifera* L.) на этапах «введение в культуру» и «собственно микроразмножение» // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 4 (90). С. 72-75. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-90-4-72-75>
2. Площади, валовой сбор и урожайность многолетних насаждений в Российской Федерации в 2023 году: *Бюллетень*. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 12.09.2024).
3. Егоров Е.А., Серпуховитина К.А., Петров В.С., Панкин М.И. и др. Адаптивный потенциал винограда в условиях стрессовых температур зимнего периода: *Методические рекомендации*. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2006. 156 с. EDN: QKYYOV.
4. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ильина И.А., Петров В.С. и др. 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>
5. Lepeshkina S., Yakuba Yu. Protection of Vine from Winter Stress with the Use of Silicate. *International Journal of Pharmacy and Chemistry*. 2023;9(3):28-31. <https://doi.org/10.11648/j.ijpc.20230903.11>
6. Ghali M., Jaballah M.B., Arfa N.B., Sigwalt A. Analysis of Factors that Influence Adoption of Agroecological Practices in Viticulture. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*. 2022;103:179-209. <https://doi.org/10.1007/s41130-022-00171-5>
7. Kaya Ö., Yilmaz T., Ates F. Improving Organic Grape Production: the Effects of Soil Management and Organic Fertilizers on Biogenic Amine Levels in *Vitis vinifera* cv. «Royal» Grapes. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2024;11:38. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00564-2>
8. Wan N., Yang B., Yin D., Ma T. et al. Overwintering Covered with Soil or Avoiding Burial of Wine Grapes under Cold Stress: Chinese Wine Industry's Past and Future, Challenges and Opportunities. *Stress Biology*. 2023;3(1):40. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
9. Frota de Albuquerque Landi F., Di Giuseppe A., Gambelli A.M., Palliotti A. et al. Life Cycle Assessment of an Innovative Technology against Late Frosts in Vineyard. *Sustainability*. 2021;13:5562. <https://doi.org/10.3390/su13105562>
10. Giuseppe A., Gambelli A., Rossi F., Nicolini A. et al. Natural Organic Coating to Control and Minimize Late Frost Damages on Wine Shoots. *Heat*. 2020;51(18):1625-1635. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2020034721>
11. Lixandru M., Fendrihan S. Improvement of Frost Resistance of Grapevine. *Romanian Journal for Plant Protection*. 2020;13:28-30. <http://www.doi.org/10.54574/RJPP.13.04>
12. Karimi R., Ershadi A. Role of Exogenous Abscissic Acid in Adapting of 'Sultana' Grapevine to Low-temperature Stress. *Acta Physiol. Plant*. 2015;37:151. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1902-z>

13. Wang H., Blakeslee J.J., Jones M.L., Chapin L.J. et al. Exogenous Absciscic Acid Enhances Physiological, Metabolic, and Transcriptional Cold Acclimation Responses in Greenhouse-grown Grapevines. *Plant Science*. 2020;293:110437. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110437>
14. Wang H., Dami I.E. Evaluation of Budbreak-delaying Products to Avoid Spring Frost Injury in Grapevines // *American Journal of Enology and Viticulture*. 2020;71(3):181-190. <https://doi.org/10.5344/ajev.2020.19074>
15. Karimi M. Potassium-induced Freezing Tolerance is Associated with Endogenous Absciscic Acid, Polyamines and Soluble Sugars Changes in Grapevine. *Scientia Horticulturae*. 2017;215:184-194. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.018>
16. Sarikhani H., Haghi H., Ershadi A., Esna-Ashari M. et al. Foliar Application of Potassium Sulphate Enhances the Cold-hardiness of Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2014;89(2):141-146. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513060>
17. Yashin Ya.I., Yashin A.Ya. Analytical Chromatography. *Methods, Instrumentation and Applications*. *Russ. Chem. Rev.* 2016;75(4):329-340. <https://doi.org/10.1070/RC2006v075n04ABEH003607>
18. Melicherova N., Reminek R., Foret F. Application of Capillary Electrophoretic Methods for the Analysis of Plant Phloem and Xylem Saps Composition: *A Review*. *Separation Science*. 2020;43(1):271-284. <https://doi.org/10.1002/jssc.201900844>
19. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Москва: Альянс, 2011. 351 с. EDN: QLCQEP.
20. Dami I., Zhang Y. Variations of Freezing Tolerance and Sugar Concentrations of Grape Buds in Response to Foliar Application of Absciscic Acid. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1084590. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1084590>
21. 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):43-50. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w>
22. Кошкин Е.И. *Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур*: Учебник. Москва: Дрофа, 2010. 638 с. EDN: SDTWVB.
23. Luo D., Huang T., Kou X., Zhang Y. et al. MeJA Enhances Antioxidant Activity and Reduces Membrane Lipid Degradation by Maintaining Energy Charge Levels in Crystal Grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 2024;216:113078. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113078>

References

1. Kuznetsova I.B., Makarov S.S. Features of Clonal Micropropagation of Cultivated Grapes (*Vitis vinifera* L.) at the stages of “introduction to culture” and “micropropagation proper”. *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*. 2021;4:72-75. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-90-4-72-75> (In Russ.)
2. Bulletin “Area, gross harvest and yield of perennial plantings in the Russian Federation in 2023”. (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (accessed: September 12, 2024).
3. Egorov E.A., Serpukhovitina K.A., Petrov V.S., Pankin M.I. et al. *Adaptive potential of grapes under stressful temperatures of the winter period: methodological recommendations*. Krasnodar, Russia: SKZNIISiV, 2006:156. (In Russ.)

4. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Ilyina I.A., Petrov V.S. et al. Cold hardiness in grapevines of various ecological and geographical origin. *Horticulture and viticulture*. 2021;4:37-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-4-37-42>
5. Lepeshkina S., Yakuba Yu. Protection of Vine from Winter Stress with the Use of Silicate. *International Journal of Pharmacy and Chemistry*. 2023;9(3):28-31. <https://doi.org/11648/j.ijpc.20230903.11>
6. Ghali M., Jaballah M.B., Arfa N.B., Sigwalt A. Analysis of Factors that Influence Adoption of Agroecological Practices in Viticulture. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*. 2022;103:179-209. <https://doi.org/10.1007/s41130-022-00171-5>
7. Kaya Ö., Yilmaz T., Ates F. Improving Organic Grape Production: the Effects of Soil Management and Organic Fertilizers on Biogenic Amine Levels in *Vitis vinifera* cv. 'Royal' Grapes. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2024;11:38. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00564-2>
8. Wan N., Yang B., Yin D., Ma T. et al. Overwintering Covered with Soil or Avoiding Burial of Wine Grapes under Cold Stress: Chinese Wine Industry's Past and Future, Challenges and Opportunities. *Stress Biology*. 2023;3(1):40. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
9. Frota de Albuquerque Landi F., Di Giuseppe A., Gambelli A.M., Palliotti A. et al. Life Cycle Assessment of an Innovative Technology against Late Frosts in Vineyard. *Sustainability*. 2021;13:5562. <https://doi.org/10.3390/su13105562>
10. Giuseppe A., Gambelli A., Rossi F., Nicolini A. et al. Natural Organic Coating to Control and Minimize Late Frost Damages on Wine Shoots. *Heat*. 2020;51(18):1625-1635. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2020034721>
11. Lixandru M., Fendrihan S. Improvement of Frost Resistance of Grapevine. *Romanian Journal for Plant Protection*. 2020;13:28-30. <http://www.doi.org/10.54574/RJPP.13.04>
12. Karimi R., Ershadi A. Role of Exogenous Absciscic Acid in Adapting of 'Sultana' Grapevine to Low-temperature Stress. *Acta Physiol. Plant*. 2015;37:151. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1902-z>
13. Wang H., Blakeslee J.J., Jones M.L., Chapin L.J. et al. Exogenous Absciscic Acid Enhances Physiological, Metabolic, and Transcriptional Cold Acclimation Responses in Greenhouse-grown Grapevines. *Plant Science*. 2020;293:110437. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110437>
14. Wang H., Dami I.E. Evaluation of Budbreak-delaying Products to Avoid Spring Frost Injury in Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2020;71(3):181190. <https://doi.org/10.5344/ajev.2020.19074>
15. Karimi M. Potassium-induced Freezing Tolerance is Associated with Endogenous Absciscic Acid, Polyamines and Soluble Sugars Changes in Grapevine. *Scientia Horticulturae*. 2017;215:184-194. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.018>
16. Sarikhani H., Haghi H., Ershadi A., Esna-Ashari M. et al. Foliar Application of Potassium Sulphate Enhances the Cold-hardiness of Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2014;89(2):141-146. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513060>
17. Yashin Ya.I., Yashin A.Ya. Analytical Chromatography. Methods, Instrumentation and Applications. *Russ. Chem. Rev.* 2016;75(4):329-340. <https://doi.org/10.1070/RC2006v075n04ABEH003607>
18. Melicherova N., Reminek R., Foret F. Application of Capillary Electrophoretic Methods for the Analysis of Plant Phloem and Xylem Saps Composition: A Review. *Separation Science*. 2020;43(1):271-284. <https://doi.org/10.1002/jssc.201900844>

19. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment* (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, Russia: Al'yans, 2014:351. (In Russ.)
20. Dami I., Zhang Y. Variations of Freezing Tolerance and Sugar Concentrations of Grape Buds in Response to Foliar Application of Abscissic Acid. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1084590. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1084590>
21. 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):43-50. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00495-w>
22. Koshkin E.I. *Physiology of crop resistance: a textbook*. Moscow, Russia: Drofa, 2010:638. (In Russ.)
23. Luo D., Huang T., Kou X., Zhang Y. et al. MeJA Enhances Antioxidant Activity and Reduces Membrane Lipid Degradation by Maintaining Energy Charge Levels in Crystal Grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 2024;216:113078. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113078>

Сведения об авторах

Галина Константиновна Киселёва, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Юрий Федорович Якуба, доктор химических наук, доцент, заведующий информационно-аналитической лабораторией, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: uriteodor@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2419>

Валерий Семёнович Петров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: Petrov_53@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Ирина Анатольевна Ильина, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: kubansad@kubannet.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4615-3331>

Наталья Михайловна Запорожец, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5932-5526>

Анна Александровна Хохлова, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: anemona2009@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6047-2040>

Information about the authors

Galina K. Kiseleva, CSc (Bio), Associate Professor, Senior Research Associate, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7583-1261>

Yuriy F. Yakuba, DSc (Chem), Associate Professor, Head of Information and Analytical Laboratory, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: uriteodor@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2419>

Valeriy S. Petrov, DSc (Ag), Associate Professor, Leading Research Associate, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: Petrov_53@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Irina A. Ilyina, DSc (Tech), Professor, Deputy Chief for Science North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: kubansad@kubannet.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4615-3331>

Natalia M. Zaporozhets, CSc (Ag), Scientific Secretary, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: nat_zaporozhec@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5932-5526>

Anna A. Khokhlova, CSc (Bio), Research Associate, North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 39 40-letiya Pobedy st., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: anemona2009@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6047-2040>