

**ارزیابی تحمل به سرمای زمستانه در دورگ‌های جدید انگور بی‌دانه (*Vitis vinifera* L.)**حامد دولتی بانه^{۱*}، رحیم عبداللهی^۲

۱- استاد پژوهشی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

۲- استادیار، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱۲/۲۱

چکیده

سرمازدگی زمستانه یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید انگور در مناطق سردسیر ایران است. این پژوهش با هدف تعیین تحمل سرمای ۱۰ دورگ جدید انگور بیدانه (حاصل از برنامه‌های به‌نژادی انگور) در مقایسه با ارقام محلی و گونه لایروسکا شاهد انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقاتی کهریز ارومیه طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۱۶ ژنوتیپ و رقم (۱۰ دورگ بیدانه، ارقام بیدانه سفید، راجان، مام‌برایمه، قزل‌اوزوم، قره‌گندمه و گونه لایروسکا) و فاکتور دوم شامل پنج سطح دمایی (+۴، -۱۵، -۱۸، -۲۱ و -۲۴ درجه سانتی‌گراد) بود. شاخص‌های آسیب جوانه‌های اولیه و ثانویه، نشت الکترولیتی، شاخص سرمازدگی شاخه و کامبیوم و غلظت پتاسیم جوانه اندازه‌گیری شدند. با کاهش دما، آسیب جوانه‌ها و نشت الکترولیتی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و جوانه‌های اولیه حساسیت بیشتری نسبت به جوانه‌های ثانویه نشان دادند. گونه لایروسکا بالاترین تحمل و دورگ‌های H8 و H9 کمترین تحمل را داشتند. در میان دورگ‌های جدید، H1 (حاصل تلاقی بیدانه سفید × قزل‌اوزوم) با کمترین آسیب جوانه و نشت الکترولیتی، تحمل بیشتری نشان داد. همچنین دورگ H1 با ۶۵/۵ درصد مرگ جوانه اولیه و H6 با ۶۹/۲ درصد در دمای -۲۴ درجه، بهترین عملکرد را نشان دادند. همبستگی معنی‌داری بین غلظت پتاسیم جوانه و سایر شاخص‌های تحمل سرمای مشاهده نشد. نتایج نشان‌دهنده اثر قابل توجه تنوع ژنتیکی در تحمل سرمای ژنوتیپ‌ها بود. دورگ H1 به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و کشت در مناطق سردسیر پیشنهاد می‌شوند. گونه لایروسکا نیز به‌عنوان منبعی ارزشمند برای اصلاح تحمل به سرمای شدید معرفی شد.

واژگان کلیدی: تاک، تحمل سرمای، نشت الکترولیتی، جوانه.

Evaluation of Winter Cold Tolerance in New Seedless Grapevine (*Vitis vinifera* L.) HybridsHamed Dolati Baneh^{1*}, Rahim Abdollahi²

- 1- Research Professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran.
- 2- Research Professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran.

Received: November 2025

Accepted: March 2026

Abstract

Winter cold injury is a major limiting factor for grapevine production in cold regions of Iran. This study evaluated the cold tolerance of 10 new seedless grape hybrids developed through a breeding program, compared with local control cultivars and *Vitis labrusca* species, at the Kahriz Horticultural Research Station, Urmia. A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications during 2019-2020. The first factor included 16 genotypes (10 new seedless hybrids, cultivars Bidaneh Sefid, Rajan, Mam-Brayma, Ghezel-Uzum, Ghara-Gandumeh, and *Vitis labrusca*), and the second factor comprised five temperature levels (+4°C, -15°C, -18°C, -21°C, and -24°C). Primary and secondary bud damage, electrolyte leakage, shoot and cambium cold injury indices, and bud potassium concentration were measured. Bud damage and electrolyte leakage significantly increased with decreasing temperatures, with primary buds showing greater sensitivity than secondary buds. *Vitis labrusca* exhibited the highest cold tolerance, while hybrids H8 and H9 showed the lowest. Among the new hybrids, H1 (derived from Bidaneh Sefid × Ghezel-Uzum) showed higher tolerance with the lowest bud damage and electrolyte leakage. Furthermore, hybrid H1, with 65.5% primary bud mortality, and H6, with 69.2% mortality at -24°C, showed the best performance. No significant correlation was observed between bud potassium concentration and other cold tolerance indices. The results highlight the significant effect of genetic variation on the cold tolerance of the genotypes. Hybrid H1 is recommended as a tolerant genotype for breeding programs and cultivation in cold regions, and *Vitis labrusca* is introduced as a valuable source for improving severe cold tolerance.

Keywords: Grape, Cold tolerance, Electrolyte leakage, Bud.

۱- مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی جهان است که به دلیل سطح زیرکشت گسترده، ارزش اقتصادی بالا و نقش تغذیه‌ای، جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی دارد. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، ایران با تولید سالانه بیش از ۲/۷ میلیون تن انگور از حدود ۲۵۵ هزار هکتار باغ، نهمین تولیدکننده این محصول در جهان است و پس از سیب و پرتقال، سومین محصول باغی مهم کشور محسوب می‌شود. استان‌های همدان، فارس و خراسان رضوی به ترتیب با ۱۵/۵، ۱۴/۸ و ۱۲/۶ درصد، بیشترین سهم تولید را دارند. انگور به دلیل تنوع مصرف (تازه‌خوری، کشمش، کنسانتره، آب‌میوه، شیره و روغن هسته) نقش کلیدی در اقتصاد کشاورزی ایران ایفا می‌کند (FAO, 2024).

با وجود اهمیت اقتصادی انگور، تولید پایدار آن با چالش‌های متعددی از جمله سرمازدگی زمستانه مواجه است که خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به باغداران، به‌ویژه در مناطق سردسیر مانند آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، همدان، کردستان و قزوین وارد می‌کند. به‌عنوان نمونه، در زمستان ۱۳۹۲، حدود ۶۹۶۰ هکتار از تاکستان‌های آذربایجان غربی دچار آسیب شدند (دولتی بانه و حاجی زاده، ۱۳۹۲). تحمل ارقام و گونه‌های انگور به سرما متفاوت است. ارقام وینیفرا معمولاً دمای ۱۵- تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند، اما این میزان بسته به رقم متغیر است (Karimi, 2020). در بین ارقام خارجی گونه‌های وینیفرا رایسلینگ و موسکات هامبورگ تحمل بالایی به سرما دارند (Ren et al., 2023). بر اساس آزمایش‌های انجام شده در اعمال سرمای مصنوعی و تاثیر آن بر مرگ جوانه‌ها گزارش شده که انگور قره شیره، فخری و خلیلی در مقایسه با سایر ارقام استان آذربایجان غربی مقاومت بهتری به سرما دارند (خلیلی مرندي، ۱۳۷۵). کوشش صبا و ارزانی (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای مقاومت به سرمای چند رقم انگور ایرانی و فاکتورهای محیطی و زراعی موثر بر صدمات را به دنبال بروز سرمای شدید سال ۱۳۸۶ تعیین نمودند. ملکوتی (۱۳۸۵) ارزیابی و گزینش کلون‌های مقاوم به تنش سرما را در رقم سفید بی‌دانه مورد بررسی قرار داد. بدین

منظور آزمایشی در تاکستان‌های ۱۰ ناحیه مهم از منطقه قزوین اجرا گردید. پس از آزمون ELISA، کلون‌های سالم و عاری از ویروس گزینش شدند. پس از اعمال تست تنش‌های سرما روی قلمه‌ها، میزان زنده‌مانی جوانه‌ها با شمارش جوانه‌های سالم در گلخانه انجام شد. در نهایت کلون‌های ۳۳ و ۳۴ بیشترین میزان زنده‌مانی جوانه‌ها را در دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۲۴ ساعت نشان دادند و به عنوان کلون‌های برتر مقاوم به تنش سرما معرفی شدند. نجاتیان (۱۳۹۱) در تحقیقی از طریق اعمال تیمار سرمای مصنوعی و سرمای طبیعی سال ۱۳۸۶ میزان تحمل کلون‌های ارقام بیدانه قرمز، بیدانه سفید، یاقوتی و عسکری را بررسی نمود. بر اساس غربال ناشی از سرمای طبیعی در انگور بیدانه قرمز دو کلون متحمل شناسایی شدند. نتایج قرارگیری قلمه‌های انگور در داخل سرمای مصنوعی نیز نشان داد که کلون‌های متحمل تا کاملاً متحمل دمای بین ۱۸- تا ۲۱- درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌نمایند در حالیکه کلون‌های معمولی ۱۵- الی ۱۷- را تحمل نمودند.

گزارش شده که تفاوت معنی‌داری در حیات جوانه‌های اولیه انگور در بین ارقام وجود دارد. همچنین جوانه اولیه انگور نسبت به سرما بسیار حساس‌تر از جوانه ثانویه و ثالثیه می‌باشد (Rekika et al., 2005). عشقی و کیامرثی (۱۳۹۵) در تحقیقی اثرات تحمل به سرمای زیر صفر چهار رقم انگور ایرانی ریش بابا، سیاه شیراز، عسکری و بواناتی در چهار زمان متفاوت در پاییز تا اواخر زمستان بررسی نمودند. نتایج نشان داد که حساسیت جوانه‌های اولیه به صدمات سرما بیشتر از جوانه‌های ثانویه بود.

بر اساس صدمات وارده به جوانه و شاخه از طریق سرمای مصنوعی، تحمل به سرمای هشت رقم انگور بررسی گردید. گزارش شده که از اواخر پاییز تا اواسط زمستان تحمل به سرما افزایش می‌یابد و بعد از آن خروج از تطبیق سرمای جوانه‌ها و شاخه‌ها شروع خواهد شد و این تحمل بشدت کاهش خواهد یافت. در بین ارقام مورد بررسی رقم Riesling و Cabernet Sauvignon متحمل‌ترین ارقام به سرما بود. رقم Merlot حساس و رقم Syrah تحملی نسبی نشان دادند (Mills et al., 2006).

جوانه‌ای، در سال ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقاتی باغبانی کهزیز ارومیه (وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی) انجام شد. این ایستگاه در موقعیت جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی و ۳۷ درجه شرقی (نه ۷۲ درجه غربی) و ارتفاع ۱۳۳۰ متری از سطح دریا واقع است. متوسط بارندگی ۳۶۵ میلی‌متر که در سال‌های تر حداکثر ۵۲۰ و در سال‌های خشک حداقل تا ۱۰۰ میلی‌متر ثبت شده است. بیشترین بارش در پاییز و زمستان می‌باشد. میانگین حداقل دمای ثبت شده ۱۴- درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر آن ۳۹ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین رطوبت نسبی ۴۶ درصد در سال، متوسط تبخیر سالیانه ۱۴۰۰ میلی‌متر و تعداد روزهای یخبندان، ۹۰ تا ۱۱۰ روز است. باد غالب منطقه با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه می‌وزد.

فاکتور اول شامل ۱۶ دورگ و رقم انگور: ۱۰ دورگ بیدانه جدید (حاصل از تلاقی‌های برنامه به‌نژادی)، رقم بیدانه سفید، رازان، مام‌برایمه، قزل‌اوزوم، قره‌گندمه و گونه *Vitis labrusca* (به‌عنوان شاهد مقاوم به سرما) بود (جدول ۱). فاکتور دوم شامل پنج سطح دمایی ۴ (شاهد)، ۱۵-، ۱۸-، ۲۱- و ۲۴- درجه سانتی‌گراد بود. قلمه‌های هشت‌جوانه‌ای از بخش میانی شاخه‌های یک‌ساله تاک‌ها پس از خزان کامل برگ‌ها در دی‌ماه ۱۳۹۸ جمع‌آوری شدند. قلمه‌ها سپس در داخل فریزر تایمردار با قابلیت تدریجی کاهش دما قرار داده شدند به طوری‌که دما به صورت تدریجی سه درجه سانتی‌گراد در ساعت تا دماهای موردنظر کاهش یافت و نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در هر دما نگهداری شدند. سپس، قلمه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند تا علائم قهوه‌ای شدن بافت‌ها ظاهر شود (Jung et al., 2016).

بررسی‌ها نشان داده است که افزایش در نفوذپذیری و نشت یون، نشان‌دهنده سرمازدگی و آسیب غشاء یاخته است و هرچه میزان نشت یون در گیاه تحت تنش کم‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که حساسیت غشاء یاخته‌های آن به تنش کمتر است و برعکس (Saltveit, 2002).

گونه‌های وحشی مانند *V. riparia*, *V. amurensis*, *V. californica*, *V. rupestris*, *V. arizonica* بالاتری به سرما دارند (Zhang et al., 2012). برخی هیبریدهای آمریکایی-فرانسوی مانند *Baco Noir*, *Aurora*, *Seyval* و *Villard Blanc* و هیبریدهای *V. vinifera* × *V. labrusca* نظیر *Reliance Buffalo* و *Candice* نیز مقاومت قابل‌توجهی نشان داده‌اند (Lisek, 2009, Wan et al., 2023). مکانیسم‌های مقاومت شامل تجمع مواد محلول سازگار (مانند پرولین و قندهای محلول)، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، تغییر ساختار غشایی و تنظیم هورمون‌هایی مانند اسید آسبیزیک است (Zhang et al., 2021; Ren et al., 2023).

در ایران، از سال ۱۳۸۶ برنامه‌ای به‌نژادی در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی برای تولید ارقام بیدانه جدید و سازگار آغاز شده است. از میان ۸۰۰ دورگ اولیه، ۷۰ دورگ بیدانه امیدبخش انتخاب شده‌اند. ارزیابی تحمل این ژنوتیپ‌ها به تنش‌های محیطی، به‌ویژه سرمای زمستانه، پیش از معرفی و توسعه کشت ضروری است. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تحمل سرمای مصنوعی در ده دورگ جدید بیدانه و مقایسه آن‌ها با ارقام و گونه‌های شاهد انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تکرار ۲۰ قلمه هشت

جدول ۱- ویژگی‌های والدین و دورگ‌های مورد بررسی.

مقدار پتاسیم جوانه (درصد)	والدین (ماده × نر)	شکل حبه	دوره رسیدگی	نوع بیدانگی	رنگ حبه	رقم یا دورگ
۰/۷۶	نر	بیضی	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	زرد	سفید بیدانه
۰/۶۶	ماده	تخم مرغی	میان‌رس	دانه دار	سفید	مام برایمه
۱/۱۴	ماده	گرد	زودرس	دانه دار	سیاه	قره گندمه
۰/۸۳	ماده	بیضی	دیررس	دانه دار	قرمز	قرل اوزوم
۰/۸۴	-	بیضی	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	سبزمایل به زرد	راژان
۱/۰۸	-	گرد	دیررس	دانه دار	سیاه	لابروسکا
۰/۷۴	بیدانه سفید × قرل اوزوم	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	قرمز	H1
۱/۱۹	بیدانه سفید × قرل اوزوم	بیضی	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	قرمز	H2
۰/۷۵	بیدانه سفید × قرل اوزوم	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	قرمز	H3
۰/۹۲	بیدانه سفید × قره گندمه	بیضی	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	سیاه	H4
۰/۸۲	بیدانه سفید × قره گندمه	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	سیاه	H5
۰/۶۸	بیدانه سفید × مام برایمه	کشیده و درشت	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	زرد	H6
۰/۸۲	بیدانه سفید × بول مازو	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	سبز مایل به زرد	H7
۰/۶۶	بیدانه سفید × مام برایمه	بیضی	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	زرد	H8
۰/۸۱	بیدانه سفید × موسکات	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	سبز مایل به زرد	H9
۰/۹۳	بیدانه سفید × موسکات	گرد	میان‌رس	استنواسپرموکاریپیک	زرد	H10

۹۷/۱ تا ۱۰۰٪. بر اساس درصد سرمازدگی ژنوتیپ‌های بررسی شده در گروه‌های متفاوت ۱- کاملاً متحمل (مرگ کمتر از ۲۰٪ جوانه‌ها)، ۲- متحمل (مرگ بین ۲۰ تا ۶۰ درصد جوانه‌ها)، نیمه متحمل تا نیمه حساس (مرگ ۶۰ تا ۸۰ درصد جوانه‌ها)، حساس (مرگ بیش از ۸۰ درصد) و کاملاً حساس (خشک شدن کامل قلمه‌ها) طبقه‌بندی شدند (He and Niu, 1989).

به منظور تعیین برترین رقم با در نظر گرفتن کلیه تیمارهای دمایی از روش رتبه‌بندی بر اساس نتایج مقایسه میانگین استفاده گردید. بدین منظور برای علامت a, b, c و c و به ترتیب رتبه ۱، ۲، ۳ و ... در نظر گرفته شد. برای میانگین‌های با چند حرف در مقایسه میانگین، از میانگین جمع رتبه حروف‌های متعلق به هر میانگین استفاده شد. در نهایت برای هر تیمار رتبه‌ی بدست آمده جمع جبری شده و تیماری که پایین‌ترین عدد را داشته باشد به ترتیب بهترین ترکیب تیماری خواهد بود.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون

برای ارزیابی آسیب‌سرمایی، درصد جوانه‌های زنده با مشاهده ظاهری و بررسی زیر میکروسکوپ بینوکولار تعیین شد. ژنوتیپ‌ها بر اساس درصد مرگ جوانه‌ها در پنج گروه متفاوت ۱- کاملاً متحمل (مرگ کمتر از ۲۰٪ جوانه‌ها)، ۲- متحمل (مرگ بین ۲۰ تا ۶۰٪ جوانه‌ها)، نیمه متحمل تا نیمه حساس (مرگ ۶۰ تا ۸۰٪ جوانه‌ها)، حساس (مرگ بیش از ۸۰٪) و کاملاً حساس (خشک شدن کامل قلمه‌ها) طبقه‌بندی شدند. برای ارزیابی فیزیولوژیکی، میزان نشت الکترولیتی (EL) در جوانه‌ها و شاخه‌ها با استفاده از فرمول $EL = 100 \times (EC1/EC2)$ (Saltveit, 2002) محاسبه شد که در آن هدایت الکتریکی اولیه و $EC2$ هدایت الکتریکی نهایی است. شاخص آسیب‌سرمایی شاخه (ItA) نیز با فرمول $ItA = Ct1/Ct2$ محاسبه گردید (Reynolds et al., 2014). همچنین میزان صدمات سرمازدگی بر اساس درصد مناطق قهوه‌ای شده در برش عرضی در یکی از گروه‌های زیر قرار خواهند گرفت: (۱) صفر تا ۳٪، (۲) ۳ تا ۶٪، (۳) ۶ تا ۱۲٪، (۴) ۱۲ تا ۲۵٪، (۵) ۲۵ تا ۵۰٪، (۶) ۵۰ تا ۷۵٪، (۷) ۷۵ تا ۸۸٪، (۸) ۸۸ تا ۹۴٪، (۹) ۹۴ تا ۹۷٪ و (۱۰)

معنی‌دار بود (جدول ۲). با کاهش دما از ۱۵- به ۲۴- درجه سانتی‌گراد، میانگین مرگ جوانه اولیه از ۱/۱۴٪ به ۱/۷۸٪ و مرگ جوانه ثانویه از ۳/۹٪ به ۵۲/۱٪ افزایش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). این روند خطی با کاهش دما، با یافته‌های اخیر در انگور هم‌خوانی دارد که نشان می‌دهد آسیب‌پذیری با شدت سرما به صورت نمایی افزایش می‌یابد (Londo *et al.*, 2018).

حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ژنوتیپ، دما و اثر متقابل آن‌ها بر مرگ جوانه‌های اولیه و ثانویه، شاخص سرمازدگی کامبیوم و نشت الکترولیتی در سطح یک درصد

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات ژنوتیپ و سرما بر صفات مورد بررسی.

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات ^a				درصد مرگ جوانه اولیه	درصد مرگ جوانه ثانویه
		نشت الکترولیتی جوانه	نشت الکترولیتی شاخه (کین)	شاخص سرمازدگی کامبیوم	شاخص سرمازدگی شاخه		
ژنوتیپ	۱۵	۲۶۷/۲۱**	۲۵۱/۹۶**	۰/۴۶**	۰/۰۷**	۱۷۳۱/۷۸*	۲۳۸۰/۶۸**
دما	۴	۱۵۵۶۳/۳۵*	۲۴۵۶۴/۶۲**	۱۲/۷۵**	۶/۳۳*	۲۰۷۴۲/۶**	۴۶۳۳۹/۱۷*
دما×ژنوتیپ	۶۰	۷۹/۴۴**	۱۵۲/۰۴**	۰/۳۰**	۰/۰۷**	۳۳۱/۰۸**	۴۰۴/۹۴**
اشتباه آزمایشی	۱۶۰	۹/۱۵	۵/۷۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۶۸/۵۳	۹۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۸۱	۵/۵۸	۱۶/۳۸	۱۳/۰۶	۱۹/۶۵	۲۵/۹۱

a: *, ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بشدت تحت تأثیر اثرات سرما قرار گرفتند. جوانه‌های ثانویه مربوط به دورگ H5 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تا حد مناسبی سرمای شدید ۲۴- درجه سانتی‌گراد را تحمل نمود (جدول ۴). جوانه ثانویه انگور بر خلاف جوانه اولیه از تحمل بالاتری نسبت به سرمای زمستانه برخوردار هستند. همچنین در بعضی ارقام جوانه‌های ثانویه بارده بوده و بعد از آسیب جوانه اولیه ناشی از سرما، این جوانه‌ها رشد کرده و تولید محصولی اقتصادی می‌نمایند (Rekika *et al.*, 2005). مقایسه رقم شاهد نشان داد که بیدانه سفید (۷۵/٪)، قزل‌اوزوم (۸۵/٪) و قره‌گندمه (۸۷/۵٪) در دمای ۲۴- درجه آسیب‌پذیری بالایی داشتند، درحالی‌که گونه لایروسکا به‌طور استثنایی مقاوم بود. این نتایج بر ضرورت استفاده از گونه‌های وحشی آمریکایی در برنامه‌های به‌نژادی تأکید دارد (Wan *et al.*, 2023).

در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد صدمات بسیار زیادی به جوانه‌های اولیه وارد گردید اما بین ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده تفاوت معنی‌دار در میزان مرگ جوانه‌ها وجود داشت. کم‌ترین صدمه در انگور گونه لایروسکا بود اما در سایر ژنوتیپ‌ها درصد مرگ جوانه اولیه بیشتر از ۶۵ درصد بود (جدول ۳). در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد تحمل مناسبی در هیچ‌کدام از دورگ‌ها دیده نشد. در تعدادی از مطالعات انجام گرفته گزارش شده که بعضی از ارقام گونه وینیفرا مانند رقم Riesling می‌توانند دمای ۲۵-۲۲ درجه زیر صفر را تحمل نمایند (Lisek, 2009). جوانه‌های ثانویه نیز واکنشی مشابه با جوانه‌های اولیه در تماس با سرما نشان دادند بطوریکه هرچه سرما بیش‌تر شد بر میزان مرگ آنها نیز افزوده شد (جدول ۴). در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد جوانه‌های ثانویه انگورهای گونه لایروسکا، دورگ‌های H4 و H5 کاملاً سالم بودند. در سرمای شدید ۲۴- درجه سانتی‌گراد فقط جوانه‌های ثانویه انگور گونه لایروسکا سالم باقی ماند و سایر ارقام و ژنوتیپ‌ها

جدول ۳- مقایسات میانگین درصد مرگ جوانه اولیه در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+ ۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴					
بیدانه سفید	۰	a	۴/۱۷	efcf	۴۸	bc	۵۱/۴	bdc	۷۵	bdc
H1	۰	a	۴/۷	efcf	۲۵/۵	de	۳۷	d	۶۵/۵	d
H2	۰	a	۲۱/۷	bd	۲۶/۳	de	۵۱/۲	bdc	۸۷/۵	bac
H3	۰	a	۸/۳	ecdd	۲۱/۷	e	۳۲/۴	d	۸۱	bdac
H4	۰	a	۱۲/۵	cdd	۲۵	de	۵۰	bdc	۸۰/۳	bdac
H5	۰	a	۸/۳	efcd	۲۵	de	۵۳/۳	bdc	۸۲/۳	bdac
H6	۰	a	۱۲/۵	bcd	۲۳/۳	de	۴۵/۷	dc	۶۹/۲	dc
H7	۰	a	۱۶/۷	bd	۵۲/۷	b	۶۹/۳	bac	۱۰۰	a
H8	۰	a	۳۳/۳	a	۷۶/۸	a	۸۷/۷	a	۱۰۰	a
H9	۰	a	۴۵/۸	a	۴۲	bc	۸۸/۳	a	۹۵/۸	ba
H10	۰	a	۱۲/۵	bcd	۴۷/۸	bc	۶۴/۵	bac	۷۳/۳	dc
راژان	۰	a	۰	efcf	۳۹/۳	bcd	۳۷/۲	d	۶۶/۷	dc
لاپروسکا	۰	a	۰	efcf	۰	F	۰	e	۱۶/۷	e
مام برایمه	۰	a	۲۵	bc	۴۷/۲	bc	۵۸/۳	bdc	۸۰/۸	bdac
قره گندمه	۰	a	۸/۹۳	ecd	۳۳/۹	cde	۷۳/۳	ba	۸۷/۵	bac
قزل اوزوم	۰	a	۰	efdf	۴۵/۷	bc	۶۹	bac	۸۵	bdac

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۴- مقایسات میانگین درصد مرگ جوانه ثانویه در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+ ۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴					
بیدانه سفید	۰	a	.	c	۱۷	bdec	۲۰/۸	fcebd	۴۹/۳	cb
H1	۰	a	۰	c	۶/۷	de	۱۳/۵	fed	۴۶/۶	cb
H2	۰	a	۸/۳	bc	۲۰/۷	bdc	۴۰/۳	b	۵۰	cb
H3	۰	a	۰	c	۷/۷	dec	۲۰/۸	fcebd	۶۱/۷	b
H4	۰	a	۰	c	۰	e	۱۳/۹	fed	۵۹	b
H5	۰	a	۰	c	۰	e	۸/۳	fe	۲۷/۸	d
H6	۰	a	۰	c	۱۲	bdec	۱۶/۷	fcde	۳۱/۷	cd
H7	۰	a	۴/۲	c	۲۲/۲	bdac	۳۸/۳	b	۸۹/۲	a
H8	۰	a	۲۰/۸	a	۲۹	ba	۶۸/۵	a	۸۵/۸	a
H9	۰	a	۱۸	ba	۳۸/۳	a	۶۰	a	۸۳/۳	a
H10	۰	a	۰	c	۱۴/۷	bdec	۲۰/۸	fcebd	۵۲/۷	b
راژان	۰	a	۰	c	۹/۵	dec	۲۰/۷	fcebd	۳۳/۳	cd
لاپروسکا	۰	a	۰	c	۰	e	۰	f	۰	e
مام برایمه	۰	a	۰	c	۲۵	bdac	۲۹	cebd	۵۴/۲	b
قره گندمه	۰	a	۰	c	۱۹/۴	bdc	۳۶	cb	۵۰	cb
قزل اوزوم	۰	a	۰	c	۲۳	bdac	۳۳	cbd	۴۳/۳	cbd

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

در برابر سرمای شدید. در مقابل، H8 و H9 به ترتیب با ۱۰۰ و ۹۵/۸ درصد مرگ جوانه اولیه در ۲۴- درجه سانتی‌گراد، حساس‌ترین دورگ‌ها بودند (جدول ۳). این حساسیت با نشت الکترولیتی بالا (۸۹/۷٪ در H8 و ۸۴/۵٪ در H9) تأیید شد (جدول ۷)، که نشان‌دهنده تخریب غشای پلاسمایی در دماهای زیر ۲۱- درجه است (Kose et al., 2024).

نتایج مقایسه میانگین اثرات سرما بر صدمات آوند چوبی نشان داد که این بخش از شاخه یکساله انگور تحمل مناسبی به سرما دارد به‌طوری‌که تا دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری با شاهد دیده نشد و در واقع آسیبی وارد نشده است اما در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد نشانه‌های سرمازدگی دیده شد (جدول ۵). مطالعات نشان داده است که بافت آوند چوبی شاخه بیش‌تر از جوانه‌های اولیه به سرما تحمل دارد (Winkler, 1974). در بین نمونه‌های مورد بررسی آوند چوبی به ترتیب گونه لایروسکا، رازان و هیبرید H1 کم‌ترین آسیب را نشان دادند (جدول ۵). لایه کامبیوم نسبت به آوند آبکش و چوب حساسیت بیشتری نشان داد (جدول ۶). در دمای ۲۴- درجه، شاخص سرمازدگی کامبیوم در *V. labrusca* برابر ۱ (بدون آسیب) و در H8 برابر ۴ (آسیب شدید) بود. صدمات سرما در لایه کامبیوم تعدادی از نمونه‌ها (H8 و H9) در دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد شروع شد و با تشدید میزان سرما کامبیوم اغلب نمونه دچار آسیب جدی شدند در حالیکه در لایروسکا، رقم رازان، بیدانه سفید و هیبرید H10 میزان صدمات بسیار کم بود. این تفاوت با مطالعات تصویربرداری میکروسکوپی هم‌خوانی دارد که نشان می‌دهد کامبیوم به دلیل فعالیت متابولیکی بالا، اولین بافت هدف در انجماد درون‌سلولی است (Zabadal et al., 2007).

جوانه‌های اولیه به‌طور قابل‌توجهی حساس‌تر از جوانه‌های ثانویه بودند. دمای کشنده ۵۰ درصد (LT₅₀) برای جوانه اولیه در اکثر ژنوتیپ‌ها بین ۱۸- تا ۲۱- درجه سانتی‌گراد قرار داشت، درحالی‌که جوانه‌های ثانویه تا ۲۴- درجه مقاومت بیشتری نشان دادند. این تفاوت به محتوای آب بالاتر، نسبت سطح به حجم بیشتر و فعالیت متابولیکی بالاتر در جوانه‌های اولیه نسبت داده می‌شود که آن‌ها را مستعد تشکیل بلور یخ می‌کند (Howell, 2000). مکانیسم‌های محافظتی مانند تجمع فندهای محلول (ساکاروز، گلوکز، فروکتوز) و پروتئین‌های ضد یخ (AFPs) در جوانه‌های ثانویه نقش کلیدی در کاهش آسیب دارند (Wisniewski et al., 2018).

گونه *Vitis labrusca* با ۱۶/۷ درصد مرگ جوانه اولیه و صفر درصد مرگ جوانه ثانویه در دمای ۲۴- درجه و کم‌ترین نشت الکترولیتی (۶۷/۷٪)، متحمل‌ترین ژنوتیپ بود (جدول‌های ۳، ۴ و ۷). این برتری با مطالعات اخیر هم‌خوانی دارد که *V. labrusca* را به‌عنوان منبعی غنی از ژن‌های CBF/DREB1 و مسیرهای تنظیم ABA معرفی می‌کنند (Han et al., 2023). تجمع بالای پرولین (تا سه برابر ارقام حساس) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (SOD، CAT) در این گونه، پایداری غشا را در دماهای زیر صفر حفظ می‌کند (Ren et al., 2023). در میان دورگ‌ها، H1 با ۶۵/۵٪ مرگ جوانه اولیه و H6 با ۶۹/۲٪ در دمای ۲۴- درجه، بهترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۳). H2 با ۸۷/۵٪ مرگ جوانه اولیه در همان دما، علی‌رغم تحمل نسبی در دماهای پایین‌تر (۲۶/۳٪ در ۱۸- درجه سانتی‌گراد)، در دمای شدید آسیب‌پذیرتر بود. این تفاوت درون‌گروهی نشان‌دهنده اثر والد در انتقال صفات تحمل نسبی است، اما ناکافی برای مقاومت

جدول ۵- مقایسات میانگین شاخص سرمازدگی شاخه (ItA) در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	
بیدانه سفید	۱	a	۱	a	۱/۷	ba
H1	۱	a	۱	a	۱/۳	bc
H2	۱	a	۱	a	۲	ba
H3	۱	a	۱	a	۲	ba
H4	۱	a	۱	a	۱/۷	ba
H5	۱	a	۱	a	۲	ba
H6	۱	a	۱	a	۲	ba
H7	۱	a	۱	a	۲	ba
H8	۱	a	۱	a	۲	ba
H9	۱	a	۱	a	۲/۳	a
H10	۱	a	۱	a	۱/۷	ba
راژان	۱	a	۱	a	۱/۳	bc
لاپروسکا	۱	a	۱	a	۱	c
مام برایمه	۱	a	۱	a	۲	ba
قره گندمه	۱	a	۱	a	۲	ba
قزل اوزوم	۱	a	۱	a	۲	ba

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۶- مقایسات میانگین شاخص سرمازدگی کامبیوم شاخه در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	
بیدانه سفید	۱	a	۱	a	۱/۷	de
H1	۱	a	۱	a	۳	bc
H2	۱	a	۱	a	۲	d
H3	۱	a	۱	a	۲	d
H4	۱	a	۱	a	۲	d
H5	۱	a	۱	a	۲	d
H6	۱	a	۱	a	۲	d
H7	۱	a	۱	a	۲	d
H8	۱	a	۱	a	۱/۶۶	a
H9	۱	a	۱	a	۱/۳۳	ba
H10	۱	a	۱	a	۱/۷	de
راژان	۱	a	۱	a	۱/۷	de
لاپروسکا	۱	a	۱	a	۱	e
مام برایمه	۱	a	۱	a	۲/۳	dc
قره گندمه	۱	a	۱	a	۲	d
قزل اوزوم	۱	a	۱	a	۲	d

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

ارزیابی تحمل به سرمای زمستانه در دورگ‌های جدید انگور بی‌دانه (*Vitis vinifera* L.)

جدول ۷- مقایسات میانگین نشت الکترولیتی جوانه در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴					
بیدانه سفید	۳۱/۹	d	۳۵/۳	f	۴۴/۴	fe	۶۶/۵	bdec	۷۰/۳	gfh
H1	۳۱/۵	ed	۴۱/۵	bc	۴۶	fe	۵۲/۴	fg	۷۸/۴	cd
H2	۳۸	ba	۴۵	a	۵۷/۷	cb	۶۲/۵	bdec	۷۹/۳	bcd
H3	۲۹/۲	ef	۳۰	g	۴۴/۶	fe	۶۰/۸	de	۷۱/۶	egfh
H4	۳۷/۳	bac	۳۷/۵	bd	۴۳/۶	f	۵۸/۴	feg	۷۴/۴	efd
H5	۲۲/۷	h	۳۷	d	۴۷	fe	۷۴/۹	a	۷۸/۶	cd
H6	۲۴/۷	hg	۳۶/۳	de	۴۶/۴	fe	۵۰/۷	g	۶۸/۴	gh
H7	۳۷/۹	ba	۳۷/۲	cd	۶۶/۲	a	۶۷/۴	bdrc	۸۰/۳	bc
H8	۲۵/۵	g	۳۷	d	۵۶/۶	a	۷۰/۱	bac	۸۹/۷	a
H9	۳۵/۳	bc	۳۹	bc	۴۷/۲	fe	۷۰/۷	ba	۸۴/۵	ba
H10	۴۰	a	۴۱/۶	bc	۵۲/۶	cd	۶۲	dec	۷۲	egfh
راژان	۲۴/۴	hg	۳۱/۸	f	۵۰/۱	ed	۵۸/۳	feg	۷۰/۳	gfh
لابروسکا	۲۸/۵	f	۳/۷	f	۴۲	f	۵۹/۵	fde	۶۷/۷	h
مام برایمه	۳۴/۵	c	۳۵/۵	df	۶۰	b	۶۳	bdec	۷۳/۹	egfd
قره گندمه	۳۶	bc	۴۵/۷	a	۵۵/۲	cbd	۶۰	fde	۷۷/۲	ecd
قزل اوزوم	۳۷	bc	۳۸/۹	bc	۶۰	b	۶۲/۲	dec	۸۳	bc

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۸- مقایسات میانگین نشت الکترولیتی شاخه در تیمارهای سرمایی اعمال شده در ارقام و دورگ‌های مورد بررسی.

رقم	+۴	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴					
بیدانه سفید	۱۸/۸	fe	۲۵	de	۲۸/۵	h	۶۳/۳	d	۶۷/۴	hg
H1	۱۷/۲	fe	۲۶/۶	dc	۴۴	cb	۴۷	h	۶۹	hgf
H2	۱۹/۳	fbecd	۲۷	c	۴۷/۹	b	۵۲/۸	FG	۷۰/۷	hgef
H3	۱۸	fe	۱۸/۳	G	۴۱	cd	۴۷/۴	h	۷۱	hgef
H4	۱۷/۶	fed	۲۲/۴	f	۳۷/۲	ed	۴۷/۵	h	۷۳/۵	hgef
H5	۲۰/۲	beed	۲۲/۴	f	۲۸	h	۵۶/۴	E	۷۳/۷	gefd
H6	۲۲/۷	bc	۱۸	g	۳۲/۲	hfg	۶۸/۴	c	۷۴/۷	cefd
H7	۲۰/۴	beed	۲۵/۲	dc	۵۳/۶	a	۷۲/۸	b	۷۶/۸	cebd
H8	۱۷/۷	fed	۲۲/۶	f	۳۵/۸	ef	۵۴/۴	fe	۸۲/۴	b
H9	۲۷	a	۳۰/۷	ba	۳۳/۸	efg	۷۳	b	۸۱	cb
H10	۱۵/۳	f	۲۳	fe	۳۷/۴	ed	۵۳/۸	fg	۶۶/۶	h
راژان	۱۹/۴	fbecd	۲۹/۸	b	۳۳/۲	efg	۷۸/۹	a	۶۷/۷	hg
لابروسکا	۱۸/۲	fe	۲۹/۳	b	۳۰/۸	hg	۵۱/۵	g	۵۶	i
مام برایمه	۲۳/۷	ba	۲۷	c	۳۰/۸	hg	۳۱/۶	d	۷۰/۵	hgef
قره گندمه	۲۲	bcd	۲۳	fe	۳۲/۳	efg	۴۲/۲	i	۹۲/۵	a
قزل اوزوم	۲۰/۶	beed	۳۲/۵	a	۵۴/۴	a	۷۰	c	۷۸/۵	cbd

در هر ستون، میانگین‌های فاقد حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

۷. نشت الکترولیتی در شاخه ژنوتیپ‌های انگور مورد بررسی نیز متفاوت بود به طوری که در گونه لابروسکا نشت الکترولیتی کم‌ترین بود در حالیکه در دورگ H8 و رقم قره گندمه میزان نشت الکترولیتی بیشتر از سایر نمونه‌ها بود (جدول ۸). افزایش

نشت الکترولیتی بافت جوانه و شاخه با کاهش دما به صورت خطی افزایش یافت و در دمای ۲۴- درجه به حداکثر رسید. میزان نشت الکترولیتی در بافت جوانه‌های گونه لابروسکا، رقم راژان، دورگ H3 و H6 کمتر از بقیه بود (جدول

دادند، درحالی که گونه لایروسکا، راژان و قزل اوزوم هیچ مرگی نداشتند (جدول ۳). در دمای ۱۸- درجه، H8 با ۷۶/۸۳٪ و H7 با ۵۲/۶۷٪ مرگ جوانه اولیه، زودتر از سایرین وارد فاز آسیب شدند، در مقابل گونه لایروسکا همچنان بدون مرگ بود (جدول ۳). این تفاوت‌ها نشان‌دهنده تنوع در آستانه تحمل سرمایی است؛ ژنوتیپ‌های حساس در مرحله خوگیری ناکامل آسیب می‌بینند، درحالی که ژنوتیپ‌های مقاوم تا دماهای پایین‌تر پایدار می‌مانند. نشت الکترولیتی نیز در دمای ۱۵- درجه در H8 (۳۷/۰۷٪) و H9 (۳۸/۹۷٪) به‌طور معنی‌داری بالاتر از لایروسکا (۳۲/۶۷٪) بود (جدول ۷)، که آسیب‌های غشایی زودهنگام را تأیید می‌کند. این یافته‌ها حاکی از آن است که غربالگری در دماهای ملایم می‌تواند ژنوتیپ‌های حساس زودهنگام را پیش از آزمون‌های شدید شناسایی کند و از اتلاف منابع در مراحل بعدی به‌نژادی جلوگیری نماید. بر اساس نمره‌دهی داده شده به نمونه‌ها بر اساس جمیع صفات اندازه‌گیری شده، رتبه بندی تحمل بدست آمد (جدول ۹). بر این اساس انگور متعلق به گونه لایروسکا، رقم راژان، دورگ H6، H2، H1 و انگور بیدانه سفید به ترتیب بیشترین تحمل به سرما را داشتند.

نفوذپذیری و نشت یون، نشان‌دهنده سرمازدگی و آسیب غشای یاخته است؛ هرچه نشت یون کمتر باشد، حساسیت غشا به تنش کمتر است و برعکس (Saltveit, 2002). در این پژوهش، با افزایش شدت سرما، نشت الکترولیتی افزایش یافت که بیانگر آسیب غشا و همبستگی آن با صدمات جوانه و بافت چوب است. گونه لایروسکا کمترین نشت یونی و آسیب را نشان داد. پیش‌تر گزارش شده که نشت یونی در رقم کلاه‌داری بیشتر از کج‌انگور و صدمات یخ‌زدگی آن نیز بالاتر بود (شور و همکاران، ۱۳۸۸). از سوی دیگر، در برخی گیاهان، نشت یونی اولیه با تنش سرمایی افزایش می‌یابد، اما در شدت و مدت کم تنش و شرایط مناسب، کاهش می‌یابد؛ بنابراین در تنش‌های خفیف شاخص مناسبی نیست، اما در شدت‌های بالا، شاخص مفیدی برای ارزیابی غیرمستقیم آسیب است (Tripathi et al., 2006).

در این پژوهش، علاوه بر بررسی آسیب در دماهای شدید، واکنش ژنوتیپ‌ها به سرمای ملایم (۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) نیز تحلیل شد تا الگوی حساسیت اولیه شناسایی شود. نتایج نشان داد که برخی ژنوتیپ‌ها در دماهای پایین‌تر از حد انتظار، آسیب قابل توجهی از خود بروز دادند. برای مثال، در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد، دورگ H8 با ۳۳/۳۳٪ مرگ جوانه اولیه و H9 با ۴۵/۸۳٪، بیشترین حساسیت را نشان

جدول ۹- رتبه‌بندی تحمل ارقام و دورگ‌ها بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دماهای اعمال شده.

نمونه	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	جمع نمره	رتبه بندی
بیدانه سفید	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۲/۵	۱۸/۵	۶۰	۶
H1	۱۲	۱۶/۵	۱۷/۵	۱۵	۶۱	۵
H2	۹	۱۲	۸/۵	۱۴	۴۳/۵	۴
H3	۱۵/۵	۱۶/۵	۱۰/۵	۱۶/۵	۵۹	۷
H4	۱۰/۵	۱۱/۵	۱۶	۱۵	۵۳	۹
H5	۱۳/۵	۱۷	۱۱/۵	۱۵	۵۷	۸
H6	۱۲/۵	۱۴/۵	۱۷	۲۰	۶۴	۳
H7	۱۱	۷/۵	۹/۵	۱۰	۳۸	۱۴
H8	۸	۵/۵	۶	۵/۵	۲۵	۱۶
H9	۶/۵	۱۱	۵/۵	۶/۵	۲۹/۵	۱۵
H10	۱۰/۵	۱۱/۵	۱۲	۱۷	۵۱	۱۰
راژان	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۶	۲۱	۶۶	۲
لایروسکا	۱۵/۵	۱۹	۱۷	۲۶	۷۷/۵	۱
مام برایمه	۱۳/۵	۱۰	۱۲	۱۴/۵	۵۰	۱۱
قره گندمه	۱۰/۵	۱۲	۱۱	۱۴	۴۷/۵	۱۲
قزل اوزوم	۱۲	۹	۱۱	۱۳/۵	۴۵/۵	۱۳

را به‌عنوان روشی سریع، کم‌هزینه و غیرمخرب برای غربالگری تحمل سرمایی تأیید می‌کند (Jung et al., 2016). این

همبستگی قوی ($r = 0.787$ در سطح یک درصد) بین نشت الکترولیتی و مرگ جوانه اولیه (جدول ۱۰)، این شاخص

تضاد و تعارض منافع - نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می نمایند.

منابع

- جلیلی مرندی، ر. (۱۳۷۵). بررسی میزان مقاومت برخی از ارقام انگور در مقابل سرما. *اولین کنگره انجمن علوم باغبانی ایران* (کرج). ۶۶-۷۰.
- حقی، ح.، ساری خانی، ح. و ارشادی، ا. (۱۳۹۲). اثر محلول پاشی سولفات پتاسیم بر زندهمانی جوانه، میزان پرولین و محتوی آب نسبی انگور رقم بی‌دانه سفید در شرایط تنش سرمایی. *هشتمین کنگره علوم باغبانی ایران*. دانشگاه بوعلی سینا. ۷۵۰-۷۵۲.
- دولتی بانه، ح. و حاجی زاده، م. (۱۳۹۲). گزینش توده‌ای و بهداشتی کلون‌های برتر انگور رقم کشمش سفید در منطقه ارومیه. *مجله به‌نژادی نهال و بذر*. ۲۹ (۲)، ۳۸۵-۳۹۰.
- شور، م.، تهرانی فر، ع.، نعمتی، س. ح.، سلاح ورزی، ص.، مختاریان، ع. و رحمتی، م. (۱۳۸۸). بررسی و تعیین مقاومت به سرما و بیخ‌زدگی سه رقم تجاری انگور در شمال خراسان. *مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی*. ۲، ۱۶۹-۱۵۹.
- عشقی، س. و کیامرئی، م. (۱۳۹۵). بررسی تحمل سرما در چند رقم انگور و ارتباط آن با بافت مردگی جوانه. *علوم باغبانی ایران*. ۴۷ (۱)، ۱۱۷-۱۰۵.
- کوشش صبا، م. و ارزانی، ک. (۱۳۹۲). ارزیابی مقاومت به سرمای برخی ارقام انگور (*Vitis vinifera* L.) در غرب ایران. *ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی، دانشگاه کردستان*. ۱۱۴-۱۱۱.
- ملکوتی، ح. (۱۳۸۵). ارزیابی و گزینش کلون‌های مقاوم به تنش سرما در انگور رقم سفید بی‌دانه در استان قزوین. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴۰ صفحه.
- نجاتیان، م. ع. (۱۳۹۱). گزینش کلون‌های متحمل به سرما در ارقام انگور بیدانه ایران. *مجله به‌نژادی نهال و بذر*. ۲۸ (۳)، ۵۲۴-۵۱۹.
- FAO. (2023). FAOSTAT: Crops and livestock products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved November 05, 2025, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Gerzon, E., Biton, I., Yaniv, Y., Zemach, H., Netzer, Y., Schwartz, A., & Ben-Ari, G. (2015). Grapevine anatomy as a possible determinant of isohydric or anisohydric behavior. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3), 340-347.
- Han, X., Li, Y. H., Yao, M. H., Yao, F., Wang, Z. L., Wang, H., & Li, H. (2023). Transcriptomics reveals the effect of short-term freezing on the signal transduction and metabolism of grapevine. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 38-44.
- He, P. C., & Niu, L. X. (1989). The research on the cold-resistance of Chinese wild grape resources. *Acta Horticulture*, 16, 81-88.
- Howell, G. S. (2000). Grapevine cold hardiness: mechanism of cold acclimation, mid-winter hardiness maintenance and spring deacclimation. *Proceeding of the ASEV 50th Anniversary Meeting, Seattle, Washington*, 25(3), 35-48.
- Jung, S. M., Hur, Y. Y., Kim, H. I., Park, J. G., Kim, S. J., & Nam, J. C. (2016). Comparison of mid-winter cold-hardiness by electrolyte leakage in shoots of 15 grape cultivars. In *X International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 1188* (pp. 399-404).
- Karimi, R. (2020). Cold hardiness evaluation of 20 commercial table grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *International journal of fruit science*, 20(3), 433-450.
- Kose, B., Uray, Y., Kaya, O., Turk, F., Bayram, K., & Svyantek, A. (2024). Foliar applications improve grapevine plant cold hardiness. *Scientia Horticulturae*, 330, 113088.
- Lisek, J. (2009). Frost damage of buds on one-year-old shoots of wine and table grapevine cultivars in central Poland following the winter of 2008/2009. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 127(2), 149-161.
- Londo, J. P., Kovalski, A. P., & Lillis, J. A. (2018). Divergence in the transcriptional landscape between low temperature and freeze shock in cultivated grapevine (*Vitis vinifera*). *Horticulture Research*, 18(4), 5-12.
- Mills, L. J., Ferguson, J. C., & Keller, M. (2006). Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(2), 194-200.
- Rekika, D., Cousineau, J., Lévassieur, A., Richer, C., Fisher, H., & Khanizadeh, S. (2005). The use of a bud freezing technique to determine the hardiness of 20 grape genotypes. *Small Fruit Review*, 4, 3-9.
- Ren, C., Fan, P., Li, S., & Liang, Z. (2023). Advances in understanding cold tolerance in grapevine. *Plant Physiology*, 192(3), 1733-1746.

- Reynolds, A. G., Lixin, N., & De Savigny, C. (2014). Use of electrical conductivity to assess irrigation impacts on grapevine winter hardiness. *International Journal of Fruit Science*, 14(3), 267-283.
- Saltveit, M. E. (2002). The rate of ion leakage from chilling –sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 295-304.
- Tripathi, R.D., Kulshreshtha, K., Ahmad, P.E., Agrawal, M., Krupa, S., Varshney, C.K. & Pushpagadam, P. (2006). Plant response to environmental stresses. *International Book Distributing Co.* 320.
- Wan, N., Yang, B., Yin, D., Ma, T., Fang, Y., & Sun, X. (2023). 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*, 3(1), 40.
- Winkler, A., Cook, J., Klievers, N., & Lideer L. (1974). General viticulture. University of California press, Berkeley and Los Angeles. 710.pp.
- Wisniewski, M., Norelli, J., & Artlip, T. (2018). Overexpression of a peach CBF gene in apple: A model for understanding the integration of growth, dormancy, and cold hardiness in woody plants. *Frontiers in Plant Science*, 9(2), 21-29.
- Zabadal, T. J., Dami, I. E., Goffinet, M. C., Martinson, T. E., & Chien, M. L. (2007). Winter injury to grapevines and methods of protection. *Extension Bulletin E*, 29, 7-21.
- Zhang, R., Wang, Y., Li, S., Yang, L., & Liang, Z. (2021). ABA signaling pathway genes and function during abiotic stress and berry ripening in *Vitis vinifera*. *Gene*, 769, 145226.