نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸
۲۵-٤۰
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14849.2325

# بررسی بهترین زمان خارج‌سازی بوته‌های انگور از زیر خاک به‌منظور پیشگیری از سرمازدگی بازتابشی بهاره

**حسن حسین‌آبادی[۱]، علی عبادی[۲]، *موسی رسولی[۳]، محمدعلی نجاتیان[۴] و احمد ارشادی[۵]**

[۱]دانشجوی دکتری پژوهشکده انگور و کشمش، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، [۲]استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، [۳]دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، [٤]دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران، [۵]دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۸

**چکیده**

**سابقه و هدف:** در بسیاری از مناطق سرد کشور به‌دلیل وابستگی زیاد باغداران نسبت به درآمد حاصل از تولید انگور، با وقوع سرمازدگی بهاره خسارت قابل‌توجهی به معیشت سالیانه آنان وارد می‌شود. به‌دلیل این‌که روش غالب تربیت تاک‌ها در این مناطق از نوع خزنده می‌باشد، باغداران برای مصون ماندن شاخه و تنه بوته‌ها نسبت به سرمای فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار، تاک‌ها را در پاییز زیر خاک می‌نمایند. هدف از این آزمایش تعیین بهترین زمان خارج‌سازی بوته‌های انگور رقم بیدانه سفید از خاک طی دوره زمانی اواخر زمستان تا اوایل بهار بود تا جوانه‌ها کم‌ترین خسارت احتمالی در مقابل سرماهای دیررس بهاره را داشته باشند.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش در طی دو سال (از اسفند ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۵) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٦ تکرار و ۳ تیمار در تاکستان‌های روستای خسبیجان از توابع شهرستان شازند استان مرکزی به انجام رسید. تیمارها شامل: تیمار یک- خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله نهایی خواب جوانه (۲۵ اسفند) تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله تورم جوانه و آغاز فشار ریشه‌ای (۱۵ فروردین) و تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله پنبه‌ای شدن و آستانه شکست خواب جوانه و قبل از باز شدن آن (٤ اردیبهشت= شاهد) بود که با دو سرمای طبیعی در تاریخ‌های ۱۳۹٤/۲/٦ و ۱۳۹۵/۱/۱٤ مواجه شدند. علاوه بر آن بعد از هر مرحله خارج‌سازی تاک از زیر خاک دو مرحله سرمای مصنوعی روی جوانه شاخه‌های یک‌ساله با دماهای ۰، ٤-، ۸- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد اعمال شد.

**یافته‌ها:** بر طبق نتایج به‌دست آمده، تیمار زمانی پانزدهم فروردین بعد از اعمال سرمای مصنوعی کم‌ترین نشت الکترولیت را در دماهای صفر تا ۸ درجه سانتی‌گراد نشان داد. درصد جوانه‌های سبزشده در بین تیمارها بعد از مواجه شدن با سرمازدگی طبیعی بهاره تفاوت معنی‌داری نداشت. علاوه بر این در سال اول درصد جوانه‌های بارده در تیمار زمانی ۲۵ اسفند (به مقدار ۲۹ درصد) در مقایسه با تیمارهای زمانی ۱۵ فروردین و ٦ اردیبهشت (شاهد) بیش‌تر بود. همچنین مقادیر کربوهیدرات‌های محلول به‌ترتیب

* مسئول مکاتبه: mousarasouli@gmail.com

زمان خارج‌سازی بوته‌ها کاهش و بالعکس مقادیر پرولین و درصد محتوی آب جوانه‌ها افزایش داشت. در سال دوم مقادیر کربوهیدرات محلول تیمارها که در زمانی واحد اندازه‌گیری شد، تیمار ۱۵ فروردین بیش‌ترین مقدار را داشت و درصد مواد جامد محلول میوه در تیمار نام‌برده نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که بهترین زمان خارج‌سازی تاک در زمان تورم جوانه و آغاز فشار ریشه‌ای و در پانزدهم فروردین بود، ضمن آن‌که درصد مواد جامد محلول و درجه اسیدیته در این تیمار بیش‌ترین و درصد اسیدهای آلی کم‌ترین مقدار را داشت.

***واژه‌های کلیدی:*** بیدانه سفید، تربیت خزنده، جوانه‌های سبزشده، زیرخاک نمودن، نشت الکترولیت

## مقدمه

وقوع سرما با دمای کم‌تر از ۲- درجه سانتی‌گراد در بهار عامل تهدید اندام‌های تازه رویش‌یافته بوته‌های انگور در ماه‌های فروردین و اردیبهشت می‌باشد. جوانه‌های انگور مرکب بوده و اولین شاخه‌های رشد کرده از جوانه‌های اولیه می‌باشند و ۹۵ درصد محصول انگور روی این شاخه‌ها تشکیل می‌گردد. در صورتی‌که شاخه‌های مذکور به هر دلیل، مانند سرما، از بین بروند، کاهش شدید محصول را در پی خواهند داشت (۱۷). سرمازدگی طبیعی بهاره می‌تواند درصد جوانه سبزشده را در شاخه‌های یک‌ساله تاک تحت‌تأثیر قرار دهد. همچنین از راه‌های ممکن برای ارزیابی تحمل به سرما و تعیین دمای کشنده جوانه‌های انگور در مرحله رکود، اعمال تنش سرمای مصنوعی است و اندازه‌گیری نشت یونی یکی از روش‌های مؤثر سنجش مقدار خسارت غشاهای یاخته‌ای است که به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌منظور ارزیابی تحمل به سرمای جوانه انگور استفاده شده است (۹).

گیاهان در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی و محیطی سازوکارهای تطبیقی دارند که شامل تغییرات فیزیولوژیکی و زیست- شیمیایی می‌باشد. در تنش محیطی سرما می‌توان به تغییرات مقادیر کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب بافت‌های گیاه اشاره کرد، بنابراین بررسی روند تغییرهای زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی مرتبط با سرما می‌تواند برای تحلیل جامع‌تر ظرفیت تحمل بافت‌های گیاهان به تنش یخ‌زدگی اسفاده شود (۸).

درباره ارتباط تحمل به سرما و کربوهیدرات‌های محلول اختلاف نظراتی مشاهده می‌شود. در دیدگاه اول ارتباط معنی‌داری بین غلظت کربوهیدارت و تحمل به سرما در گیاهان چوبی وجود ندارد (۵، ۱۸ و ۱۹). اما نگاه دیگر که غالب می‌باشد خلاف این موضوع را نشان می‌دهد. گزارش‌های زیادی وجود دارد که ارتباط مثبت بین تحمل گیاه به سرما در زمستان و بالا بودن میزان ذخایر کربوهیدرات‌ها را در گیاهان چوبی تأیید می‌کند (۱، ۲، ١٤، ۲۰ و ۲۸) و بر این نظر است که تولید کربوهیدرات‌های محلول برای مقاومت به سرما ضروری است (۲۱).

در سازوکار تحمل به سرما، کربوهیدرات‌ها در تنظیم اسمتیک سلول نقش دارند (۵ و ۱۲) و اثر محافظت‌کننده بر کم‌آب نمودن سلول و تثبیت غشای سلولی دارند (۱۲). احتمال داده شده که تغییرات در مقاومت به سرما و کربوهیدرات‌ها با تغیرات آب و هوایی ایجاد می‌شود (۱۹). با بررسی جنبه‌های زیست- شیمیایی تحمل به سرما در انگور رقم Cabernet Sauvignon مقادیر کربوهیدرات‌های محلول با درجه حرارت هوا و مراحل خواب بافت در

جوانه‌ها ارتباط داشت و در طول فصل زمستان افزایش و دوباره از اواسط اسفند و در هنگام شکست خواب جوانه کاهش یافت (۲۶).

پرولین نیز در گیاهان آلی با استرس‌های زیستی مانند سرمازدگی همکاری دارد (۲٤). پرولین بعد از تنش سرمایی گیاه به‌تدریج در سلول‌ها افزوده می‌شود (۱۱ و ۲۷) و می‌تواند نقش مهمی برای مقاومت به سرما ایفا نماید (۲). پرولین می‌تواند به‌عنوان یک محافظ اسمزی عمل نموده (٦ و ۱۵)، غشای سلول را از طریق تعاملات آبی محافظت می‌کند اما در مواجه با استرس سرما کارآمدی کم‌تر نسبت به کربوهیدرات‌های محلول دارد (۱٤ و ۲۵) و ارتباط قوی برای افزایش تحمل به سرما ندارد (۲٤).

همان‌طورکه محتوی آب سلول افزایش می‌یابد غلظت قندهای محلول سلول کاهش می‌یابد و برای کاهش نقطه انجماد مؤثر نیست و دلیلی بر این موضوع است که چرا قند حتی در بالاترین مقدار در گیاهان نمی‌تواند برای حوادث یخبندان حیاتی باشد. با این‌حال فعالیت متابولیکی گیاهان باعث افزایش محتوی آب سلول شده و اثر حفاظتی قندها را محدود می‌کند. اثر متقابل آب سلول و مقادیر کربوهیدرات‌ها قوی‌تر از اثر فردی و جداگانه آن‌ها است و در اثر متقابل، کاهش آب سلول با افزایش مقدار کربوهیدرات محلول موجب افزایش غلظت محلول درون شیره داخل سلولی شده و منجر به افزایش مقاومت به سرما می‌شود (۱۳).

سرمازدگی و یخزدگی، که حاصل استرس سرما در طبیعت است به دو گروه فرارفتی[1] و تابشی[2] تقسیم می‌شود. در حالت فرارفتی ورود هوای سرد در مقیاس بزرگ همراه با باد رخ می‌دهد و دما اغلب زیر صفر درجه سانتی‌گراد است. در حالت تابشی سرد شدن هوای نزدیک سطح خاک به‌دلیل از دست رفتن حرارت سطوح خاک به‌سمت جو بالای آن است که در طی شب‌های صاف و بدون باد اتفاق می‌افتد که همراه با وارونگی[3] دمایی می‌باشد (افزایش دما با افزایش ارتفاع از سطح زمین). گاهی اوقات دمای زیر صفر با ترکیبی از این دو حالت رخ می‌دهد (۲۳).

روش‌های مدیریتی مقابله با سرما به دو دسته غیرفعال و فعال تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین روش‌های محافظت غیرفعال شامل انتخاب محل مناسب کاشت، مدیریت جریان هوای سرد، انتخاب محصول، درختان بادشکن پوششی، مدیریت تغذیه گیاه، هرس مناسب، پوشش‌های روی گیاه، اجتناب از شخم زدن خاک، از بین بردن علف‌های هرز، پوشش‌های خاک، رنگ کردن و پوشانیدن تنه درختان و کنترل باکتری‌ها می‌باشند. روش‌های محافظت فعال عبارتند از: استفاده از بخاری‌های باغی، ماشین‌های مولد باد، بالگردها، آبیاری بارانی روی پوشش گیاهی، آبیاری سطحی، عایق‌های اسفنجی و روش‌های ترکیبی می‌باشند (۲۳).

در بعضی کشورها در سیستم‌های چند سیم عمودی، شاخه‌های یک‌ساله که روی سیم‌های کوتاه تربیت شده‌اند یا آن‌هایی که روی سیم باردهی هدایت شده‌اند، از سیم جدا و روی زمین خوابانیده می‌شوند و سپس با استفاده از دنباله‌بندی از تراکتور به‌نام مرزبند بشقابی روی شاخه‌ها را با خاک می‌پوشانند (۷). در ایران زیر خاک کردن تاک‌ها به‌منظور جلوگیری از یخزدگی روشی با سابقه طولانی است که در مناطق سرد کشور به‌ویژه در استان‌های همدان و مرکزی رایج است. در این روش شاخه‌ها و تنه تاک در پاییز با خاک پوشانده می‌شوند و در بهار از زیر خاک خارج می‌کنند. زیر خاک نمودن بوته انگور به‌منظور محافظت شاخه‌های یک‌ساله، چندساله و تنه نسبت به سرماهای خسارت‌زا در فصول پاییز و زمستان و

1- Advective frost
2- Radiative frost
3- Inversion

محافظت جوانه‌ها در شاخه‌های یک‌ساله نسبت به سرمای زودرس بهار می‌باشد. بدون شک، رشد دادن تاک در مناطق سردسیر، خطر آسیب دیدن آن را نسبت به سرماهای خسارت‌زا در پاییز و زمستان افزایش می‌دهد و به این دلیل بوته‌ها را زیر خاک می‌نمایند و تربیت در روش خزنده سازگار با این روش حفاظتی است. عکس‌العمل خارج‌سازی بوته‌ها از زیر خاک در زمان‌های مختلف اعم از اواخر اسفند، فروردین‌ماه و اوایل اردیبهشت در مقابل سرمای بهار می‌تواند متفاوت باشد. آن‌چه که در این مناطق مرسوم می‌باشد و با حداقل خطر همراه است، خارج‌سازی بوته‌ها در زمانی است که طبق تجربه سالیان دراز به آن پی برده‌اند و به‌طور غالب اوایل اردیبهشت به‌دلیل تجربیات کسب شده در دوره‌های زمانی بلندمدت، وقت مناسب خارج‌سازی بوته‌ها از خاک را پنجم اردیبهشت‌ماه می‌دانند.

تجمع هوای سرد در اراضی کم ارتفاع حاشیه رودخانه شرّاء از جانب شیب‌های شرقی و غربی در طول تقریبی ۵۰ کیلومتر و برگشت دما از زمین به سطوح بالاتر و وقوع پدیده وارونگی، تاکستان‌های حاشیه این رودخانه را هر چند سال یک بار با پدیده سرمازدگی فرارفتی و تابشی مواجه می‌نماید. این باغ‌ها در محدوده دو شهرستان خنداب و شازند قرار دارند. در این مناطق عملکرد انگور از ۱۲/۵ تا ۹۵ تن در هکتار متغیر است و وجود درآمد کافی برای بسیاری از خانوارها و عجین شدن تولید انگور با فرهنگ مردم، پذیرش هزینه‌های بالای کارگری برای زیرخاک نمودن و از خاک در آوردن تاک‌ها را برای آنان اجتناب‌ناپذیر و یا هموار نموده است. با توجه به این‌که در منطقه مورد پژوهش، بوته‌ها دوره خروج از سازگاری را در زیر خاک سپری می‌نمایند و این دوره مقارن با اواخر زمستان تا اوایل اردیبهشت است و جوانه‌ها می‌توانند به‌ترتیب در سه مرحله رشدی پنبه‌ای بودن جوانه، آغاز فشار ریشه‌ای و آستانه شکست خواب جوانه (قبل از باز شدن جوانه) باشند. به‌نظر رسید که در معرض قرار دادن جوانه‌ها در هر یک از این مراحل با خارج‌سازی بوته از خاک نسبت به شرایط محیطی و احتمال مواجه شدن آن با سرماهای زودرس بهاره و بررسی فاکتورهای تحمل و خسارت نسبت به سرمای زودرس بهاره در تشخیص زمان مناسب خارج‌سازی بوته‌ها اهمیت داشته باشد. بنابراین پژوهش حاضر برای اولین بار با هدف بررسی زمان مناسب خارج‌سازی بوته‌های انگور از زیر خاک در دوره زمانی اواخر اسفند تا اوایل اردیبهشت به انجام رسید، به‌نحوی‌که بوته‌ها در مقابل سرمای بهاره یا آسیب نبیند و یا کم‌ترین خسارت را داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

**محل و زمان انجام آزمایش:** این آزمایش در یکی تاکستان‌های روستای خسبیجان، از توابع شهرستان شازند استان مرکزی انجام شد و از اسفند ۱۳۹۳ شروع و تا اردیبهشت ۱۳۹۵ ادامه یافت. مختصات جغرافیایی نقطه مرکزی باغ تحت آزمایش بر حسب UTM به طول ۳٤۹۵۷۱ و عرض جغرافیایی ۳۷۷۷۲۳۷ می‌باشد. تاک‌ها در روش خزنده تربیت یافته‌اند و سن تقریبی آن‌ها ۲۵ سال و از نوع بیدانه سفید است. ریشه بوته در جوی‌هایی به عرض تقریبی یک متر و عرض هشتاد سانتی‌متر و تنه بوته روی پشته حاصل از خاکبرداری این جوی گسترانیده شده است. فاصله بوته‌ها در هر پشته سه متر و راس هر پشته با پشته بعدی نیز چهار متر فاصله دارد. تغذیه عمده تاکستان مصرف کود پوسیده دامی در اوایل بهار بود. این کود را در داخل جوی‌های تاکستان ریخته و با بیل‌زنی زیر خاک شد. هرس بوته‌ها طبق روال

متداول در منطقه انجام گردید، به‌نحوی‌که این هرس در اوایل خرداد و متناسب با تعداد خوشه‌های گل ظاهر شده در هر شاخه و قدرت نگهداری شاخه در تعداد خوشه‌ها با توجه به قوی و یا ضعیف بودن شاخه صورت گرفت. به‌طور میانگین در هر شاخه تازه سبز شده دو خوشه باقی ماند. به‌طور عمده فقط شاخه‌های دارای خوشه حفظ شدند و با این شرایط یکنواختی در هرس و شارژ بوته‌ها حفظ شد. دور آبیاری نیز ۱۵ روز، بافت خاک تاکستان لومی و pH آن ۷/۵ بود. طبق داده‌های آماری ایستگاه هم‌دیدی خنداب که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل پژوهش است و داده‌های دوره آماری سال‌های ۹۶-۱۳۵۸، حداکثر مطلق دما برابر ٤١/٥ و حداقل مطلق دما برابر منهای ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۲/٤ درجه سانتی‌گراد است. همچنین میانگین تعداد روزهای یخبندان در هر سال طی این دوره آماری برابر ۱۰۱ روز، میانگین رطوبت سالانه برابر ٤٧ درصد و طبق نقشه‌های توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا در تاکستان محل پژوهش ۱۹۸۰ متر می‌باشد.

**طرح آزمایشی و تیمارها:** آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار و ٦ تکرار انجام شد. به‌منظور زیر خاک نمودن بوته‌ها بعد از خزان طبیعی برگ‌ها که مصادف با اواخر آبان‌ماه بود اقدام به مرطوب‌سازی کف جوی‌های آبیاری تاکستان شد تا در آن گل و لای حاصل شود و بعد از ۲ روز و رسیدن آب خاک به حد ظرفیت مزرعه، قرار دادن گل و لای بر روی بوته‌ها انجام گردید، به‌نحوی‌که یک نفر شاخه بوته‌ها را بر سطح زمین خوابانده و نفر دیگر گل و لای را به ضخامت تقریبی ۳۰ سانتی‌متر روی بوته‌ها قرار می داد (شکل ۱) و تیمارهای اعمال شده شامل تیمارها شامل: تیمار یک- خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله نهایی خواب جوانه (۲۵ اسفند) تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله تورم جوانه و آغاز فشار ریشه‌ای (۱۵ فروردین) و تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها در مرحله پنبه‌ای شدن و آستانه شکست خواب جوانه و قبل از باز شدن آن (٤ اردیبهشت= شاهد) بود (شکل ۲). برای هر تیمار ۳ بوته در نظر گرفته شد. به‌دلیل این‌که در طول هر پشته، از ابتدا تا انتهای آن، رشد تاک‌ها به‌طور تقریب به یک نسبت تغییر می‌نماید (ابتدای هر پشته به‌دلیل آبگیری بیش‌تر، قدرت رویشی بوته‌ها نسبت به انتهای هر پشته کم‌تر است) در انتخاب بوته‌ها این موضوع مدنظر قرار گرفت و بوته‌ها در تمام پشته‌ها از قسمت‌های مشابه در طول پشته انتخاب شد تا همگن بودن در انتخاب بوته‌ها رعایت گردد.

**شکل ۱- زیر خاک نمودن بوته‌ها.**

**Fig. 1. Burning vines to keep their trunks and canes safe from freezing damage and radiative frost in the fall, winter and early spring.**

**شکل ۲- از خاک بیرون آوردن بوته‌ها.**

**Fig. 2. Removal trunks and canes of the vines from the soil.**

**صفات اندازه‌گیری‌شده بعد از سرما**

**سرمادهی مصنوعی و اندازه‌گیری نشت یونی:** نمونه‌برداری جوانه و اعمال سرمای مصنوعی در هر مرحله خارج‌سازی بوته‌ها از زیر خاک انجام شد (این مراحل در دوره خروج از سازگاری قرار دارد) و در هر نوبت، به‌دلیل نوسانات در طول شاخه‌های یک‌ساله در تاکستان محل پژوهش و انتخاب همگن جوانه در طول این شاخه‌ها و پرهیز از جوانه‌های انتهایی که به‌طور طبیعی در سرما فصول سرد از بین می‌روند، از گره‌های ابتدایی شاخه‌های یک‌ساله تعداد ٤ قلمه حاوی ٤ جوانه (جوانه ۱ لغایت ٤ هر شاخه) از هر بوته برداشت شد. جوانه‌های هر قلمه جدا گردید و هر ٤ جوانه یک قلمه درون یک قوطی فیلم قرار داده شد. بنابراین از هر بوته ٤ قوطی حاوی ٤ جوانه تهیه شد. از ٤ قوطی تهیه شده هر یک برای یک تیمار سرمایی در نظر گرفته شد. تیمارهای سرمایی شامل ۰، ٤-، ۸- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد بودند. دمای اولیه اتاقک سرماساز (مدل ٤۰۰ لیتر، شرکت راد الکترونیک، ساخت ایران) در شروع تیمارهای سرمایی بر اساس دمای محیط در روز نمونه‌برداری تعیین شد و روند کاهش دمای آن ۲ درجه سانتی‌گراد در هر ساعت بود. بعد از کاهش تدریجی دما تا تیمارهای سرمایی هدف، درجه حرارت اتاقک سرما ساز به‌مدت ۷۵ دقیقه در این دما ثابت باقی ماند. بعد از اعمال تیمارهای سرمایی، قلمه‌ها از اتاقک سرماساز خارج و به‌منظور ذوب شدن تدریجی یخ ابتدا ۲ ساعت در دمای ٤ درجه سلسیوس و سپس ۳ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند (۱۰). برای اندازه‌گیری نشت یونی، در قوطی‌های فیلم ٤۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد و قوطی‌ها به‌مدت ۲۰ ساعت روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. پس از این مدت هدایت الکتریکی آن‌ها با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (متراهم مدل ۹۱٤ ساخت سوئیس) اندازه‌گیری شد (هدایت الکتریکی اول) سپس قوطی‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد و پس از سرد شدن نمونه‌ها دوباره هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد (هدایت الکتریکی دوم). درصد نشت یونی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۰).

(۱) درصد نشت یونی = (هدایت الکتریکی دوم/ هدایت الکتریکی اول) ×۱۰۰

**سرمازدگی طبیعی بهاره و اندازه‌گیری درصد جوانه سبزشده و بارده:** روزهای وقوع سرمازدگی طبیعی با بررسی و معاینه روزانه بوته‌ها و داده‌های هواشناسی مورد بررسی و تشخیص قرار گرفت و با توجه به وقوع سرمازدگی در هر دو سال آزمایش، روند تغییرات حداقل درجه حرارت مطلق و سرعت باد از تاریخ ۲۵ اسفند لغایت ٦ اردیبهشت بررسی شد که برای این موضوع آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هم‌دیدی به محل پژوهش و مشهور به خنداب، واقع در ۳٤ کیلومتری شمال‌غربی باغ محل آزمایش دریافت گردید. درصد جوانه سبزشده بعد از سرمازدگی طبیعی بهاره، به‌عنوان معیار درصد سرمازدگی بهاره در نظر گرفته شد. درصد جوانه سبزشده و بارده بعد از خارج‌سازی کل بوته‌ها از زیر خاک ثبت و محاسبه شد. بررسی درصد جوانه‌های سبزشده یک هفته بعد از آخرین تیمار خارج‌سازی بوته‌ها از خاک (٤ اردیبهشت) و بررسی درصد جوانه‌های بارده در اوایل خردادماه بعد از ظاهر شدن ساختار گل و قبل از هرس انجام شد. در بررسی درصد جوانه‌های سبزشده، جوانه‌های خشک و قهوه‌ای شده به‌عنوان

درصد جوانه‌های آسیب‌دیده و سبزنشده مورد محاسبه قرار گرفت. برای اندازه‌گیری این صفات ۵ جوانه ابتدایی ۱۲ شاخه یک‌ساله از هر بوته مورد ارزیابی قرار گرفت و بدین‌منظور از رابطه‌های ۲ و ۳ استفاده گردید (۱۷).

$$\text{درصد جوانه‌های سبزشده} = \frac{\text{تعداد جوانه‌های سبزشده در بوته}}{\text{تعداد کل جوانه‌های بوته}} \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

$$\text{درصد جوانه‌های بارده} = \frac{\text{تعداد جوانه بارده}}{\text{تعداد جوانه‌های سبزشده}} \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

**اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه:** بعد از خارج‌سازی بوته‌ها از زیر خاک، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه به‌عنوان معیار نتایج تغییرات بیوشیمیایی حاصل از تنش سرما اندازه‌گیری شد. مقادیر کربوهیدارت‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه‌ها در سال اول بعد از هر مرحله خارج‌سازی بوته از زیر خاک ولی در سال دوم این صفات بعد از اعمال تمام تیمارها و به‌عبارتی بعد از خارج‌سازی کل بوته‌ها اندازه‌گیری شد و بدین‌منظور از آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر و سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی استفاده شد. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول از روش یم و ویلیز (۱۹۵٤)، پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) و درصد آب جوانه از روش وبستر و ابدن (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد (۳، ۲۸ و ۲۹).

**اندازه گیری صفات کیفی میوه:** صفات کیفی میوه در سال دوم آزمایش اندازه‌گیری شدند و بدین‌منظور ابتدا آب حبه‌های انگور با دستگاه آب‌میوه‌گیری دستی تهیه گردید و با صافی مناسب تفاله‌های آن جداسازی شد. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (درجه بریکس) از دستگاه رفرکتومتر دستی (A. Krüss Optronic ساخت آلمان)، تعیین میزان اسیدیته دستگاه pH متر و برای اندازه‌گیری درصد اسیدهای آلی (Ta) از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد.

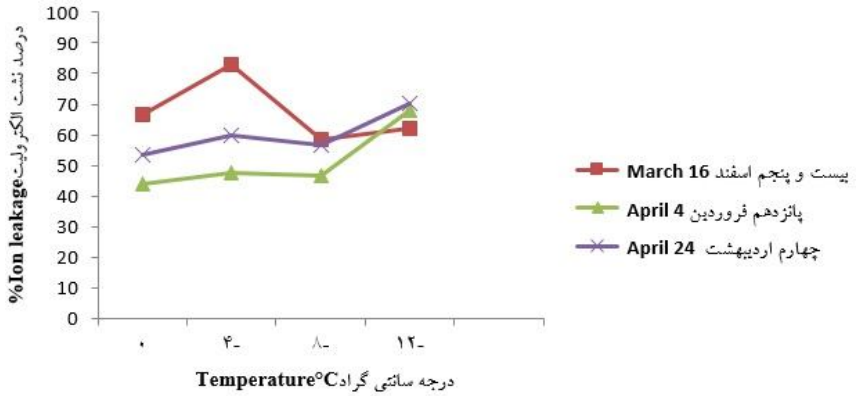
**تجزیه داده‌ها:** تجزیه واریانس با نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.1 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### صفات اندازه‌گیری‌شده بعد از اعمال سرما

**سرمادهی مصنوعی و اندازه‌گیری نشت یونی:** بعد از اعمال سرمای مصنوعی و اندازه‌گیری نشت یونی (در سال اول آزمایش)، تیمار زمانی پانزدهم فروردین کم‌ترین نشت الکترولیت را در دماهای صفر تا منهای هشت درجه سانتی‌گراد داشت (شکل ۳). دمای کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها ($LT_{50el}$)[1] منهای چهار درجه سانتی‌گراد بود.

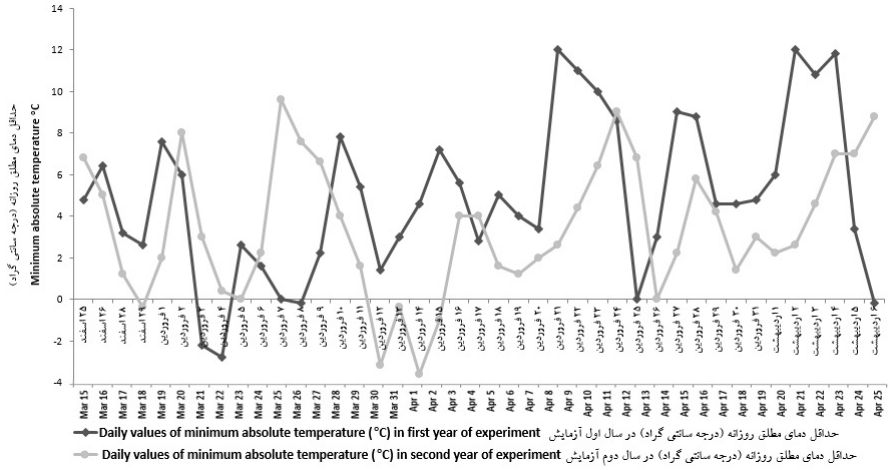
1- Lethal temperature 50 according to the electrolyte leakage percentage




**شکل ۳- درصد نشت الکترولیت و نمایش $LT_{50}$ در جوانه‌های ۱تا ٤ ساقه‌های یک‌ساله بوته‌های انگور تحت‌تأثیر سرمای مصنوعی در سه زمان تیمار زمانی خارج‌سازی بوته‌های انگور از زیر خاک.**

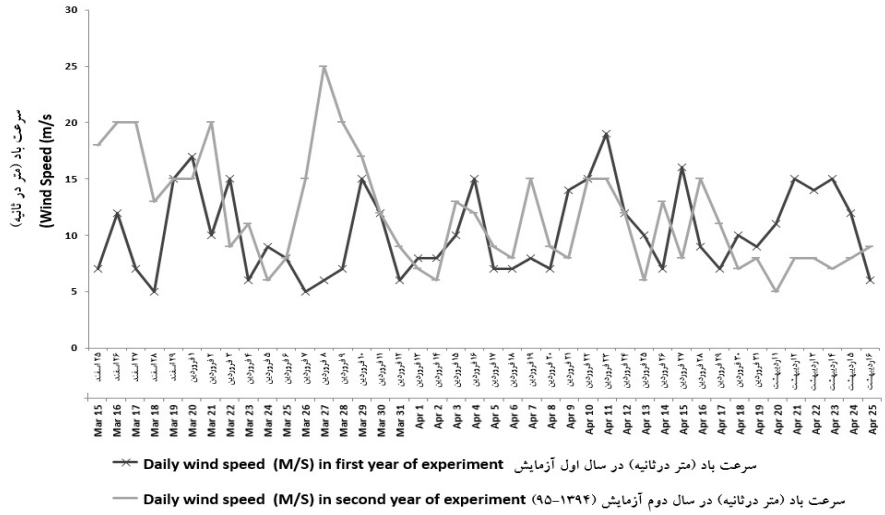
**Fig. 3. Ion leakage% and $LT_{50}$ in buds number 1 to 4 of cane under the influence of artificial cold in three dates of the removing soil from vines.**

**سرمازدگی طبیعی بهاره و اندازه‌گیری درصد جوانه سبزشده و بارده:** داده‌های هواشناسی در سال اول آزمایش از تاریخ ۲۵ اسفند سال ۱۳۹۳ لغایت ٦ اردیبهشت سال ۱۳۹٤ و در سال دوم از تاریخ ۲۵ اسفند سال ۱۳۹٤ لغایت ٦ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ بررسی شد. روز وقوع سرمازدگی طبیعی در سال اول در تاریخ ۱۳۹٤/۲/٦ با درجه حرارت مطلق منهای ۰/۲ درجه سانتی‌گراد و سرعت باد ٦ متر در ثانیه و در سال دوم در تاریخ ۱۳۹۵/۱/۱٤ با درجه حرارت مطلق برابر منهای ۳/٦ درجه سانتی‌گراد و سرعت باد ٦ متر در ثانیه اتفاق افتاد (شکل‌های ٤ و ۵). نتیجه حاصل از بررسی تغییرات حداقل درجه حرارت مطلق روزانه و میزان بادنادکی این بود که کاهش درجه حرارت و سکون هوا به‌طور هم‌زمان باعث از دست رفتن درجه حرارت خاک و سرد شدن سطح زمین و سرمازدگی تاک‌ها گردیده است و نوع سرمازدگی اتفاق افتاده در هر دو سال از نوع بازتابشی بود.




**شکل ٤- نمایش روند تغییرات حداقل دمای مطلق روزانه (درجه سانتی‌گراد) در سال‌های آزمایش از ۲۵ اسفند لغایت ٦ اردیبهشت براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی خنداب.**

**Fig. 4. Daily values of minimum absolute temperature in the years of experimentation from March 15th to April 25th, based on data from Khondab meteorological station.**




**شکل ۵- نمایش روند تغییرات سرعت باد روزانه (متر در ثانیه) در سال‌های آزمایش از ۲۵ اسفند لغایت ٦ اردیبهشت براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی خنداب.**

**Fig. 5. Daily wind speed in the years of experimentation from March 15th to April 25th, based on data from Khondab meteorological station.**

در هر دو سال آزمایش و بعد از وقوع سرمای طبیعی بهاره، داده‌های درصد جوانه‌های سبزشده و بارده مورد بررسی آماری قرار گرفت. طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌های سال اول، درصد جوانه‌های بارده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین در تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌های انگور از زیر خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. درصد جوانه‌های بارده تیمار یک در مقایسه با سایر تیمارها بیش‌ترین بود و در سال دوم، درصد جوانه‌های سبزشده و بارده در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت.

**جدول ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه‌های سبزشده و بارده انگور رقم بیدانه سفید در تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در شرایط مواجه با سرمازدگی طبیعی مورخ ۱۳۹٤/۲/٦.**

**Table 1. Mean comparison buds sprouting and fertility percentage of "BidaneSefid" cultivar in three dates the removal of grapevine from the subsoil that faced with natural frostbite in April 26th 2015.**

| درصد جوانه‌های بارده<br>Fruiting buds (%) | درصد جوانه‌های سبزشده<br>Sprouted buds (%) | تیمارها<br>Treatments |
|---|---|---|
| 29.00[a] | 61.00[a] | تیمار یک: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۲۵ اسفند<br>Treatment 1: removing out vines from the soil at 16th March |
| 20.50[b] | 79.00[a] | تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۱۵ فروردین<br>Treatment 2: removing out vines from the soil at 4th April |
| 19.50[b] | 74.83[a] | تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ٤ اردیبهشت (شاهد)<br>Treatment 3: removing out vines from the soil at 24th April (control) |

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها براساس آزمون توکی می‌باشد.

Columns with the same letters are not significantly different at 5% probability level using Tukey test.

طبق نتایج حاصل از اثرات سرما بر تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک، بوته‌های خارج شده در تاریخ ۱۵ فروردین کم‌ترین نشت یونی را در اثر سرمای مصنوعی از خود نشان داد ولی در برابر خسارت حاصل از سرمای طبیعی (بر طبق درصد جوانه‌های سبزشده) تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها مشاهده نشد. به‌عبارت دیگر همه تیمارها از سرما طبیعی بهاره آسیب دیدند و هیچ‌کدام از تیمارها خسارت کم‌تری ندید تا تفاوت معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها داشته باشد. این موضوع در درصد کم جوانه‌های سبزشده مشخص است. اما در این میان بوته‌های خارج‌شده در ۲۵ اسفند (تیمار یک) با ۲۹ درصد جوانه بارده (در سال اول) با اختلاف معنی‌دار بیش‌ترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشت.

**کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه:** در سال اول مقادیر کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه بعد از هر مرحله خارج‌سازی بوته‌ها از خاک اندازه‌گیری شدند. طبق نتایج تجزیه واریانس همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. مقادیر کربوهیدرات محلول به‌ترتیب زمانی خارج‌سازی بوته‌ها کاهش و برعکس مقادیر پرولین و درصد محتوی آب جوانه افزایش داشت (جدول ۲).

**جدول ۲- مقایسه میانگین مقادیر کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه انگور رقم بیدانه سفید در تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در شرایط مواجه با سرمازدگی طبیعی مورخ ۱۳۹٤/۲/٦.**

**Table 2. Mean comparison soluble carbohydrates, proline and bud water content of "Bidane Sefid" cultivar in three dates the removal of grapevine from the subsoil that faced with natural frostbite in April 26th 2015.**

| آب (درصد) Water content (%) | پرولین (میکرومول در گرم ماده تر) Proline (µmol/g fresh weight) | کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Soluble carbohydrate (mg/g fresh weight) | تیمارها Treatments |
|---|---|---|---|
| 18.18[c] | 2.47[c] | 132.78[a] | تیمار یک: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۲۵ اسفند Treatment 1: removing out vines from the soil at 16th March |
| 54.38[b] | 4.22[b] | 107.73[b] | تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۱۵ فروردین Treatment 2: removing out vines from the soil at 4th April |
| 59.40[a] | 11.9[a] | 53.81[c] | تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ٤ اردیبهشت (شاهد) Treatment 3: removing out vines from the soil at 24th April (control) |

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

Columns with the same letters are not significantly different at 1% probability level using Tukey test.

در سال دوم مقادیر کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و محتوی آب جوانه بعد از اعمال تمام تیمارها و خارج‌سازی تمام بوته‌ها از زیر خاک اندازه‌گیری شد. طبق نتایج تجزیه واریانس فقط مقادیر کربوهیدارت محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین در جدول ۳ نشان داده شده است و تیمار دو بیش‌ترین مقدار کربوهیدرات محلول را دارا بود.

**جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر کربوهیدارت محلول، پرولین و آب جوانه انگور رقم بیدانه سفید در تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در شرایط مواجه با سرمازدگی طبیعی مورخ ۱۳۹۵/۱/۱٤.**

**Table 3. Mean comparison of the amount of soluble carbohydrates, proline and bud water content of 'Bidane Sefid' cultivar in three dates the removal of grapevine from the subsoil that faced with natural frostbite in April 3th 2016.**

| آب (درصد) Water content (%) | پرولین (میکرومول در گرم ماده تر) Proline (µmol/g fresh weight) | کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Soluble carbohydrate (mg/g fresh weight) | تیمارها Removal times |
|---|---|---|---|
| 58.43[a] | 0.17[a] | 16.18[b] | تیمار یک: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۲۵ اسفند Treatment 1: removing out vines from the soil at 16th March |
| 56.53[a] | 0.19[a] | 23.43[a] | تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۱۵ فروردین Treatment 2: removing out vines from the soil at 4th April |
| 58.37[a] | 0.15[a] | 15.26[b] | تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ٤ اردیبهشت (شاهد) Treatment 3: removing out vines from the soil at 24th April (control) |

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

Columns with the same letters are not significantly different at 1% probability level using Tukey test.

**اندازه‌گیری صفات کیفی میوه:** طبق نتایج مقایسه میانگین، درصد مواد جامد محلول و درجه اسیدیته در تیمار خارج‌سازی بوته‌ها در ۱۵ فروردین بیش‌ترین و درصد اسیدهای آلی این تیمار کم‌ترین مقدار را داشت و هم‌چنین تیمار در صفات درصد مواد جامد محلول و درصد اسیدهای آلی نسبت به تیمار خارج‌سازی بوته‌ها در ۲۵ اسفند تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ٤).

**جدول ٤- مقایسه میانگین صفات کیفی انگور رقم بیدانه سفید در تیمارهای زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در شرایط مواجه شدن با سرمازدگی طبیعی مورخ ۱۳۹۵/۱/۱٤.**

**Table 4. Mean comparison of fruit quality traits cultivar 'Bidane Sefid' in three dates the removal of grapevine from the subsoil that faced with natural frostbite April 3th 2016.**

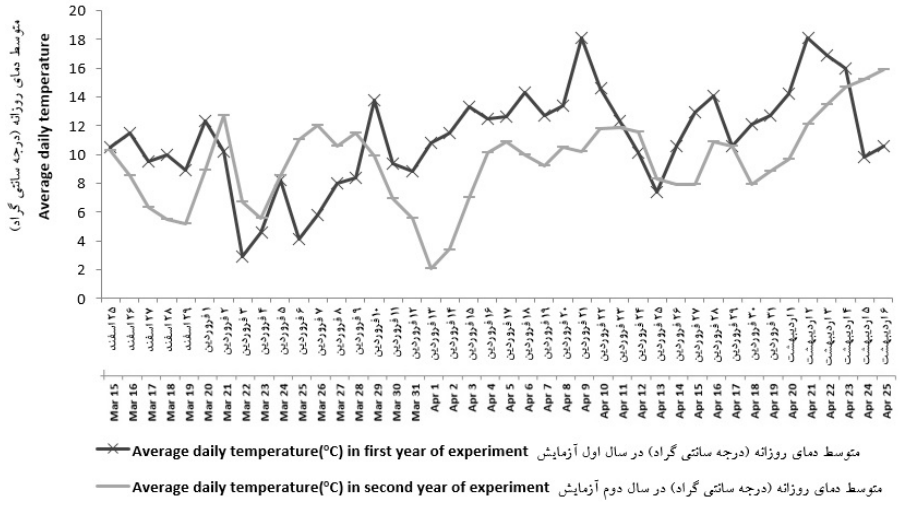
| درصد اسیدهای آلی Ta | درجه اسیدیته pH | درصد مواد جامد محلول TSS | تیمارها Treatments |
|---|---|---|---|
| 0.152[a] | 2.89[a] | 22.43[b] | تیمار یک: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۲۵ اسفند Treatment 1: removing out vines from the soil at 16th March |
| 0.133[b] | 3.00[a] | 24.32[a] | تیمار دو: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۱۵ فروردین Treatment 2: removing out vines from the soil at 4th April |
| 0.144[ab] | 2.97[a] | 23.37[ab] | تیمار سه: خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ٤ اردیبهشت (شاهد) Treatment 3: removing out vines from the soil at 24th April (control) |

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

Columns with the same letters are not significantly different at 5% probability level using tukey Test.

طبق نتایج حاصل از سرمای مصنوعی، تیمار دو (خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در ۱۵ فروردین) کم‌ترین نشت الکترولیت را داشت (شکل ۳) و از سوی دیگر سرمازدگی طبیعی در دو تاریخ متفاوت (۱۳۹٤/۲/٦ و ۱۳۹۵/۱/۱٤) به وقوع پیوست ولی درصد جوانه سبزشده در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت و به‌عبارت دیگر درصد خسارت سرمازدگی در این تیمارها یکسان بود. ولی خارج‌سازی زودتر بوته از خاک منجر به افزایش درصد جوانه‌های بارده در تیمار یک شد (جدول ۱).

همان‌طور که اشاره شد کاهش حداقل دمای روزانه و سرعت باد در هر دو سال آزمایش باعث سرمازدگی بازتابشی شد. از سوی دیگر در بررسی میانگین دمای درجه حرارت در این دو سال (شکل ٦)، در سال اول آزمایش، از ۹ فروردین تا ٤ اردیبهشت میانگین درجه حرارت نسبت به سال دوم در اکثر روزها افزایش داشته و این افزایش درجه حرارت باعث سرعت گرفتن رشد رویشی شده و سپس با کاهش ناگهانی درجه حرارت در ٦ اردیبهشت و کاهش سرعت باد، سرمازدگی در این روز به وقوع می‌پیوندد در حالی‌که در روز های قبل از ۹ فروردین چنین حالتی وجود نداشت. در سال دوم آزمایش نیز از ۲ تا ۱۰ فروردین با افزایش میانگین درجه حرارت، رشد رویشی افزایش یافته و با کاهش درجه حرات در روزهای بعد و افت شدید دما در ١٤ فروردین و کاهش سرعت باد، سرما زدگی اتفاق می‌افتد. این روند نشان می‌دهد که هرچه رشد جوانه‌ها با افزایش دما سریع‌تر اتفاق بیفتد حساسیت جوانه‌ها نسبت به سرمازدگی در روزهای بعد افزایش می‌یابد.

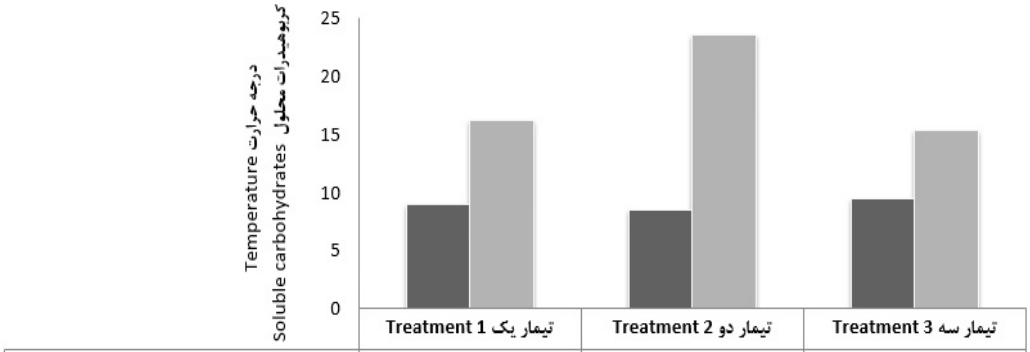



**شکل ٦- نمایش روند تغییرات متوسط دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد) در سال‌های آزمایش از ۲۵ اسفند لغایت ٦ اردیبهشت براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی خنداب.**

**Fig. 6. Average daily temperature in the years of experimentation from March 15th to April 25th, based on data from Khondab meteorological station.**

بنابراین بررسی تهیه نمودار میانگین درجه حرارت‌های روزانه برای اواخر اسفند تا اوایل اردیبهشت برای دوره‌های بلندمدت و مقایسه روند تغییرات میانگین روزانه دما در هر سال با نمودار دوره بلندمدت می‌تواند ما را به پیش‌بینی و حساسیت روزهای آتی برای وقوع سرمازدگی کمک نماید.

طبق پژوهش‌هایی که تاکنون در بررسی تغییرات شیمیایی در گیاه پس از استرس سرما صورت گرفته است تمرکز بر تغییرات کربوهیدارت‌های محلول و پرولین در طول دوره فصل سرما می‌باشد و تفاوت پژوهش حاضر تمرکز بر تغییرات این مواد در اواخر فصل سرما و مراحل خروج از سازگاری می‌باشد. طبق منابع (١٤ و ٢٦) مشخص است که کربوهیدات‌های محلول همراه با سرمای فصول پاییز و زمستان افزایش می‌یابد و در مرحله اواخر این دوره و در هنگام شکست خواب جوانه (اواسط اسفندماه) کاهش مقادیر کربوهیدرات‌های محلول مورد اشاره قرار گرفته است (٢٦) و در مراحل خروج از سازگاری، کربوهیدرات‌ها به نشاسته تبدیل می شوند (١٤). در پژوهش ما و در سال اول که اندازه‌گیری کربوهیدارت‌های محلول با اعمال هر تیمار زمانی و بعد از خارج‌سازی بوته‌ها در آن زمان همراه بود، کاهش معنی‌دار مقادیر کربوهیدرات‌های محلول (جدول ٢) منطبق بر نظر ومپل و بری (١٩٩٢) بود (٢٦). در سال دوم نیز که مقادیر کربوهیدرات‌های محلول پس از اعمال تمام تیمارها مقادیر کربوهیدرات‌های محلول اندازه‌گیری شد در تیمار دو (خارج‌سازی بوته در ١٥ فروردین) با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار زمانی قبل و بعد آن بیش‌ترین مقدار را دارا بود (جدول ٣). طبق نتایج سال اول انتظار می‌رفت که بیش‌ترین مقدار باید مختص تیمار یک ( خارج‌ساری بوته در ٢٥ اسفند) باشد. بالا بودن کربوهیدرات محلول در تیمار دو، اثر تغییرات آب و هوایی در افزایش کربوهیدرات‌ها و مقاومت به سرما (١٩ و ٢٦) را در این تیمار نشان می‌دهد. برای روشن شدن این موضوع آمار میانگین درجه حرات روزانه از تاریخ ٦ اسفند ١٣٩٤ تا ٤ اردیبهشت سال ١٣٩٥ مورد بررسی قرار گرفت. برای هر تیمار میانگین درجه حرات روزانه از تاریخ ٦ اسفند تا زمان مختص آن تیمار محاسبه شد (میانگین تجمعی) و طبق محاسبات انجام‌شده برای تیمارهای یک، دو و سه میانگین های درجه حرارت‌های تجمعی به‌دست آمده به‌ترتیب ٨/٩٤، ٨/٤٥ و ٩/٤ درجه سانتی‌گراد و مقادیر کربوهیدرات‌های محلول به‌ترتیب برابر ١٦/١٨، ٢٣/٤٣ و ١٥/٢٦ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بود (شکل ٧).




**شکل ٧- مقایسه مقادیر کربوهیدرات محلول جوانه‌های انگور بعد از اعمال تمامی تیمارهای مختلف زمانی خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در سال دوم آزمایش و نمایش میانگین درجه حرارت روزانه تجمعی از تاریخ ٦ اسفند تا زمان مربوط به هر تیمار.**

**Fig. 7. Comparison of bud carbohydrate soluble after applying all different treatments when vine removal from soil in the second year of the experiment and displaying average daily cumulative temperature from the February 25th of March until the time of each treatment.**

این نتایج مطابق با نظرات ومپل و بری (۱۹۹۲) و همچنین پالنن (۱۹۹۹) مبنی بر تأثیر آب و هوا بر مقادیر کربوهیدرات‌ها است (۱۹ و ۲٦) با این تفاوت که دوره زمانی مورد بررسی در این پژوهش همان اواخر دوره مورد بررسی آنان (دوره خروج از سازگاری) می‌باشد. بر این اساس به‌نظر می‌رسد افزایش گرما قبل از خارج‌سازی بوته‌ها در ۲۵ اسفند (زمان اعمال تیمار یک) با کاهش مقادیر کربوهیدرات محلول در این تاریخ همراه بوده و با کاهش درجه حرارت مقدار آن در ۱۵ فروردین (زمان اعمال تیمار دو) بیش‌تر و سپس با افزایش درجه حرارت، در ٤ اردیبهشت (زمان اعمال تیمار سه) کاهش یافته است. شکل ٦، تغییرات ذکرشده برای میانگین درجه حرارت روزانه را در سال دوم آزمایش به‌خوبی نشان می‌دهد. از آن‌جا که مقادیر کربوهیدرات‌های محلول با مقدار آب جوانه نسبت معکوس دارد (۱۳) بنابراین در جایی‌که که مقدار آب جوانه تفاوت معنی‌دار نداشته باشد بنابراین سخت سرمایی فقط باید ارتباط مستقیم به مقادیر کربوهیدرات محلول و اثر حفاظتی آن (٤) داشته باشد. از آن‌جا که مقدار کربوهیدرات در تیمار دو نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر است بنابراین انتظار می‌رود که تحمل به سرما در تیمار ۱۵ فروردین نسبت به دو تیمار دیگر بیش‌تر باشد و این وضعیت منطبق بر پژوهش‌هایی است ارتباط مثبت بین تحمل گیاه به سرما و بالا بودن میزان ذخایر کربوهیدرات‌ها را در گیاهان چوبی تأیید می‌کند (۱، ۲، ١٤، ۲۰ و ۲۸).

مقادیر پرولین اگرچه در سال اول و با خارج نمودن تدریجی بوته‌ها کاهش یافت و در سال دوم نیز متناسب با مقادیر کربوهیدرات محلول تغییر نمود ولی در این سال تفاوت معنی‌دار در بین مقادیر تیمارها حاصل نشد و در پژوهش ما کارآمدی کم‌تر و ارتباط ضعیف‌تر آن نسبت به کربوهیدرات‌های محلول برای سخت سرمایی حاصل شد که سانتاریوس (۱۹۹۲)، ون اسویج (۱۹۸۵) و تیلور (۱۹۹٦) نیز به این نتیجه رسیدند (۲۲، ٢٤ و ۲۵).

در جمع‌بندی به‌نظر می‌رسد اگر بخواهیم درصد جوانه‌های بارده بیش‌تر باشد و هم خارج‌سازی بوته‌ها با خطرات سرمازدگی کم‌تر روبرو گردد، زمان تورم جوانه و آغاز فشار ریشه‌ای که در آزمایش ما مقارن با اواسط فروردین بود بهترین زمان خارج‌سازی بوته‌ها از خاک است. کم‌ترین نشت الکترولیت جوانه‌ها در مواجه با سرمای مصنوعی، مقادیر بالای کربوهیدرات محلول جوانه و در صفات کیفی میوه، دارا بودن بیش‌ترین درصد مواد جامد محلول، بیش‌ترین pH و کم‌ترین اسیدیته در این تیمار زمانی نیز تأییدکننده این موضوع می‌باشد.

## نتیجه‌گیری کلی

تغییرات دمایی اواخر فصول سرد تا زمان رشد مجدد تاک عامل مهم و تعیین‌کننده در میزان رشد جوانه‌ها و حساسیت آن‌ها نسبت به سرمازدگی تحمل می‌باشد و خارج‌سازی بوته‌ها از خاک در زمان آغاز فشار ریشه‌ای، زمانی متعادل برای افزایش درصد جوانه‌های سبزشده و هم‌چنین درصد جوانه‌های بارده می‌باشد. همچنین با بهره‌گیری از داده‌های آماری بلندمدت دما و تعیین روند تغییرات دما و ارتباط دادن نتایج این پژوهش با تکیه بر مراحل فنولوژیکی می‌تواند به‌عنوان الگویی برای پیش‌بینی خسارت حاصل از سرمازدگی طبیعی بهاره مورد استفاده قرار گیرد. یکی دیگر از نتایج قابل‌توجه در این پژوهش، زود مواجه شدن تاک‌ها با شرایط طبیعی و افزایش ضریب باردهی بود. به‌نظر می‌رسد به‌کارگیری روش‌هایی که منجر به تاخیر در بازشدن جوانه‌ها بعد از خارج‌سازی بوته‌ها از اواسط فروردین شود، همانند به‌کارگیری بعضی هورمون‌ها و روغن‌ها می‌تواند هم منجر به افزایش درصد جوانه‌های سبزشده و هم ضریب باردهی را افزایش شود.

**سپاسگزاری**

بدین‌وسیله از مساعدت و همکاری مهندس پروین ربیعی کرهرودی مسئول آزمایشگاه سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی و مهندس فاطمه شیرازی کارشناس‌ارشد علوم باغبانی قدردانی می‌شود.

## منابع

1. Ame´glio, T., Decourteix, M., Alves, G., Valentin, V., Sakr, S., Julien, J.L., Petel, G., Guilliot, A. and Lacointe, A. 2004. Temperature effects on xylem sap osmolarity in walnut trees: Evidence for a vitalistic model of winter embolism repair. Tree Physiol. 24: 785-793.
2. Aslani Aslamarz, A., Vahdati, K., Hassani, D., Rahemi, M., Mohammadi, N. and Leslie, C. 2011. Cold Hardiness and its Relationship with Proline Content in Persian Walnut. Europ. J. Hort. Sci. 76: 3. 84-90.
3. Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.
4. Charrier, G., Poirier, M., Bonhomme, M., Lacointe, A. and Améglio, T. 2013. Frost hardiness in walnut trees (*Juglans regia* L.): How to link physiology and modelling? Tree Physiol. 33: 1229-1241.
5. Cox, S.E. and Stushnoff, C. 2001. Temperaturerelated shifts in soluble carbohydrate content during dormancy and cold acclimation in Populus tremuloides. Can. J. For. Res. 31:730-737.
6. Csonka, L.N. 1989. Physical and genetic responses of bacteria to osmotic stress. Microbiol. Rev. 53: 121-147.
7. Ebadi, A. and Haddadi Nejad, M. 2014. Physiology, modification and production of grapes, Tehran University Press, 370p. (In Persian)
8. Goldsmith, L.T. 2009. Freezing tolerance and dehydrin protein expression in 'Frontenac' and 'Seyval blanc' grapevine bark and xylem cane tissues during acclimation, midwinter and deacclimation. Iowa State University, USA, M.Sc. Dissertation. 99p.
9. Haghi, H. 2011. Effect of zinc and potassium sulfate on frost tolerance in winter of grape variety Bidaneh Sefid. Master's thesis for gardening. Bu-Ali Sina University, Hamedan. 123p. (In Persian)
10. Karimi, R., Ershadi, A. and Barati, A. R. 2012. Assessment of resistance to cold 10 grape varieties in Malayer region. First. National Conference grapes and raisins. Malayer University, 19th September, 2012. 31p. (In Persian)
11. Koster, K.L. and Lynch, D.V. 1992. Solute accumulation and compartmentalization during the cold acclimation of Puma rye. Plant Physiol. 98: 108-113.
12. Lenné, T., Garvey, C.J., Koster, K.L. and Bryant, G. 2009. Effects of sugars on lipid bilayers during dehydration-SAXS/WAXS measurements and quantitative model. J. Phys. Chem. B. 113: 2486-2491.
13. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing, and high temperature stress. Academic Press, New York, 497p.
14. Morin, X., Ameglio, T., Ahas, R., Kurz-Besson, C., Lanta, V., Lebourgeois, F., Miglietta, F. and Chuine, I. 2007. Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European oak species. Tree Physiol. 27: 817-825.
15. Morita, Y., Nakamori, S. and Takagi, H. 2002. Effect of proline and arginine metabolism on freezing stress of Saccharomyces cerevisiae. J. Biosci. Bioeng. 5: 390-394.
16. Nazemiyeh, A. 1993. Vine Biology, University of Tabriz. 150p. (In Persian)
17. Nejatian, M.A. 2003. Effects of bud number and cane length on bud fertility and some characteristics of grapevine cv. Bidaneh sefid. Seed Plant Prod. J. 19: 4. 457-467. (In Persian)

18. Pagter, M., Jensen, C.R., Petersen, K.K., Liu, F. and Arora, R. 2008. Changes in carbohydrates, ABA and bark proteins during seasonal cold acclimation and deacclimation in Hydrangea species differing in cold hardiness. Physiol. Plant. 134: 473-485.
19. Palonen, P. 1999. Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124: 509-513.
20. Palonen, P., Buszard, D. and Donnelly, D. 2000. Changes in carbohydrates and freezing tolerance during cold acclimation of red raspberry cultivars grown in vitro and in vivo. Physiol. Plant. 110: 393-401.
21. Poirier, M., Lacointe, A. and Améglio, T. 2010. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. Tree Physiol. 30: 1555-1569.
22. Santarius, K.A. 1992. Freezing of isolated thylakoid membranes in complex media. VIII. Differential cryoprotection by sucrose, proline and glycerol. Physiol. Plant. 84: 87-93.
23. Snyder, R.L., Melo-Abreu, J.P. and Matulich, S. 2010. Frost Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics: Volume 2 (Mixed media product). Published by Food Agriculture Organization of the United Nations (Fao), Italy.
24. Taylor, C.B. 1996. Proline and water deficit: Ups and downs. Plant Cell. 8: 1221-1224.
25. Van Swaaij, A.C., Jacobsen, E. and Feenstra, W.J. 1985. Effect of cold hardening, wilting and exogenously applied proline on leaf proline content and frost tolerance of several genotypes of Solanum. Physiol. Plant. 64: 230-236.
26. Wample, R.L. and Bary, A. 1992. Harvest date as a factor in carbohydrate storage and cold hardiness of 'Cabernet Sauvignon' grapevines. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117: 32-36.
27. Wanner, L.A. and Junttila, O. 1999. Cold-induced freezing tolerance in Arabidopsis. Plant Physiol. 120: 391-399.
28. Webster, D.E. and Ebdon, J.S. 2005. Effect of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. Hort. Sci. 40: 842-849.
29. Yemm, E.W. and Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. 57: 508-514.