نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۵، پاییز ۱۳۹۸ / صفحات: ۳۸-۲۶

اثر کاربرد ترکیبی روغن ولک، کلسیم و پتاسیم بر زمان شکوفایی و فیزیولوژی تحمل به سرمای جوانه انگور (*Vitis vinifera* L.)

عباس صابری[۱]، روح‌اله کریمی[۲*]

[۱]گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

[۲]گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کلسیم، پتاسیم و روغن ولک به‌صورت تلفیقی و جداگانه بر زمان شکوفایی جوانه و شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به سرما در انگور بی‌دانه‌سفید، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ در یک تاکستان ۲۰ ساله واقع در روستای عباس‌آباد از توابع شهرستان خنداب استان مرکزی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، روغن ولک، روغن ولک + کلسیم، روغن ولک + پتاسیم، پتاسیم، کلسیم، کلسیم + پتاسیم و ولک + کلسیم+ پتاسیم بود. تاک‌ها با روغن ولک (یک درصد) کلسیم (دو درصد) و پتاسیم (سه درصد) در اواخر اسفند طی دو مرحله نوک‌پنبه‌ای و یک هفته بعد محلول‌پاشی شدند. تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم منجر به تاخیر در باز شدن جوانه‌ها به مدت ۵ روز در مقایسه با تاک‌های شاهد شد. بیشترین غلظت کربوهیدرات، فنل کل و پروتئین‌محلول در تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم + پتاسیم بدست آمد و کمترین این ترکیبات مربوط به تیمار ولک به تنهایی و شاهد بود. همچنین بیشترین میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها و کلروفیل کل از تیمار ترکیبی کلسیم + پتاسیم و کمترین این رنگیزه‌ها در تیمار ولک مشاهده شد. بالاترین محتوای آب نسبی، نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء نیز در تاک‌های شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش، برای اجتناب از سرمای دیررس بهاره در تاکستان‌ها تلفیق محلول‌پاشی روغن ولک + کلسیم + پتاسیم در باغات انگور مناسب تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: انگور، تغذیه، تنش سرما، فنول کل، کربوهیدرات.

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهمترین میوه‌های منطقه معتدله است که دارای ارزش تغذیه‌ای- دارویی و نیز فرآورده‌های جانبی متعدد است. در کنار سازگاری با انواع اقلیم‌ها و خاک‌ها، تنوع فرهنگ‌ها مصرف این محصول ارزشمند، باعث توسعه کشت انگور در بیش از ۹۰ کشور جهان شده است. رقم بی‌دانه‌سفید از جایگاه ویژه‌ای در بین تاکداران برخوردار بوده و احداث باغات با این رقم با اهداف تازه‌خوری، تولید کشمش و آب‌میوه انجام می‌گیرد (Karimi, 2014). سرمازدگی بهاره یکی از عوامل اصلی کاهش محصول در باغات انگور در مناطق سردسیر است که در برخی سال‌ها ضمن کاهش تولید، باعث تحمیل زیان‌های اقتصادی کلانی به تاک داران می‌شود. کاهش محصول با ظهور و تداوم توده هوای سرد در زمان شکوفا شدن جوانه‌ها نمود بیشتری پیدا کرده و اغلب سال‌ها سرمای دیررس بهاره خسارت قابل توجهی به باغداران وارد

*نویسنده مسئول: r.karimi@malayeru.ac.ir

نموده است و برای نمونه می‌توان به سرمای ۲- درجه سانتی‌گراد در اواخر فروردین ۹۷ که باعث تحمیل خسارت فراوانی به باغداران استان مرکزی و همدان اشاره نمود که منجر به سرمازدگی باغات شد.

درختان میوه به منظور غلبه بر دمای پایین یکسری مکانیسم‌های سازش از خود نشان می‌دهند که امکان زنده‌مانی در مواجهه با این شرایط نامساعد را برای آنها فراهم می‌کند. سازگاری به سرما مستلزم تغییر در جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، محتوای پروتئین‌های محلول، ترکیبات فنولی و تغییر در ساختار غشاء است که همزمان با کاهش تدریجی دما در گیاهان ایجاد می‌شود (Ershadi et al., 2016). تنش سرما باعث از بین رفتن انسجام غشاء اندامک‌های درون سلولی و در نتیجه نشت مواد محلول می‌شود. نشت این مواد باعث افزایش هدایت الکتریکی محلول شده و این تغییر به عنوان نشانه‌ای از آسیب یا مرگ سلول تلقی می‌شود (Linden, 2002). از طرف دیگر، تنش سرما باعث افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و مالون دی‌آلدهید شود (Yadeghari et al, 2008). در بررسی تحمل به سرمای ارقام مختلف انگور (Ershadi et al., 2016) و انار (Ghasemi et al., 2012) مشخص شد که تجمع کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در بافت جوانه طی دوره سازگاری به سرما افزایش چشمگیری پیدا می‌کند. همچنین غلظت قندهای محلول همبستگی نزدیکی با تحمل یخزدگی جوانه‌ها و بافت‌های شاخه تاک دارد که حاکی از ارتباط مثبت قندهای محلول و پرولین با افزایش تحمل یخزدگی در انگور می‌باشد (Karimi, 2014, 2017; Keller, 2010).

بهبود وضعیت تغذیه‌ای تاک‌ها یکی از روش‌های بلند مدت (غیر فعال) محافظت در برابر صدمه یخزدگی است که با کاهش حساسیت تاک‌ها به دمای پایین، باعث کاهش خسارت سرما می‌شود (Karimi, 2014). درختان مبتلا به کمبود عناصر به آسیب‌های ناشی از سرمای زمستانه و آسیب جوانه‌ها و گل‌ها در اثر یخ‌بندان بهاره حساس‌ترند و لذا کاربرد متعادل برخی عنصرهای غذایی ضمن افزایش ذخیره‌های کربوهیدراتی، باعث بهبود تحمل به دماهای پایین در گیاه نیز می‌شود. (Sarikhani et al., 2014; Karimi, 2017). کلسیم و پتاسیم از جمله عناصر ضروری هستند که با توجه به نقش ساختاری و آنزیمی که دارند می توانند بر تغییرات هورمون‌ها و قندهای محلول، زمان باز شدن جوانه‌ها و اجتناب از سرمازدگی بهاره نقش داشته باشند. کلسیم در اتصال پلی ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل دهنده دیواره سلولی نقش داشته و باعث حفظ انسجام غشاء پلاسمایی و پایداری مکانیکی دیواره سلولی می‌شود (Marschner, 2012). کاربرد برگی سولفات پتاسیم در انگور موجب کاهش نشت یونی و افزایش تحمل به سرما شده است (Karimi and Ebrahimi, 2017). پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون غیرآلی در گیاهان است که نقش کلیدی در بسیاری از جنبه‌های سوخت و سازی از قبیل فتوسنتز، انتقال پروتئین و قند، فعال‌سازی بیش از ٦٠ نوع آنزیم، تنظیم پتانسیل اسمزی، تنظیم روزنه‌ها و تشکیل آوند آبکش دارد (Marschner, 2012). کمبود پتاسیم باعث توقف انتقال قند در آوندهای آبکش شده و می‌تواند باعث تجمع ساکاروز در برگ گشته تا جایگزین کمبود پتانسیل اسمزی ایجاد شده در اثر کمبود پتاسیم شود (Mengel, 2007). در این راستا اعلام شده است کاربرد برگی پتاسیم به تنهایی ضمن افزایش پایداری غشاء سلولی و بهبود تحمل به سرما منجر به افزایش عملکرد و کیفیت انگور بی‌دانه سفید گشت (Sarikhani et al., 2014; Karimi, 2017).

عنوان شده است استفاده از نیترات پتاسیم به صورت محلول‌پاشی در بهمن‌ماه باعث افزایش غلظت پتاسیم جوانه گل نسبت به شاهد می‌گردد (Javanshah and Alipour, 2003).

طی سال‌های گذشته از ترکیبات شیمیایی مختلفی برای بهبود تحمل به سرما یا تاخیر در شکوفایی جوانه‌های درختان میوه استفاده شده است که از طریق القاء خواب و تشکیل پریدرم، تجمع تنظیم کننده‌های اسمزی، کاهش محتوای آب، کاهش صدمات اکسایشی به غشاء یا با افزایش تولید اسید آبسیزیک درون‌زاد باعث افزایش تحمل به سرمای درختان می‌شوند (Karimi, 2014). مواد تاخیراندازنده شکوفایی جوانه‌ها مانند روغن سویا در پسته (Javanshah and Alipour, 2003) و انگور (Chayani et al, 2015) با جلوگیری از خروج CO_2 و کاهش میزان تنفس در جوانه‌ها به طور موفقیت آمیزی توانسته باعث تاخیر در باز شدن جوانه‌ها درگیاهان تیمار شده شوند. در این راستا اعلام شده است روغن ولک به طرق مختلف از جمله تامین نیاز سرمایی درختان، مخلوط با سموم به منظور مبارزه با آفات و همراه با مکمل‌های غذایی با هدف افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و به دنبال آن افزایش عملکرد توسط باغداران در باغات انگور استفاده می‌شود (Chayani et al, 2015; Beede and Ferguson, 2003).

علی‌رغم کاربرد جداگانه پتاسیم، کلسیم و روغن ولک در مطالعات قبلی، کاربرد ترکیبی این مواد به منظور کاهش اثرات سرمازدگی بهاره در درختان میوه به‌ویژه انگور گزارش نشده است. لذا در مطالعه حاضر اثرات ترکیبی و جداگانه این مواد بر تحمل به سرمای بهاره و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با آن در انگور بی‌دانه سفید در شرایط باغی مورد ارزیابی قرار گرفته است. هدف نهایی این تحقیق دستیابی به غلظت‌های مناسب کودها و اختلاط آن‌ها با مواد امولسیون شونده (ولک) است که باعث افزایش توان تحملی جوانه‌های بارده تاک در مواجه با سرمای بهاره و یا تحمل به سرما از طریق تاخیر در باز شدن جوانه‌ها به‌منظوراجتناب از سرمای دیررس بهاره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در یک تاکستان ۲۰ ساله واقع در روستای عباس آباد از توابع شهرستان خنداب استان مرکزی (ارتفاع از سطح دریا ۱۸۳۰ متر؛ عرض جغرافیایی ´۴۹ °۳۴ و طول جغرافیایی ´۲۲ °۴۹) اجرا گردید. طبق داده‌های آماری ثبت شده طی سال‌های ۹۷-۱۳۶۰ واقع در ایستگاه سینوپتیک شهر خنداب که نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به تاکستان محل پژوهش است حداکثر مطلق دما ۴۱/۵، حداقل مطلق دما ۲۹- درجه‌سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین طی این دوره آماری میانگین سالانه تعداد روزهای یخبندان ۱۰۱ روز، میانگین رطوبت ۴۷ درصد و میانگین بارندگی ۳۹۵ میلی‌متر می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تاکستان محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تاکستان محل آزمایش

عمق خاک (cm)	سیلت (٪)	شن (٪)	رس (٪)	بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	مواد خنثی کننده (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)
۰-۳۰	۳۷	۳۷	۳۶	لومی	۷/۷	۰/۷۷	۱۹	۹	۲۰۰	۰/۰۵	۰/۵۲
۳۰-۶۰	۵۳	۲۳	۲۴	لومی شنی	۷/۷	/۷۶	۲۸	۴	۶۰	۰/۰۳	۰/۲۷

در این باغ تاک‌ها با فاصله ۵×۲ متر روی ردیف‌های شمالی -جنوبی با سیستم تربیت خزنده کاشته شده بودند. با توجه به نقش مهم هرس بر عملکرد و کیفیت میوه تعداد ۲۵ شاخه‌ی ٦ جوانه‌ای در هر بوته نگهداری و مابقی شاخه‌ها هرس شد. مبارزه با آفات تریپس و خوشه‌خوار انگور با استفاده از سم دیازینون به‌ترتیب در ابتدا و اواسط فصل انجام شد. برای مبارزه با بیماری سفیدک سطحی از گل گوگرد در دو نوبت قبل و بعد گلدهی استفاده شد. آبیاری تاک‌ها به‌صورت غرقابی و به فاصله ۱۵ روز یکبار انجام شد.

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ٤ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، روغن ولک، روغن ولک+ کلسیم، روغن ولک+ پتاسیم، پتاسیم، کلسیم، کلسیم + پتاسیم و ولک+ کلسیم+ پتاسیم بود. غلظت تیمارهای ولک، کلسیم و پتاسیم به‌ترتیب ۱، ۲ و ۳ درصد در نظر گرفته شد. منبع کودهای کلسیم و پتاسیم به‌ترتیب سولفات‌کلسیم و سولفات‌پتاسیم بود. اعمال تیمار محلول‌پاشی در دو نوبت در زمان نوک‌پنبه‌ای شدن و یک هفته پس از آن در عصر و ساعات خنک روز صورت گرفت. در طول فصل رشد، بوته‌ها بصورت روزانه مورد بررسی قرار گرفتند و زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژیکی ثبت گردید.

نمونه‌گیری جوانه‌ها یک هفته بعد از آخرین محلول‌پاشی‌انجام شد که طی آن تعداد ۱۰ شاخه به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر از گره‌های میانی شاخه‌های یکساله انتخاب و جمع‌آوری شد. شاخه‌ها با یخدان یونولیتی برای ارزیابی‌های بعدی به آزمایشگاه علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه ملایر منتقل شدند.

سنجش فنولوژیکی و فیزیولوژیکی: برای اندازه‌گیری صفات فنولوژیکی روز تا بازشدن، ارزیابی شکوفه‌های جوانه‌ها به صورت روزانه صورت گرفت. ملاک بازشدن جوانه‌ها رسیدن آنها به مرحله نوک سبز بود (Chayani et al., 2015). مدت زمان لازم برای باز شدن ۵۰ درصد جوانه‌ها از زمان محلول‌پاشی به عنوان تاریخ شکوفایی در نظر گرفته شد (Karimi, 2014).

سایر صفات از قبیل محتوای آب نسبی برگ به روش Ritchie و همکاران (۱۹۹۰)، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ به روش Arnon (۱۹٤۹)، فنول کل به روش Velioglu و همکاران (۱۹۹۸)، کربوهیدرات‌های محلول به روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲)، پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و پروتئین‌های محلول به روش Bradford (۱۹۸۷) انجام گرفت. پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء بر اساس غلظت مالون‌دی‌آلدهید تولید شده در اثر آسیب به غشاء و واکنش آن با تیوباربیتوریک اسید که ایجاد کمپلکس رنگی می‌کند اندازه‌گیری شد (Buege and Aust, 1978).

برای اندازه‌گیری نشت یونی ابتدا شاخه‌ها از اتاقک سرما ساز ترموگردیان (بعد از کاهش تدریجی دما به با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در هر ساعت) خارج و به‌منظور ذوب شدن تدریجی و ارزیابی نشت یونی، ابتدا ۲ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و سپس ۳ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. درصد نشت یونی با استفاده از روش Ershadi و همکاران (۲۰۱٦) اندازه‌گیری شد.

داده‌های حاصل از سنجش‌های انجام شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

بر اساس نتایج جدول ۲ اثر محلول‌پاشی روغن ولک، کلسیم و پتاسیم و ترکیب آنها بر صفت فنولوژیک روز تا باز شدن جوانه‌ها، میزان نشت‌یونی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء جوانه و غلظت رنگیزهای فتوسنتزی برگ انگور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

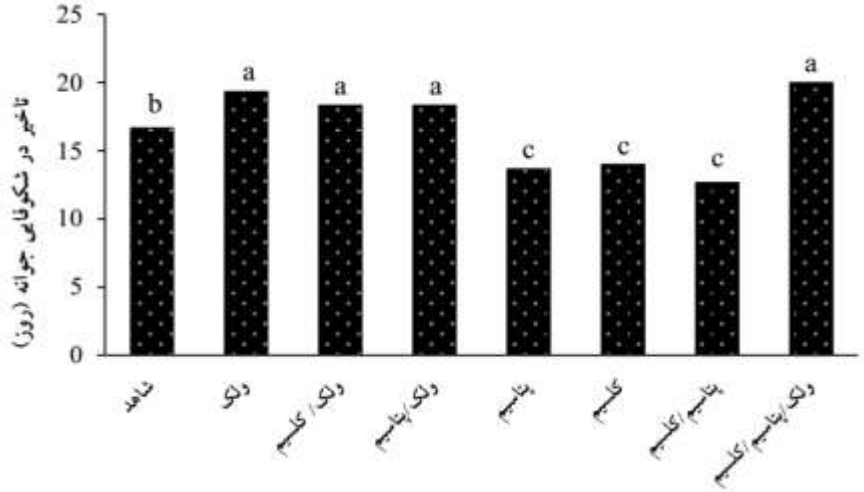
جدول ۲: تجزیه واریانس تیمارهای ترکیبی روغن ولک، کلسیم و پتاسیم بر صفات روز تا باز شدن جوانه، نشت یونی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ انگور بی‌دانه سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		روز تا باز شدن جوانه	نشت یونی	پراکسیداسیون غشاء	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئیدها	کلروفیل کل
تیمار	۷	۳۶/۶۳**	۰/۰۱۶۷**	۰/۱۰۱۳**	۰/۱۳۱**	۰/۳۹۷ **	۰/۶۵۲**	۰/۷۸٤**
خطا	۲۱	۰/۹۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۵
ضریب‌تغییرات	-	۵/۹	۸/۷٤	٤/۷۵	۱/٦٤	۵/۹٦	۲/۲۵	۱/۲۷

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

اثر تیمارهای ترکیبی ولک، کلسیم و پتاسیم بر صفات روز تا باز شدن جوانه، نشت یونی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ انگور بی‌دانه سفید در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲)

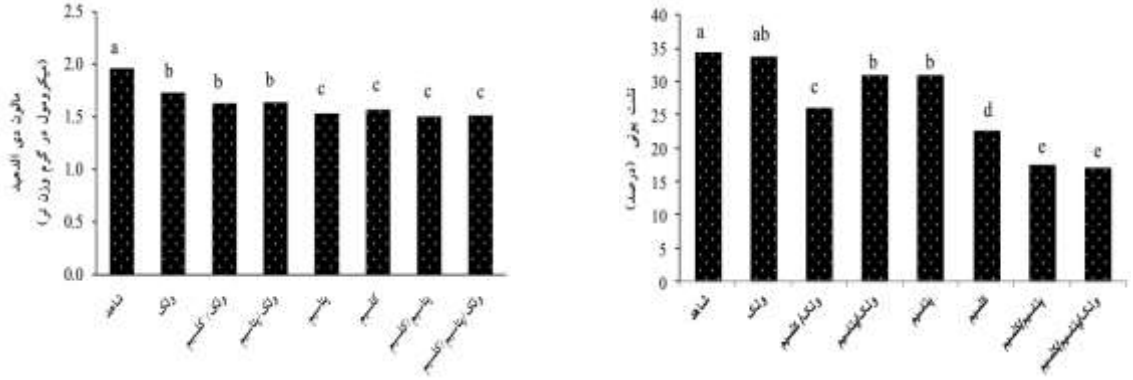
تاخیر در شکوفایی جوانه‌ها: تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم منجر به تاخیر در باز شدن جوانه‌ها به مدت ۵ روز در مقایسه با تاک‌های شاهد شد (شکل ۱) اگرچه ازلحاظ آماری با تعداد روز تاخیر در باز شدن جوانه‌ها در تیمار ولک به تنهایی یا ترکیب ولک با کلسیم و پتاسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. شکوفایی جوانه در تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم و پتاسیم دو روز زودتر از تاک‌های شاهد اتفاق افتاد (شکل ۱).



شکل ۱: اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آنها بر روز تا باز شدن جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪).

نشت‌یونی: تیمارهای ترکیبی به طور معنی‌داری باعث کاهش نشت یونی در جوانه تاک‌های تحت تیمار شد. کمترین میزان نشت یونی که شاخصی از آسیب وارده به غشاء پلاسمایی سلول می باشد مربوط به تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم بود که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با مقادیر نشت یونی اندازه‌گیری شده در تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم + پتاسیم نداشت (شکل ۱- الف). بیشترین درصد نشت یونی مربوط به تاک‌های شاهد بود (شکل ۲).

پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء: غلظت مالون‌دی‌آلدهید تولید شده در اثر آسیب به غشاء به‌عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء جوانه در تاک‌های شاهد (۱/۹۷ میکرومول برگرم وزن‌تر) بیش از دیگر تیمارها بود. تیمارهای ترکیبی باعث کاهش تولید مالون‌دی‌آلدهید جوانه تاک‌های تحت تیمار شدند به طوری که کمترین مقدار این شاخص آسیب به غشاء (۱/۵۰ میکرومول برگرم وزن‌تر) در تاک‌هایی که با کلسیم + پتاسیم محلول-پاشی شده بودند مشاهده شد (شکل ۲) که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری تیمارهای ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم، پتاسیم + کلسیم و پتاسیم و کلسیم به تنهایی نداشت (شکل ۲).



شکل ۲: اثر کاربرد روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آنها بر نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء جوانه‌ی انگور بی‌دانه‌سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵درصد).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: بیشترین میزان کلروفیل a برگ (بیش از ۱۰ درصد نسبت به تاک‌های شاهد) مربوط به تیمار ترکیبی کلسیم + پتاسیم بود که البته از لحاظ آماری با محتوای کلروفیل a به دست آمده از تاک‌های تیمار شده با کلسیم و پتاسیم به تنهایی و ترکیب ولک+ کلسیم + پتاسیم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آنها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ انگور بی‌دانه سفید

تیمار	کلروفیل a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b (mg g^{-1} FW)	کاروتنوئیدها (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل (mg g^{-1} FW)
شاهد	۲/۷۵^{c}	۰/٤٦^{e}	۱/٤۲^{d}	۳/۵۱^{f}
ولک	۲/۷۳^{c}	۰/۳٦^{f}	۱/۲۰^{g}	۳/۲٦^{g}
ولک+کلسیم	۲/۹۸^{ab}	۰/۳۸^{f}	۱/۲۷^{f}	۳/٦٦^{e}
ولک+پتاسیم	۲/۹۵^{b}	۰/۷۵^{d}	۱/۳٤^{e}	٤/۰۰^{d}
پتاسیم	۳/۰۲^{a}	۱/۱۱^{a}	۱/۸۵^{c}	٤/۳۸^{a}
کلسیم	۳/۰۲^{a}	۰/۸۸^{c}	۰/۹۰^{h}	٤/۲۰^{c}
پتاسیم+کلسیم	۳/۰۷^{a}	۱/۱۰^{a}	۲/۰۵^{a}	٤/۵۳^{a}
ولک+کلسیم+پتاسیم	۳/۰۰^{a}	۰/۹۸^{b}	۱/۹۳^{b}	٤/۱۵^{c}

†میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪).

در مورد کلروفیلb و کلروفیل کل و کلروفیل بیشترین مقدار مربوط به تاک‌های تیمار شده با پتاسیم به تنهایی (بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار کلسیم و پتاسیم) بود (جدول ۳). تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم و پتاسیم محتوای کارتنوئیدی بیشتری داشتند (جدول ۳). کمترین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی مربوط به تاک‌هایی بود که با روغن ولک محلول‌پاشی شده بودند (جدول ۳).

جدول ٤: تجزیه واریانس اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات محلول، پرولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		محتوی آب نسبی	کربوهیدرات محلول	پرولین	پروتئین محلول	فنل کل
تیمار	۷	۰/۰۰۹۷**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۷۳**	۰/٤۹۵۰**	۰/۰۲۲۵**
خطا	۲۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰٦	۰/۰۵۷	۰/۰۰۷۱
ضریب تغییرات		۵/۳	۳/۲۲	۲۱/۱۳	۸/۲۳	۱۲/٦۸

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات محلول، پرولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤).

محتوای آب نسبی: محتوای آب‌نسبی تاک‌های شاهد (بدون اختلاف معنی‌دار با تاک‌های تیمار شده با روغن ولک به تنهایی) بیش از سایر تیمارها بود. کمترین محتوای آب نسبی مربوط به تاک‌هایی بود که با ترکیب کلسیم + پتاسیم محلول‌پاشی شده بودند (جدول ۵).

کربوهیدرات‌های محلول: تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم + پتاسیم در مقایسه با دیگر تیمارها کربوهیدرات محلول بیشتری داشتند به طوری که این مقدار در مقایسه با شاهد ۷/۳۲ درصد و در مقایسه با تیمار ولک به تنهایی ۹/٤۸ بیشتر بود (جدول ۵). کمترین غلظت کربوهیدرات مربوط به تاک‌های تیمار شده با روغن ولک به تنهایی (بدون اختلاف معنی‌دار با تاک‌های شاهد) بود (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات، پرولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید.

تیمار	محتوی آب نسبی (%)	کربوهیدرات محلول (mg g^{-1} FW)	پرولین (µmol g^{-1} FW)	پروتئین محلول (mg g^{-1} FW)	فنل کل (mg g^{-1} FW)
شاهد	۷۸^{a}	۲۱/۵۰^{cd}	۰/٦۵^{e}	۲/۱٤^{d}	۲/۳۰^{e}
ولک	۷۷^{a}	۲۱/۰۰^{d}	۰/٦۷^{e}	۲/۷۰^{c}	۸/۵۰^{b}
ولک+کلسیم	۷٤^{b}	۲۲/۲۰^{bc}	۰/۸۲^{ed}	۳/۰۲^{b}	۷/٦۰^{bc}
ولک+پتاسیم	٦۸^{c}	۲۲/۰۰^{bc}	۱/۵۵^{ab}	۲/۸۷^{c}	۷/۱۰^{c}
پتاسیم	۷٤^{b}	۲۳/۰۰^{a}	۱/۲۲^{bc}	۳/۱٦^{a}	۹/۰۰^{a}
کلسیم	۷۳^{b}	۲۲/٤۰^{b}	۱/۰۵^{cd}	۳/۱۲^{a}	٤/۷۰^{d}
پتاسیم+کلسیم	٦۳^{d}	۲۳/۲۰^{a}	۱/٦۰^{a}	۳/۱۹^{a}	۸/۷۰^{ab}
ولک+کلسیم+پتاسیم	۷۵^{b}	۲۲/۳۰^{b}	۱/۷۲^{a}	۳/۰٦^{b}	۵/۱۰^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪).

پرولین: بیشترین غلظت پرولین (۱/۷۲ میکرومول بر گرم وزن‌تر) جوانه در تاک‌های محلول‌پاشی شده با روغن ولک + پتاسیم + کلسیم مشاهده شد که البته از لحاظ آماری با مقدار پرولین جوانه تاک‌های تیمار شده با تیمار کلسیم + پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان پرولین (۰/٦٥ میکرومول بر گرم وزن‌تر) مربوط به تاک‌های شاهد (بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ولک به تنهایی) بود (جدول ۵).

پروتئین محلول: تاک‌های تیمار شده با ترکیب پتاسیم و کلسیم حاوی بیشترین میزان پروتئین محلول جوانه بودند اگرچه از لحاظ آماری با مقادیر پروتئین محلول تیمار پتاسیم و کلسیم به تنهایی وجود نداشت (جدول ٤). تاک‌های شاهد در مقایسه با سایر تیمارها پروتئین محلول کمتری نشان دادند (جدول ۵).

فنول کل: بیشترین فنول کل اندازه‌گیری شده در تاک‌های تیمار شده با پتاسیم به تنهایی مشاهده شد که البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با مقدار فنول کل در تیمار ترکیب پتاسیم و کلسیم نشان نداد (جدول ۵). به عبارت دیگر محتوای فنول کل در تاک‌های تیمار شده با پتاسیم ٧٤ درصد بیشتر از تاک‌های شاهد بود (جدول ۵).

بحث

تاخیر در بازشدن جوانه در اواخر زمستان یا اوایل بهار یکی از سازوکارهایی است که درختان میوه به منظور اجتناب از سرمازدگی بهاره به کار می‌برند. همچنین تغلیظ شیره سلولی از طریق کاهش محتوای آب آزاد سلولی و تجمع اسمولیت‌های سازگاری از قبیل کربوهیدرات‌های محلول و پرولین آزاد از دیگر سازوکارهای سلولی به منظور تحمل دمای پایین در درختان میوه است (Ghasemi et al., 2012). در مطالعه حاضر کاربرد روغن ولک به تنهایی یا در ترکیب با کلسیم و پتاسیم با ایجاد پوشش خارجی روی فلس‌های جوانه و کاهش سوخت و ساز درونی باعث به تعویق انداختن شکوفایی جوانه به مدت ۵ روز در مقایسه با تاک‌های شاهد شد که می تواند تاحدودی بستگی به سال منجر به کاهش رویارویی جوانه‌های درحال شکوفایی با دمای پایین شود (سازوکار اجتناب). در این راستا اعلام شده است اثر روغن سویا در ترکیب نفتالین استیک اسید باعث به تاخیر انداختن زمان باز شدن جوانه‌ها و کاهش خسارت سرمای بهاره در انگور رقم فخری گشت (Chayani et al., 2015). به نظر می‌رسد کاربرد روغن در دوره‌ی خواب گیاه ضمن تغییر در ترکیب هوای داخل جوانه و محدود کردن تبادلات گازی، در به تأخیر انداختن زمان بازشدن جوانه‌های انگور موثر است (Dami and Beam, 2004). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در داخل بافت‌ها به دلیل وجود پوشش‌های روغنی روی جوانه‌ها و جلوگیری از انتشار آن و در نتیجه کاهش تنفس می‌تواند در کنترل فعالیت جوانه‌ها و زمان شکوفایی آنها موثر باشد (Chayani et al, 2015). از طرفی با بررسی تاثیر کاربرد این تیمارها مشخص شد که در تیمارهای پتاسیم یا کلسیم و یا ترکیب این دو با روغن ولک توانست باعث تجمع بیشتر اسمولیت‌های سازگاری اندازه گیری شده در مطالعه حاضر شود که تاییدی بر اثرات این عناصر بر مسیرهای مرتبط با بیوسنتز و یا انتقال این ترکیبات می باشد که با تغلیظ شیره سلولی موجب افزایش تحمل به سرما شده است (سازوکار تحمل). افزایش تحمل به یخزدگی و سرمازدگی در اثر کاربرد پتاسیم (Sarikhani et al., 2014; Karimi, 2017) و کلسیم (Karimi and Ebrahimi, 2017) در مطالعات دیگران نیز گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد که با بالا رفتن غلظت پتاسیم در تاک‌ها با افزایش زیر ساخت‌های لازم برای ساخت قندها و پروتئین‌ها، زمینه برای پیوند درشت مولکول‌ها با آب آزاد فراهم

گشته و به این ترتیب باعث افزایش تحمل به یخزدگی در جوانه‌ها می‌شود (Keller, 2010). از طرفی کلسیم دارای نقش تنظیمی در رشد و نمو بوده و به عنوان میانجی پاسخگر در برای محرک‌های اکولوژیکی از قبیل تنش سرما عمل می‌کند (Du and Poovaiah, 2005). با کاهش دما کانال‌های یون کلسیم در غشای پلاسمایی فعال شده که با افزایش غلظت این یون در سیتوسول فرایند سازگاری به سرما را در گیاه مدیریت می‌کند (Catala et al., 2003).

در مطالعه حاضر مقدار نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء به عنوان دو نشانگر فیزیکی و بیوشیمیایی تخریب غشا در اثر دمای پایین (Karimi et al., 2014) در تاک‌های تیمار شده به ترتیب با ترکیب روغن ولک، پتاسیم و کلسیم و ترکیب پتاسیم + کلسیم کمتر از دیگر تیمارها به ویژه تاک‌های شاهد بود. به نظر می رسد تاخیر ایجاد شده در شکوفایی جوانه‌ها در اثر کاربرد تیمار اخیر باعث حفظ سازگاری در برابر دمای پایین شده که این امر به نوبه خود باعث پایداری بیشتر غشاهای زیستی در این شرایط شده است که با نتایج به دست آمده در اثر کاربرد سولفات کلسیم (Karimi and Ebrahimi, 2017)، سولفات پتاسیم (Karimi, 2017) و روغن سویا و نفتالین استیک اسید (Chayani et al, 2015) روی ارقام مختلف انگور مطابقت دارد. هرچه میزان هدایت الکتریکی بیشتر باشد، به این معنی است که مواد محلول بیشتری از سلول آزاد شده است و خسارت بیشتری به غشاء سلول‌ها وارد شده است (Karimi and Ershadi, 2015). عنوان شده است کلسیم با ممانعت از فعالیت‌های آنزیمی پلی گالاکتورونناز و به‌دنبال آن کاهش در قابلیت تجزیه‌پذیری آنزیمی مواد پکتینی موجود در تیغه‌ء میانی و کاهش نشت یونی ارتباط دارد (Demarty et al, 1984). از آنجایی‌که پتاسیم باعث افزایش میزان قند در گیاهان می‌شود، قندها و قندهای الکلی با افزایش پتانسیل اسمزی درون یاخته‌ای و کاهش انجماد، از غشا سلول نیز در برابر سرما محافظت می‌کنند و با پایداری پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و چربی‌های غشا، مقدار نشت یونی را کاهش می‌دهند (Marschner, 2012; Karimi, 2017). هرچه غلظت مالون دی آلدهید کاهش یابد، موجب پایداری بیشتر اسیدهای چرب غیر اشباع و تحمل بیشتر به تنش می‌شود (Maali-Amiri et al, 2007). همچنین کلسیم با حفظ فعالیت سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تجمع پرولین می‌تواند آسیب‌های وارده از طریق تنش در گیاه را بکاهد و میزان تولید مالون‌دی‌آلدهید، نشانگر پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء را در شرایط تنش کاهش دهد (Zhang et al., 2003). افزایش در میزان مالون دی‌آلدهید در نتیجه تنش کلسیم و پتاسیم در برگ انگور، برگ‌های گلابی و پایه‌های سیب، گزارش شده است (Maali-Amiri et al., 2007). به نظر می‌رسد که عنصر کلسیم و پتاسیم با تقویت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا را کاهش می‌دهد.

غلظت کلروفیل کل در تاک‌های تیمار شده با پتاسیم به تنهایی و یا در ترکیب با کلسیم بیش از دیگر تیمارها بود. در حالی‌که غلظت کلروفیل کل در تاک‌های تیمار شده با روغن ولک به تنهایی در مقایسه با سایر تیمارها کاهش یافت. در مطالعه‌ای روی پسته کاربرد روغن ولک باعث کاهش غلظت کلروفیل در مقایسه با درختان شاهد شد (Alipur and Ghaffari, 2011) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین در گیاه پاپایا با افزایش مصرف سولفات پتاسیم محتوای کلروفیل افزایش یافت (Kumar et al., 2006). در گزارش اعلام شد تاک‌های تغذیه شده با غلظت ۲ درصد کلسیم به تنهایی یا در ترکیب با سطوح مختلف سولفات‌روی کلروفیل

بیشتری نشان دادند (Karimi and Ebrahimi 2017). محققین گزارش کردند بالا رفتن فعالیت‌های فتوسنتزی ناشی از افزایش محتوای نسبی کلروفیل در برگ‌ها به واسطه نقش پتاسیم در سنتز پیش ماده رنگدانه‌های کلروفیل می‌تواند باشد و افزایش محتوی نسبی کلروفیل در برگ‌ها انتقال انرژی تابشی را به داخل انرژی شیمیایی اولیه در شکل ATP و NADPH در کلروپلاست‌ها بهبود می بخشد (Kumar et al, 2006).

در مطالعه حاضر تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم و پتاسیم محتوای آب کمتر ولی محتوای کربوهیدرات محلول و پروتئین محلول بیشتری داشتند که حاکی از نقش این عناصر در سازگاری به سرما می‌باشد. این تغییرات فیزیولوژیکی با هدف کاهش آب آزاد یاخته‌ای و کاهش نقطه انجماد در جوانه رخ می‌دهد. در بررسی سایر پژوهشگران نیز کاربرد برگی سولفات پتاسیم باعث افزایش کربوهیدرات‌های محلول شد (Sarikhani et al., 2014؛ Abdel-Razek et al, 2011). تحقیقات نشان داده است عنصر پتاسیم باعث تجمع کربوهیدرات‌های محلول، تنظیم اسمزی و فعال کردن آنزیم‌ها می‌شود (Websterand Ebdon, 2005). کلسیم در استحکام دیواره سلول‌ها و حفظ ساختار و کارکرد غشاء نقش کلیدی دارد و قابلیت نگهداری آب سلول‌ها را افزایش می‌دهد (Tavallali et al., 2008). در این راستا اعلام شده است پتانسیل آب بوسیله محتوای آب درون سلول و غلظت محلول در آب درون سلولی حفظ می‌شود (Karimi, 2012).

در مطالعه حاضر غلظت پرولین جوانه در تاک‌های تیمار شده با روغن ولک در ترکیب با سولفات پتاسیم و کلسیم بیشتر از سایر تیمارها بود. مطابق با نتایج پژوهش حاضر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به تنهایی منجر به افزایش غلظت پرولین در انگور شد که نشان دهنده توانایی پتاسیم در تجمع تنظیم کننده‌های اسمزی به منظور جلوگیری از آبکشیدگی جوانه در برابر یخزدگی می‌باشد (Sarikhani etal., 2014). پرولین با تعدیل اسمزی باعث کاهش پتانسیل آب و زدودن گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در زمان یخزدگی شده و به پایداری غشاء در مواجهه با تنش یخزدگی کمک می‌کند. همچنین پرولین با اثر بر آنزیم‌ها در حفظ ساختار و فعالیت پروتئین نقش ایفا می‌کند (Thomashow, 1999).

بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق بیشترین پروتئین‌های محلول مربوط به تاک‌های تیمار شده با کلسیم + پتاسیم حاصل گردید. افزایش پروتئین محلول در اثر کاربرد مقدار بالای پتاسیم به تنهایی نیز گزارش شده است (Karimi, 2012; Sarikhani et al., 2014). در آزمایشی اثر کاربرد برگی اوره و سولفات پتاسیم بر غلظت پروتئین‌های محلول جوانه انگور بی‌دانه سفید در تمامی مرحله‌های ارزیابی معنی‌دار شد (Karimi et al., 2014). به نظر می‌رسد که تجمع پروتئین‌های محلول باعث کاهش آب آزاد درون یاخته‌ای و به همان نسبت افزایش آب پیوندی می‌شود که این موضوع ضمن تجمع اسمولیت‌های سازگار و تغلیظ بیشتر شیره یاخته‌ای ممکن است باعث افزایش ظرفیت فراسردی جوانه شود (Mengel et al., 2007; Karimi et al., 2014). بیشترین فنول کل اندازه‌گیری شده در تاک‌های تیمار شده با پتاسیم به تنهایی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها به ویژه بوته‌های شاهد نشان داد. در نتایج محققان محلول‌پاشی پتاسیم باعث افزایش فنول در انگور شد و محققان نیاز به مقادیر زیاد پتاسیم را به نقش بازدارندگی پتاسیم در مقابل تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPH نسبت داده‌اند

(Keller, 2010). ترکیبات فنولی به عنوان گیرنده رادیکالهای آزاد عمل کرده و سبب مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند (Schaller and Kieber, 2002). کلسیم از طریق تأثیر بر آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیالیاز، پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز نقش خود را ایفا می‌کند، این آنزیم‌ها در سنتز و اکسیداسیون فنول نقش دارند (Kanmegne and Omokolo, 2003). در مورد علت افزایش ترکیبات فنلی‌ها در اثر کاربرد پتاسیم می‌توان گفت که پتاسیم رشد گیاه را افزایش داده و باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده و به علت تخصیص کربن اضافی به مسیر شیکمیک اسید موجب افزایش ترکیبات فنلی می‌شود (Nguyen et al., 2010). از طرف دیگر ثابت شده است که پتاسیم با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید است میزان ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد (Soares et al., 2005) که تاییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج بدست امده کاربرد ترکیب روغن ولک، پتاسیم و کلسیم درمقایسه با دیگر تیمارها بیشترین تاخیر را در شکوفایی جوانه انگور ایجاد کرد که به نظر می‌رسد از طریق تجمع بیشتر اسمولیت‌های سازگاری از قبیل کربوهیدرات‌های محلول و پرولین و پروتئین‌های محلول و نیز تولید متابولیت‌های ثانویه بیشتر ترکیبات فنولی می‌تواند ضمن اجتناب از سرمازدگی بهاره باعث تقویت وضعیت تغذیه‌ای جوانه‌ها قبل از شکوفایی و بهبود گلدهی و تشکیل میوه شود. با توجه به اینکه ترکیب روغن ولک با سولفات‌پتاسیم و سولفات‌کلسیم اثر بخشی بیشتری بر تاخیر شکوفایی جوانه‌ها نشان داد لذا این ترکیب می‌تواند برای اجتناب از سرمازدگی بهاره در باغات انگور به جای استفاده جداگانه هر کدام از این مواد توصیه شود.

Refrences

Abdel-Razek, E., Treutter, D., Saleh, M.M.S., El-Shammaa, M., Fouad, A.A. and Abdel-Hamid, N. (2011). Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of 'crimson seedless' grape. Agriculture and Biology Journal of North America, 2:330-340.

Alipur, H. and Ghaffari., F. (2011). The effect of application of spring volcano oil and its combination with other food elements on physiological traits, pistachio fruit performance and quality. Iranian Journal of Horticulture, 41: 281-275.

Bates, L.S., Waldern R.P. and Teave I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress standies. Plant and Soil, 39: 205-107.

Beede, H. and Ferguson, L. (2003). Effect of rootstock and treatment date on the response of pistachio to dormant applied horticultural mineral oil. Acta Horticulturae, 591: 53-56

Bradford, M.M. (1987). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytic Biochemistry, 72:248-254.

Buege, J.A. and Aust, S.D. (1978) .Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol, 52:302-310.

Catala, R., Santos, E., Alonso, J.M., Ecker, J.R., Martinez-Zapater, J.M. and Salinas, J. (2003). Mutations in the Ca^{+2}/H^{+} transporter CAX1 increase CBF/DREB1 expression and the cold-acclimation response in Arabidopsis. Plant and Cell, 15: 2940–2951.

Chayani, S., Ershadi., A. and Sarikhani, H. (2015). The effect of soybean oil and naphthalene acetic acid on delaying the opening time of the buds and reducing the damage caused by spring planting in Fakhri grapevine cultivar. Journal of Crop Improvement, 17: 357-351.

Dami, I. and Beam, B.A. (2004). Response of grapevines to soybean oil application. American Journal of Enology and Viticulture. 55: 269-275.

Demarty, M., Morvan, C. and Thellier M. (1984). Calcium and the cell wall. Plant Cell Envirom. 7:441-448.

Du, L. and Poovaiah, B.W. (2005). Ca^{+2}/ calmodulin is critical for brassinosteroid biosynthesis and plant growth. Nature, 437: 741–745.

Ershadi, A., Karimi, R. and Naderi Mahdei, K. (2016) Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars. Acta Physiologiea Plantarum, 38: 1-10.

Ghasemi, A.A., Ershadi, A. and Fallahi, E. (2012). Evaluation of cold hardiness in seven Iranian commercial pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. HortScienc, 47: 1821-1825.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.

Javanshah, A. and Alipour, H. (2003). Compensation of chilling requirement using chemical treatments on pistachio trees. In: Proceedings of 7th international symposium of TZFTS, Solan.

Kanmegne, G. and Omokolo N.D. (2003). Changes in phenol content and peroxidase activity during in vitro organogenesis in Xanthosoma sagittifolium L. Plant Growth Regulation, 40: 53 - 7

Karimi, R. (2014). Evaluation of nutrition and abscisic acid on grapevine cold tolerance. Ph.D. Dissertation in Horticulture, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticulturea, 215: 184-194.

Karimi, R. and Ebrahimi, M. (2017). Effects of calcium and zinc spray on spring chilling tolerance of 'Sultana' grapevine. The 10th Scientific Congress of Horticulture, 15th and 16th of September, Tarbiat Modares University.

Karimi, R., Ershadi, A., Esna-Ashari, M. and Mashhadi Akbar Bojar, M. (2014). Seasonal changes in soluble proteins, total phenol, malondialdehyde content and their relationship with the cold tolerance of some grapevine cultivars. Journal of Crop Improvement, 16: 999-1013.

Keller, M. (2010). The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. Burlington, MA: Academic Press. 400 p.

Kumar, N., Meenakshi, N., Suresh, J. and Nosov, V. (2006). Effect of potassiums nutrition on growth, yield and quality of papaya (*Carica papaya* L.). Indian Journal of Fertilizers, 2: 43-47.

Linden, L. (2002). Measuring cold hardiness in woody plants. Academic dissertation, Department of Applied Biology and Horticulture, University of Helsinki, Finland.

Maali-Amiri, R., Goldenkova-Pavlova, I.V. and Pchelkin, V.P. (2007). Lipid fatty acid composition of potato plants transformed with the deta12-desaturase gene from cyanobacterium. Russian Journal of Plant Physiology, 54:678-685.

Marschner H. (1995). Mineral Nutrition of Higher plants. Academic Press, London, UK.

Mengel, K. (2007). Potassium. pp: 91-120. In: Barker, A.V. and D.J. Pilbeam (Eds.). Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, NY, USA. 632 p.

Nguyen, P.M., Kwee, E.M. and Niemeyer, E.D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concenteration of basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves. Food Chemistry, 123: 1235-1241.

Ritchie S.W., Nguyen H.T. and Holaday A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.

Sarikhani, H., Haqi, H., Ershadi, A., Esna Ashari, M. and Pouya, M. (2014). Foliar application of potassium sulphate enhances the cold-hardiness of grapevine (*Vitis vinifera* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 89: 141–146.

Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N. and Souza, L.F. (2005). Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of Potassium. Postharvest Biology and Technology, 35: 201-207

Tavallali, V., Rahemi, M., and Panahi, B. (2008). Calcium induces salinity tolerance in pistachio rootstocks. Fruits, 63: 201-208.

Thomashow, M.F. (1999). Plant cold acclimation: Freezing tolerance genes and regulatorymechanisms. Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:571-599.

Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46: 4113-4117.

Webster, D.E. and Ebdon, J.S. (2005). Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial raygrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. HortScience, 40:842-849.

Yadeghari. L.Z., Heidari, R. and Carapetian, J. (2008). The influence of cold acclimation on proline, malondialdehyd (MDA), Total protein and pigments contents in soybean (*Glycine max*) seedlings. Research Journal of Biological Sciences, 3: 74-79

Zhang, F., Shi, W., Jim, Z. and Shen, Z. (2003). Response of antioxidative enzymes in cucumber chloroplasts to cadmium toxicity. Journal of Plant Nutrition, 26: 1779-1788.