

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

عباس صابری^۱، روح اله کریمی^{۲*}

^۱گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
^۲گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

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

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی کلسیم، پتاسیم و روغن ولک به صورت تلفیقی و جداگانه بر زمان شکوفایی جوانه و شاخص های فیزیولوژیکی تحمل به سرما در انگور بی دانه سفید، آزمایشی به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ در یک تاکستان ۲۰ ساله واقع در روستای عباس آباد از توابع شهرستان خنداب استان مرکزی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، روغن ولک، روغن ولک + کلسیم، روغن ولک + پتاسیم، پتاسیم، کلسیم + پتاسیم و ولک + کلسیم + پتاسیم بود. تاک ها با روغن ولک (یک درصد) کلسیم (دو درصد) و پتاسیم (سه درصد) در اواخر اسفند طی دو مرحله نوک پنبه ای و یک هفته بعد محلول پاشی شدند. تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم منجر به تاخیر در باز شدن جوانه ها به مدت ۵ روز در مقایسه با تاک های شاهد شد. بیشترین غلظت کربوهیدرات، فنل کل و پروتئین محلول در تاک های 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 رنگیزه ها در تیمار ولک مشاهده شد. بالاترین محتوای آب نسبی، نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء نیز در تاک های شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج این پژوهش، برای اجتناب از سرمای دیررس بهاره در تاکستان ها تلفیق محلول پاشی روغن ولک + کلسیم + پتاسیم در باغات انگور مناسب تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: انگور، تغذیه، تنش سرما، فنول کل، کربوهیدرات.

مقدمه

تاکنون باغات انگور در مناطق سردسیر است که در برخی سال ها ضمن کاهش تولید، باعث تحمیل زیان های اقتصادی کلانی به تاک داران می شود. کاهش محصول با ظهور و تداوم توده هوای سرد در زمان شکوفایی جوانه ها نمود بیشتری پیدا کرده و اغلب سال ها سرمای دیررس بهاره خسارت قابل توجهی به باغداران وارد

انگور (*Vitis vinifera* L.) یکی از مهمترین میوه های منطقه معتدله است که دارای ارزش تغذیه ای - دارویی و نیز فرآورده های جانبی متعدد است. در کنار سازگاری با انواع اقلیم ها و خاک ها، تنوع فرهنگ ها مصرف این محصول ارزشمند، باعث توسعه کشت انگور در بیش از ۹۰ کشور جهان شده است. رقم بی دانه سفید از جایگاه ویژه ای در بین

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

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 می‌توانند 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 برگ‌گی 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 ۶۰ 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 برگ‌گی 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).

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 دی‌آلدئید 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 بلندمدت (غیر فعال) محافظت در برابر صدمه یخ‌زدگی است که با کاهش حساسیت تاک‌ها به دمای

منظور کاهش اثرات سرمازدگی بهاره در درختان میوه به ویژه 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 بی دانه 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 مواجهه با سرمای بهاره و یا تحمل به سرما از طریق تاخیر در باز شدن جوانه‌ها به منظور اجتناب 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- درجه سانتی‌گراد 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.

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 تنظیم‌کننده‌های اسمزی، کاهش محتوای آب، کاهش صدمات اکسایشی به غشاء یا با افزایش تولید اسید آسبیزیک 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 CO₂ و کاهش میزان تنفس در جوانه‌ها به طور موفقیت آمیزی توانسته باعث تاخیر در باز شدن جوانه‌ها در گیاهان 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

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تاکستان محل آزمایش

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

در این باغ تاک‌ها با فاصله ۲×۵ متر روی ردیف‌های شمالی-جنوبی با سیستم تربیت خزنه کاشته شده بودند. با توجه به نقش مهم هرس بر عملکرد و کیفیت میوه تعداد ۲۵ شاخه‌ی ۶ جوانه‌ای در هر بوته نگهداری و مابقی شاخه‌ها هرس شد. مبارزه با آفات تریپس و خوشه‌خوار انگور با استفاده از سم دیازینون به ترتیب 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 به صورت غرقابی و به فاصله ۱۵ روز یکبار انجام شد.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد، روغن ولک، روغن ولک+کلسیم، روغن ولک+پتاسیم، کلسیم، کلسیم+پتاسیم و ولک+کلسیم+پتاسیم بود. غلظت تیمارهای ولک، کلسیم و پتاسیم به ترتیب ۱، ۲ و ۳ درصد در نظر گرفته شد. منبع کودهای کلسیم و پتاسیم به ترتیب سولفات کلسیم و سولفات پتاسیم 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 محلول‌پاشی انجام 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 باز شدن، ارزیابی شکوفه‌های جوانه‌ها به صورت روزانه صورت گرفت. ملاک باز شدن جوانه‌ها رسیدن آنها به مرحله نوک سبز بود

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

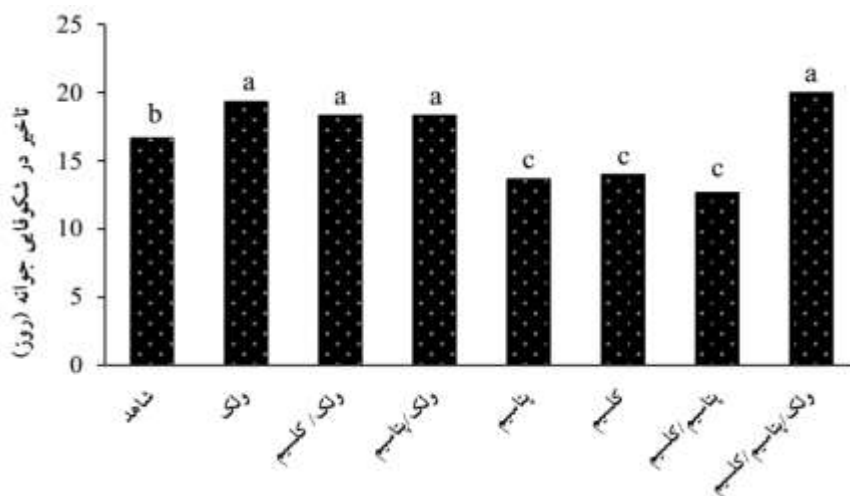
جدول ۲: تجزیه واریانس تیمارهای ترکیبی روغن ولک، کلسیم و پتاسیم بر صفات روز تا باز شدن جوانه، نشست یونی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ انگور بی‌دانه سفید

میانگین مربعات					درجه آزادی	روز تا باز شدن جوانه	منابع تغییر
کلروفیل کل	کاروتنوئیدها	کلروفیل b	کلروفیل a	پراکسیداسیون غشاء			
۰/۷۸۴**	۰/۶۵۲**	۰/۳۹۷**	۰/۱۳۱**	۰/۱۰۱۳**	۰/۰۱۶۷**	۳۶/۶۳**	تیمار
۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۰۵	۰/۹۳	خطا
۱/۲۷	۲/۲۵	۵/۹۶	۱/۶۴	۴/۷۵	۸/۷۴	۵/۹	ضریب‌تغییرات

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

به مدت ۵ روز در مقایسه با تاک‌های شاهد شد (شکل ۱) اگرچه از لحاظ 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).

اثر تیمارهای ترکیبی ولک، کلسیم و پتاسیم بر صفات روز تا باز شدن جوانه، نشست یونی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ انگور بی‌دانه سفید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)
تاخیر در شکوفایی جوانه‌ها: تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم منجر به تاخیر در باز شدن جوانه‌ها



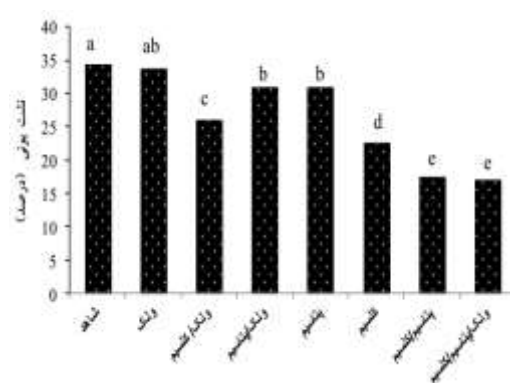
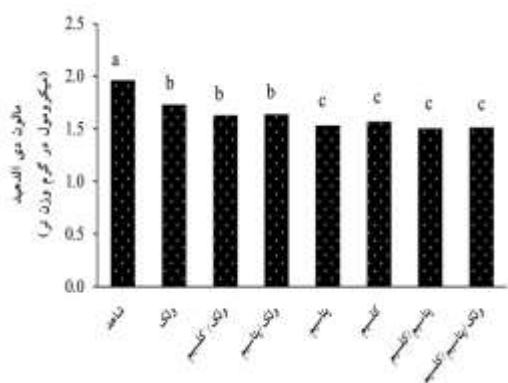
شکل ۱: اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آنها بر روز تا باز شدن جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۰/۰۵).

آماري اختلاف معنی‌داری با مقادیر نشست یونی اندازه‌گیری شده در تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم + پتاسیم نداشت (شکل ۱- الف). بیشترین درصد نشست یونی مربوط به تاک‌های شاهد بود (شکل ۲).

نشست یونی: تیمارهای ترکیبی به طور معنی‌داری باعث کاهش نشست یونی در جوانه تاک‌های تحت تیمار شد. کمترین میزان نشست یونی که شاخصی از آسیب وارده به غشاء پلاسمایی سلول می‌باشد مربوط به تیمار ترکیبی ولک + کلسیم + پتاسیم بود که البته از لحاظ

شاخص آسیب به غشاء (۱/۵۰ میکرومول برگرم وزن تر) 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).

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 وزن تر) بیش از دیگر تیمارها بود. تیمارهای ترکیبی باعث کاهش تولید مالون‌دی‌آلدهید جوانه تاک‌های تحت تیمار شدند به طوری که کمترین مقدار این



شکل ۲: اثر کاربرد روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آنها بر نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء 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 درصد).

تیمار شده با کلسیم و پتاسیم به تنهایی و ترکیب ولک+ کلسیم + پتاسیم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

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

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	۰/۴۶ ^e	۱/۴۲ ^d	۳/۵۱ ^f
ولک	۲/۷۳ ^c	۰/۳۶ ^f	۱/۲۰ ^g	۳/۲۶ ^g
ولک+کلسیم	۲/۹۸ ^{ab}	۰/۳۸ ^f	۱/۲۷ ^f	۳/۶۶ ^e
ولک+پتاسیم	۲/۹۵ ^b	۰/۷۵ ^d	۱/۳۴ ^e	۴/۰۰ ^d
پتاسیم	۳/۰۲ ^a	۱/۱۱ ^a	۱/۸۵ ^c	۴/۳۸ ^a
کلسیم	۳/۰۲ ^a	۰/۸۸ ^c	۰/۹۰ ^h	۴/۲۰ ^c
پتاسیم+کلسیم	۳/۰۷ ^a	۱/۱۰ ^a	۲/۰۵ ^a	۴/۵۳ ^a
ولک+کلسیم+پتاسیم	۳/۰۰ ^a	۰/۹۸ ^b	۱/۹۳ ^b	۴/۱۵ ^c

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

در مورد کلروفیل b و کلروفیل کل و کلروفیل بیشترین مقدار مربوط به تاک‌های تیمار شده با پتاسیم به تنهایی (بدون اختلاف معنی دار 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 ۴: تجزیه واریانس اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات محلول، پروتئین، پرولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید.

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
فنل کل	پروتئین محلول	پروولین	کربوهیدرات محلول	محتوی آب نسبی		
۰/۰۲۲۵**	۰/۴۹۵۰**	۰/۰۰۷۳**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۹۷**	۷	تیمار
۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۵	۲۱	خطا
۱۲/۶۸	۸/۲۳	۲۱/۱۳	۳/۲۲	۵/۳		ضرب تغییرات

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

(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 ۹/۴۸ بیشتر بود (جدول ۵). کمترین غلظت کربوهیدرات مربوط به تاک‌های تیمار شده با روغن ولک به تنهایی (بدون اختلاف معنی دار با تاک‌های شاهد) بود (جدول ۵).

کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات محلول، پروولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴).

محتوای آب نسبی: محتوای آب نسبی تاک‌های شاهد (بدون اختلاف معنی دار 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: مقایسه میانگین اثر کاربرد برگی روغن ولک، کلسیم، پتاسیم و ترکیب آن‌ها بر محتوای آب نسبی، کربوهیدرات، پروولین، پروتئین محلول و فنل کل جوانه‌ی انگور بی‌دانه سفید.

فنل کل (mg g ⁻¹ FW)	پروتئین محلول (mg g ⁻¹ FW)	پروولین (μmol g ⁻¹ FW)	کربوهیدرات محلول (mg g ⁻¹ FW)	محتوی آب نسبی (%)	تیمار
۲/۳۰ ^e	۲/۱۴ ^d	۰/۶۵ ^e	۲۱/۵۰ ^{cd}	۷۸ ^a	شاهد
۸/۵۰ ^b	۲/۷۰ ^c	۰/۶۷ ^e	۲۱/۰۰ ^d	۷۷ ^a	ولک
۷/۶۰ ^{bc}	۳/۰۲ ^b	۰/۸۲ ^{ed}	۲۲/۲۰ ^{bc}	۷۴ ^b	ولک+کلسیم
۷/۱۰ ^c	۲/۸۷ ^c	۱/۵۵ ^{ab}	۲۲/۰۰ ^{bc}	۶۸ ^c	ولک+پتاسیم
۹/۰۰ ^a	۳/۱۶ ^a	۱/۲۲ ^{bc}	۲۳/۰۰ ^a	۷۴ ^b	پتاسیم
۴/۷۰ ^d	۳/۱۲ ^a	۱/۰۵ ^{cd}	۲۲/۴۰ ^b	۷۳ ^b	کلسیم
۸/۷۰ ^{ab}	۳/۱۹ ^a	۱/۶۰ ^a	۲۳/۲۰ ^a	۶۳ ^d	پتاسیم+کلسیم
۵/۱۰ ^d	۳/۰۶ ^b	۱/۷۲ ^a	۲۲/۳۰ ^b	۷۵ ^b	ولک+کلسیم+پتاسیم

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی داری با هم ندارند (در سطح ۰/۰۵).

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 می‌تواند تا حدودی 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 تأخیر 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 باز شدن 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 اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر شود که تاییدی بر اثرات این عناصر بر مسیرهای مرتبط با بیوسنتز و یا انتقال این ترکیبات می‌باشد که با تغلیظ شیره سلولی موجب افزایش تحمل به سرما شده است (سازوکار تحمل). افزایش تحمل به یخ‌زدگی و سرمازدگی در اثر کاربرد پتاسیم (Karimi, Sarikhani et al., 2014; Karimi, 2017) و کلسیم (Karimi and Ebrahimi, 2017) در مطالعات دیگران نیز گزارش شده است. به نظر 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

پروکلین: بیشترین غلظت پروکلین (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 پروکلین جوانه تاک‌های تیمار شده با تیمار کلسیم + پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان پروکلین (۰/۶۵ 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 ۴). 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 ۷۴ درصد بیشتر از تاک‌های شاهد بود (جدول ۵).

بحث

تأخیر در باز شدن 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 پروکلین 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

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 دی‌آلدئید 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 مالون‌دی‌آلدئید، نشانگر پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء را در شرایط تنش کاهش دهد (Zhang et al., 2003). افزایش در میزان مالون دی‌آلدئید 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 سولفات روی کلروفیل

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 می‌رسد 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 پلی‌گالاکتوروناز و به‌دنبال آن کاهش در قابلیت تجزیه‌پذیری آنزیمی مواد پکتینی موجود در تیغه‌های میانی و کاهش نشت یونی ارتباط دارد (Demarty et al., 1984). از آنجایی‌که پتاسیم باعث افزایش میزان

انگور شد که نشان دهنده توانایی پتاسیم در تجمع تنظیم کننده‌های اسمزی به منظور جلوگیری از آبکشیدگی جوانه در برابر یخ‌زدگی می‌باشد (Sarikhani et al., 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 بوت‌های 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

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 محتوای نسبی کلروفیل در برگ‌ها انتقال انرژی تابشی را به داخل انرژی شیمیایی اولیه در شکل ATP و NADPH در کلروپلاست‌ها بهبود می‌بخشد (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 (Webster and 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

تاییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج بدست آمده کاربرد ترکیب روغن ولک، پتاسیم و کلسیم در مقایسه 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 سولفات پتاسیم و سولفات کلسیم 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.

References

- 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.
- (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 آمونیلایز، 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 فنیل‌آلانین آمونیلایز که آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید است میزان ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد (Soares et al., 2005) که

- Du, L. and Poovaiah, B.W. (2005).** Ca²⁺/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 Physiologica 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 Horticulturae*, 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 potassium 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 delta12-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 concentration 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 regulatory mechanisms. *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.