به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷
صفحه‌های ۷۵۴-۷۳۷

اثر ترکیبی پتاسیم و آهن بر عملکرد، کیفیت میوه، کشمش و تحمل به سرما در انگور

سیدمهدی میرباقری[۱]، روح‌الله کریمی[۲]*، موسی رسولی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
۲. استادیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
۳. دانشیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷   تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم (غلظت‌های صفر، یک‌ونیم و سه درصد) و کلات‌آهن (غلظت‌های صفر، نیم و یک درصد) بر تشکیل‌میوه، عملکرد، کیفیت میوه، غلظت عناصر برگ، عملکرد کشمش و تحمل به سرمای پاییزه و زمستانه انگور بیدانه‌سفید آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یک باغ تجاری در روستای بهاره ملایر طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. محلول‌پاشی طی سه مرحله شامل یک هفته قبل از گلدهی، دو و پنج هفته بعد از ریزش جام‌گل‌ها انجام شد. بر اساس نتایج اثر متقابل سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر تشکیل میوه، عملکرد و شاخص‌های کیفی میوه، عملکرد کشمش و تحمل‌سرمای بوته‌های تیمارشده معنی‌دار شد. بیشترین درصد تشکیل‌میوه و عملکرد مربوط به بوته‌های تیمارشده با سولفات پتاسیم یک‌ونیم‌درصد در ترکیب با کلات‌آهن نیم‌درصد بود. غلظت پتاسیم، آهن و منگنز موجود در حبه‌ها با عملکرد میوه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بیشترین غلظت اسیدآسکوربیک در تیمار سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم‌درصد بود. بیشترین عملکرد کشمش تولیدی در بوته‌های تیمارشده با سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات آهن یک درصد حاصل شد و کمترین عملکرد کشمش مربوط به بوته‌های شاهد بود. بیشترین تحمل‌سرمای پاییزه با تیمارهای سولفات‌پتاسیم سه‌درصد در ترکیب با کلات آهن یک درصد به‌دست آمد. بیشترین تحمل‌سرما زمستانه بوته‌ها در تیمار سولفات پتاسیم سه درصد در ترکیب با کلات آهن نیم‌درصد محقق شد. کمترین تحمل سرما در بوته‌های شاهد یافت شد. بین تحمل سرما و محتوای پتاسیم همبستگی مثبت و با غلظت منیزیم همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد. در مجموع حداکثر عملکرد میوه و کشمش و نیز کیفیت میوه با کاربرد سطح متوسط هر دو کود مشاهده شد، ولی تحمل‌سرمای بالاتر جوانه‌های انگور با ترکیب سطوح بالاتر این کودها به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: بوته، تحمل‌یخ‌زدگی، تغذیه، قند محلول، کشمش.

* نویسنده مسئول   Email: R.Karimi@malayeru.ac.ir

۱. مقدمه

در درختان میوه تأمین به موقع و متعادل عناصر غذایی در مراحل بحرانی رشد با اثر بر تشکیل اندام‌های رویشی و زایشی، متضمن تولید محصول پایدار خواهد بود (Schupp *et al*., 2001; Marschner, 2012; Keller, 2015). در واقع بوته‌ها با وضعیت مناسب از لحاظ کودهی و تأمین عناصر، ضمن تشکیل‌میوه و عملکرد اقتصادی، میوه با کیفیتی خواهند داشت از دوام بهتری در شرایط سرمای زمستانه برخوردارند. بنابراین توجه به وضعیت تغذیه‌ای بوته‌های انگور در قالب یک برنامه مدیریتی سالانه منسجم و دقیق یکی از گزینه‌هایی است که نقش مهمی در تولید محصول با عملکرد و کیفیت بالا در تاکستان‌ها دارد (Karimi, 2018). در بین عناصر پرمصرف پتاسیم و در بین عناصر کم مصرف آهن از جمله عناصری هستند که نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در باردهی و کیفیت انگور و کشمش تولیدی دارند (Keller, 2015). به لحاظ فیزیولوژیکی پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون غیرآلی در گیاهان است که نقش‌های کلیدی در بسیاری از جنبه‌های سوخت‌وسازی از قبیل فتوسنتز، انتقال پروتئین و قند، فعال‌سازی بیش از ۶۰ نوع آنزیم، تنظیم پتانسیل اسمزی، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها و تشکیل آوند آبکش دارد (Mengel, 2007). آهن فراوان‌ترین ریزمغذی در بافت‌های بوته‌های انگور است (Ronald, 2008). این عنصر یک عامل ترکیبی یا جزء تشکیل‌دهنده پروتئین‌های دخیل در انتقال الکترون، آنزیم‌های کاتالیزکننده واکنش‌های کاهش/ اکسایش (Curie & Briat, 2003)، سنتز کلروفیل، فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و تنفس است (Ronald, 2008; Keller, 2015). بنابراین کمبود آهن تا حد زیادی کاهش‌دهنده فتوسنتز و تولید قند برای وارد شدن به اندام‌های مقصد در بوته‌های انگور می‌باشد (Martin *et al*., 2004; Bertamini & Nedunchezhian, 2005).

تأمین پتاسیم به‌صورت کاربرد خاکی یا برگی یکی از عملیات‌های مهم در برنامه‌های مدیریتی تاکستان‌هاست که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم هم در تولید محصول و هم میزان تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده تأثیر دارد (Sarikhani *et al*., 2014; Karimi, 2017). پتاسیم کافی از طریق افزایش رنگ‌گیری و اسید قابل تیتراسیون کافی باعث افزایش کیفیت میوه‌های انگور می‌شود (Gartel, 1393; Cakmak, 2005). کمبود پتاسیم باعث توقف انتقال قند در آوندهای آبکش شده و می‌تواند باعث تجمع ساکاروز (نه نشاسته) در برگ شده تا جایگزین کمبود پتانسیل اسمزی ایجادشده در اثر کمبود پتاسیم شود (Mengel, 2007). در مورد آهن تهویه ضعیف خاک، مواد آلی کم، بالا بودن بیکربنات آب آبیاری و pH خاک از جمله این عوامل محدودکننده جذب هستند. بیکربنات تولیدشده در اثر شرایط تهویه ضعیف در محیط ریشه انگور ضمن جلوگیری از کاهش pH از حلالیت بیشتر ترکیبات حاوی آهن و قابلیت جذب آن می‌کاهد و باعث تشدید کلروز آهن در بوته‌ها می‌گردد (Brancadoro *et al*., 1995; Bavaresco *et al*., 2011). محلول‌پاشی آهن در هلو منجر به افزایش گلدهی و عملکرد در طی سال بعد گردید (Marschner, 2012). کاربرد برگی آهن در گلابی (Álvarez-Fernández *et al*., 2004)، لیمو (El-Kassas, 1984) و سیب (Fallahi *et al*., 2006) باعث افزایش رشد و عملکرد، بهبود کیفیت میوه و محتوای عناصر برگ و میوه در درختان رشد یافته در خاک‌های آهکی شده است. کاربرد برگی عناصر تغذیه‌ای یکی از راه‌هایی است که می‌تواند موجب بهبود عملکرد و کیفیت محصول‌های مختلف از جمله انگور شود (Karimi *et al*., 2014; Karimi, 2017). با توجه به محدودیت‌های کاربرد خاکی عناصر، تغذیه برگی به‌عنوان یک روش مکمل و سریع می‌تواند ضمن افزایش عملکرد ضامن کیفیت نهایی میوه باشد (Marchner, 2012; Karimi, 2014; Karimi, 2017).

از طرفی بهبود وضعیت تغذیه‌ای بوته‌های انگور یکی از روش‌های بلندمدت (غیرفعال) محافظت در برابر صدمه یخ‌زدگی است که با کاهش حساسیت بوته‌های انگور به دمای پایین، باعث کاهش خسارت سرما می‌شود (Kacmak, 2005). درختان مبتلا به کمبود عناصر به آسیب‌های ناشی از سرمای زمستانه و آسیب جوانه‌ها و گل‌ها در اثر یخبندان بهاره حساس‌ترند (Sarikhani *et al.*, 2014; Mansouri *et al.*, 2017).

انگور بی‌دانه سفید یکی از ارقام مهم است که به‌دلیل ظرفیت تازه‌خوری بالا و تولید کشمش صادراتی بخش زیادی از سطح زیر کشت ناکستان‌های مناطق سردسیر کشور را به خود اختصاص داده است. بنابراین تعیین ترکیب کودی متعادل سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن جهت افزایش عملکرد و کیفیت میوه، بهبود عملکرد کشمش تولیدی و افزایش تحمل به سرمای بوته‌های انگور جهت تولید پایدار میوه از اهداف این پژوهش بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

تعداد ٤٥ درختچه انگور رقم 'بیدانه‌سفید' با شرایط رشد و هرس یکنواخت تحت سیستم تربیت خزنده در تاکستانی ۱۱ ساله واقع در روستای بهاره از توابع شهرستان ملایر در زمستان سال ١٣٩٤ انتخاب شد. به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌برداری از خاک باغ مورد مطالعه در اوایل فصل انجام شد (جدول۱). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٥ تکرار در سال‌های ٩٦-١٣٩٥ اجرا شد. فاکتور اول شامل سولفات‌پتاسیم (سطوح ۰، ۱/۵ و ۳ درصد) و فاکتور دوم شامل کلات‌آهن سکوسترین ٦ درصد (Fe-EDDHA؛ ساخت آلمان؛ سطوح ۰، ۰/۵ و ۱ درصد) بود که طی سه مرحله شامل یک هفته قبل از شکوفایی‌گل، دو و پنج هفته بعد از ریزش جام‌گل‌ها (مرحله تغییر رنگ[1] حبه‌ها) روی بوته‌های انگور طی ساعات انتهایی روز تا مرحله آب‌چک محلول‌پاشی شد. درصد تشکیل میوه با نسبت حبه‌های تشکیل‌شده به گلچه‌های شمارش شده تعیین شد. میوه‌ها در هفته چهارم شهریور (٩٦ روز بعد از تمام گل) مطابق با شاخص رسیدگی (درجه‌بریکس ١٩/٥ بوته‌های شاهد) برداشت و به منظور تعیین میزان عملکرد و ثبت ویژگی‌های کمّی و کیفی به آزمایشگاه تحقیقات باغبانی دانشگاه ملایر منتقل گردید. لازم به ذکر است که آزمایش در سال بعد نیز تکرار شد و به دلیل معنی‌دار نشدن اثر سال میانگین نتایج هر دو سال در این مطالعه ارائه گردید.

عملکرد کل با توزین میوه‌های هر بوته انگور تعیین شد. برای اندازه‌گیری وزن خوشه به طور تصادفی تعداد ٥ خوشه از هر تیمار به‌طور مجزا توزین شد. وزن حبه‌ها با توزین تعداد ٢٠ حبه ثبت شد مواد جامد محلول توسط دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل آتاگو، ژاپن) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. نتایج آزمون خاک تاکستان محل آزمایش.

عمق خاک (cm)	رس (٪)	شن	سیلت	بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	کربن کل (٪)	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب
۰-۳۰	٢٥/۱	٢٨/٤	٤٦/٥	لومی رسی	٨/۰	۰/٧٢	۰/٥٢	۰/۰٤	٢٤٧	٢٤/٦
۳۰-٦۰	٢٤/٢	٣١/٣	٤٦/٤	لومی رسی	٨/۱	۰/٦٦	۰/٤٣	۰/۰٥	٢۱۰	١٤/٤

1. Veraison

برای اندازه‌گیری pH آب انگور از دستگاه pHمتر (مدل آتاگو، ژاپن) استفاده شد. برای اندازه‌گیری چگالی ابتدا وزن معینی از میوه اندازه‌گیری شد و سپس حجم آن در یک ظرف مدرج (بشر) حاوی آب اندازه‌گیری گردید. با تقسیم وزن به حجم، چگالی محاسبه شد. برای تعیین درصد ماده‌خشک، وزن میوه‌ها قبل و بعد از قرار دادن در آون (مدت سه روز در دمای $۷۰^{\circ}C$) تعیین شد. درصد ماده‌خشک میوه از رابطه (۱) محاسبه شد (Almeida *et al.*, 2013).

$$\text{(۱)} \quad \text{ماده خشک (درصد)} = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن خشک} - ۱} \times ۱۰۰$$

استخراج و اندازه‌گیری قندهای محلول به کمک معرف آنترون و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، ساخت استرالیا) در طول موج ۶۲۰ نانومتر انجام گرفت (Yemm & Willis, 1954). برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه‌ها، مقدار ۱/۲۷ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف‌شده را با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده و یک میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به آن اضافه شد و با محلول یدور پتاسیم تهیه شده تا ظهور رنگ آبی تیره تیتر گردید. سپس با استفاده از رابطه (۲) میزان ویتامین ث به‌دست آمد (Arya, 2000).

$$\text{(۲)} \quad \text{ویتامین ث (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در صد میلی‌لیتر آب میوه)} = \frac{\text{(حجم یدور پتاسیم مصرفی} \times ۱۰۰ \times ۰/۰۰۸۸)}{\text{حجم عصاره}}$$

در رابطه (۲) ضریب ۰/۰۰۸۸ بیانگر مقدار (گرم) اسید آسکوربیک موجود در یک میلی‌لیتر یدور پتاسیم ۰/۰۱ نرمال است.

برای اندازه‌گیری برخی عناصر معدنی (پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز) ابتدا میوه‌ها به‌منظور خشک‌شدن به‌مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند (El-Razek *et al.*, 2011). سپس یک گرم نمونه پودرشده در داخل کروزه ریخته و به‌مدت ۶ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خاکستر سفید رنگ تشکیل شود. سپس به هر نمونه خاکستر ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال افزوده و به‌مدت ۳۰ دقیقه روی حمام بنماری قرار داده شد تا رنگ لیمویی ظاهر شود. اندازه‌گیری عناصر آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل ۲۲۰ واریان) و اندازه‌گیری پتاسیم و منیزیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل G ۴۰۵ ساخت آلمان) انجام شد (Álvarez-Bennett, 1993; Fernández *et al.*, 2004; El-Razek *et al.*, 2011).

برای تهیه کشمش به روش تیزابی، در زمان برداشت از هر تیمار به مقدار پنج کیلوگرم میوه برداشت و خوشه‌ها به‌مدت ۵۰ ثانیه در محلول سرد کربنات پتاسیم پنج درصد و روغن زیتون دو درصد غوطه‌ور شد (Pahlavanzadeh *et al.*, 2001). پس از این تیمار، خوشه‌ها روی بارگاه‌های طبقاتی تهیه کشمش با صفحات توری به‌صورت یک لایه خوشه در معرض آفتاب تا رسیدن به معیار رطوبت ۱۵ درصد محصول قرار داده شدند. عملکرد کشمش تولیدی با توزین کشمش به‌دست‌آمده از هر کیلوگرم انگور در هر تیمار محاسبه شد (Almeida *et al.*, 2013). ضریب تبدیل انگور به کشمش از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{(۳)} \quad \text{ضریب تبدیل انگور به کشمش (درصد)} = \frac{\text{وزن کشمش}}{\text{وزن میوه}} \times ۱۰۰$$

برای ارزیابی تحمل به سرما، در تاریخ ۱۷ آبان و ۲۲ دی سال ۱۳۹۵، از گره‌های میانی شاخه‌های یک ساله تعداد پنج قلمه به طول ۳۰–۲۵ سانتی‌متر از هر بوته انگور برداشت و در یک اتاقک سرماساز هوشمند قرار داده شد.

تیمارهای سرمایی در آبان (مرحله شروع سازگاری) شامل: ٦-، ١٠-، ١٤- و ١٨- درجه سانتی‌گراد و در دی‌ماه (مرحله تکمیل سازگاری) شامل: ١٢-، ١٦-، ٢٠-، ٢٤- و ٢٨- درجه سانتی‌گراد بود (Karimi *et al*., 2014; Ershadi *et al*., 2016). پس از اعمال تیمارهای سرمایی، پس از ٢ ساعت قرارگیری در دمای اتاق جوانه‌ها با چاقوی تیز جدا شد. برای اندازه‌گیری نشت‌یونی، جوانه‌های سرمادیده در ٤٠ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور و به‌مدت ٢٠ ساعت روی شیکر با سرعت ١٢٠ دور در دقیقه قرار داده شدند. سپس هدایت الکتریکی آن‌ها با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (مدل کوند٧٢٠، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (هدایت الکتریکی نوبت اول). لوله‌های آزمایش دارای نمونه‌های گیاهی در اتوکلاو در دمای ١٢١ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٠ دقیقه قرار داده و پس از سرد شدن نمونه‌ها دوباره هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد (هدایت الکتریکی نوبت دوم). درصد نشت یونی با استفاده از رابطه (٤) محاسبه شد (Smiley & Shirazi, 2003).

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{\text{هدایت الکتریکی اولی}}{\text{هدایت الکتریکی دومی}} \times ١٠٠ \quad (٤)$$

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ٩/٢) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

٣. نتایج و بحث

اثر آهن، پتاسیم و اثر متقابل آنها بر درصد تشکیل‌میوه بوته‌های تیمار شده در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ٢).

با افزایش سطوح آهن و پتاسیم تشکیل‌میوه در بوته‌های تیمارشده افزایش معنی‌داری نشان داد. این افزایش در بوته‌های تیمار شده با سطوح متوسط و بالای آهن یا سطوح بالای پتاسیم چشمگیرتر بود (جدول ٣).

بیشترین درصد تشکیل میوه در بوته‌های تیمارشده با کلات‌آهن نیم‌درصد در ترکیب با سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم‌درصد حاصل شد که از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد و کمترین میزان تشکیل میوه در بوته‌های انگور شاهد به‌دست آمد (جدول٣) که حاکی از نقش آهن (Álvarez-Fernández *et al*., 2004; Abadi *et al*., 2011) و پتاسیم (El-Razek *et al*., 2011; Karimi, 2017) در تشکیل میوه می‌باشد. کاربرد برگی پتاسیم احتمالاً با تأثیر بر انتقال سایر عناصر و نیز بارگیری بهتر فرآورده‌های فتوسنتزی از قبیل گلوکز و ساکاروز به آوندهای آبکش زمینه‌ساز گلدهی، لقاح و تشکیل میوه بهتر شده است (Mengel, 2007; Keller, 2015).

جدول ٢. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر شاخص‌های کمّی انگور بیدانه‌سفید.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تشکیل میوه	وزن حبه	وزن خوشه	ماده خشک	چگالی	عملکرد
کلات‌آهن	٢	٢٥١**	١٢٢**	٥٠٧٢٨**	١٣/٢**	١٧/٥**	٤٣٨**
سولفات‌پتاسیم	٢	١٤٨**	٤٢/٧**	٩٣٥٨**	٣/٩*	٠/٣*	٣٠٩**
آهن × پتاسیم	٤	١٨٧**	١٤/١*	٤٢٢٩**	١/٦*	٠/٤*	١٢٤**
خطا	١٨	١٠/٥	٢/٣	٣٤٨	٠/٦	٠/٠٦	٤/٩
ضریب تغییرات (درصد)		٧/٢	٤/٧	٤/٧	١٢/٨	٥/٠٤	٥/٨

* و **: معنی‌دار در سطح ٥ و ١ درصد.

جدول ۳. اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر شاخص‌های کمّی میوه انگور بی‌دانه‌سفید.

تیمارهای تغذیه‌ای		تشکیل‌میوه	وزن ۲۰ حبه	وزن خوشه	ماده خشک	چگالی
سولفات‌پتاسیم (٪)	کلات‌آهن (٪)	(٪)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr/cm^3)
۰	۰	۳۳/۴۰ d	۲۶/۴۷ d	۳۲۸/۴۸ ef	۳۵/۶۵ bc	۴/۳۱ c
۱/۵	۰	۳۵/۴۰ cd	۲۶/۲۴ d	۳۱۲/۲۷ f	۳۷/۸۱ ab	۵/۳۹ bc
۳	۰	۴۸/۰۷ b	۳۱/۴۷ ab	۳۷۴/۶۰ de	۳۷/۷۱ ab	۵/۵ bc
۰	۰/۵	۴۰/۲۴ bcd	۲۹/۴۳ cd	۳۱۶/۱۳ f	۳۲/۱۵ d	۵/۷۹ abc
۱/۵	۰/۵	۶۰/۷۹ a	۳۶/۱۷ a	۴۱۷/۱۳ cd	۳۴/۹۱ c	۵/۶۰ abc
۳	۰/۵	۴۶/۹۵ b	۳۵/۳۱ ab	۳۷۳/۸ de	۳۷/۶۴ ab	۸/۰۹ a
۰	۱	۴۶/۵۴ b	۳۴/۲۴ ab	۴۳۳/۷۳ bc	۳۸/۹۵ a	۷/۲۲ ab
۱/۵	۱	۴۴/۵۸ b	۳۴/۴۳ ab	۵۳۰/۱۳ a	۳۸/۸۸ a	۷/۶۱ ab
۳	۱	۴۶/۷۲ b	۳۶/۴۳ a	۴۷۹/۲۷ ab	۳۹/۶۲ a	۷/۶۱ ab

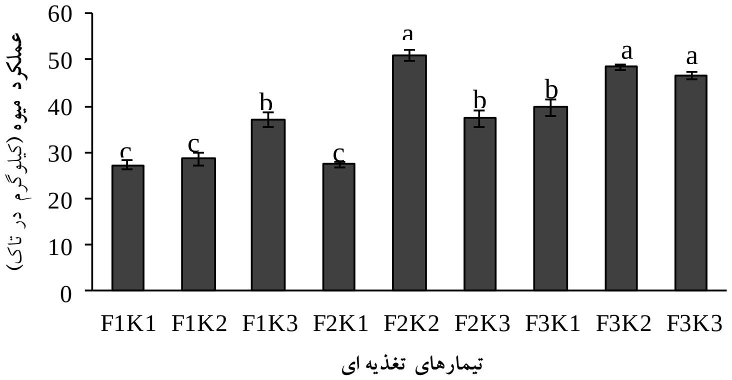
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵ درصد).

آهن یکی از عناصری است که غلظت آن در برگ و دانه گرده بالاست و عقیده بر این است که برای رشد لوله گرده و تشکیل میوه بهتر لازم است (Curie & Briat, 2003). اثر آهن، پتاسیم و اثر متقابل آنها بر عملکرد بوته‌های انگور تیمارشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیشترین عملکرد مربوط به تیمار سطح دو کلات‌آهن در ترکیب با سطح دو سولفات‌پتاسیم بود. با افزایش سطوح آهن و پتاسیم عملکرد بوته‌های انگور افزایش یافت. کمترین عملکرد، مربوط به بوته‌های شاهد بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها در مورد این شاخص داشت (شکل ۱).

آهن و پتاسیم دو عنصر کلیدی در تغذیه تاکستان‌ها هستند. پتاسیم باعث بهبود روابط منبع و مقصد شده و باعث گسیل شدن فرآورده‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی به سمت میوه‌ها شده و به این ترتیب بر عملکرد تأثیر دارد (El-RazekMengel, 2007; El-Razek *et al*., 2011; Karimi, 2017). اگرچه پتاسیم تشکیل‌دهنده مولکول‌های کاربردی و یا سازه‌های گیاهی نیست، ولی در فرآیندهای متعدد بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی حیاتی برای رشد بوته، عملکرد و کیفیت میوه نقش دارد (Marschner, 2012). از طرفی آهن با بهبود وضعیت کلروفیل، انتقال الکترون در فتوسنتز و فعال کردن آنزیم‌های مربوط با فتوسنتز در کنار پتاسیم ضمن تولید کربوهیدرات بیشتر منجر به بهبود عملکرد در بوته انگور شده است (Channal, 2005; Mansouri *et al*., 2017). این نتایج با یافته‌های قبلی در انگور (Delgado *et al*., 2004; El-Razek *et al*., 2011) و سیب (Fallahi *et al*., 2006) مطابقت دارد.

اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر وزن خوشه انگور در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن خوشه مربوط به بوته‌های تیمارشده با کلات‌آهن یک‌درصد در ترکیب با سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد و کمترین وزن خوشه مربوط به بوته‌های تیمارشده با سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد بود (جدول ۳). افزایش آسیمیلاسیون و انتقال عناصر غذایی به میوه‌ها در اثر کاربرد برگی پتاسیم و آهن یکی از دلایل احتمال افزایش وزن خوشه‌ها می‌باشد (Curie & Briat, 2003). اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر وزن حبه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).



شکل ۱. تأثیر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر عملکرد انگور بیدانه‌سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵ درصد).

K_1= سولفات‌پتاسیم ۰٪، K_2= سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات‌پتاسیم ۳٪، F_1= کلات‌آهن ۰٪، F_2= کلات‌آهن ۰/۵٪، F_3= کلات‌آهن ۱٪

بیشترین وزن حبه مربوط به بوته‌های انگور تیمارشده با سولفات‌پتاسیم سه درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک درصد و کمترین وزن حبه مربوط به بوته‌های شاهد بود (جدول ۳). اثر آهن بر چگالی میوه در سطح احتمال یک درصد و اثر پتاسیم و اثر متقابل پتاسیم و آهن براین شاخص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیشترین چگالی میوه مربوط به بوته‌های تیمارشده با سطح سوم سولفات‌پتاسیم در ترکیب با سطح دوم کلات‌آهن و کمترین میزان مربوط به بوته‌های شاهد بود (جدول ۳). چگالی میوه یکی از شاخص‌های بیوفیزیکی مرتبط با ماده خشک، مقدار قند، نشاسته و میزان آب میوه می‌باشد. چگالی میوه‌ها طی فصل رشد به‌تدریج کاهش می‌یابد. افزایش چگالی، تجمع بیشتر ماده خشک و در نتیجه کاهش فضای بین سلولی در بوته‌های که مقادیر بیشتری از پتاسیم و آهن را دریافت کرده‌اند، مرتبط می‌باشد این نتیجه حاکی از اثر این تیمارها برای تولید ماده خشک به‌ویژه در جهت تولید کشمش مرغوب اهمیت پیدا می‌کند (Mengel, 2007).

اثر آهن بر شاخص ماده خشک میوه در سطح احتمال یک درصد، ولی اثر پتاسیم و اثر متقابل پتاسیم و آهن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان ماده خشک میوه در بوته‌های تیمارشده با سولفات‌پتاسیم سه درصد در ترکیب با کلات آهن یک درصد و کمترین میزان ماده خشک مربوط به بوته‌های تیمارشده با کلات آهن نیم درصد به تنهایی مشاهده شد (جدول ۳). بوته‌های تیمارشده با سطوح دو و سه کلات‌آهن در ترکیب با سولفات‌پتاسیم از نظر تولید ماده خشک اختلاف معنی‌داری با بوته‌های شاهد داشتند که حاکی از نقش کلیدی این دو عنصر در بهبود شرایط فیزیولوژیکی گیاه و ایجاد زیرساخت‌های لازم در آسیمیلاسیون بهتر و در نهایت تولید ماده خشک است (Mansouri *et al.*, 2017). نتایج حاصله با یافته‌های دیگر محققان در سیب (Mansouri *et al.*, 2017) نیز مطابقت دارد. اثر آهن و اثر متقابل پتاسیم و آهن بر اسید قابل‌تیتراسیون به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثر پتاسیم معنی‌دار نشد (جدول ٤).

بیشترین اسید قابل‌تیتراسیون میوه مربوط به تیمار ترکیبی آهن یک درصد در ترکیب با سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد بود که البته اختلاف معنی‌داری با میوه بوته‌های تیمارشده با غلظت‌های سطح دو و یک آهن به تنهایی و نیز بوته‌های شاهد نشان داد (جدول ۵).

جدول ٤. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر شاخص‌های کیفی میوه و عملکرد کشمش انگور بیدانه‌سفید.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		اسید قابل تیتراسیون	pH	مواد جامد محلول	اسید آسکوربیک	قندهای محلول	عملکرد کشمش	ضریب تبدیل انگور به کشمش
کلات‌آهن	۲	$۲۵/۷^{**}$	$۰/۰۴۳^{*}$	$۳/۹^{**}$	$۰/۴۰۷^{*}$	$۰/۱۹۹^{**}$	$۵۷۴/۳^{**}$	$۵/۹۱^{**}$
سولفات‌پتاسیم	۲	$۱/۲^{ns}$	$۰/۰۰۲۶^{ns}$	$۰/۲۲^{**}$	$۱/۷۲۴^{**}$	$۰/۱۷۴^{**}$	$۶۸۰۶/۲^{**}$	$۶۴/۱۹^{**}$
پتاسیم × آهن	٤	$۱/۷^{*}$	$۰/۰۱۹^{*}$	$۹/۵^{**}$	$۰/۸۹٤^{**}$	$۰/۲۰۹^{**}$	$۶۰۵/۷^{**}$	$۶/۱۵^{**}$
خطا	۱۸	۰/٤	۰/۰۰۲	۶/۱	۰/۰۷۷	۰/۰۳۱	۸/٤	۰/۰۶
ضریب تغییرات (٪)		۸/۰۹	۱/۶	۱/۹	۹/۲٤	۱٤/۸	۱/۰۳	۱/۰۱

ns، * و **: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر برخی شاخص‌های کیفی میوه انگور بیدانه‌سفید.

تیمارهای تغذیه‌ای		pH	اسید قابل تیتراسیون (٪)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم حبه)	قندهای محلول (میلی‌گرم بر گرم حبه)	ضریب تبدیل انگور به کشمش (درصد)
سولفات‌پتاسیم (٪)	کلات‌آهن (٪)						
۰	۰	۳/۲۶abc	۰/۸۳ bc	۱۹/۵ e	۲/۶۳ bc	۰/۹۳۹ e	۲۷/۱ d
۱/۵	۰	۳/۲۸ abc	۰/۷۳ c	۲۲/٤ c	۳/۶۹ a	۱/۲۰۷ cd	۲۸/۹ d
۳	۰	۳/٤۰ a	۰/۶۲ c	۲۳/٤۶ ab	۲/۷۱ bc	۱/٤۷۳ ab	۳۲/۸ b
۰	۰/۵	۳/۳٤ ab	۰/۸۱ bc	۲٤/۵٤ a	۲/۱۶ cd	۱/۳٤۳ bc	۲۷/۲ e
۱/۵	۰/۵	۳/۲۷ abc	۰/۷۹ bc	۲۳ b	۱/۶٤ d	۱/۶٤۷ a	۳۰/٤ c
۳	۰/۵	۳/۱۸ bc	۰/۸۰ bc	۲۱/۶ d	۲/۷ bc	۰/۹۷۵ de	۳۲/۸ b
۰	۱	۳/۲۰ bc	۰/۹۸ ab	۲۳/۰۷ b	۲/٤۶ c	۱/۱۰۲ d	۲۷/۳ e
۱/۵	۱	۳/۱۵ c	۱/۱ a	۲۲/۶ bc	۲/۸۷ bc	۱/۱۹۳ cd	۳۳/۸ a
۳	۱	۳/۱۹ bc	۰/۹۹ ab	۲۲/۷٤ bc	۳/۰۸ b	۰/۹٤۵ e	۳۲/۶ b

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

اسید بالاتر در تیمار ترکیبی آهن یک درصد و سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد می‌تواند با میزان آب بیشتر حبه‌ها و رقیق بودن غلظت قند به‌دلیل عملکرد و وزن خوشه بالاتر و پایین بودن نسبت اسید به قند مرتبط باشد (Karimi, 2017).

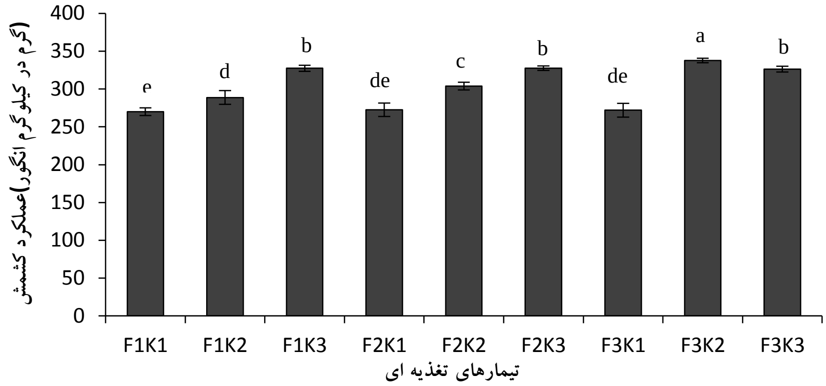
اثر آهن و اثر متقابل آهن و پتاسیم بر میزان pH عصاره در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثر تیمارهای کودی پتاسیم بر این شاخص معنی‌دار نشد (جدول ٤). بیشترین میزان pH مربوط به تیمار سطح سوم سولفات‌پتاسیم در ترکیب با سطح یک کلات‌آهن و کمترین میزان مربوط به سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک درصد بود (جدول ۵). اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر محتوای مواد جامد محلول انگور در بوته‌های تیمارشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). بیشترین مقادیر مواد جامد محلول در بوته‌های تیمارشده با کلات آهن نیم درصد به تنهایی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت. کمترین مقدار این شاخص در گیاهان شاهد به‌دست

آمد (جدول ٥). محلول‌پاشی با آهن در درختان سیب موجب افزایش اندازه میوه و مواد جامد محلول در آب میوه شده است (Mansouri *et al*., 2017). کاربرد جداگانه پتاسیم و آهن در ارقام مختلف انگور سبب افزایش مواد جامد محلول شده است (Pestana *et al*., 2003; Rogiers *et al*., 2006; El-Razek *et al*., 2011; Karimi, 2017). کاربرد پتاسیم سبب کاهش اسید کل حبه‌های انگور می‌شود (Martin *et al*., 2003). نتایج حاصل از محلول‌پاشی برگی سولفات‌پتاسیم در انگور رقم 'کریمسون سیدلس' نشان داده است که محلول‌پاشی به‌طور مؤثری میزان اسید را کاهش می‌دهد (El-Razek *et al*., 2011). مواد جامد محلول شامل قند، اسید آلی و اسید آمینه است (Channal, 2005) و پتاسیم به‌دلیل افزایش قند و اسیدآمینه موجود در ترکیبات مواد جامد محلول، باعث کاهش اسید آلی می‌شود تا تعادل نسبی بین اسید و قند محلول برقرار شود (Rogiers *et al*., 2006; Mengel, 2007; Keller, 2015).

اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر غلظت قندهای محلول میوه در بوته‌های تیمارشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). بیشترین غلظت قندهای محلول مربوط به میوه بوته‌های تیمارشده با سطوح متوسط سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بود. کمترین غلظت قندهای محلول مربوط به بوته‌های شاهد بود که البته اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیمارهای سطوح سوم سولفات پتاسیم و کلات‌آهن و یا ترکیب تیمارهای سطح سوم سولفات‌پتاسیم با سطح دوم کلات‌آهن نداشت (جدول ٥). کاربرد برگی آهن در گلابی (Álvarez-Fernández *et al*., 2004)، لیمو (El-Kassas, 1984) و سیب (Fallahi *et al*., 2006) باعث افزایش قندهای محلول در میوه شده است که با نتایج حاضر مطابقت دارد. پتاسیم نقش کلیدی در فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزکننده قندها در فتوسنتز، انتقال قندها در آوند آبکش و نیز فعال‌کننده آنزیم هیدرولیزکننده پلی‌ساکاریدها از قبیل نشاسته و تبدیل آنها به قندهای محلول دارد (Cakmak, 2005; Mengel, 2007) که در کنار آهن به‌عنوان کوفاکتور پروتئین‌های مهم زنجیره انتقال الکترون و جزئی از ساختار کلروفیل (Curie & Briat, 2003; Ronald, 2008) باعث افزایش ظرفیت تولید قندهای محلول در میوه بوته‌های تیمارشده با سطوح بالای این دو عنصر شده است.

اثر پتاسیم و اثر متقابل پتاسیم و آهن بر غلظت اسید آسکوربیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر آهن بر میزان این شاخص در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). بیشترین غلظت اسید آسکوربیک مربوط به بوته‌های تیمارشده با سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد به تنهایی بود و کمترین غلظت اسید آسکوربیک مربوط به تیمار کلات آهن نیم درصد در ترکیب با سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد بود (جدول ٥). در تحقیقاتی روی هلو (Álvarez-Fernández *et al*., 2003) و انگور و سیب (Pestana *et al*., 2003) کاربرد آهن منجر به کاهش در میزان اسید آسکوربیک نسبت به سایر تیمارها شده است که حاکی از دخالت آهن در افزایش قند و کاهش نسبت اسیدهای آلی در میوه است.

اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر ضریب تبدیل انگور به کشمش و نیز عملکرد کشمش تولیدی در بوته‌های انگور تیمارشده در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). بیشترین میزان این دو شاخص در بوته‌های انگور تیمارشده با سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک درصد به‌دست آمد. کمترین عملکرد در گیاهان شاهد مشاهده شد که البته با بوته‌های تیمارشده با کلات آهن نیم درصد و یک درصد به تنهایی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٢). کمترین مقدار ضریب تبدیل انگور به کشمش مربوط به گیاهان شاهد بود که البته با مقدار این شاخص در بوته‌های تیمارشده با پتاسیم یک‌ونیم درصد به تنهایی تفاوت معنی‌داری نداشتند.



شکل ۲. اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر عملکرد کشمش حاصل از انگور بیدانه‌سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵ درصد).

K_1= سولفات‌پتاسیم ۰٪، K_2= سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات‌پتاسیم ۳٪، F_1= کلات‌آهن ۰٪، F_2= کلات‌آهن ۰/۵٪، F_3= کلات‌آهن ۱٪

بر اساس نتایج، عملکرد کشمش تولیدی در تیمار سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک درصد حدود ۲۰ درصد بیش از بوته‌های شاهد بود که در مقیاس هکتار رقم قابل‌توجهی است. تاکنون مطالعه‌ای در زمینه اثر پتاسیم و آهن بر عملکرد کشمش تولیدی پیدا نشد. با این حال با توجه به نقش این دو عنصر در فیزیولوژی انگور، کاربرد برگی روشی تکمیلی برای تأمین نیاز بوته‌های انگور به‌ویژه در مراحل بحرانی رشد میوه است و روی میزان ماده خشک و کشمش تولیدی نقش دارد. توانایی پتاسیم در انتقال بهتر سایر عناصر و نقش آهن در کلروفیل و زنجیره انتقال الکترون و به‌دنبال آن افزایش کارایی فتوسنتز به‌دلیل بهبود فعالیت آنزیم‌های مختلف از جمله روبیسکو (Channal, 2005) یکی از دلایل احتمالی جهت تجمع بیشتر ماده خشک و افزایش عملکرد کشمش تولیدی در ترکیب با آهن می‌باشد.

اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف پتاسیم و آهن بر غلظت پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل پتاسیم و آهن در سطح احتمال پنج‌درصد معنی‌دار شد (جدول ٦).

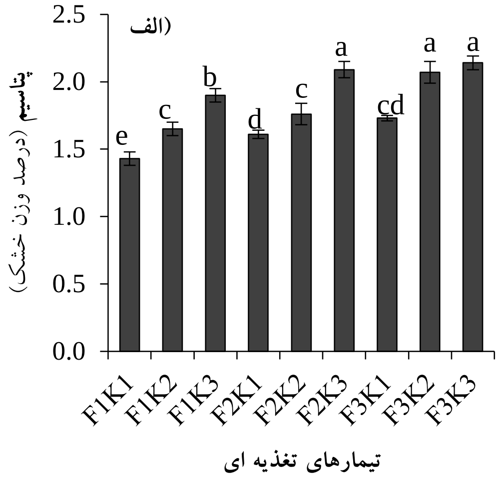
بیشترین غلظت پتاسیم برگ مربوط به تیمار سطح سه سولفات‌پتاسیم در ترکیب با سطح سه کلات‌آهن و کمترین غلظت مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳- الف). همچنین اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل این دو بر غلظت منیزیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). بیشترین غلظت منیزیم برگ مربوط به تیمار سطح دوم و سوم کلات‌آهن نیم و یک درصد به تنهایی و کمترین غلظت آن مربوط به تیمار ترکیبی پتاسیم سه درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک‌درصد می باشد (شکل ۳- ب).

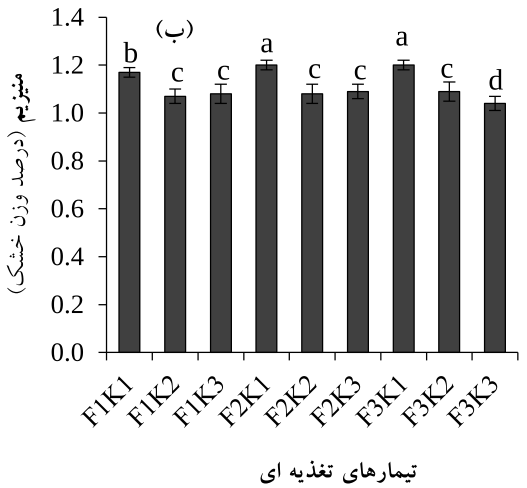
سطوح پتاسیم برگ تحت تأثیر ظرفیت محصول‌دهی انگور قرار می‌گیرد و در شرایطی که محصول درختان سبک می‌باشد معمولاً پتاسیم موجود در بافت آنها بالا است با افزایش میزان محصول مقدار آن کاهش می‌یابد (Mengel, 2007; Keller, 2015). تغذیه گیاهی مشتمل بر شماری از عنصرهای مختلف است که هر کدام از راه‌های مختلف می‌توانند روی تحمل به سرمای گیاه تأثیر بگذارند. کاربرد متعادل برخی عنصرهای غذایی ضمن افزایش ذخیره‌های کربوهیدراتی، باعث بهبود تحمل به دماهای پایین در گیاه نیز می‌شود (Marschner, 2012).

جدول ٦. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر غلظت عناصر برگ و نشت‌یونی انگور بیدانه‌سفید.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عناصر برگ					نشت یونی	
		پتاسیم	منیزیم	آهن	روی	منگنز	آبان ماه	دی ماه
سولفات‌پتاسیم	۲	۰/۴۵۸**	۰/۰۳۵**	۳/٤ns	۸۱۹**	۳٤۲**	۱۹/۱**	٤۷/٦**
کلات‌آهن	۲	۰/۲۳۲**	۰/۰۰۱۱**	۱۷۱۲**	٦۲٤ **	٤۸۷**	٤۰/۲**	۲/۳۸**
پتاسیم × آهن	٤	۰/۰۱٤۵*	۰/۰۰۰۱**	۲٦۹**	۸٦۰**	۲٦۵**	۱/۳۱*	۱/٤٤**
خطا	۱۸	۰/۰۰۳۰۲	۰/۰	۲/۸	۳۰/۷	۰/٦۱	۰/۳۷	۰/۳۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳/٦	۰/۱٤	٤/۳	۱۰/۰٦	۲/۰٤	٤/۲۰	۳/۳۵

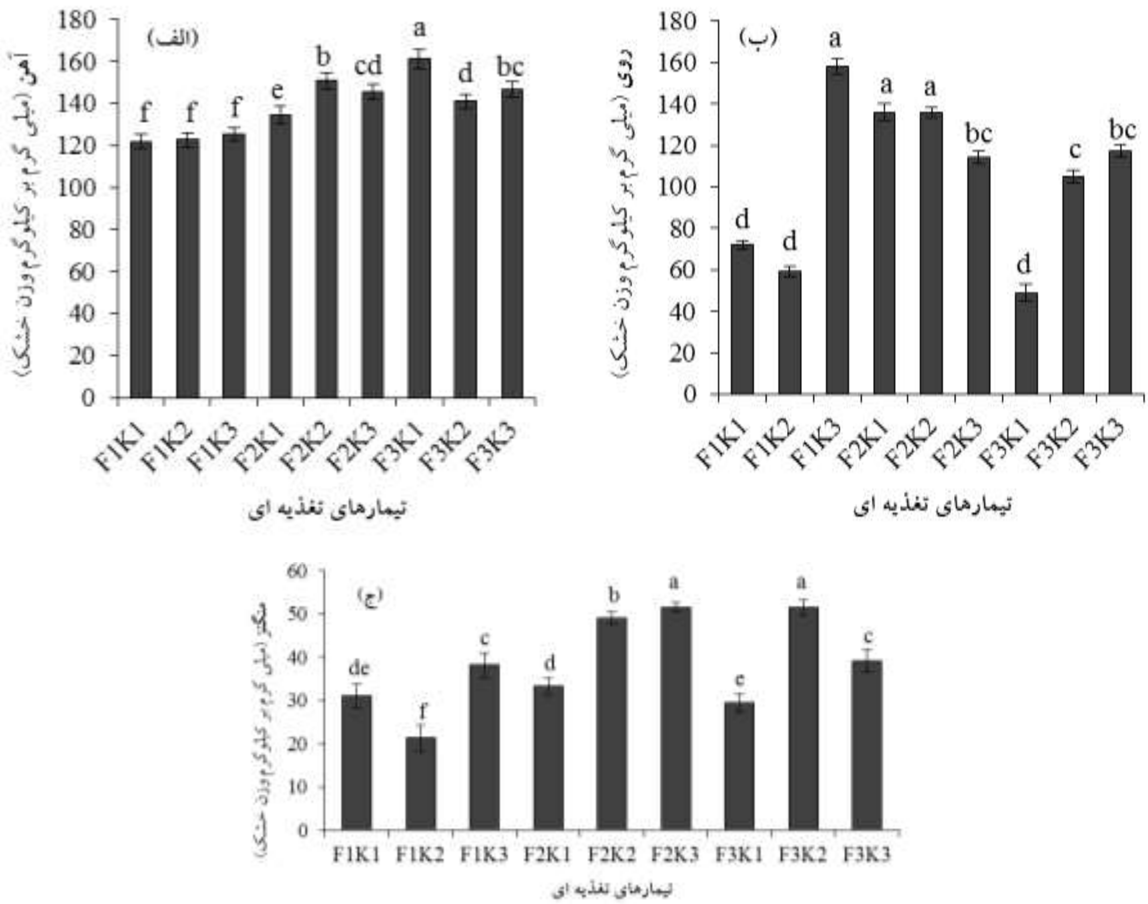
ns، * و **: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.





شکل ۳. برهمکنش محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و کلات آهن بر غلظت عناصر پتاسیم (الف) و منیزیم (ب) برگ انگور بیدانه‌سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵ درصد).
K_1= سولفات‌پتاسیم ۰٪، K_2= سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات‌پتاسیم ۳٪، F_1= کلات‌آهن ۰٪، F_2= کلات‌آهن ۰/۵٪، F_3= کلات‌آهن ۱٪.

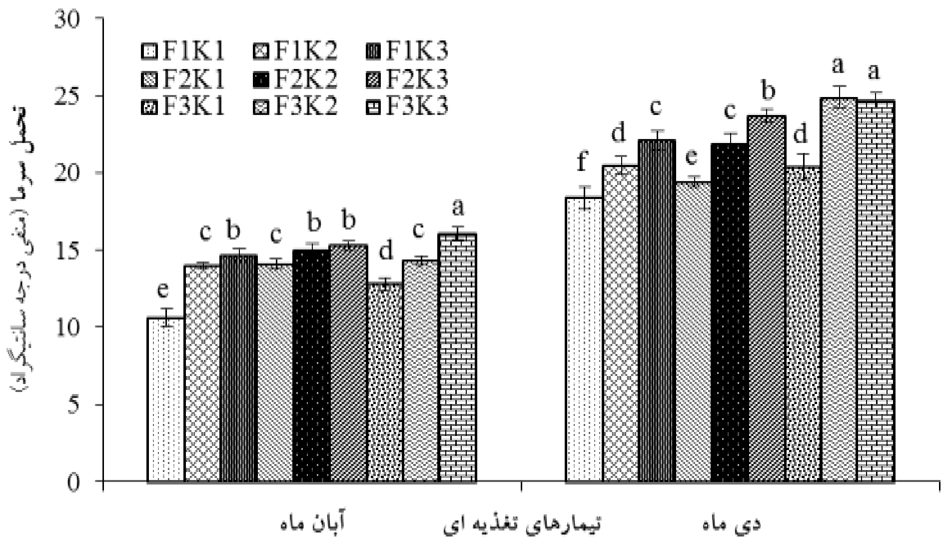
اثر آهن و اثر متقابل پتاسیم و آهن بر غلظت آهن برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر پتاسیم بر این شاخص معنی‌دار نشد (جدول ٦). بیشترین غلظت آهن مربوط به بوته‌های تیمارشده با کلات‌آهن یک درصد به تنهایی و کمترین غلظت آن مربوط به بوته‌های شاهد بود که البته اختلاف معنی‌داری با بوته‌های تیمارشده با سطح یک کلات‌آهن در ترکیب با سطوح دو و سه سولفات‌پتاسیم نشان نداد (شکل ٤- الف). اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل این دو بر غلظت عنصر روی برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). بیشترین غلظت روی مربوط به تیمار سولفات‌پتاسیم سه درصد به تنهایی و کمترین غلظت این عنصر مربوط به تیمار کلات‌آهن یک درصد بود (شکل ٤- ب). اثر پتاسیم، آهن و اثر متقابل آنها بر غلظت منگنز برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). بیشترین غلظت منگنز برگ در بوته‌های تیمارشده با سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات آهن یک درصد و کمترین غلظت این عنصر مربوط به تیمار سولفات پتاسیم یک‌ونیم درصد بود (شکل ٤- ج).



شکل ٤. برهمکنش محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و کلات آهن بر غلظت عناصر آهن (الف)، روی (ب) و منگنز (ج) انگور بیدانه‌سفید.
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵ درصد).
K_1= سولفات‌پتاسیم ۰٪، K_2= سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات‌پتاسیم ۳٪، F_1= کلات‌آهن ۰٪، F_2= کلات‌آهن ۰/۵٪، F_3= کلات‌آهن ۱٪.

در گلابی (Álvarez-Fernández, *et al*., 2004)، هلو (El-Kassas, 1984) لیمو (Larbi *et al*., 2003) و سیب (Fallahi *et al*., 2006) کاربرد برگی آهن باعث افزایش محتوای عناصر برگ و میوه در درختان رشدیافته در خاک‌های آهکی شده است. همچنین، در انگور کاربرد برگی پتاسیم باعث افزایش غلظت برخی عناصر غذایی برگ و میوه شده است (Karimi *et al*., 2014; Karimi, 2017). عوامل ژنتیکی و عملیات باغی از قبیل کوددهی و عوامل اکولوژیکی (نظیر دما، نور، رطوبت و خاک) تأثیر زیادی بر محتوای عناصر برگ و میوه دارند (Keller, 2015). پتاسیم و آهن باعث افزایش فتوسنتز و تولید قند برای وارد شدن به اندام‌های مقصد می‌شوند (Bertamini & Nedunchezhian, 2005; Karimi, 2017). افزایش محصول و نیز ذخایر کربوهیدراتی و نیتروژنی در بوته‌های تیمار شده با این عناصر غذایی (Ronald, 2008) ممکن است با افزایش رشد ریشه‌ها و توسعه سطح تماس ریشه با خاک منجر به افزایش جذب عناصر غذایی در مقایسه با بوته‌های شاهد به‌ویژه در مراحل بحرانی رشد شده باشد که تأییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است.

اثر پتاسیم، آهن و همچنین اثر متقابل آنها بر تحمل به سرمای انگور بیدانه‌سفید در هر دو مرحله نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٦). در آبان‌ماه با افزایش سطح کلات آهن میزان تحمل‌سرمای پاییزه افزایش پیدا کرد که این افزایش در تیمارهای ترکیبی کلات‌آهن با سطوح بالای سولفات پتاسیم نمود، بیشتری پیدا کرد. بیشترین تحمل‌سرما با تیمارهای کلات‌آهن یک‌درصد در ترکیب با سولفات پتاسیم سه درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین تحمل‌سرما مربوط به بوته‌های شاهد بود (شکل ٥). در دی‌ماه، بیشترین تحمل‌سرما در تیمار سولفات‌پتاسیم سه درصد در ترکیب با کلات‌آهن نیم‌درصد و یک‌درصد محقق شد. کمترین تحمل سرما در این مرحله نمونه‌برداری نیز مربوط به بوته‌های شاهد بود (شکل ٥). اثر کاربرد برگی سولفات پتاسیم به‌تنهایی (Slavcheva & Encheva, 2004; Sarikhani *et al.*, 2014; Karimi, 2017) و پتاسیم در ترکیب با اوره روی تحمل به سرمای چمن (Webster & Ebdon, 2005) و انگور (Karimi *et al.*, 2014) گزارش شده است، ولی تاکنون گزارشی در مورد اثر ترکیبی آهن و پتاسیم بر تحمل به سرمای درختان میوه گزارش نشده است. افزایش تحمل یخ‌زدگی در بوته‌های تیمارشده با مقادیر بالای پتاسیم نشان‌دهنده آسیب کمتر غشای سلولی و در نتیجه نشت کمتر محتوای سلول و محافظت از آبکشیدگی سلول در جوانه است (Marschner, 2012; Ershadi *et al.*, 2016). بهبود وضعیت پتاسیم در گیاه باعث محافظت از غشاها در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش یخ‌زدگی می‌شود و از این طریق باعث افزایش پایداری غشا در برابر نشت یونی می‌شود (Karimi, 2017; Sarikhani *et al.*, 2014).



شکل ٥. تأثیر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن بر تحمل‌سرما (بر اساس $EL\ LT_{50}$: دمایی که در آن مقدار نشت‌یونی بافت گیاهی ٥٠ درصد نشت یونی کامل است) پاییزه و زمستانه جوانه بوته‌های انگور بیدانه‌سفید. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ٥ درصد).

K_1= سولفات‌پتاسیم ٠٪، K_2= سولفات‌پتاسیم ١/٥٪، K_3= سولفات‌پتاسیم ٣٪، F_1= کلات‌آهن ٠٪، F_2= کلات‌آهن ٠/٥٪، F_3= کلات‌آهن ١٪.

جدول ۷. ضریب همبستگی پیرسون بین صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده در انگور بیدانه‌سفید تحت تأثیر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات‌آهن.

صفات	تشکیل میوه	وزن ۲۰ حبه	وزن خوشه	وزن خشک	چگالی	عملکرد میوه	TA	TSS	pH	ویتامین ث	قند محلول	عملکرد کشمش	ضریب تبدیل کشمش	پتاسیم	منیزیم	آهن	روی	منگنز	تحمل سرما پاییزه	تحمل سرما زمستانه
تشکیل میوه	١																			
وزن ٢٠ حبه	٠/٨٣**	١																		
وزن خوشه	٠/٤٨ns	٠/٧٧*	١																	
وزن خشک	٠/٤٥ns	٠/٨١**	٠/٨٠**	١																
چگالی	٠/٣٣ns	٠/٧٦*	٠/٦٧*	٠/٧٨*	١															
عملکرد میوه	٠/٨١**	٠/٨٨**	٠/٨٨**	٠/٧٢*	٠/٥٥ns	١														
TA	٠/٠٧ns	٠/٥٠ns	٠/٨٢**	٠/٨٤**	٠/٦٥ns	٠/٥٤ns	١													
TSS	٠/٤١ns	٠/٢٩ns	٠/١٣ns	٠/٢٣ns	٠/٢٢ns	٠/٢٢ns	٠/٢٤ns	١												
pH	-٠/٠٦ns	-٠/٤٩ns	-٠/٦٤ns	-٠/٧٢*	-٠/٧٠*	-٠/٤٧ns	-٠/٨١*	٠/٣٦ns	١											
ویتامین ث	-٠/٦٢ns	-٠/٣٧ns	-٠/٠٤ns	-٠/١٨ns	٠/١٣ns	-٠/٢٨ns	٠/٠٢ns	-٠/٢٤ns	-٠/١٩ns	١										
قند محلول	٠/٥٨ns	٠/٠٨ns	-٠/٠٨ns	-٠/٢٤ns	-٠/٣٦ns	٠/٢٤ns	-٠/٣٩ns	٠/٦٥*	٠/٦٠ns	-٠/٥٣ns	١									
عملکرد کشمش	٠/٤٤ns	٠/٦٠ns	٠/٦١ns	٠/٦٥*	٠/٥٧ns	٠/٦٣ns	٠/٢٢ns	٠/١٠ns	-٠/٢٦ns	٠/٢١ns	٠/٠٥ns	١								
ضریب تبدیل	٠/٤٤ns	٠/٦٠ns	٠/٦١ns	٠/٣٥ns	٠/٥٧ns	٠/٦٣ns	٠/٢٢ns	٠/١٠ns	-٠/٢٦ns	٠/٢١ns	٠/٠٥ns	٠/٩٨**	١							
پتاسیم	٠/٤٦ns	٠/٧٧*	٠/٧١*	٠/٦٣ns	٠/٨٤**	٠/٦٨ns	٠/٤٢ns	٠/٧٢*	٠/٤٦ns	٠/١٩ns	-٠/١٥ns	٠/٩٠**	٠/٩١ns	١						
منیزیم	-٠/٣٣ns	٠/٣٥ns	٠/٣٥ns	-٠/١٤ns	-٠/٢٥ns	-٠/٥٠ns	٠/٠٦ns	/٣٢ns	٠/١٣ns	-٠/٤٠ns	-٠/٠٩ns	٠/٨٠*	٠/٧٩ns	-٠/٦٥ns	١					
آهن	٠/٦٦ns	٠/٨٣**	٠/٦١ns	٠/٨٠**	٠/٦٩*	٠/٦٧*	٠/٥٧ns	٠/٦٩*	-٠/٥٧ns	-٠/٤٣ns	-٠/٠٢ns	٠/١١ns	٠/١١ns	٠/٤٣ns	٠/٠٨ns	١				
روی	٠/٥٣ns	٠/٣٥ns	٠/٠٨ns	٠/٥٠ns	٠/٢٠ns	٠/٢٩ns	-٠/٢٦ns	٠/٤٧ns	٠/٤٦ns	-٠/٤٤ns	٠/٥٥ns	٠/٥٢ns	٠/٥٢ns	٠/٣٨ns	-٠/٣٢ns	٠/٠٦ns	١			
منگنز	٠/٦٥ns	٠/٧٤*	٠/٥٨ns	٠/٥٠ns	٠/٥٢ns	٠/٧١*	٠/٣٤ns	٠/٠٣ns	-٠/٣٨ns	-٠/٤٢ns	٠/١٦ns	٠/٧٣*	٠/٧٣*	٠/٦٧*	-٠/٣٧ns	٠/٤١ns	٠/٥٧ns	١		
تحمل سرما پاییزه	٠/٥٩ns	٠/٦٥ns	٠/٣٨ns	٠/٤٦ns	٠/٥٦ns	٠/٥٥ns	٠/٠٥ns	٠/٥٧ns	-٠/٠٧ns	٠/٠٤ns	٠/٢٦ns	٠/٧٢*	٠/٧٢*	٠/٨٠**	-٠/٧٠*	٠/٣٤ns	٠/٦٠ns	٠/٥٠ns	١	
تحمل سرما زمستانه	٠/٤٧ns	٠/٧٦*	٠/٧٩*	٠/٦٤ns	٠/٧٨*	٠/٧٦*	٠/٤٨ns	٠/١٧ns	-٠/٥١ns	٠/٢٠ns	-٠/٠٩ns	٠/٩٣**	٠/٩٣**	٠/٩٧**	-٠/٧٢*	٠/٣٩ns	٠/٣٦ns	٠/٧١*	٠/٧٧*	١

ns، * و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷ همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده را بر اساس ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد. مطابق با نتایج دیگر مطالعات (El-Razek *et al*., 2011)، بین عملکرد میوه با صفت تشکیل میوه و اجزای عملکرد از قبیل وزن ۲۰ حبه و وزن خوشه همبستگی نزدیک و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. از طرفی غلظت پتاسیم، آهن و منگنز موجود در حبه‌ها با عملکرد میوه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۷) که حاکی از نقش کلیدی این عناصر در افزایش عملکرد و نیاز زیاد بوته به این عناصر است (Bennett, 1993; Keller, 2015). همچنین عملکرد کشمش با ضریب تبدیل و غلظت عناصر پتاسیم، منیزیم و منگنز ارتباط معنی‌داری داشت. میزان مواد جامد مجلول حبه‌ها همبستگی معنی‌داری با غلظت قندهای محلول و عناصر پتاسیم و آهن داشت که تأییدی بر نقش این عناصر در افزایش محتوای قند و شیرینی حبه‌های انگور است. به‌طور جالب بین تحمل سرما پاییزه و زمستانه و محتوای پتاسیم همبستگی مثبت و با غلظت منیزیم همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷) که بیانگر نقش پتاسیم به‌عنوان عنصر ضد تنش و نیز تعادل آن با منیزیم در افزایش تحمل به سرمای بوته می‌باشد (Sarikhani *et al*., 2014; Karimi, 2017).

٤. نتیجه‌گیری

در این مطالعه بیشترین درصد تشکیل‌میوه، عملکرد و اجزای آن و قندهای محلول در بوته‌های تیمارشده با سولفات‌پتاسیم یک‌و نیم درصد و کلات آهن نیم درصد مشاهده شد. تیمار آهن نیم درصد به تنهایی محتوای موادجامد محلول بیشتری نشان داد. تیمار سطح دوم سولفات پتاسیم، اسید آسکوربیک بالاتری داشت. بیشترین عملکرد کشمش تولیدی و تحمل به سرمای زمستانه در بوته‌های انگور تیمارشده با سولفات‌پتاسیم یک‌ونیم درصد در ترکیب با کلات‌آهن یک درصد مشاهده شد. هرکدام از این نتایج می‌توانند بر اساس اهداف مدیریتی تاکداران که ممکن است میوه باکیفیت برای تازه‌خوری یا دستیابی به ماده خشک و کشمش تولیدی بیشتر و یا تحمل به سرمای زمستانه بیشتر و تولید پایدار در تاکستان‌ها باشد، مورد استفاده تاکداران و کارشناسان قرار گیرند.

منابع

1. Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Álvarez-Fernández, A. & López-Millán, A. F. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, *49*(5), 471-482.
2. Almeida, I., Guiné, R., Gonçalves, F. & Correia, A. C. (2013). Comparison of drying processes for the production of raisins from a seedless variety of grapes. In *ICEUBI2013– International Conference on Engineering*. UBI2013 - 27-29 Nov 2013 – University of Beira Interior – Covilhã, Portugal.
3. Álvarez-Fernández, A., García-Laviña, P., Fidalgo, C., Abadía, J. & Abadía, A. (2004). Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) trees. *Plant and Soil*, *263*(1), 5-15.
4. Álvarez-Fernández, A., Paniagua, P., Abadía, J. & Abadía, A. (2003). Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(19), 5738-5744.
5. Arya, S. P., Mahajan, M. & Jain, P. (2000). Non-spectrophotometric methods for the determination of vitamin C. *Analytica Chimica Acta*, *417*(1), 1-14.
6. Bennett, W. F. (1993). *Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants*. APS press.
7. Bertamini, M. & Nedunchezhian, N. (2005). Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, *28*(5), 737-749.
8. Brancadoro, L., Rabotti, G., Scienza, A. & Zocchi, G. (1995). Mechanisms of Fe-efficiency in roots of *Vitis* spp. in response to iron deficiency stress. *Plant and Soil*, *171*(2), 229-234.

9. Broschat, T. K. (2010). Fertilization improves cold tolerance in coconut palm. *HortTechnology*, *20*(5), 852-855.
10. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *168*(4), 521-530.
11. Channal, H. T. (2005). Effect of iron on yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) in calcareous vertisol (Doctoral dissertation, UAS, Dharwad).
12. Curie, C. & Briat, J. F. (2003). Iron transport and signaling in plants. *Annual Review of Plant Biology*, *54*(1), 183-206.
13. Delgado, R., Martín, P., Del Álamo, M. & González, M. R. (2004). Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *84*(7), 623-630.
14. El-Kassas, S. E. (1984). Effect of iron nutrition on the growth, yield, fruit quality, and leaf composition of seeded Balady lime tress grown on sandy calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, *7*(1-5), 301-311.
15. El-Razek, E. A., Treutter, D., Saleh, M. M. S., El-Shammaa, M., Abdel-Hamid, N. & Abou-Rawash, M. (2011). Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of' Crimson Seedless' *Grapes.Agriculture and Biology Journal of North America*. 2, 330-340.
16. Ershadi, A., Karimi, R. & Mahdei, K. N. (2016). Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*, *38*(1), 2.
17. Fallahi, E., Fallahi, B. & Seyedbagheri, M. M. (2006). Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of 'Early Spur Rome'apple. *Journal of plant nutrition*, *29*(10), 1819-1833.
18. Karimi, R., Ershadi A. & Esna Ashari M. (2014) Effects of late- season nitrogen and potassium spray on dormant buds cold tolerance of 'Bidaneh Sefid' grapevine. *Iranian Journal of Horticultural Sience and Technology 15*, 419-434.(in Persian)
19. Karimi, R. (2014) Evaluation of nutrition and abscisic acid efficacy on cold hardiness of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Bu-Ali Sina Universit. Doctoral dissertation. p.* 240. (in Persian)
20. 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.
21. Karimi, R. & Ershadi, A. (2015). Role of exogenous abscisic acid in adapting of 'Sultana'grapevine to low-temperature stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, *37*(8), 151.
22. Keller, M. (2015). *The science of grapevines: anatomy and physiology*. Academic Press.
23. Larbi, A., Morales, F., Abadía, J., & Abadía, A. (2003). Effects of branch solid Fe sulphate implants on xylem sap composition in field-grown peach and pear: changes in Fe, organic anions and pH. *Journal of Plant Physiology*, *160*(12), 1473-1481.
24. Mansouri, S., Babalar, M., Kalantari, S. & Askary Sarcheshmeh M. A. (2017). Effect of the foliar spraying of iron and soil application of the ammonium nitrate, on postharvest quality of apple *'Delbar stival'*. *Iranian Journal of orticultural Science*. 48: 503-515. DOI: 10.22059/ijhs.2017.123602.758. (in Persian)
25. Marschner, P. (2012). Rhizosphere biology. In *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition)* (pp. 369-388).
26. Martin, P., Delgado, R., González, M. R. & Gallegos, J. I. (2003, June). Colour of'Tempranillo'grapes as affected by different nitrogen and potassium fertilization rates. In *I International Symposium on Grapevine Growing, Commerce and Research 652* (pp. 153-160).
27. Mengel, K. (2007). Potassium, P. 91-120 In: Barker AV and Pilbeam DJ, Handbook of plant nutrition, CRC Press.
28. Pahlavanzadeh, H., Basiri, A. & Zarrabi, M. (2001). Determination of parameters and pretreatment solution for grape drying. *Drying technology*, *19*(1), 217-226.
29. Pestana, M., de Varennes, A. & Faria, E. A. (2003). Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review. *Journal of Food Agriculture and Environment*, *1*, 46-51.
30. Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Hatfield, J. M., Orchard, B. A. & Keller, M. (2006). Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). *Vitis-Geilweilerhof-*, *45*(3), 115.
31. Ronald, S. J. (2008). Wine Science Principles and Applications(3rd ed.). Elsevier Academic.
32. Sarikhani, H., Haghi, H., Ershadi, A., Esna-Ashari, M. & Pouya, M. (2014). Foliar application of potassium sulphate enhances the cold-hardiness of grapevine (*Vitis vinifera*

L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *89*(2), 141-146.

33. Schupp, J., Cheng, L., Stiles, W. C., Stover, E. & Iungerman, K. (2001). Mineral nutrition as a factor in cold tolerance of apple trees. *New York Fruit Quarterly*, *9*(3), 17-20.
34. Slavcheva, T. & Encheva, H. (2004) Influence of potassium fertilizing on cold resistance of grapevine. *Lozarstvo I Vinarstvo*. 5, 38-42.
35. Smiley, E. T. & Shirazi, A. M. (2003). Fall fertilization and cold hardiness in landscape trees. *Journal of Arboriculture*, *29*(6), 342-346.
36. Webster, D. E. & Ebdon, J. S. (2005). Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. *HortScience*, *40*(3), 842-849.
37. Yemm, E. W. & Willis, A. J. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, *57*(3), 508.

Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

The Combined Effect of Potassium and Iron on Fruit Yield and Quality, Raisin, and Cold Tolerance of Grape

Seyed Mehdi Mirbagheri[1], Rouhollah Karimi[2*], Mousa Rasouli[3]

1. Former M.Sc. Student, Department of Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.
3. Associate Professor, Department of Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.

Received: March 8, 2018 Accepted: July 14, 2018

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of potassium sulfate (K_2SO_4; 0%, 1.5%, and 3%) and iron chelate (Fe-EDDHA; 0%, 0.5%, and 1%) on fruit set, fruit yield and quality, leaf mineral nutrient content, raisin yield, and autumn and winter cold tolerance of ‘Bidaneh-Sefid’ grape, this study has conduced a factorial experiment, based on randomized complete blocks design in a commercial vineyard in Bahareh, Malayer, Iran, during 2016-2017. Vines have been sprayed during three stages, including one week befor flowering, as well as two and five weeks after corolla abscision. According to the results obtained, the combined effects of K_2SO_4 and Fe-EDDHA have been significant on fruit set, fruit yield and quality, and raisin yield, not to mention vines' cold tolerance, with the highest fruit set percentage and yield belonging to 1.5% of K_2SO_4 in combination with 0.5% iron chelate. The grapes' K, Fe, and Mn concentration has had a positive and significant correlation with fruit yield per vine and the highest ascorbic acid concentration has been observed in vines, treated with 1.5% K_2SO_4. It is also found that raisin yield has been the highest in combined treatments of 1.5% K_2SO_4 and 1% Fe-EDDHA and the lowest in control vines (0% for both K_2SO_4 and Fe-EDDHA). The highest autumn cold hardiness has been recorded in vines, treated with 3% K_2SO_4 and 1% Fe-EDDHA, whereas the highest winter cold tolerance has been achieved in the ones, treated with 3% K_2SO_4 and 0.5% Fe-EDDHA. The lowest cold tolerance belongs to control vines. There has been a positive and significant correlation between cold tolerance and K content and a negative one with Mg concentration. Totally, the highest fruit and raisin yields and their desirable qualities have been obtained in K_2SO_4 and Fe-EDDHA with moderate concentration; however, the highest bud’s cold tolerance has been seen in the combination of these fertilizers with higher doses.

Keywords: Freezing tolerance, grapevine, nutrition, raisin, soluble sugar.

Corresponding author: R.Karimi@malayeru.ac.ir