

Research Article

## **The effect of early season nutrition of calcium and zinc on yield, sugar content and enzymatic and non-enzymatic antioxidant capacity of grape**

**Rouhollah Karimi**

<sup>1</sup> Department of Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran

### **Abstract**

Foliar spray of nutritional elements is one of the methods for increasing the yield and quality of horticultural products. For this purpose, at the end of winter of 2016, a factorial experiment was conducted under a randomized complete block design at a 15 years old commercial vineyard of ' Bidaneh Sefid' grape cultivar. Plants were sprayed with calcium sulfate (0, 1 and 2%) and Zinc sulfate (0, 0.5 and 1%) during two stages in late March. Cluster weight and yield of vines treated with 1% Ca + 1% Zn was the highest and showed 26.11% increase compared to the control vines. TSS content was highest in 1% Zn treatment in solely. The pH, TA and anthocyanin content reached to peak in response to medium levels of both fertilizers. The phenol content in vines treated with 2% Ca + 0.5% Zn increased up to 31% compared to the control plants. Moreover, the highest flavonoid content was found in vine treated with three levels of both fertilizers. The highest resveratrol was recorded for vines treated with 1% Ca + 1% Zn. In the case of viniferin, the highest amount was found in fruit of vines treated with 1% Zn in solely. The lowest amount of viniferin was related to control vines. The highest content of sucrose was seen in vines treated with 1% Ca in combination with 1% Zn. The content of glucose in vines treated with 2% Ca + 1% Zn was higher than other treatments. On the other hand, the highest content of fructose was related to fruit of vines treated with 1% Zn in solely. The highest levels of activity of catalase and guaiacol peroxidase enzymes were associated with 1% Ca- treated vines in combination with 1% Zn. Also, the most activity of ascorbate peroxidase was observed in the vines treated with the third level of Zn in solely. Antioxidant capacity in 1% Zn- treated vines was higher than other treatments. Totally, combined application of moderate levels of CaSO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub> at early season through nutritional status improvement resulted in yield increasing and qualitative and antioxidant indices of grape.

**Keywords:** Grape, Nutrition, Resveratrol, Antioxidant capacity, Function, Calcium

\* Corresponding Author: rouhollahkarimi@gmail.com

## مقاله پژوهشی

# اثر تغذیهٔ ابتدای فصل کلسیم و روی بر عملکرد، محتوای قند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی انگور

روح‌الله کریمی

گروه مهندسی فضای سبز، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران

## چکیده

محلول‌پاشی عناصر تغذیه‌ای، یکی از روش‌های افزایش عملکرد و کیفیت محصولات باغی است؛ به این منظور، آزمایشی به‌شکل فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یک باغ تجاری پانزده‌سالهٔ انگور رقم بی‌دانهٔ سفید انجام شد. تاک‌ها با سولفات کلسیم (صفر، ۱ و ۲ درصد) و سولفات روی (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) طی دو مرحله در اواخر اسفند محلول‌پاشی شدند. وزن خوشه و عملکرد تاک‌های تیمار شده با کلسیم ۱ درصد + روی ۱ درصد بیشترین مقدار بود؛ به‌طوری‌که در مقایسه با تاک‌های شاهد ۲۶/۱۱ درصد افزایش معنادار نشان داد. میزان مواد جامد محلول در تیمار روی ۱ درصد به‌تنهایی بیش از دیگر تیمارها بود. اسیدبته، اسید قابل‌تیتراسیون و آنتوسیانین در پاسخ به تیمار سطح دوم هر دو کود افزایش معناداری نشان دادند. میزان فنول کل میوه در تیمار کلسیم ۲ درصد + روی ۰/۵ درصد در مقایسه با شاهد ۳۱ درصد افزایش یافت. فلاونوئید کل در تاک‌های تیمار شده با سطح سوم هر دو کود بیشترین مقدار را نشان داد. بیشترین رسوراترول اندازه‌گیری‌شده به تاک‌های تیمار شده با کلسیم ۱ درصد + روی ۱ درصد مربوط بود. بیشترین مقدار وینفرین در میوهٔ تاک‌های تیمار شده با روی ۱ درصد به‌تنهایی به دست آمد. کمترین مقدار وینفرین به تاک‌های شاهد مربوط بود. بیشترین محتوای ساکارز در تاک‌های تیمار شده با ترکیب کلسیم ۱ درصد + روی ۱ درصد بود. محتوای گلوکز در تاک‌های تیمار شده با کلسیم ۲ درصد + روی ۱ درصد بیش از سایر تیمارها بود. از سویی، بیشترین محتوای فروکتوز به میوهٔ تاک‌های تیمار شده با روی ۱ درصد به‌تنهایی مربوط بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول‌پراکسیداز به تاک‌های تیمار شده با کلسیم ۱ درصد + روی ۱ درصد مربوط بود. همچنین بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در تاک‌هایی مشاهده شد که با سطح سوم روی به‌تنهایی تیمار شده بودند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تاک‌های تیمار شده با روی ۱ درصد به‌تنهایی بیش از سایر تیمارها بود. در کل، کاربرد توأم سطوح متوسط سولفات کلسیم و سولفات روی در ابتدای فصل از طریق بهبود وضعیت تغذیه‌ای تاک‌ها به افزایش عملکرد و بهبود شاخص‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی انگور منجر شد.

**واژه‌های کلیدی:** انگور، تغذیه، رسوراترول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، عملکرد، کلسیم

\* نگارندهٔ مسئول: نشانی پست الکترونیک: rouholahkarimi@gmail.com شمارهٔ تماس: ۰۸۱۳۲۳۵۵۳۸۰

## مقدمه

ظرفیت واقعی شکوفایی آنها می‌کاهد؛ از این رو به منظور تکمیل تأمین عناصر در شرایط کاربرد خاکی، استفاده از روش محلول‌پاشی عناصر به‌ویژه در ابتدای فصل که نیاز به عناصر برای راه اندازی فرایند نمو جوانه‌ها، شکوفایی گل و تشکیل میوه بیشتر است، یکی از روش‌های جبران کمبود عناصر است (Keller, 2015).

کلسیم و روی از جمله عناصر ضروری‌اند که نقش ساختاری و آنزیمی دارند و از این رو بر تغییرات هورمون‌ها و قندهای محلول، زمان باز شدن جوانه‌ها و عملکرد نهایی محصول نقش دارند. کلسیم در اتصال پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل‌دهنده دیواره سلولی نقش دارد (Marschner, 2012)؛ همچنین به عنوان پیغام‌بر ثانویه در گیاه به پیام‌های محیطی و هورمون‌ها واکنش نشان می‌دهد (Antunes et al., 2005). کلسیم به فعالیت اکسین کمک می‌کند و در تقسیم سلولی و طول شدن سلول‌ها، جوانه‌زنی و رشد لوله‌گرده نقش دارد (Fageria, 2009). کلسیم در بهبود و نمو گل‌دهی، بلوغ و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به میوه‌ها مؤثر است (Marschner, 2012). روی در گیاهان عالی به عنوان کوفاکتور برخی آنزیم‌ها از جمله الکل‌دهیدروژناز، کربونیک‌آنهیدراز و RNA پلیمراز ایفای نقش می‌کند (Eide, 2011). تغییرات متابولیسمی القا شده در اثر کمبود روی تأثیر زیادی بر بیوستنز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و هورمون اکسین دارند (Castillo-González et al., 2018). نیاز گیاهان به روی اندک است، اما اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد، گیاهان از تنش‌های

دستیابی به ترکیب‌های کودی مناسب برای تولید محصول پایدار و باکیفیت در باغ‌های انگور، یکی از برنامه‌های به‌باغی است که به بررسی و پژوهش‌های گسترده نیاز دارد؛ در این زمینه، هرساله بخش درخور توجهی از کودهای شیمیایی در زمان نامناسب به تاکستان‌ها داده می‌شوند که گاهی نه تنها سبب افزایش تولید محصول باکیفیت نمی‌شوند، هزینه‌های بسیاری را به تاک‌داران تحمیل می‌کنند و موجب آلودگی و شوری خاک و محصول می‌شوند (Ebrahimi et al., 2019)؛ بنابراین، توجه به وضعیت تغذیه‌ای بوته‌های انگور در قالب برنامه مدیریتی سالانه منسجم و دقیق، یکی از گزینه‌هایی است که نقش مهمی در تولید محصول باکیفیت و دارای عملکرد زیاد در تاکستان‌ها ایفا می‌کند (Karimi, 2017). بخش عمده‌ای از نیاز تغذیه‌ای درختان به شکل کودهای آلی و شیمیایی به خاک اضافه می‌شود؛ هرچند به علت موانع موجود در حلالیت و جذب یون‌ها، تنها بخش کمی از این عناصر به بخش‌های هوایی درخت منتقل می‌شوند (Marschner, 2012) که این مقدار به‌ویژه در برخی مراحل رشد و نمو میوه که نیاز بیشتری به عناصر تغذیه‌ای وجود دارد، به‌طور کافی تأمین نمی‌شود. هرساله ضمن برداشت میوه و طی انجام هرس، بخش درخور توجهی از عناصر تغذیه‌ای از تاک‌ها حذف می‌شوند؛ درحالی‌که کوددهی پیش از سرگیری رشد در اواخر زمستان به‌ندرت انجام می‌شود (Karimi, 2017). این عامل سبب کاهش ذخیره‌های کربوهیدراتی و نیتروژنی تاک‌ها می‌شود و از

تأمین کافی عناصر غذایی به‌ویژه در اوایل فصل رشد به‌منظور تأمین زیرساخت‌های لازم برای شکوفایی جوانه و تلقیح موفقیت‌آمیز گل‌ها اهمیت بسیاری دارد. در اوایل فصل به‌علت افزایش رشد جوانه‌ها و غالب‌شدن رشد رویشی، غلظت عناصر غذایی در بافت‌های گیاه کاهش می‌یابد (Keller, 2015)؛ در این شرایط، عناصری از جمله روی که به‌علت زیادبودن غلظت بیکربنات و اسیدیتۀ خاک با مشکل جذب روبه‌رو هستند (Escudero-Almanza *et al.*, 2012) یا عناصری مانند کلسیم که به‌علت کندی حرکت به‌سمت ریشه و انتقال در آوندها به‌اندازۀ کافی تأمین نمی‌شوند، عوامل محدودکنندهٔ گل‌دهی، تشکیل میوه و کیفیت نهایی میوه تلقی می‌شوند (Bonomelli and Ruiz, 2010)؛ از این رو، کاربرد تکمیلی این عناصر در اوایل فصل رشد ممکن است باعث بهبود غلظت این عناصر در بافت‌ها و راه‌اندازی فعالیت‌های متابولیکی مرتبط با این عناصر شود که در نهایت به افزایش عملکرد و کیفیت تازه‌خوری میوه و تجمع استیلین‌ها منجر می‌شود. رسوراترول و وینیفیرین از جمله مهم‌ترین استیلین فیتوالکسین‌های ساخته‌شونده یا انگیزشی در گیاهان به‌ویژه انگور هستند که وجود آنها در بافت‌های رویشی سبب افزایش سیستم دفاعی و در آرمیوه موجب افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای و دارویی آن می‌شود (Hasan and Bae, 2017). متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و اسیدهای فنولی در مراحل مختلف نمو حبه‌ها تجمع می‌یابند. این ترکیب‌ها به‌واسطهٔ داشتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی زیاد، آثار

فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج می‌برند (Bybord and Shabanov, 2010; Eide, 2011). حساسیت گیاهان مختلف به کمبود روی و کلسیم متفاوت است و بین درختان میوه، مرکبات و انگور بیشترین حساسیت را به کمبود روی دارند (Marschner, 2012). خاک‌های قلیایی، کاربرد زیاد فسفر و نیتروژن، مواد آلی زیاد در خاک، رطوبت زیاد خاک و مقادیر بیش از حد پتاس و مس از جمله مواردی هستند که نقش مؤثری در بروز نشانه‌های کمبود روی در گیاه دارند (Fageria, 2009). تغذیهٔ برگ‌ی سولفات‌روی، غلظت عناصر روی، آهن، عملکرد، وزن خوشه، طول خوشه، قطر حبه، اسیدیتۀ، میزان مواد جامد محلول و میزان عملکرد را افزایش می‌دهد (Jamehbozorg, 2017). در پژوهشی دربارهٔ انگور، بیشترین درصد تشکیل میوه در تیمارهای حاوی عنصر روی و کمترین درصد در شاهد و تیمارهایی وجود داشت که در آنها، عناصر بُر یا اوره به‌تنهایی یا در ترکیب باهم به کار رفته بودند. در مجموع، محلول‌پاشی بوته‌های انگور رقم کشمش سفید با عناصر نیتروژن، بُر و روی، تأثیر مثبتی بر درصد تشکیل میوه داشته و نقش عنصر روی بیش از سایر عناصر بوده است (Doulati Baneh and Taheri, 2009). کاربرد برگ‌ی کلات کلسیم و کلات روی و بُر در درختان پرتقال والنسیا می‌تواند وزن میوه، تعداد میوه در درخت و عملکرد نهایی را به‌طور معناداری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دهد (Baghdady *et al.*, 2014).

### مواد و روش‌ها

در پایان زمستان سال ۱۳۹۴، تعداد ۴۵ تاک انگور رقم بی‌دانه سفید (رقم غالب زیرکشت در ایران) با شرایط رشد یکنواخت در قطعه باغ تجاری پانزده‌ساله‌ای با سیستم تربیت داربستی واقع در روستای افسریه ملایر انتخاب و نشانه‌گذاری شدند. به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌برداری از خاک باغ مورد مطالعه در اوایل فصل انجام شد (جدول ۱).

مفیدی بر سلامتی انسان دارند (Karimi et al., 2017). تاکنون اثر کاربرد ترکیب کلسیم و روی در ابتدای فصل بر بهبود شاخص‌های کمی و کیفی انگور گزارش نشده است؛ از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ترکیبی سولفات کلسیم و سولفات روی بر برخی از صفات کمی و کیفی انگور بی‌دانه سفید (رقم غالب تازه‌خوری و کشمشی در کشور) به منظور دستیابی به بهترین تیمار ترکیبی برای تولید میوه با عملکرد و کیفیت زیاد انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تاکستان محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن کل (درصد)	نیترژن	پتاسیم	فسفر	کلسیم	منیزیم	روی
۳۰-۰	۱۲/۹	۴۲/۵	۴۴/۶	لومی	۸/۱	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۰۴	۲۵۴	۳۲/۶	۲۳۵	۳۵/۵	۱/۹۶
۶۰-۳۰	۲۲/۱	۳۹/۷	۳۸/۲	لومی	۸/۳	۰/۶۴	۰/۴۳	۰/۰۵	۲۳۹	۱۹/۷	۲۱۰	۳۶/۲	۱/۶۳

تاک‌ها به شکل غرقابی و به فاصله ۱۵ روز یک‌بار انجام شد. میوه‌ها در هفته سوم شهریور (۹۰ روز پس از تمام گل) مطابق با شاخص رسیدگی برداشت و به منظور تعیین میزان عملکرد و ثبت ویژگی‌های کمی و کیفی به آزمایشگاه تحقیقات باغبانی دانشگاه ملایر منتقل شدند. گفتنی است آزمایش در سال بعد نیز تکرار شد و به علت معنادار نشدن اثر سال، میانگین نتایج هر دو سال در مطالعه حاضر ارائه شد.

عملکرد کل و وزن خوشه در هر تیمار با ترازوی دیجیتالی وزن شد. عملکرد کل هر تیمار هم‌زمان با برداشت میوه‌ها و با ترازوی صدکیلوگرمی تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خوشه، تعداد ۵ خوشه از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و به طور مجزا با

آزمایش به طور فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار (۳ بوته در هر واحد آزمایشی) اجرا شد. بوته‌ها با سولفات کلسیم (صفر، ۱ و ۲ درصد) و سولفات روی (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) طی دو مرحله در اواخر اسفند و درست کمی پیش از متورم شدن تا تورم کامل جوانه‌ها به فاصله یک هفته محلول‌پاشی شدند. با توجه به نقش مهم هرس بر عملکرد و کیفیت میوه، تعداد ۲۵ شاخه شش جوانه‌ای در هر بوته نگهداری و سایر شاخه‌ها هرس شدند. مبارزه با آفت‌های تریپس و خوشه‌خوار انگور با استفاده از سم دیازینون به ترتیب در ابتدا و اواسط فصل انجام شد. به منظور مبارزه با بیماری سفیدک سطحی از گل گوگرد در دو نوبت پیش و پس از گل‌دهی استفاده شد. آبیاری

به منظور اندازه‌گیری مقدار قندهای محلول (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) با HPLC، ابتدا نمونه‌ها در ازت مایع منجمد و کاملاً پودر شدند. مقدار ۰/۵ گرم از بافت پودر شده وزن و در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد محلول و به مدت ۱۵ دقیقه در ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. این محلول از صافی ۰/۲ میکرومتر عبور داده شد تا برای تفکیک قندها به دستگاه HPLC تزریق شود (Shin *et al.*, 2002). به منظور جداسازی قندها از دستگاه HPLC مدل Unicam-Crystal-200، ساخت کشور انگلیس استفاده شد که به آشکارساز UV-vis SPD MLOAD از نوع Photodiode array مجهز بود. مقدار تزریق ۱۰ میکرولیتر و ستون به کاررفته Spherisorb C<sub>8</sub>-ODS<sub>2</sub> به ابعاد طول ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر و قطر ذرات ۰/۳ میکرون بود. فاز متحرک شامل بافر سترات سدیم (اسیدیت ۵/۵) و استونیتیل فوق خالص با نسبت ۱:۹۹ و با سرعت عبور ۰/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود (Comis *et al.*, 2001). بر اساس زمان بازداری و با استفاده از استانداردهای گلوکز، ساکارز و فروکتوز، نوع و مقدار قندها در نمونه‌های مجهول مشخص و به شکل میکرومول در گرم وزن تر بیان شد.

به منظور اندازه‌گیری محتوای فنول کل موجود در میوه‌ها، ابتدا ۰/۵ گرم نمونه تر میوه در ۴ میلی‌لیتر اتانول کاملاً کوبیده و محلول همگنی تهیه و پس از ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ در ۹۵۰۰ دور بر دقیقه، محلول شفاف رویی جدا شد. میزان ۳۰۰ میکرولیتر عصاره اتانولی با ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد و ۰/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در محل تاریک قرار داده شد؛

ترازوی دیجیتالی وزن شد. مواد جامد محلول با دستگاه رفرکتومتر (مدل آتاگو، ژاپن) در دمای اتاق اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری میزان اسید قابل تیتراژ، ابتدا عصاره میوه از صافی عبور داده شد تا مواد معلق و زائد حذف شوند و سپس مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول به دست آمده درون ارلن ریخته و با افزودن آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. اسید قابل تیتراژ با اضافه کردن تدریجی سود ۰/۱ نرمال و در حضور معرف فنل فتالین ثبت شد. تاریخ اسید به عنوان اسید مبنای محاسبه درصد اسیدیته در نظر گرفته شد.

به منظور استخراج قندهای محلول کل، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت منجمد شده با استفاده از ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی ساییده و بخش بالایی محلول جدا شد. عمل استخراج بار دیگر با افزودن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به رسوبات قبلی تکرار شد. عصاره استخراج شده به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. به منظور اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی به دست آمده با ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) مخلوط شد. برای شروع واکنش رنگ‌گیری، لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از سرد شدن، میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Irigoyen *et al.*, 1992). غلظت قندهای محلول کل بر اساس منحنی استاندارد گلوکز تعیین و به شکل میلی‌گرم در گرم وزن تر بیان شد.

پس از طی شدن مدت زمان لازم، میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر خوانده شد و سپس با استفاده از نمودار استاندارد گالیک‌اسید، میزان فنول بر حسب میلی‌گرم گالیک‌اسید در گرم وزن تر به دست آمد (Velioglu *et al.*, 1998).

به منظور سنجش میزان فلاونوئید کل از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد (Chang *et al.*, 2002)؛ در این روش، ابتدا ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد در لوله آزمایش ریخته و سپس، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم ۱ مولار به لوله‌ها اضافه و با آن مخلوط شد؛ سپس ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به لوله‌ها اضافه شد و در مرحله آخر، ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره به مخلوط اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفتند و در نهایت، جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. مقدار فلاونوئید کل برای هر کدام از عصاره‌ها به شکل میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن تر محاسبه شد.

به منظور سنجش آنتوسیانین، ۰/۱ گرم از پوست میوه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول: کلریدریک‌اسید ۱:۹۹) له شد. عصاره گیاهی حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد و سپس جذب اسپکتروفتومتری نمونه‌ها در ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نمونه‌ها با استفاده از ضریب خاموشی معادل  $33000 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  محاسبه و بر حسب میلی‌گرم سیانیدین-۳-گلوکوزید در گرم وزن تر بیان شد (Giusti and Wrolstad, 2001).

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، عصاره آنزیمی تهیه شد؛ به این منظور، ابتدا بافت منجمد شده میوه در حضور نیتروژن مایع درون هاون چینی آسیاب و مقدار

به منظور استخراج و اندازه‌گیری وینیفیرین و رسوراترول، ابتدا حبه‌ها در نیتروژن مایع منجمد و پس از ۱ دقیقه با دستگاه آسیاب برقی خرد شدند. این مخلوط مجدداً با حلال استخراج (متانول-آب به نسبت ۱:۴) به حجم ۱۵ میلی‌لیتر برای هر گرم بافت همگن شد و سپس به مدت ۳ دقیقه در ۶۰۰۰ دوربردقیقه سانتریفوژ و محلول رویی برداشت و پس از عبور از فیلتر توسط مبرد، حلال اولیه جدا و باقیمانده برداشت شد و به آن ۱ میلی‌لیتر اتانول اضافه شد تا به دستگاه HPLC تزریق شود. به منظور اندازه‌گیری رسوراترول و وینیفیرین از دستگاه HPLC مدل ۲۰۰-Unicam-Cristal مجهز به آشکارساز فلورسانس با طول موج تحریک ۳۳۰ و طول موج خروجی ۳۷۰ نانومتر استفاده شد. مقدار ۵۰ میکرولیتر عصاره استخراجی به ستون 2ODS به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر متصل به ستون گارد تزریق شد. فاز متحرک مشتمل بر ۵ درصد فرمیک‌اسید در استونیتریل به عنوان محلول A و ۵ درصد فرمیک‌اسید به عنوان محلول B بود که در مدت ۳۶ دقیقه، نسبت محلول B از ۵ درصد به ۸۵ درصد رسید و با سرعت ۰/۵ میلی‌لیتربردقیقه از ستون عبور کرد. بر اساس زمان بازداری (رسوراترول معادل ۲۵/۲ و وینیفیرین معادل ۲۹/۰ دقیقه) و سطح زیر منحنی استاندارد، مقدار هریک از این دو ماده در نمونه‌ها مشخص شد (Timperio *et al.*, 2012).

نانومتر که بیان‌کننده میزان تخریب و کاهش غلظت  $H_2O_2$  است، به مدت ۱ دقیقه انجام شد. اندازه‌گیری فعالیت گایاکول پراکسیداز بر اساس تبدیل گایاکول به تترایاکول و ایجاد رنگ نارنجی است. هر واحد از فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (ضریب خاموشی ۲۶/۶ میلی‌مولار بر سانتی‌متر) مقداری از آنزیم در نظر گرفته شد که در هر دقیقه موجب کاهش ۱ میکرومول  $H_2O_2$  در هر میلی‌لیتر می‌شود. میزان فعالیت آنزیم بر حسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Herzog and Fahimi, 1973).

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، ابتدا ۵۰ میکرولیتر از عصاره میوه با ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج حاوی فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (اسیدیته ۷)، ۲ میلی‌مولار EDTA، PVP-40 (۱ درصد (وزن به حجم)، تریتون ۰/۱ درصد (حجم به حجم) و آسکوربات ۱ میلی‌مولار آمیخته شد. واکنش آنزیم آسکوربات پراکسیداز با افزودن ۴/۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به مخلوط یادشده آغاز شد. ثبت تغییرات جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۲۹۰ نانومتر که بیان‌کننده میزان اکسیداسیون و کاهش غلظت آسکوربات است، به مدت ۱ دقیقه انجام شد. هر واحد فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (ضریب خاموشی ۲/۸ میلی‌مولار بر سانتی‌متر) مقداری از آنزیم در نظر گرفته شد که موجب اکسید شدن ۱ میکرومول آسکوربات در هر دقیقه می‌شود. میزان فعالیت آنزیم بر حسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Nakano and Asada, 1981).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH-2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl سنجیده شد

۰/۱ گرم از آن به تیوب پلاستیکی حاوی ۱ میلی‌لیتر بافر استخراج اضافه و به هم زده شد. عصاره تهیه شده پس از عبور از صافی به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ و محلول شفاف بالایی به آرامی جدا شد؛ از این محلول برای اندازه‌گیری فعالیت هریک از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به شرح زیر استفاده شد:

به منظور تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، ابتدا مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره میوه با ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج شامل فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (اسیدیته ۷) حاوی ۲ میلی‌مولار EDTA آمیخته شد. واکنش آنزیم کاتالاز با افزودن ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به مخلوط یادشده آغاز شد. ثبت تغییرات جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه انجام شد. هر واحد از فعالیت آنزیم کاتالاز (ضریب خاموشی ۴۳/۴ مولار بر سانتی‌متر) به عنوان مقداری از آنزیم در نظر گرفته شد که موجب کاهش ۱ میکرومول  $H_2O_2$  در هر دقیقه می‌شود. میزان فعالیت آنزیم بر حسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Bergmeyer, 1970).

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، ابتدا مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره میوه با ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج حاوی فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (اسیدیته ۷) و ۲ میلی‌مولار EDTA آمیخته شد. واکنش آنزیم گایاکول پراکسیداز با افزودن ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد و ۵ میکرولیتر ماده گایاکول ۲۰ میلی‌مولار به مخلوط یادشده آغاز شد. ثبت تغییرات جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۴۶۵



(Álvarez- G405 ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد (Fernández, 2003; El-Razek et al., 2011). تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

**وزن خوشه و عملکرد میوه:** میزان وزن خوشه و عملکرد تاک‌ها در پاسخ به تیمارهای سولفات کلسیم و سولفات روی افزایش یافت. عملکرد تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات روی ۰/۵ درصد دارای بیشترین مقدار بود؛ به طوری که در مقایسه با تاک‌های شاهد ( $C_1Z_1$ )، افزایش ۲۶/۱۱ درصدی نشان داد (جدول ۲). همچنین تاک‌های تیمار شده با ترکیب کودی یاد شده، وزن خوشه بیشتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشتند (بدون اختلاف معنادار با تیمار ترکیبی سطوح متوسط هر دو کود). کمترین وزن خوشه و عملکرد به تاک‌های شاهد مربوط بود (جدول ۲). کاربرد کلرید کلسیم به شکل برگی و خاکی در انگور رقم تامسون سیدلس به افزایش اندازه جبه و وزن خوشه در مقایسه با تاک‌های شاهد منجر شده است (Bonomelli and Ruiz, 2010). همچنین محلول پاشی درختان پرتقال و اشنگتون ناول با کلرید کلسیم ۱ درصد موجب افزایش وزن و تعداد میوه و عملکرد کل شده است (Aly et al., 2015). در مطالعه‌ای روی لیمو، کاربرد برگی سولفات روی و کلات روی سبب افزایش معنادار تشکیل میوه، تعداد میوه در درخت، حجم میوه، حجم درخت، وزن میوه و عملکرد کل در مقایسه با درختان شاهد شده است (Supriya et al., 1993). کاربرد برگی

(Sanchez et al., 1998). در این روش، ۰/۵ گرم از بافت میوه با ۴ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد همگن و مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۳۴۰۰ میکرولیتر محلول ۰/۵ میلی‌مولار DPPH (سیگما آلد ریچ، آلمان) مخلوط و محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی نگهداری شد؛ سپس میزان جذب نوری آن در ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. ظرفیت مهارکنندگی رادیکال (Radical Scavenging Capacity; RSC) از طریق رابطه زیر محاسبه شد. در این رابطه، A blank و A sample به ترتیب میزان جذب شاهد (DPPH خالص) و نمونه (عصاره) هستند.

$$DPPH\ RSC(\%) = [(A_{blank} - sample) / A_{blank}] \times 100$$

به منظور اندازه‌گیری برخی عناصر معدنی (پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن و روی)، ابتدا میوه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند تا خشک شوند (EI-Razek et al., 2011)؛ سپس ۱ گرم نمونه پودر شده درون کروژه ریخته و به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خاکستر سفیدرنگ تشکیل شود؛ سپس به هر نمونه خاکستر، ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۱ نرمال افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه روی حمام آب گرم قرار داده شد تا رنگ لیمویی ظاهر شود. عناصر آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل ۲۲۰ واریان)، مقدار کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری (تیتراسیون محلول ۰/۰۱ نرمال EDTA) و اندازه‌گیری پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل

بر محتوای مواد جامد محلول حبه‌های انگور در مطالعه‌های دیگران نیز مشاهده شده است (Bybord and Shabanov, 2010). ارتباط عنصر روی و آنزیم کربونیک آنهیدراز در گیاهان مختلف از جمله نخودفرنگی، کاهو، اسفناج و پکان گزارش شده است (Escudero-Almanza *et al.*, 2012). در شرایط کمبود روی، فعالیت آنزیم‌های کربونیک آنهیدراز و به تبع آن، توانایی آنزیم ریبولوزبی فسفات برای کربو کسبیله کردن دی‌اکسید کربن در کلروپلاست کاهش می‌یابد و باعث کاهش بازده فتوسنتز می‌شود (Lopez-Millan *et al.*, 2005; Escudero-Almanza *et al.*, 2012). در مطالعه حاضر، سرعت فتوسنتز تاک‌ها اندازه‌گیری نشد؛ با وجود این، عملکرد تاک‌های تیمارشده با سولفات روی در مقایسه با شاهد افزایش معناداری نشان داد که به‌طور غیرمستقیم بهبود شرایط فتوسنتز (Marschner, 2012) و افزایش ابعاد و وزن حبه‌ها در این تاک‌ها را تأیید می‌کند.

غلظت‌های ۴ و ۸ گرم در لیتر سولفات روی در انگور باعث افزایش ابعاد و وزن حبه‌ها و عملکرد نهایی شده است (Song *et al.*, 2015). همچنین کاربرد برگی کلات کلسیم و کلات روی و بُر در درختان پرتقال والنسیا به‌طور معناداری وزن میوه، تعداد میوه در درخت و عملکرد نهایی را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است (Baghdady *et al.*, 2014). که تأییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است. وزن حبه یکی از شاخص‌های کمی مهم در انگورهای تازه‌خوری است که نقش مهمی در کیفیت و بازارپسندی آن دارد. در مطالعه حاضر، افزایش بیشتر وزن حبه‌های تاک‌های تیمارشده با سولفات روی ممکن است با افزایش سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر همراه شده باشد. همچنین به‌علت نقش عنصر روی در بیوستز اکسین (Alloway, 2004)، افزایش ابعاد و اندازه حبه‌ها و عملکرد بیشتر در تاک‌های تیمارشده با روی می‌تواند به‌طور غیر مستقیم با تولید بیشتر اکسین (Boettcher *et al.*, 2010) مرتبط باشد. اثر افزایشی کاربرد عنصر روی

جدول ۲- برهم کنش سولفات کلسیم و سولفات روی بر عملکرد و برخی شاخص‌های کیفی میوه انگور بی‌دانه سفید

تیمارهای تغذیه‌ای	وزن خوشه (گرم)	عملکرد در تاک (کیلوگرم)	اسیدیته (گرم بر لیتر)	اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم بر لیتر)	مجموع مواد جامد محلول (بریکس)
C <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	۴۲۸/۴ <sup>e</sup>	۳۱/۴ <sup>e</sup>	۳/۶۱ <sup>b</sup>	۳/۱ <sup>d</sup>	۲۳ <sup>c</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	۴۵۲/۷ <sup>bc</sup>	۳۵/۲ <sup>c</sup>	۳/۶۶ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>c</sup>	۲۴ <sup>b</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	۴۶۴/۵ <sup>b</sup>	۳۷/۶ <sup>bc</sup>	۳/۳۵ <sup>d</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۲۵ <sup>a</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	۴۳۶/۳ <sup>d</sup>	۳۴/۴ <sup>d</sup>	۳/۴۱ <sup>c</sup>	۳/۷ <sup>b</sup>	۲۰ <sup>d</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	۴۷۸/۸ <sup>a</sup>	۳۸/۶ <sup>b</sup>	۳/۷۲ <sup>a</sup>	۴/۴ <sup>a</sup>	۲۳ <sup>c</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	۴۸۹/۶ <sup>a</sup>	۴۲/۵ <sup>a</sup>	۳/۴۴ <sup>c</sup>	۴/۲ <sup>a</sup>	۲۴ <sup>b</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>	۴۴۵/۳ <sup>c</sup>	۳۷/۱ <sup>bc</sup>	۳/۴۴ <sup>ab</sup>	۳/۵ <sup>b</sup>	۲۱ <sup>d</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>	۴۴۵/۴ <sup>c</sup>	۳۸/۶ <sup>b</sup>	۳/۶۶ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>c</sup>	۲۴ <sup>b</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>	۴۴۷/۲ <sup>c</sup>	۳۷/۴ <sup>bc</sup>	۳/۵۷ <sup>b</sup>	۳/۱ <sup>c</sup>	۲۳ <sup>c</sup>

میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری باهم ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد). C<sub>1</sub> سولفات کلسیم ۵ درصد، C<sub>2</sub> سولفات کلسیم ۱ درصد، C<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۲ درصد، Z<sub>1</sub> سولفات روی ۰ درصد، Z<sub>2</sub> سولفات روی ۰/۵ درصد، Z<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۵ درصد.

سولفات روی ۱ درصد

**اسیدیته (pH) و مجموع مواد جامد محلول:**

اسیدیته میوه در تاک‌های تیمار شده با سطح متوسط هر دو کود (سولفات کلسیم ۱ درصد + سولفات روی ۰/۵ درصد) بیشترین مقدار بود که البته با مقدار این شاخص در تیمارهای سولفات روی ۰/۵ درصد به تنهایی، سولفات کلسیم ۱ درصد به تنهایی و ترکیب سطح سوم سولفات کلسیم با سطح دوم سولفات روی تفاوت معناداری نداشت. تیمار سولفات روی ۱ درصد به تنهایی کمترین اسیدیته را نشان داد (جدول ۲). بیشترین اسیدیته قابل تیتراژ به تیمار ترکیب سطوح متوسط هر دو کود مربوط بود که البته اختلاف معناداری با تیمار سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات روی ۱ درصد و تیمار سولفات روی ۱ درصد به تنهایی نداشت. کمترین اسیدیته قابل تیتراژ به میوه تاک‌های شاهد مربوط بود (جدول ۲).

بیشترین میزان مواد جامد محلول به تاک‌های تیمار شده با سولفات روی ۱ درصد به تنهایی و کمترین مقدار به تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد به تنهایی مربوط بود که البته تفاوت معناداری با تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۲ درصد به تنهایی نداشت (جدول ۲).

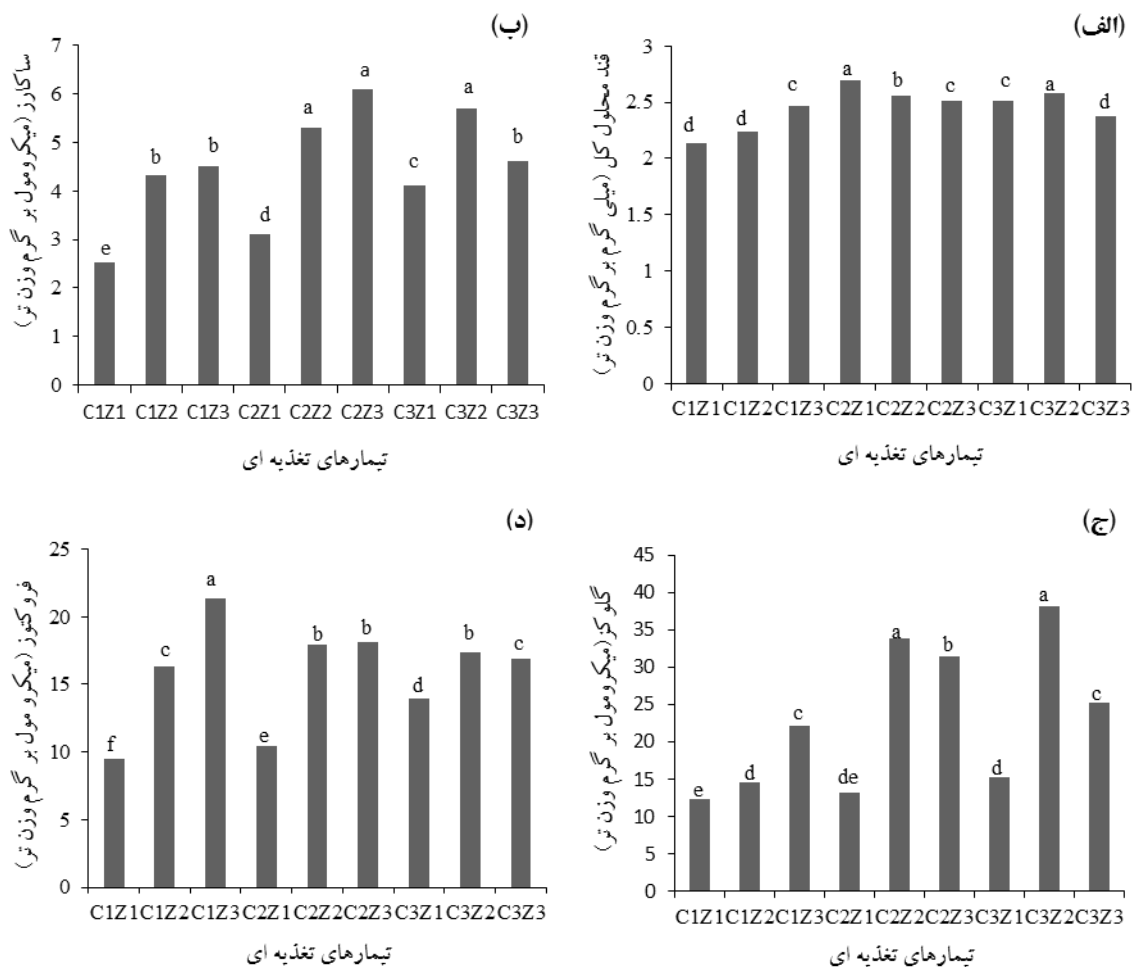
کاربرد برگی سولفات روی (۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام) باعث افزایش غلظت اسیدیته قابل تیتراژ در انار رقم منفالوتی شده است (El-Khawaga, 2007). در مطالعه‌ای روی درختان پرتقال خونی، کاربرد برگی سولفات روی به افزایش عملکرد، ویتامین ث، مجموع مواد جامد محلول و اسیدیته کل منجر شده است (Sajid et al., 2010). کاربرد برگی غلظت‌های ۴ و ۸ گرم در لیتر سولفات روی در انگور، ضمن افزایش تجمع مواد جامد محلول حبه‌ها به کاهش اسیدیته

قابل تیتراژ منجر شده است (Song et al., 2015). در درختان پرتقال، کاربرد برگی کلات کلسیم و کلات روی باعث افزایش معنادار مجموع مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته قابل تیتراژ میوه در مقایسه با تیمار شاهد شده است (Baghdady et al., 2014; Aly et al., 2015) که تأییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است. کاربرد برگی غلظت‌های ۴ و ۸ گرم در لیتر سولفات روی در انگور، ضمن افزایش تجمع فنول کل، فلاونوئیدها و آنتوسیانین حبه‌ها به کاهش اسیدیته قابل تیتراژ منجر شده است (Song et al., 2015). در زمینه اسیدیته قابل تیتراژ، تفاوت نتایج مطالعه حاضر با دیگر مطالعه‌ها ممکن است با تفاوت در زمان کاربرد روی، تنوع منبع مصرفی روی و پاسخ متفاوت ارقام مختلف به کاربرد روی و شرایط محیطی مرتبط باشد. افزایش مواد جامد محلول در تاک‌های تیمار شده با کلسیم و روی ممکن است با تجمع بیشتر قندهای محلول اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر از جمله ساکارز در این تاک‌ها مرتبط باشد.

**قندهای محلول (ساکارز، گلوکز و فروکتوز):**

محتوای قندهای محلول کل در تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم و سولفات روی روند افزایشی نشان داد؛ به طوری که در تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد به حداکثر رسید؛ اگرچه با مقدار قندهای محلول کل تاک‌های تیمار شده با سطح سوم سولفات کلسیم در ترکیب با سطح دوم سولفات روی از نظر آماری تفاوت معناداری نداشت (شکل ۱، الف). کمترین میزان قند محلول کل بدون اختلاف معنادار با تیمار سولفات کلسیم ۲ درصد در ترکیب با سولفات روی ۱ درصد و تیمار شاهد به تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۲ درصد در

۱، الف). ترکیب با سولفات روی ۰/۵ درصد مربوط بود (شکل



شکل ۱- برهم کنش سولفات کلسیم و سولفات روی بر غلظت قندهای محلول کل (الف)، ساکارز (ب)، گلوکز (ج) و فروکتوز (د) میوه انگور بی دانه سفید؛ میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری باهم ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد). C<sub>1</sub> سولفات کلسیم ۰ درصد، C<sub>2</sub> سولفات کلسیم ۱ درصد، C<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۲ درصد، Z<sub>1</sub> سولفات روی ۰ درصد، Z<sub>2</sub> سولفات روی ۰/۵ درصد، Z<sub>3</sub> سولفات روی ۱ درصد

تیمار شده با سولفات کلسیم ۲ درصد در ترکیب با سولفات روی ۱ درصد بیش از سایر تیمارها بود (شکل ۱، ج). از سویی، بیشترین محتوای فروکتوز با مقدار ۲۲/۳ میکرومول بر گرم وزن تر به میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات روی ۱ درصد به‌تنهایی مربوط بود (شکل ۱، د). محتوای ساکارز، گلوکز و فروکتوز در تاک‌های شاهد کمتر از دیگر تیمارها بود (شکل ۱). افزایش عناصر غذایی برگ سبب

بیشترین محتوای ساکارز در تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات روی ۱ درصد مشاهده شد که البته اختلاف معناداری با مقدار ساکارز اندازه‌گیری شده در میوه تاک‌های تیمار شده با تیمار سولفات کلسیم ۲ درصد در ترکیب با سولفات روی ۱ درصد و تیمار سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات روی ۰/۵ درصد نداشت (شکل ۱، ب). محتوای گلوکز در تاک‌های

محتوای فنول کل (با کاهش ۲۲/۹ درصدی نسبت به تاک‌های شاهد) به تاک‌های تیمار شده با کلسیم ۲ درصد به تنهایی مربوط بود که تفاوت معناداری با تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد به تنهایی نداشت (جدول ۳). میزان فلاونوئید کل در پاسخ به کاربرد سولفات کلسیم در ترکیب با سطوح مختلف سولفات روی روند افزایشی نشان داد و فلاونوئید کل تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۱ درصد به تنهایی کمترین بود که البته با تیمار سطح دوم سولفات روی تفاوت معناداری نداشت (جدول ۳). محلول‌پاشی سولفات روی در انگور باعث افزایش تجمع فنول کل، فلاونوئیدها و آنتوسیانین حبه‌ها شده است (Song *et al.*, 2015). در مطالعه Jamehbozorg (۲۰۱۷) نیز میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات روی ۱ درصد دارای میزان فنول کل و فلاونوئید بیشتری بودند که تأییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است. عوامل فیزیولوژیکی و محیطی متعددی وجود دارند که مقدار تولید و انتقال فلاونوئیدها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تمام این عوامل به شکل شبکه‌ای باهم ارتباط دارند و زمانی که در حد بهینه باشند، به بهبود تولید فلاونوئیدها منجر می‌شوند. در حقیقت، کوددهی بهینه به‌ویژه با عنصر روی از طریق تأثیر بر غلظت هورمون‌های درون‌زاد گیاهی از جمله اکسین بر بیوستز فلاونوئیدها اثر می‌گذارد (Bunea *et al.*, 2012; Mirbagheri *et al.*, 2018).

**آنتوسیانین کل:** تاک‌های تیمار شده با سطوح متوسط سولفات کلسیم و سولفات روی بیشترین مقدار

بهبود ترکیبات درونی میوه از جمله قندهای محلول می‌شود. در انگور، فروکتوز و گلوکز دو قند احیایی مهم هستند که نقش بسزایی در تعیین کیفیت حبه‌ها دارند (Hufnagel and Hofmann 2008)؛ به همین علت، هر گونه عاملی که محتوای قند را در حبه‌ها تحت تأثیر قرار دهد، روی طعم و مزه آب انگور تأثیر می‌گذارد. با توجه به نقش تنظیمی ساکارز در بیوستز اسیدهای فنولی و فلاونوئیدها (Solfanelli *et al.*, 2006)، تجمع بیشتر این متابولیت‌های ثانویه در تاک‌های تیمار شده با سولفات روی ممکن است با تولید بیشتر ساکارز در این تاک‌ها مرتبط باشد. کاربرد عناصر تغذیه‌ای از جمله روی (Jamehbozorg, 2017) و پتاسیم (Mirbagheri *et al.*, 2018) در انگور و کلسیم در کیوی (Heidary *et al.*, 2015) به افزایش محتوای قند محلول منجر شده است. عنصر روی نقش مهمی در تنظیم متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد (Swietlik, 2001). در مطالعه حاضر، افزایش گلوکز، ساکارز و فروکتوز ایجاد شده در اثر تیمار ترکیبی کلسیم و روی، ضمن افزایش کیفیت میوه و ماده خشک کشمش تولیدی سبب زودرسی میوه‌ها شد که با توجه به آثار منفی بارندگی‌های احتمالی آخر فصل از جمله توسعه بیماری پوسیدگی خاکستری و ترکیب حبه و تأخیر در خشک شدن کشمش، می‌تواند برای تاک‌داران مزیت داشته باشد.

#### **فنول کل و فلاونوئید کل:** بیشترین مقدار فنول

کل حبه‌های انگور به تاک‌های تیمار شده با سولفات کلسیم ۲ درصد در ترکیب با سولفات روی ۰/۵ درصد مربوط بود که در مقایسه با تاک‌های شاهد ۶۰/۲ درصد افزایش نشان داد. کمترین مقدار

مهمی است که در بیوسنتز آنتوسیانین نقش دارد. در انار، کاربرد برگگی سولفات‌روی ۰/۳ درصد در ترکیب با سولفات‌منگنز ۰/۶ درصد باعث تجمع بیشتر آنتوسیانین در آب میوه شده است (Hasani *et al.*, 2012)؛ همچنین تاک‌های تیمارشده با سولفات‌روی ۱ درصد، مقدار آنتوسیانین بیشتری داشته‌اند (Jamehbozorg, 2017) که تأییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است.

آنتوسیانین کل را در مقایسه با دیگر تیمارها نشان دادند که در مقایسه با تاک‌های شاهد ۶۸ درصد بیشتر بود. در کل، تاک‌های تیمارشده با سطح سوم سولفات کلسیم در ترکیب با سطح دوم سولفات‌روی یا برعکس، میزان آنتوسیانین کل بیشتری داشتند (جدول ۳). تجمع آنتوسیانین به رقم، مرحله رسیدن، شرایط محیطی و عملیات باغی وابسته است. در میان عملیات باغی مختلف، کوددهی یکی از عوامل

جدول ۳- برهم‌کنش سولفات کلسیم و سولفات‌روی بر غلظت برخی متابولیت‌های ثانویه میوه انگور بی‌دانه سفید

تیمارهای تغذیه‌ای	فنول کل (mg g <sup>-1</sup> FW)	فلاونوئید (mg g <sup>-1</sup> FW)	آنتوسیانین (mg g <sup>-1</sup> FW)	وینیفیرین (mg/ FW)	رسوراترول (mg/ Kg)
C <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	۱/۰۹ <sup>e</sup>	۱/۵۷ <sup>b</sup>	۰/۱۵ <sup>e</sup>	۰/۴۴ <sup>e</sup>	۰/۳۹ <sup>e</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	۱/۴۶ <sup>c</sup>	۰/۷۹ <sup>f</sup>	۰/۲۵ <sup>d</sup>	۱/۱۰ <sup>d</sup>	۰/۶۵ <sup>d</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	۰/۹۸ <sup>e</sup>	۱/۴۱ <sup>d</sup>	۰/۳۴ <sup>b</sup>	۲/۰۶ <sup>a</sup>	۱/۲۹ <sup>b</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	۰/۸۷ <sup>f</sup>	۰/۶۳ <sup>f</sup>	۰/۳۰ <sup>bc</sup>	۰/۶۷ <sup>f</sup>	۰/۴۹ <sup>d</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	۱/۹۱ <sup>b</sup>	۱/۳۴ <sup>c</sup>	۰/۴۷ <sup>a</sup>	۱/۳۱ <sup>c</sup>	۱/۴۷ <sup>a</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	۱/۱۵ <sup>d</sup>	۱/۵۱ <sup>bc</sup>	۰/۲۶ <sup>d</sup>	۱/۶۲ <sup>b</sup>	۱/۵۹ <sup>a</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>	۰/۸۴ <sup>f</sup>	۱/۲۴ <sup>e</sup>	۰/۲۸ <sup>c</sup>	۰/۷۷ <sup>ef</sup>	۰/۵۶ <sup>d</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>	۲/۷۴ <sup>a</sup>	۱/۴۹ <sup>c</sup>	۰/۳۴ <sup>b</sup>	۱/۲۹ <sup>c</sup>	۱/۲۴ <sup>b</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>	۱/۰۳ <sup>e</sup>	۱/۶۸ <sup>a</sup>	۰/۲۸ <sup>c</sup>	۰/۸۸ <sup>e</sup>	۰/۹۷ <sup>c</sup>

میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری باهم ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد). C<sub>1</sub> سولفات کلسیم صفر درصد، C<sub>2</sub> سولفات کلسیم ۱ درصد، C<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۲ درصد، Z<sub>1</sub> سولفات روی صفر درصد، Z<sub>2</sub> سولفات روی ۰/۵ درصد، Z<sub>3</sub> سولفات روی ۱ درصد

کمترین مقدار وینیفیرین به تاک‌های شاهد مربوط بود (جدول ۳). در مشاهده‌های Jamehbozorg (۲۰۱۷) نیز نانو کود کلات روی در غلظت زیاد نسبت به شاهد سبب افزایش میزان رسوراترول در پوست انگور شد. مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه در انگور می‌تواند تحت تأثیر مدیریت تغذیه در فصل رشد قرار گیرد؛ همچنین نوع کود مصرفی بر کیفیت انگور تولیدی تأثیر می‌گذارد. مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار آنتوسیانین میوه به مقدار و

### رسوراترول و وینیفیرین: بیشترین رسوراترول

اندازه‌گیری شده به تاک‌های تیمارشده با سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات‌روی ۱ درصد مربوط بود که البته اختلاف معناداری با تاک‌های تیمارشده با سطوح متوسط هر دو کود نداشت (جدول ۳). تاک‌های شاهد میزان رسوراترول کمتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشتند. بیشترین مقدار وینیفیرین در میوه تاک‌های تیمارشده با سولفات‌روی ۱ درصد به‌تنهایی به دست آمد.

شاهد و کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تاک‌های تیمارشده با سولفات‌روی ۰/۵ درصد بدون اختلاف معنادار با کلسیم ۱ درصد به تنهایی بود. در سیب تحت تیمارهای توأم نترات کلسیم و استات کلسیم، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافته است (Rabiei *et al.*, 2011). تیمار کلرید کلسیم در زغال‌اخته باعث از بین رفتن گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده است (Supapvanich *et al.*, 2012).

در مطالعه حاضر، بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در تاک‌هایی مشاهده شد که با سطح سوم سولفات‌روی به تنهایی تیمار شده بودند (شکل ۲، ج). کمترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز به تاک‌های تیمارشده با سطوح مختلف سولفات کلسیم به تنهایی مربوط بود که البته اختلاف معناداری با تیمار شاهد نداشت. کلسیم باعث افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. در سلول‌های گیاهان آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز نقش مؤثری در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن دارند و بافت‌های گیاهی را از آسیب این رادیکال‌های آزاد اکسیژن مصون می‌دارند (Kou *et al.*, 2014).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده به روش DPPH در تاک‌های تیمارشده با سولفات‌روی ۱ درصد به تنهایی بیش از سایر تیمارها بود. کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به تاک‌هایی مربوط بود که با سولفات کلسیم ۱ درصد بدون اختلاف معنادار با تیمار سولفات‌روی ۰/۵ درصد محلول‌پاشی شده بودند (شکل ۲، د). در مطالعه‌ای، کاربرد کلرید کلسیم به تنهایی و کلرید کلسیم در ترکیب با بُر

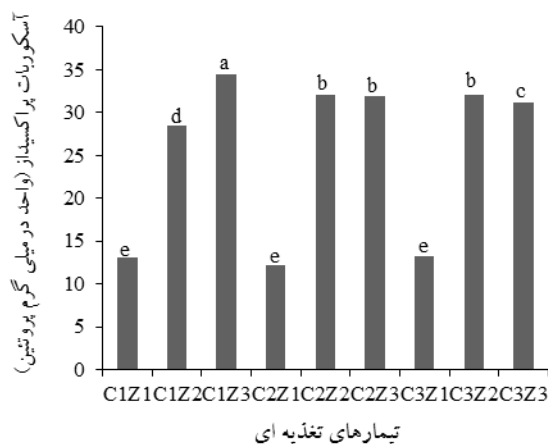
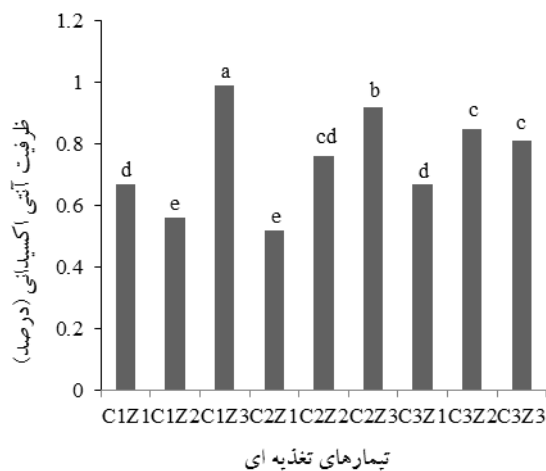
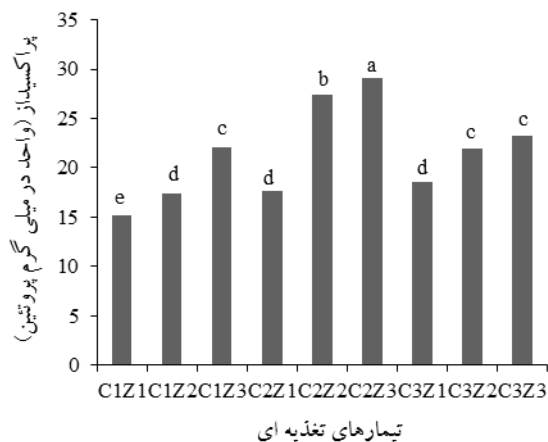
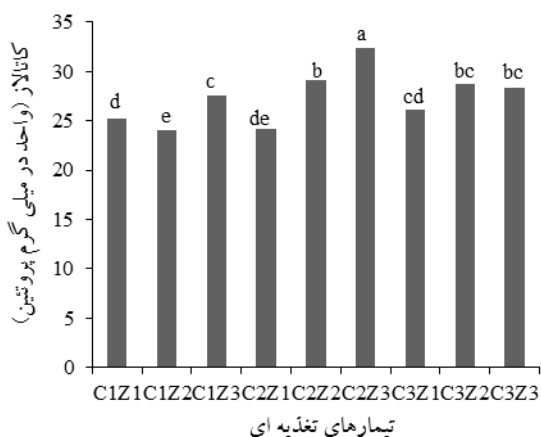
نوع تغذیه عنصرهای کم‌مصرف وابسته است (Delgado *et al.*, 2006) که گویای اهمیت تنظیم برنامه تغذیه‌ای دقیق برای دستیابی به میوه دارای ارزش آنتی‌اکسیدانی زیاد و بهره‌گیری از آن به عنوان داروی گیاهی است. در میان عناصر غذایی، کلسیم و روی اهمیت زیادی دارند. تاکنون سازوکار اثر روی و کلسیم بر تجمع استیلین‌ها در انگور و دیگر درختان میوه بررسی نشده است. به نظر می‌رسد تولید قند بیشتر در تاک‌های تیمارشده با این کودها زمینه را برای تولید بیشتر متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیبات فنولی شامل استیلین‌ها فراهم می‌کند. در پژوهشی روی انگور، کاربرد پتاسیم در حد بهینه به افزایش غلظت رسوراترول و وینیفرین منجر شده است (Bavaresco, 1993) که گویای نقش عناصر غذایی در تجمع استیلین‌ها در میوه انگور است. بیوسنتز استیلین‌ها تحت کنترل ژنتیکی است و مقدار تجمع آن در جبه‌ها بین رقم‌های مختلف انگور متفاوت است (Kammerer *et al.*, 2004)؛ باین حال، عوامل مدیریتی از جمله کاربرد عناصر تغذیه‌ای ممکن است روی مقدار بیان این ویژگی تأثیر بگذارد (Keller, 2015) که نیازمند پژوهش در این زمینه است.

#### فعالیت آنزیمی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده به روش DPPH با افزایش سطح سولفات کلسیم به‌ازای افزایش غلظت سولفات‌روی به کاررفته، روند افزایشی نشان داد (شکل ۲). بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به تاک‌های تیمارشده با سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات‌روی ۱ درصد مربوط بود (شکل ۲، ج). کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در تاک‌های

فنولی و کاروتنوئیدها مربوط است و ترکیب‌های فنولی بیشتر شامل پروآنتوسیانیدین، آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک هستند (Bunea et al., 2012).

در مقایسه با تیمار شاهد، محتوای کلسیم و بر میوه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داده است (Azadi Bougar and Gharaghani, 2017). فعالیت آنتی‌اکسیدانی انواع انگور به ترکیب‌های



شکل ۲- برهم کنش سولفات کلسیم و سولفات روی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده به روش DPPH میوه انگور بی‌دانه سفید؛ میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری باهم ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد). C<sub>1</sub> سولفات کلسیم صفر درصد، C<sub>2</sub> سولفات کلسیم ۱ درصد، C<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۲ درصد، Z<sub>1</sub> سولفات روی صفر درصد، Z<sub>2</sub> سولفات روی ۰/۵ درصد، Z<sub>3</sub> سولفات روی ۱ درصد

مقایسه با شاهد (غلظت صفر هر دو کود) به میزان ۲۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴)؛ با وجود این، بیشترین میزان کلسیم اندازه‌گیری شده به میوه تاک‌های تیمار شده با ترکیب سطوح متوسط

**عناصر میوه:** به‌طور کلی با افزایش سطح سولفات کلسیم، غلظت این عنصر در میوه تاک‌های تیمار شده افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در تاک‌های تیمار شده با سطح سوم این کود، غلظت کلسیم در



درصد سولفات کلسیم در مقایسه با تاک‌های شاهد افزایش یافت، اما غلظت این عنصر در تاک‌های تیمارشده با سولفات کلسیم ۲ درصد از تاک‌های شاهد کمتر بود (جدول ۴) که ممکن است با اثر آنتاگونیستی کلسیم و پتاسیم در غلظت‌های زیاد مرتبط باشد (Minazadeh *et al.*, 2018). در مجموع، بیشترین میزان پتاسیم به میوه تاک‌های تیمارشده با سولفات کلسیم ۱ درصد + سولفات روی ۱ درصد و کمترین غلظت پتاسیم به میوه تاک‌های تیمارشده با سولفات کلسیم ۲ درصد به تنهایی مربوط بود (جدول ۴).

سولفات کلسیم و سولفات روی مربوط بود (جدول ۴) که گویای اثر هم‌افزایی غلظت متوسط عنصر روی بر غلظت عنصر کلسیم است. کمترین غلظت کلسیم در تاک‌هایی بود که با سولفات روی ۱ درصد به تنهایی محلول‌پاشی شده بودند (جدول ۴) که این کاهش غلظت ممکن است با رشد رویشی بهتر تاک‌های تیمارشده با سولفات روی (بدون کاربرد سولفات کلسیم) و رقیق شدن غلظت کلسیم در بافت میوه مرتبط باشد؛ هرچند نیازمند بررسی بیشتر است.

غلظت پتاسیم در تاک‌های تیمارشده با غلظت ۱

جدول ۴- برهم‌کنش سولفات کلسیم و سولفات روی بر محتوای برخی عناصر غذایی میوه انگور بی‌دانه سفید

تیمارهای تغذیه‌ای	کلسیم (درصد)	پتاسیم (درصد)	منیزیم (درصد)	روی (پی‌بی‌ام)	آهن (پی‌بی‌ام)
C <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	۱/۹۲ <sup>d</sup>	۱/۳۲ <sup>c</sup>	۱/۱۵ <sup>d</sup>	۵۶/۴ <sup>e</sup>	۱۲۱ <sup>d</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	۱/۸۹ <sup>d</sup>	۱/۴۶ <sup>b</sup>	۱/۲۳ <sup>bc</sup>	۶۷/۸ <sup>c</sup>	۱۲۳ <sup>cd</sup>
C <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	۱/۸۲ <sup>e</sup>	۱/۴۵ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>b</sup>	۸۳/۵ <sup>a</sup>	۱۲۵ <sup>c</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	۲/۳۲ <sup>c</sup>	۱/۴۲ <sup>b</sup>	۱/۳۲ <sup>b</sup>	۶۱/۳ <sup>d</sup>	۱۲۶ <sup>c</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	۲/۴۹ <sup>ab</sup>	۱/۴۴ <sup>b</sup>	۱/۴۷ <sup>a</sup>	۶۸/۶ <sup>c</sup>	۱۲۸ <sup>b</sup>
C <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	۲/۵۴ <sup>a</sup>	۱/۵۳ <sup>a</sup>	۱/۲۶ <sup>c</sup>	۸۵/۴ <sup>a</sup>	۱۲۶ <sup>c</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>	۲/۴۶ <sup>b</sup>	۱/۱۵ <sup>d</sup>	۱/۲۶ <sup>c</sup>	۵۹/۴ <sup>d</sup>	۱۲۹ <sup>b</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>	۲/۴۵ <sup>b</sup>	۱/۳۴ <sup>c</sup>	۱/۲۵ <sup>c</sup>	۷۲/۵ <sup>bc</sup>	۱۳۴ <sup>a</sup>
C <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>	۲/۴۴ <sup>b</sup>	۱/۳۴ <sup>c</sup>	۱/۱۹ <sup>d</sup>	۷۵/۸ <sup>b</sup>	۱۲۹ <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری باهم ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد). C<sub>1</sub> سولفات کلسیم صفر درصد، C<sub>2</sub> سولفات کلسیم ۱ درصد، C<sub>3</sub> سولفات کلسیم ۲ درصد، Z<sub>1</sub> سولفات روی صفر درصد، Z<sub>2</sub> سولفات روی ۰/۵ درصد، Z<sub>3</sub> سولفات روی ۱ درصد

(2011). نتایج پژوهش دیگری نشان داده‌اند غلظت‌های زیاد روی بیشترین تأثیر را بر میزان پتاسیم برگ انگور در مرحله رشد دارد؛ هرچند در مرحله رسیدگی، تأثیر معناداری نسبت به تیمار شاهد بر میزان پتاسیم ندارد (Jamehbozorg, 2017). غلظت منیزیم در تاک‌های تیمارشده با سطوح

محلول‌پاشی کلسیم طی ۲ تا ۳ هفته پس از مرحله تمام گل به‌طور مؤثری باعث افزایش محتوای کلسیم در بافت میوه سیب رقم گلدن دلشیز شده است (Lotze *et al.*, 2008). بررسی‌های پیشین درباره میزان پتاسیم میوه سیب نشان داده‌اند کاربرد کلسیم، غلظت این عنصر را کاهش می‌دهد (Rabiei *et al.*,

تاک‌های شاهد منجر شد. کاربرد ترکیبی سولفات کلسیم ۱ درصد و سولفات روی ۱ درصد، علاوه بر افزایش قندهای محلول نظیر ساکارز و میزان رسوراترول به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها منجر شد. به نظر می‌رسد کاربرد توأم این کودها در اوایل فصل با تأمین کلسیم موردنیاز برای دیواره سلولی و روی موردنیاز برای فعال‌سازی آنزیم‌ها و تلقیح گل‌ها و رشد بهتر میوه، ضمن افزایش عملکرد به بهبود شاخص‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی میوه منجر می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با بررسی بیشتر می‌تواند در باغ‌های انگور استفاده شود.

### سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از بخشی از طرح پژوهشی شماره ۵۰۵-۵-۸۴/۱ است که نگارنده برای تأمین مالی و امکانات آزمایشگاهی از پژوهشکده انگور و کشمش دانشگاه ملایر سپاسگزاری می‌کند؛ همچنین به این وسیله از آقای محمد غفاری برای همکاری در اجرای این طرح قدردانی می‌شود.

### References

- Alloway, B. J. (2004) Fundamental Aspects. In: Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, Brussels.
- Álvarez-Fernández, A., Paniagua, P., Abadía, J. and 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.
- Aly, M. A., Harhash, M. M., Awad, R. M. and El-Kelaway, H. R. (2015) Effect of foliar application with calcium, potassium and zinc treatments on yield

متوسط هر دو کود، بیشترین مقدار بود؛ از سویی، کمترین غلظت منیزیم به تاک‌های شاهد مربوط بود که البته با تاک‌های تیمار شده با ترکیب سطوح سوم سولفات کلسیم و سولفات روی تفاوت معناداری نداشت (جدول ۴). غلظت روی و آهن میوه در پاسخ به کاربرد سولفات کلسیم و سولفات روی افزایش یافت؛ به طوری که تاک‌های تیمار شده با سطح سوم سولفات کلسیم در ترکیب با سطح دوم سولفات روی بیشترین مقدار آهن و تاک‌های تیمار شده با سطح دوم سولفات کلسیم در ترکیب با سطح سوم سولفات روی غلظت روی بیشتری داشتند (جدول ۴). در مطالعه حاضر، کاربرد کلسیم و روی به افزایش غلظت این عناصر در میوه منجر شد؛ ضمن اینکه بر تجمع دیگر عناصر اثر منفی نداشت و کمترین غلظت این عناصر در تاک‌های شاهد مشاهده شد. مقدار عناصر غذایی میوه از جمله منیزیم، کلسیم و پتاسیم نقش بسزایی در تعیین کیفیت درونی میوه و ماده خشک آن دارند (Ferguson *et al.*, 2003). مقدار کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر در کیوی (Ferguson *et al.*, 2003) و انگور (Karimi *et al.*, 2017) با کیفیت درونی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها ارتباط نشان داده است.

### جمع‌بندی

داده‌های پژوهش حاضر نشان دادند کاربرد سولفات کلسیم و سولفات روی در ابتدای فصل به بهبود وضعیت تغذیه‌ای تاک‌های تیمار شده منجر می‌شود. کاربرد سولفات کلسیم ۱ درصد در ترکیب با سولفات روی ۰/۵ درصد به افزایش ۲۶ درصدی وزن خوشه و عملکرد تاک‌ها در مقایسه با

- Agriculture Research 4: 564-568.
- Antunes, M. D., Panagopoulos, C., Rodrigues, T. S., Neves, N. and Curado, F. (2005) The effect of pre and postharvest calcium applications on Hayward kiwifruit storage ability. *Acta Horticulturae* 682: 909-916.
- Azadi Bougar, S. and Gharaghani, A. (2017) Effect of calcium and boron spray application on fruit's quantitative and qualitative characteristics of 'Golab-e Kohanz' apple. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47(4): 811-822 (in Persian).
- Baghdady, G. A., Abdelrazik, A. M., Abdrabboh G. A. and Abo-Elghit, A. A. (2014) Effect of foliar application of GA3 and some nutrients on yield and fruit quality of Valencia orange trees. *Nature and Science* 12(4): 93-100.
- Bavaresco, L. (1993) Effect of potassium fertilizer on induced stilbene synthesis in different grapevine varieties. *Bulletin de O.I.V.* 66: 674-689 (in French).
- Bergmeyer, N. (1970) *Methoden der enzymatischen Analyse*. Akademie Verlag, Berlin.
- Boettcher, C. Keyzers, R. A. Boss, P. K. and Davies, C. (2010) Sequestration of auxin by the indole-3-acetic acid-amido synthetase GH3-1 in grape berry (*Vitis vinifera* L.) and the proposed role of auxin conjugation during ripening. *Journal of Experimental Botany* 61: 3615-3625.
- Bonomelli, C. and Ruiz, R. (2010) Effects of foliar and soil calcium application on yield and quality of table grape cv. 'Thompson Seedless'. *Journal of Plant Nutrition* 33(3) : 299-314.
- Bunea, C. I., Pop, N., Babe, A. C., Matea, C., Dulf F. and Bunea, A. (2012) Carotenoids, total polyphenols and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera*) cultivated in organic and conventional systems. *Chemistry Central Journal* 6: 1-9.
- and fruit quality of Washington navel orange trees. *Middle East Journal of*
- Bybordí, A. and Shabanov, J. A. (2010) Effects of the foliar application of magnesium and zinc on the yield and quality of three grape cultivars grown in the calcareous soils of Iran. *Notulae Scientia Biologicae* 2: 81-86.
- Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A. C., Robles-Hernández, L. and López-Ochoa, G. R. (2018) Zinc Metalloenzymes in Plants. *Interciencia* 43; 242-248.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Analysis* 10: 178-182.
- Comis, D. B., Tamayo, D. M. and Alonso, J. M. (2001) Determination of monosacharids in cider by reversed-phase Liqueid Chromatography. *Analytic Chemica Acta* 436: 173- 178.
- Delgado, R., Gonzalez, M. R. and Martin, P. (2006) Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of tempranillo grapes. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* .40: 141.
- Doulati Baneh, H. and Taheri, M. (2009) Effects of Foliar application of nutrient elements on fruit set and quantitative and qualitative traits of Keshmeshi grape cultivar. *Seed and Plant Production* 25(1): 103-115 (in Persian).
- Ebrahimi, M., Karimi, R. and Amerian, M. (2019) The effect of foliar application of nitric oxide in alleviating of salt stress in bidaneh sefid grapevine cultivar. *Iranian Journal of Plant Biology* 11: 59-64 (in Persian).
- Eide D. J. (2011) The oxidative stress of zinc deficiency. *Metallomics* 3: 1124-1129.
- El-Khawaga, A. S. (2007) Reduction in

- fruit cracking in 'Manfalyt' pomegranate following a foliar application with paclobutrazol and zinc sulphate. *Journal of Applied Sciences Research* 3; 837-840.
- El-Razek, E. A., Treutter, D., Saleh, M. M., El-Shammaa, M., Abdel-Hamid, N. and 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.
- Escudero-Almanza, D. J., Ojeda-Barrios, D. L., Hernández-Rodríguez, O. A., Chávez, E. S., Ruíz-Anchondo, T. and Sida-Arreola, J. P. (2012) Carbonic anhydrase and zinc in plant physiology. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72; 140-146.
- Fageria, N. K. (2009) *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ferguson, I. B., Throp, T. G., Barnett, A. M., Boyd, L. M. and Triggs, C. M. (2003) Inorganic nutrient concentrations and physiological pitting in 'Hayward' kiwifruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78: 497-504.
- Giusti, M. M. and Wrolstad R. E. (2001) Anthocyanins: characterization and measurement with Uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, RE, *Current protocols in food analytical chemistry* 1: 1-13.
- Hasan, M. and Bae, H. (2017) An overview of stress-induced resveratrol synthesis in grapes: perspectives for resveratrol-enriched grape products. *Molecules* 22: 294.
- Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G. and Fatahi, R. (2012). Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. *Journal of soil science and plant nutrition* 12(3): 471-480.
- Heidary Barkadehei, S. M. and Ghasemnezhad M. (2015) Effect of summer pruning and spray with calcium on mineral composition and fruit quality of kiwifruit cv. Hayward. *Iranian Journal of Horticultural Science* 45(4): 335-343 (in Persian).
- Herzog, V. and Fahimi, H. D. (1973) Determination of the activity of peroxidase. *Analytical Biochemistry* 55: 554-562.
- Hufnagel J. C. and Hofmann, T. (2008) Quantitative reconstruction of the nonvolatile sensometabolome of a red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 9190-9199.
- 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.
- Jamehbozorg, S. (2017) Effect of spraying zinc sulfate and gibberellic acid on some physiological and morphological characteristics of Bidaneh Sefid grape cultivar. MSc thesis, Malayer University, Malayer, Iran (in Persian).
- Kammerer, D., Claus, A., Carle, R. and Schieber, A. (2004) Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. *Journal of Agriculture and food chemistry* 52: 4360-4367.
- 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., Mirzaei F. and Rasouli, M. (2017) Phenolic acids, flavonoids, antioxidant capacity and minerals content in fruit of five grapevine cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 18 (1):89-102 (in Persian).
- Keller, M. (2015) *The science of grapevines: Anatomy and physiology*. Academic Press, Burlington, MA.

- Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L. and Codling, E. (2014) Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 87: 70-78.
- Lopez-Millan, A. F.; Ellis, D. R. and Grusak, M. A. (2005) Effect of zinc and manganese supply on the activities of superoxide dismutase and carbonic anhydrase in *Medicago truncatula* wild type and raz mutant plants. *Plant Science* 168: 1015-1022.
- Lotze, E., Joubert, J. and Theron, K. I. (2008) Evaluating pre-harvest foliar calcium applications to increase fruit calcium and reduce bitter pit in 'Golden Delicious'. *Scientia Horticulturae* 116: 299-304.
- Marschner, P. (2012) Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3<sup>rd</sup> ed, Academic Press, London.
- Minazadeh, R., Karimi, R. and Mohamad Parast, B. (2018) The effect of foliar nutrition of potassium sulfate on morpho-physiological indices of grapevine under salinity stress. *Iranian Journal of Plant Biology* 10: 83-106 (in Persian).
- Mirbagheri, S. M., Karimi, R. and Rasouli, M. (2018) The combination effect of potassium and iron on fruit yield and quality, raisin and cold tolerance of grapevine. *Agricultural Crop Management* 20(3): 737-754 (in Persian).
- Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology* 22:867-880.
- Rabiei, V., Shirzadeh, E., Sharafi, Y. and Mortazavi, N. (2011). Effects of postharvest applications of calcium nitrate and acetate on quality and shelf-life improvement of "Jonagold" apple fruit. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(19): 4912- 4917.
- Sajid, M., Rab, A., Ali, N., Arif, M., Ferguson, L. and Ahmed, M. (2010) Effect of foliar application of Zn and B on fruit production and physiological disorders in sweet orange cv. Blood orange. *Sarhad Journal of Agriculture* 26(3): 355-360.
- Sanchez, C., Larrauri, J. A. and Saura-Calixto, F. A. (1998). Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 76: 270-276.
- Shin, K. S., Chakrabarty, D. and Paek, K. Y. (2002) Sprouting rate, change of carbohydrate contents and related enzymes during cold treatment of Lily bulblets regenerated in vitro. *Scientia Horticulturae* 96: 195-204.
- Solfanelli, C., Poggi, A., Loreti, E., Alpi, A. and Perata, P. (2006) Sucrose-specific induction of the anthocyanin biosynthetic pathway in Arabidopsis. *Plant Physiology* 140: 637-646.
- Song C. Z., Liu M. Y, Meng J. F., Chi, M., Xi, Z. M. and Zhang, Z. W. (2015) Promoting effect of foliage sprayed zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of *Vitis vinifera* cv. Merlot growing on zinc deficient soil. *Molecules* 20: 2536-2554.
- Supapvanich, S., Arkajak, R. and Yalai, K. (2012). Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (*Sauropus androgynus* L. Merr.) through hot CaCl<sub>2</sub> dips. *International Journal of Food Science and Technology* 47: 2662-2670.
- Supriya, L., Bhattacharya, R. K. and Langthasa, S. (1993) Effect of foliar application of chelated and non-chelated Zinc on growth and yield of Assam lemon. Dep. of Hort. Assam Agriculture University, India.
- Swietlik, D. (2001) Zinc nutrition of fruit trees by foliar sprays. In *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants* 594: 123-129.
- Timperio, A. M., d'Alessandro, A., Fagioni, M., Magro, P., and Zolla, L. (2012) Production of the phytoalexins trans-

resveratrol and delta-viniferin in two economy-relevant grape cultivars upon infection with *Botrytis cinerea* in field conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 50: 65-71.

Velioglu, Y. S., Mazza, L. Gao, G., 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.

