مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۴ صفحه‌های ۴۶۹ تا ۴۸۲ (۱۳۹۷)

اثر پتاسیم و آهن بر انباشت رسوراترول و وینیفرین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حبه‌های انگور رقم بیدانه سفید[1]

Effect of Potassium and Iron on Berries Resveratrol and Viniferin Accumulation and Antioxidant Capacity of 'Bidaneh Sefid' Grapevine Cultivar

روح‌الله کریمی* و سیدمهدی میرباقری [2]

چکیده

مدیریت تغذیه در فصل رشد، تاثیر زیادی بر مقدار تولید و انباشت متابولیت‌های ثانویه در حبه‌های انگور دارد. به‌منظور بهبود شاخص‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی انگور بیدانه‌سفید با کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم (صفر، ۱/۵ و ۳٪) و کلات آهن (صفر، ۰/۵ و ۱٪) پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یکی از تاکستان‌های تجاری ملایر در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. میوه‌ها بر اساس شاخص بلوغ برداشت و مقدار فلاونوئید و فنول کل، آنتوسیانین کل، ویتامین C، رسوراترول و وینیفرین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز میوه اندازه‌گیری شد. بر اساس نتیجه‌ها، بیشترین مقدار آنتوسیانین و ویتامین C میوه به‌ترتیب مربوط تاک‌های تیمار شده با کلات آهن ۱٪ و سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ به‌تنهایی بود. بیشترین مقدار فنول کل با تیمار سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ در ترکیب با کلات آهن ۱٪ به‌دست آمد. کمترین مقدار فنول کل مربوط به میوه تاک‌های شاهد بود. بیشترین غلظت رسوراترول و وینیفرین در تاک‌های تیمار شده با سطح‌های متوسط هر دو کود مشاهده شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حبه‌ها با تیمار ترکیبی سطح‌های متوسط هر دو کود بیشترین بود. تاک‌های انگور تیمار شده با سطح‌های مختلف پتاسیم در ترکیب با سطح سوم آهن مقدار فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز بیشتری داشتند. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار کلات آهن ۰/۵٪ در ترکیب با سولفات‌پتاسیم ۳٪ بود. بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز مربوط به تیمار سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ در ترکیب با کلات آهن ۰/۵٪ بود. کمترین فعالیت همه آنزیم‌ها مربوط به تاک‌های شاهد بود.

واژه‌های‌کلیدی: استیلبن‌ها، انگور، آنزیم‌های آنتی اکسیدان، کوددهی، متابولیت‌های ثانویه.

مقدمه

انگور از میوه‌های مهم با ارزش غذایی و دارویی بالاست که به‌دلیل داشتن ماده‌های طبیعی رنگی و هم‌چنین دامنه گسترده از ماده‌های آنتی‌اکسیدانی از جایگاه ویژه‌ای در تغذیه سالم برخوردار است (۱). بر اساس بررسی‌های سال‌های گذشته، رادیکال‌های آزاد اکسیژن منجر به ایجاد بیماری‌هایی مانند انواع سرطان‌ها،

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۶

۲- به‌ترتیب استادیار باغبانی و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Rouholahkarimi@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

بیماری‌های قلبی-عروقی و بیماری‌های عصبی می‌شوند (۳۶). آنتی‌اکسیدان‌های موجود در حبه‌های انگور مانند آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیب‌های فنولی، ماده‌هایی هستند که ضمن خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، منجر به بازسازی یاخته‌های تخریب شده می‌شوند (۱). کیفیت انگور تولیدی، متاثر از تعادل بین مقدار انباشت متابولیت‌های اولیه و ثانویه است. در میان متابولیت‌های اولیه، گلوکز و فروکتوز به عنوان دو قند اصلی حبه‌های انگور تلقی می‌شوند در حالی‌که ساکاروز ممکن است فقط در برخی گونه‌ها غیر از *Vitis vinifera* یافت شود (۲۸). مقدار قندها در این گونه زیر تاثیر نوع رقم، مرحله رسیدگی و سلامت حبه‌ها قرار می‌گیرد، هم‌چنین غلظت بالای قند می‌تواند منجر به افزایش ترکیب‌های معطر در آب‌میوه شود (۴). متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و اسیدهای فنولی در مراحل مختلف نمو حبه‌ها می‌توانند انباشت یابند. این ترکیب‌ها به واسطه داشتن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، دارای اثرهای مفیدی بر سلامتی انسان هستند (۱).

مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه در انگور می‌تواند زیر تاثیر مدیریت تغذیه در فصل رشد قرار گیرد. هم‌چنین نوع کود مصرفی، کیفیت انگور تولیدی را زیر تاثیر خود قرار می‌دهد. مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار آنتوسیانین میوه، وابسته به مقدار و نوع تغذیه عنصرهای کم‌مصرف می‌باشد (۱۹، ۲۰) که حاکی از اهمیت تنظیم یک برنامه دقیق تغذیه‌ایی برای دستیابی به میوه با ارزش آنتی‌اکسیدانی بالا و بهره‌گیری از آن به عنوان داروی گیاهی می‌باشد. از جمله عنصرهای غذایی پر نیاز انگور می‌توان به پتاسیم در پرمصرف‌ها و آهن در کم‌مصرف‌ها اشاره کرد. تغذیه آهن و پتاسیم از اهمیت بالایی برخوردار است به این دلیل‌که در تمامی مراحل رشد و بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاهان از جمله فعالیت بیش از شصت آنزیم، کمک به فتوسنتز و تنظیم باز و بسته‌شدن روزنه‌ها نقش تعیین کننده‌ای دارند (۲۸، ۳۰). بین مقدار محصول و اندازه میوه با غلظت پتاسیم موجود در برگ رابطه مستقیمی وجود دارد و برای این‌که میوه به اندازه کافی رشد کند به پتاسیم بیشتری در برگ نیاز دارد (۳۰). کوددهی با پتاسیم باعث افزایش عملکرد، اندازه میوه، افزایش ماده‌های جامد محلول و کاهش اسیدیته و بهبود رنگ میوه انگور شده است (۲۷). در پژوهشی اثر غلظت سولفات‌پتاسیم ۳٪ روی اسیدهای فنولی، پلی‌آمین‌ها و قندهای‌محلول انگور بیدانه‌سفید بررسی و نقش مثبت این عنصر در افزایش این متابولیت‌های سازگاری در مواجهه با دمای کم در جوانه انگور مشخص شد (۲۷).

آهن، فراوان‌ترین عنصر کم‌مصرف در بافت‌های انگور است (۲۱). این عنصر، عاملی ترکیبی یا جزء تشکیل‌دهنده پروتئین‌های دخیل در انتقال الکترون و آنزیم‌های کاتالیزکننده واکنش‌های کاهش/اکسایش بوده (۱۸) و در ساخت کلروفیل، فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و تنفس، در پروردن کربن، نیتروژن و گوگرد، ساخت و تجزیه لیپیدها و هورمون آبسیزیک اسید، ساخت DNA و ترمیم آن و نیز خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن مشارکت دارد (۲۸). بنابراین، کمبود آهن تا حد زیادی کاهش دهنده فتوسنتز و تولید قند برای وارد شدن به اندام‌های مقصد در انگور می‌باشد که این حالت تا حد زیادی محدود کننده رشد انگور و کاهش‌دهنده محصول بوده و منجر به تنش اکسایشی حاصل از فزونی نور جذب شده می‌شود (۱۱). کم‌سبزینگی ناشی از کمبود آهن از جمله عارضه‌های شایع به خصوص در زمین‌های آهکی یا باغ‌هایی است که با آب با pH زیاد آبیاری می‌شوند و یکی از عوامل محدودکننده در رشد و پرورش درختان میوه در بسیاری از نقاط دنیاست (۵). فقر آهن در درختان گلابی رشد یافته در خاک‌های آهکی، ضمن رنگ‌گیری کمتر میوه، منجر به کاهش نسبت قند به اسید و کاهش کیفیت میوه شده است (۵). کاربرد برگی آهن در لیمو (۲۰) و انگور (۲) باعث افزایش رشد و عملکرد، بهبود کیفیت میوه و مقدار عنصرهای برگ و میوه در درختان رشد یافته در خاک‌های آهکی شده است. محلول‌پاشی آهن در هلو منجر به افزایش گلدهی و عملکرد شده است (۲۹). اطلاعات کمی در مورد اثر ترکیبی آهن و پتاسیم بر مقدار ترکیب‌های داخلی حبه‌های انگور بیدانه‌سفید مانند فلاونوئید، فنول کل، آنتوسیانین، ویتامین C، رسوراترول و وینیفرین و پروتئین‌هایی محلول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز،

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

گایاکول‌پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز میوه وجود دارد. هدف از پژوهش حاضر، دستیابی به بهترین غلظت سولفات‌پتاسیم در ترکیب با کلات آهن جهت بهبود شاخص‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی انگور بیدانه‌سفید بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار (یک بوته در هر تکرار) در یک باغ تجاری انگور رقم بیدانه‌سفید واقع در ملایر با شرایط رشد و هرس یکنواخت طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۶ اجرا شد. در آبان‌ماه سال اول ۵ کیلوگرم کود دامی پوسیده به همراه ۲۵۰ گرم گوگرد گرانوله در هر تاک به صورت کانال‌کود استفاده شد. فاکتور اول شامل سولفات پتاسیم (سطح‌های صفر، ۱/۵ و ۳٪) و فاکتور دوم شامل آهن سکوسترین ۶٪ (Fe- EDDHA سطح‌های صفر، ۰/۵ و ۱٪) بود که طی سه مرحله شامل یک هفته قبل از شکوفایی گل، دو هفته بعد از ریزش‌گل‌ها و پنج هفته بعد از ریزش گل‌ها (مرحله تغییر رنگ حبه‌ها) روی تاک‌ها در ساعت‌های پایانی روز به صورت جداگانه محلول‌پاشی شد. تاک‌های شاهد یا تیمار صفر با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از خاک باغ مورد مطالعه، در ابتدای فصل نمونه برداری انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتیجه‌های آزمون خاک تاکستان محل آزمایش.

Table 1. Analysis of vineyard soil of experimental site.

عمق Depth (cm)	سیلت Silt	شن Sand	رس Clay	بافت خاک Soil texture	اسیدیته اشباع pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	ماده‌های خنثی کننده T.N.V (٪)	فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K	نیتروژن کل Total N	کربن کل Total C
	(٪)							(ppm)		(٪)	
0-30	46.5	28.4	25.1	CL	8.0	0.72	21.16	24.6	247	0.04	0.52
31-60	46.4	31.3	24.2	CL	8.1	0.66	23.53	14.4	210	0.05	0.43

میوه‌ها در هفته چهارم شهریور بر اساس شاخص رسیدگی (ماده‌های جامد محلول، درجه بریکس ۱۹/۵ تاک‌های شاهد) از کل بوته با دست برداشت و از آن مقدار مشخصی به صورت تصادفی جدا و به منظور تعیین ویژگی‌های کیفی ذیل به آزمایشگاه تحقیقات باغبانی و فضای سبز دانشگاه ملایر منتقل گردید. سنجش محتوای آنتوسیانین کل (۲۲)، ویتامین C (۷) فلاونوئید کل (۱۷)، فنول کل (۴۱)، پروتئین‌های محلول (۱۴) حبه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل اسپکول ۲۰۰۰، آلمان) اندازه‌گیری شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حبه‌ها با استفاده از روش دی‌پی‌پی‌اچ (دی فنیل پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (۳۹).

به منظور استخراج و اندازه گیری وینیفرین و رسوراترول ابتدا حبه‌ها در نیتروژن مایع منجمد و پس از یک دقیقه توسط دستگاه آسیاب برقی، خرد گردید. این آمیخته توسط حلال استخراج (متانول – آب) با نسبت ۱:۴ به حجم ۱۵ میلی‌لیتر برای هر یک گرم بافت دوباره همگن شد. سپس در ۶۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۳ دقیقه سانتریفوژ و محلول‌رویی برداشت شد و پس از عبور از فیلتر توسط مبرد حلال اولیه جدا و باقی مانده برداشت شد و به آن یک میلی‌لیتر اتانول افزوده شد تا به دستگاه HPLC تزریق شود. برای اندازه گیری رسوراترول و وینیفیرین از دستگاه HPLC مدل Unicam-Cristal-۲۰۰ مجهز به آشکارساز فلورسانس با طول موج تحریک ۳۳۰ و طول موج خروجی ۳۷۰ نانومتر استفاده گردید. مقدار ۵۰ میکرولیتر عصاره استخراجی به ستون ODS2 به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر متصل به ستون گارد تزریق شد. فاز متحرک مشتمل بر ۵٪ اسیدفرمیک در استونیتریل به عنوان محلول A و ۵٪ فرمیک اسید به عنوان محلول B بود که در مدت ۳۶ دقیقه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

نسبت محلول B از ۵٪ به ۸۵٪ رسید و با سرعت ۰/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه از ستون عبور کرد. بر اساس زمان بازداری (رسوراترول معادل ۲۵/۲ و وینیفرین معادل ۲۹/۰ دقیقه) و سطح زیر منحنی استاندارد مقدار هر یک از این دو ماده در نمونه‌ها مشخص گردیدند (۶).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ابتدا عصاره آنزیمی تهیه شد. برای این منظور، ابتدا بافت منجمد شده میوه در حضور نیتروژن مایع در هاون چینی آسیاب شد و مقدار ۰/۱ گرم آن به یک تیوب پلاستیکی حاوی یک میلی‌لیتر بافر استخراج افزوده و به‌هم زده شد. پس از عبور از صافی، عصاره تهیه شده به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ و محلول شفاف بالائی، به آرامی جدا گردید. از این محلول برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (۱۰)، گایاکول پراکسیداز (۲۶) و آسکوربات پراکسیداز (۳۳) استفاده شد.

برای اندازه‌گیری برخی عنصرهای معدنی ابتدا میوه‌ها به منظور خشک‌شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۷۲ درجه سلسیوس) قرار داده شدند. برای معدنی‌کردن میوه‌ها از روش خاکستر خشک استفاده شد. بدین منظور ابتدا یک گرم نمونه پودر شده در داخل کروزه ریخته و به مدت شش ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا خاکستر سفید رنگ تشکیل شود. سپس به هر نمونه خاکستر ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه روی حمام بن ماری قرار داده شد تا رنگ لیمویی ظاهر شود. عصاره‌های موجود، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. اندازه‌گیری عنصرهای آهن و روی (۲۱) با دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین‌المر، آمریکا) و اندازه‌گیری پتاسیم و منیزیم (۲۴) با دستگاه فلیم‌فتومتر (مدل جنوی، انگلیس) انجام شد.

واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد. لازم به بیان است که آزمایش در سال بعد نیز تکرار شد و به‌دلیل معنی‌دار نشدن اثر سال میانگین نتیجه‌های هر دوسال در این بررسی ارائه گردید.

نتایج و بحث

آنتوسیانین کل

اثر ساده پتاسیم و برهمکنش پتاسیم و کلات آهن بر غلظت آنتوسیانین کل حبه‌ها به‌ترتیب در سطح آماری ۵ و ۱٪ معنی‌دار شد ولی اثر ساده کلات آهن بر مقدار آنتوسیانین معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار آنتوسیانین کل (۴۹/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به تاک‌های تیمار شده با کلات آهن ۱٪ به تنهایی و کمترین مقدار آنتوسیانین کل (۳۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مربوط به میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۳٪ به تنهایی بود (جدول ۲). در واقع غلظت آنتوسیانین کل حبه‌ها در پاسخ به افزایش غلظت آهن روند افزایشی و در پاسخ به غلظت‌های بالای پتاسیم روند کاهشی نشان داد که با نتیجه‌های دیگر پژوهشگران همخوانی دارد (۱۹، ۴۰). آنتوسیانین‌ها از جمله متابولیت‌های ثانویه انگور هستند که در رقم‌های پوست حبه قرمز از مرحله تغییر رنگ تا رسیدن و در رقم‌های پوست حبه‌سفید در مرحله رسیدن قابل اندازه گیری هستند (۳۴).

انباشت آنتوسیانین به رقم، مرحله رسیدن، شرایط محیطی و عملیات باغی وابسته می‌باشد. در میان عملیات‌های مختلف باغی، کوددهی، یکی از فاکتورهای مهمی است که می‌تواند زیست‌ساخت آنتوسیانین را زیر تاثیر قرار دهد. در مرحله تغیر رنگ، مقدار آنتوسیانین در پاسخ به کاربرد غلظت‌های مختلف پتاسیم افزایش یافته است (۱۹). کاربرد کلات آهن در انگور رقم بناتی باعث افزایش انباشت آنتوسیانین کل در حبه‌ها شده است (۳). در بررسی دیگر روی انگور رقم کابرنت ساویگنن[۱] انباشت آنتوسیانین در پاسخ به کاربرد غلظت‌های متوسط

۱- Cabernet Sauvignon

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

آهن (۴۶ میکرومولار) بیش از غلظت‌های کم (صفر و ۲۳ میکرومولار) و زیاد آهن (۹۲ میکرومولار) بود (۴۰). با توجه به این‌که گلوکز، فروکتوز و رافینوز می‌توانند باعث انگیزش انباشت آنتوسیانین در حبه‌های انگور شوند (۵۰)، اثر مثبت کاربرد آهن بر فتوسنتز و انباشت قندها (۱۱) ممکن است باعث افزایش انباشت آنتوسیانین‌ها شود. در پژوهش حاضر کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم و کلات آهن منجر به افزایش غلظت آنتوسیانین و بالابردن کیفیت میوه شد. از آن‌جا که اثر ترکیبی پتاسیم و آهن از راه تاثیر و تنظیم فشار اسمزی موجب انتقال بهتر عنصرها به نقاط مختلف گیاه می‌شود، در نتیجه مقدار آنتوسیانین افزایش می‌یابد (۱۹). نتیجه‌های پژوهش حاضر حاکی از آن است که افزون بر تفاوت ذاتی بین غلظت آنتوسیانین حبه‌های رقم‌های مختلف انگور، با استفاده از کاربرد ترکیب‌های بهینه عنصرها نیز می‌توان مقدار آنتوسیانین‌ها را افزایش داد.

جدول ۲- اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بر برخی شاخص‌های کیفی حبه‌های انگور بیدانه‌سفید.

Table 2. The effect of potassium sulfate and iron chelate spray on some berries qualitative indices of Bidaneh-Sefid grapevine.

تیمارهای تغذیه‌ای Nutritional treatments	آنتوسیانین کل Total anthocyanin (mg kg^{-1})	ویتامین C Vitamin C (mg 100 g^{-1})	فلاونوئید کل Total flavonoids (mg kg^{-1})	فنول کل Total phenol (mg kg^{-1})
F_1K_1	38.0 c†	2.63 bc	145 d	240 f
F_1K_2	36.9 c	3.69 a	205 b	400 a
F_1K_3	31.1e	2.71 bc	225 a	380 b
F_2K_1	42.2 b	2.16 cd	158 cd	332 d
F_2K_2	42.7 b	1.64 d	207 b	384 b
F_2K_3	37.5 c	2.7 bc	223 a	381b
F_3K_1	49.2 a	2.46 c	169 c	376 b
F_3K_2	43.9 b	2.87 bc	140 d	415 a
F_3K_3	35.4 d	3.08 b	69 e	318 e

†In each column, means with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$). K_1= 0% K_2SO_4, K_2=1.5% K_2SO_4, K_3= 3% K_2SO_4, F_1= 0% Fe-EDDHA, F_2= 0.5% Fe-EDDHA, and F_3= 1% Fe-EDDHA.

† میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪). $K_۱$= سولفات‌پتاسیم صفر درصد، $K_۲$= سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪، $K_۳$= سولفات‌پتاسیم ۳٪، $F_۱$ = کلات آهن صفر درصد، $F_۲$= کلات آهن ۰/۵٪ و $F_۳$= کلات آهن ۱٪.

ویتامین C

اثر کلات آهن و برهمکنش سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بر مقدار ویتامین C در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد ولی اثر پتاسیم بر مقدار این شاخص در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار ویتامین C (۳/۶۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مربوط به تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ به تنهایی بود و کمترین مقدار ویتامین C (۱/۶۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مربوط به تیمار کلات آهن ۰/۵٪ در ترکیب با سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ بود (جدول ۲). کاربرد آهن در هلو (۵) و برخی درختان میوه (۳۵) منجر به کاهش در مقدار ویتامین C نسبت به سایر تیمارها گردیده است. با این حال مطابق با نتیجه‌های پژوهش حاضر، در درختان نارنگی که دارای نشانه‌های کمبود آهن بودند، تیمار خاکی و برگی آهن منجر به افزایش درصد ویتامین C (۱۰٪) گردید (۲۰). آسکوربات‌ها می توانند با اکسید شدن گلوکز در حبه‌ها و یا از راه انتقال از برگ‌ها توسط آوندهای آبکش وارد حبه‌ها شوند و برخی مواقع ممکن است حتی در داخل آوند آبکش نیز تولید شوند (۱۸، ۲۸). میانجی‌گری پتاسیم و به‌ویژه آهن در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌های دخیل در متابولیسم یاخته‌ای و نقش آن‌ها در جهت زیست‌ساخت، پیوندشدگی و یا تجزیه قندها در مسیرهای متابولیکی مختلف (۱۸) یکی از مباحث پیشنهادی است که توجیه کننده

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

غلظت بالاتر ماده‌های جامد محلول (شیرینی) و یا ویتامین C در میوه تاک‌های تیمار شده با این عنصرهای غذایی در مقایسه با گیاهان شاهد می‌باشد که البته نیازمند بررسی بیشتری می‌باشد.

فلاونوئید کل

اثر کلات آهن بر مقدار فلاونوئید کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. ولی اثر سولفات‌پتاسیم بر این شاخص معنی‌دار نشد. هم‌چنین، برهمکنش این دو کود بر مقدار فلاونوئید کل حبه‌ها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین غلظت فلاونوئید کل (۲۲۵ میلی‌گرم در کیلوکرم) در میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۳٪ به تنهایی بود که البته اختلاف معنی‌داری با مقدار فلاونوئید کل حبه‌های میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ در ترکیب با کلات آهن ۱٪ نداشت. کمترین مقدار فلاونوئید کل (۶۹ میلی‌گرم در کیلوکرم) در تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۳٪ در ترکیب با کلات آهن ۱٪ به‌دست آمد (جدول ۲). در پژوهشی، کاربرد برگی کلات آهن باعث افزایش مقدار فلاونوئیدها در حبه‌های انگور (۴۰) و توت‌فرنگی (۴۱) رشد یافته در خاک‌های آهکی شد که تائید کننده نتیجه‌های مطالعه حاضر است. فلاونوئیدها، گروهی از متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند که بخش زیادی از ترکیب‌های فنولی محلول در انگور را شامل می‌شوند (۱۵). عوامل فیزیولوژیکی و محیطی متعددی وجود دارند که می‌توانند مقدار تولید و انتقال فلاونوئیدها را زیر تاثیر قرار دهند. تمام این عوامل به صورت شبکه‌ای با هم در ارتباط بوده و زمانی که در حد بهینه باشند می‌توانند منجر به بهبود تولید فلاونوئیدها شوند. در حقیقت کاهش زیست‌ساخت فلاونوئیدها زیر تاثیر کاهش یا افزایش فاکتورهای درونی (هورمون های گیاهی) یا بیرونی (آبیاری، تنش دمایی، نور، کوددهی و غیره) مشاهده شده است (۱۵). در میان عوامل محیطی تاثیرگذار بر قدرت گیاه، گزارش شده است که کوددهی زیادی به‌طور منفی، مقدار فلاونوئیدها را زیر تاثیر قرار می‌دهد. کاربرد نیتروژن و پتاسیم در غلظت‌های زیاد، ضمن افزایش رشد رویشی و تاخیر در رسیدن میوه، باعث کاهش تولید فلاونوئیدها و رنگ‌گیری میوه شده است (۱۹). بر اساس نتیجه‌های این پژوهش، استفاده از نسبت‌های متعادل پتاسیم در ترکیب با آهن، باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها در انگور بی‌دانه سفید می‌شود.

فنول کل

اثر کاربرد برگی کلات آهن در سطح ۵٪ و سولفات‌پتاسیم و برهمکنش آن‌ها در سطح ۱٪ بر مقدار فنول کل حبه‌ها معنی‌دار شد. بیشترین مقدار فنول کل (۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوکرم) مربوط به میوه تاک‌های تیمار شده با سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ در ترکیب با کلات آهن ۱٪ بود که البته با تیمار کلات آهن ۰/۵٪ به تنهایی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین مقدار فنول کل (۳۱۸ میلی‌گرم در کیلوکرم) مربوط به تاک‌های شاهد بود. در بررسی دیگری روی انگور کاربرد خاکی پتاسیم باعث افزایش فنول کل شد (۱۹). با این حال کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم طی مرحله قبل و بعد گلدهی تغییری در مقدار فنول کل حبه‌های انگور ایجاد نکرد (۲۷) که با نتیجه‌های بررسی حاضر همخوانی دارد. هم‌چنین تغذیه با مقدار کافی پتاسیم باعث بهبود رنگ و مقدار پلی‌فنول‌ها در حبه‌های انگور شده است (۳۲). پتاسیم، باعث تحریک فعالیت فتوسنتزی شده و انتقال قندها به میوه را افزایش می‌دهد که انباشت قندها به صورت غیر مستقیم باعث بهبود زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی طی رسیدن، شده و ارتباط نزدیکی با وجود کربوهیدرات‌ها در حبه‌ها دارد (۱۹، ۳۲). افزایش غلظت فنول کل مشاهده شده در این آزمایش زیر تاثیر تیمارهای آهن و پتاسیم حاکی از نقش کلیدی این یون‌ها به‌صورت غیر مستقیم در زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی است.

استیلبن‌ها (رسوراترول و وینیفرین)

اثر سولفات‌پتاسیم، کلات آهن و برهمکنش آن‌ها بر غلظت رسوراترول و وینیفرین حبه‌های انگور در تاک‌های تیمار شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین غلظت رسوراترول و وینیفرین (به‌ترتیب ۰/۹۹ و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

۰/۳۴ میلی‌گرم در کیلوکرم) در تاک‌های تیمارشده با سطح‌های متوسط سولفات‌پتاسیم و کلات آهن مشاهده شد و کمترین مقدار این استیلبن‌ها (۰/۵ و ۰/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌ترتیب برای رسوراترول و وینیفرین) در حبه‌های میوه تاک‌های شاهد یافت شد (شکل ۱).

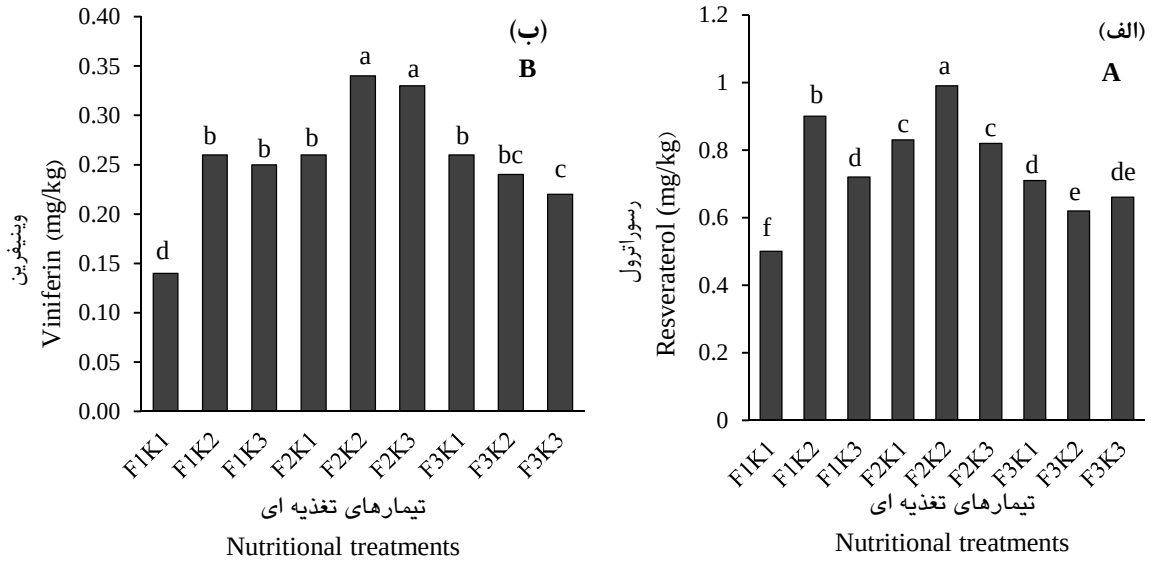

Fig. 1. The effects of potassium sulfate and iron chelate spray on concentrations of berries resveratrol (A) and viniferin (B) of Bidaneh-Sefid grapevine. In each column, means with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$). K_1= 0% K_2SO_4, K_2=1.5% K_2SO_4, K_3= 3% K_2SO_4, F_1= 0% Fe-EDDHA, F_2= 0.5% Fe-EDDHA, F_3= 1% Fe-EDDHA.

شکل ۱- اثرهای محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بر غلظت رسوراترول (الف) و وینیفرین (ب) حبه‌های انگور بیدانه‌سفید. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪). انگور بیدانه سفید. K_1= سولفات پتاسیم صفر درصد، K_2= سولفات پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات پتاسیم ۳٪، F_1 = کلات آهن صفر درصد، F_2= کلات آهن ۰/۵٪، F_3= کلات آهن ۱٪.

در پژوهشی روی انگور، کاربرد پتاسیم در حد بهینه منجر به افزایش غلظت رسوراترول و وینیفرین شده است (۸) که یافته‌های پژوهش ما با نتیجه‌های آن‌ها همسو است. رسوراترول و وینیفرین از جمله مهمترین استیلبن فیتوالکسین‌های ساخته شونده یا انگیزشی در گیاهان به‌ویژه انگور هستند که وجودشان در بافت‌های رویشی باعث افزایش سیستم دفاعی و در آب میوه منجر به افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای و دارویی آن می‌شود (۲۴). زیست‌ساخت استیلبن‌ها، زیر کنترل ژنتیکی بوده و بین رقم‌های مختلف انگور، مقدار انباشت آن در حبه‌ها فرق می‌کند (۲۸). با این حال، عوامل مدیریتی از جمله کاربرد عنصرهای تغذیه‌ای ممکن است روی مقدار بیان این ویژگی تاثیر بگذارد (۲۸) که نیازمند تحقیق در این زمینه می باشد. در مطالعه حاضر غلظت رسوراترول در تاک‌های تیمار شده با سطح‌های متعادل پتاسیم و آهن افزایش یافت ولی با افزایش غلظت این عنصرها، غلظت رسوراترول و وینیفرین کاهش یافت که حاکی از اهمیت متعادل بودن نسبت این عنصرها در زیست‌ساخت استیلبن‌ها می‌باشد. گزارش‌هایی در مورد افزایش مقدار رسوراترول حبه‌های انگور در تاک‌های رشد یافته در خاک‌های آهکی وجود دارد که اساس زیست‌شیمیایی آن مشخص نشده است (۹). با این حال در پژوهش حاضر غلظت رسوراترول و وینیفرین در تاک‌های شاهد و تاک‌های تیمار شده با سطح‌های بالای آهن کمتر از دیگر تیمارها بود. این نتیجه حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش مقدار کم و زیاد آهن ممکن است اثر بازداندگی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

بر زیست‌ساخت رسوراترول داشته باشد، در صورتی که غلظت‌های متعادل آهن به‌ویژه در ترکیب با سطح‌های متوسط پتاسیم می‌تواند باعث افزایش زیست‌ساخت استیلبن‌ها شود که البته نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اثر کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم در سطح احتمال ۵٪ و اثر کلات آهن به‌تنهایی و در ترکیب با سولفات‌پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حبه‌های انگور معنی‌دار شد. بیشترین درصد مهارکنندگی (۳۱/۵٪) بر اساس روش DPPH مربوط به تیمار ترکیبی سطح‌های متوسط سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بود (شکل ۲). کمترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی(۱۹/۵٪) در میوه تاک‌های شاهد یافت شد (شکل ۲).

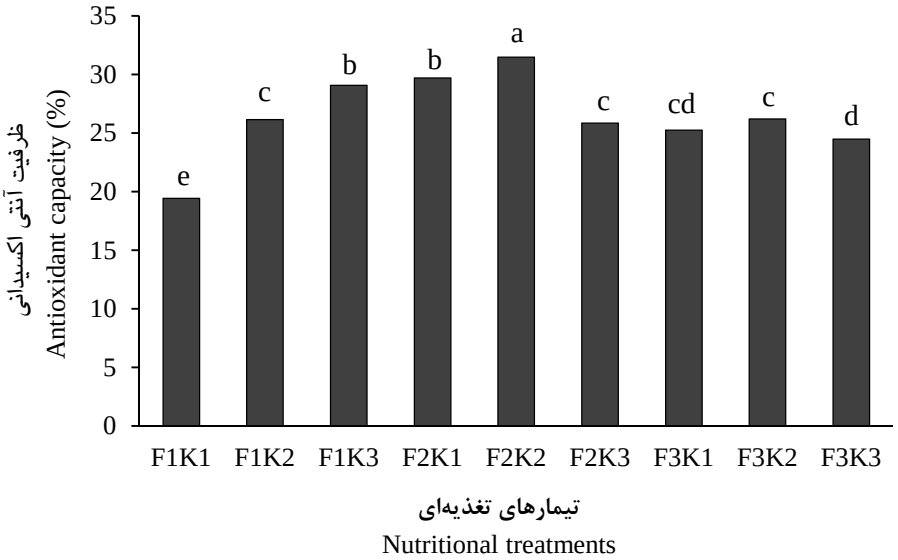

Fig. 2. The effects of potassium sulfate and iron chelate spray on berries antioxidant capacity (DPPH) of Bidaneh-Sefid grapevine. In each column, means with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's multiple range test. ($P \leq 0.05$). K_1= 0% K_2SO_4, K_2=1.5% K_2SO_4, K_3= 3% K_2SO_4, F_1= 0% Fe-EDDHA, F_2= 0.5% Fe-EDDHA, F_3= 1% Fe-EDDHA.

شکل ۲- اثرهای کاربرد برگی سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بر ظرفیت آنتی اکسیدانی حبه‌های انگور بیدانه سفید. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪). K_1= سولفات پتاسیم صفر درصد، K_2= سولفات پتاسیم ۱/۵٪، K_3= سولفات پتاسیم ۳٪، F_1 = کلات آهن صفر درصد، F_2= کلات آهن ۰/۵٪، F_3= کلات آهن ۱٪.

در مطالعه اثر کاربرد برگی آهن روی انگور، مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه تاک‌های تیمار شده با غلظت ۴۶ میلی‌مولار در مقایسه با غلظت‌های بیشتر و کمتر از آن افزایش چشمگیری نشان داد که با نتیجه‌های این پژوهش مطابقت دارد (۴۰). به‌دلیل نقشی که پتاسیم در دستگاه فتوسنتزی و تولید قندها و انتقال آن‌ها از برگ به میوه دارد، می‌تواند با اثر غیرمستقیم بر زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی و آنتوسیانین‌ها منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شود (۸، ۳۰). بسیاری از ترکیب‌های فنولی انگور می‌توانند در جاروب کنندگی گونه‌های واکنشگر اکسیژن موثر باشند، اما توانایی آن‌ها در جاروب‌کنندگی وابسته به نوع رقم و عملیات باغی مانند کوددهی می‌باشد (۱۳). در واقع توانایی ترکیب متعادل سولفات پتاسیم و کلات آهن، ضمن افزایش مقدار آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیب‌های فنولی در آب حبه‌های تاک‌های تیمار شده با این ترکیب کودی منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پژوهش حاضر شده است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی انـواع انگـور مربوط به ترکیب‌های فنولی و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

کاروتنوئیدها است و ترکیب‌های فنولی بیشتر شامل پروآنتوسیانیدین، آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک می‌باشند (۱).

پروتئین کل

اثر کاربرد برگی کلات آهن به تنهایی و برهمکنش کلات آهن با سولفات‌پتاسیم بر مقدار پروتئین‌های محلول حبه‌های انگور در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد، اما اثر سولفات‌پتاسیم به تنهایی بر این شاخص معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار پروتئین‌های محلول در تاک‌های تیمار شده با سطح دوم سولفات‌پتاسیم در ترکیب با سطح‌های دوم و سوم کلات آهن مشاهده شد و کمترین این شاخص در تاک‌های شاهد به دست آمد (شکل ۳-الف). در پژوهش کولیوند (۲) روی انگور، محلول‌پاشی کودآهن باعث افزایش پروتئین حبه‌ها شده است. هم‌چنین کاربرد برگی سولفات پتاسیم در تاک‌های انگور زیر تنش سرما منجر به افزایش انباشت پروتئین‌های محلول شد (۲۷) که با نتیجه‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. آهن در تشکیل سیتوکروم‌ها و پروتئین‌های غیر هِم، آهن‌دار دخیل در فتوسنتز، تثبیت نیتروژن و تنفس نقش دارد (۳۰). از سوی دیگر پتاسیم در آخرین مرحله فرآیند ساخت پروتئین شرکت و آن را هدایت می‌کند. بنابراین، در داخل گیاه وقتی مقدار پتاسیم کم می‌شود مقدار پروتئین هم کاهش یافته و به جای آن غلظت آمیدها و اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد (۸، ۳۰). آهن یکی از فراوان‌ترین عنصرهای کم‌مصرف در انگور است (۲۱). آهن به عنوان کوفاکتور یا جز تشکیل‌دهنده برخی پروتئین‌ها و بسیاری از آنزیم‌های درگیر در انتقال الکترون و واکنش های اکسیداسیون و احیا می‌باشد (۱۸).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

اثر کاربرد برگی سولفات پتاسیم و کلات آهن بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز میوه تاک‌های تیمار شده در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. هم‌چنین، اثر ترکیبی این دو کود بر فعالیت آنزیم‌های گایاکول‌پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز در سطح احتمال ۵٪ و بر فعالیت کاتالاز در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین مقدار فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز (۴/۹۷ واحد در میلی‌گرم پروتئین) مربوط به سطح سوم سولفات‌پتاسیم در ترکیب با سطح سوم آهن بود که البته با دیگر تیمارهای ترکیبی کلات آهن ۱٪ در ترکیب با سولفات‌پتاسیم صفر و ۱/۵٪ اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشت و کمترین فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز (۰/۶۳ واحد در میلی‌گرم پروتئین) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۳- ب). بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۳۵/۵ واحد در میلی‌گرم پروتئین)مربوط به تیمار کلات آهن ۰/۵٪ در ترکیب با سولفات‌پتاسیم ۳٪ بود. کمترین فعالیت این آنزیم (۱۳/۱ واحد در میلی‌گرم پروتئین) هم مربوط به تاک‌های شاهد بود (شکل ۳- ج). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۱۴/۹ واحد در میلی‌گرم پروتئین) مربوط به تیمار سولفات‌پتاسیم ۱/۵٪ در ترکیب با کلات آهن ۰/۵٪ بود و کمترین مقدار (۳/۶۶ واحد در میلی‌گرم پروتئین) مربوط به تاک‌های شاهد بود (شکل ۳- د).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

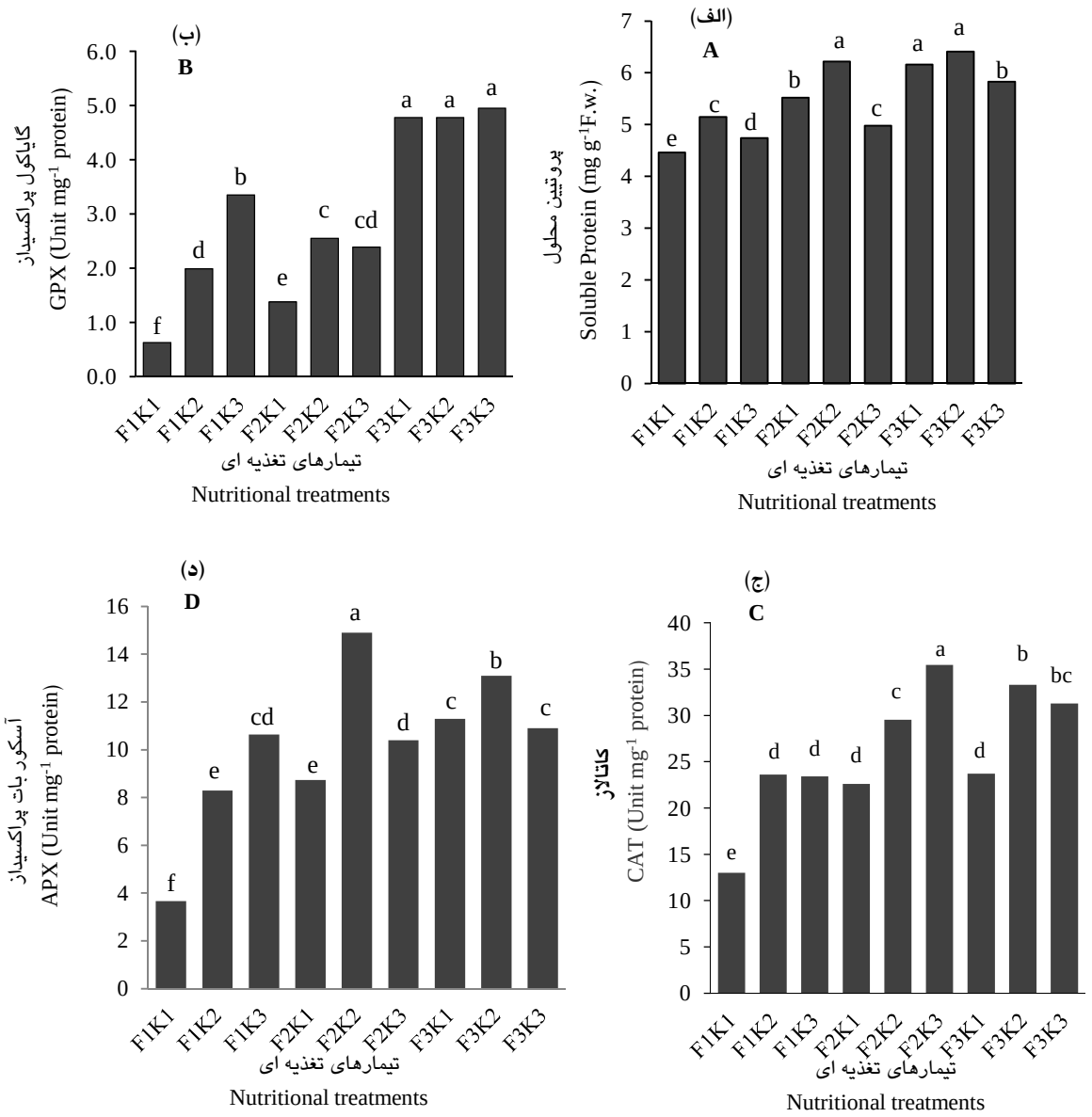

Fig. 3. Interaction of potassium sulfate and iron chelate spray on berries soluble protein content (Panel A) and activity of guaiacol peroxidase (GPX; Panel B), catalase (CAT; Panel C), and ascorbate peroxidase (APX; Panel D) of Bidaneh-Sefid grapevine. Mean values for each enzyme activity marked with same lower-case letter in each panel are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's multiple range test. K_1= 0% K_2SO_4, K_2=1.5% K_2SO_4, K_3= 3% K_2SO_4, F_1= 0% Fe-EDDHA, F_2= 0.5% Fe-EDDHA, F_3= 1% Fe-EDDHA.

شکل ۳- برهمکنش محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و کلات آهن بر غلظت پروتئین محلول (الف) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز (ب)، گایاکول‌پراکسیداز (ج) و آسکوربات‌پراکسیدار (د) حبه‌های انگور بیدانه سفید. میانگین‌های مشخص شده با حرف‌های کوچک مشترک در هر ستون در هر پانل بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪). K۱= سولفات پتاسیم صفر درصد، K۲= سولفات پتاسیم ۱/۵٪، K۳= سولفات پتاسیم ۳٪، F۱ = کلات آهن صفر درصد، F۲= کلات آهن ۰/۵٪، F۳= کلات آهن ۱٪.

در پژوهش کولیوند (۲) روی انگور، کاربرد ترکیبی کلات آهن و اوره نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به تاک‌های تیمار شده با آهن ۱٪ به تنهایی است که نتیجه‌های پژوهش حاضر با آن

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

همخوانی دارد. پتاسیم یک عنصر کلیدی در تغذیه درختان میوه می‌باشد که از راه فعال کردن آنزیم‌های درگیر در زیست‌ساخت نشاسته و پروتئین در ساخت ترکیب‌های ثانویه موثر می‌باشد. آهن کوفاکتور یا جز ساختاری بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است (۳۷) و همان‌طور که در این پژوهش نشان داده شد می‌تواند در ترکیب با پتاسیم ضمن افزایش پایداری و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان منجر به کاهش گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۴۳). پروتئین‌های هِم‌دار مانند آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و پروتئین‌های آهن-سولفور مانند سوپراکسیددیسموتاز دو گروه عمده از پروتئین‌های آهن‌دار هستند (۳۰) که همان‌طور که در پژوهش حاضر مشخص شد کاربرد برگی آهن به‌ویژه در ترکیب با پتاسیم به عنوان عنصر دخیل در فعالیت آنزیم‌های مختلف (۲۸)، منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شد.

کاتالاز یکی از آنزیم‌هایی است که فعالیت آن زیر تاثیر یون آهن قرار می‌گیرد. در این پژوهش با افزایش سطح آهن و پتاسیم فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش می‌یابد. در پژوهش حداد و کمان‌گر (۲۳) کاربرد پتاسیم موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز در برگ انگور زیر تنش خشکی شد. پتاسم با فعال‌کردن آنزیم‌های درگیر در زیست‌ساخت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان موجب حذف و غیر فعال‌کردن گونه‌های فعال اکسیژن از جمله پراکسید هیدروژن به‌ویژه در سیستم فتوسنتزی گیاه می‌شود (۳۱).

عنصرهای غذایی

اثر کاربرد برگی سولفات پتاسیم بر غلظت پتاسیم، منیزیم و روی میوه انگور در سطح ۱٪ معنی‌دار شد اما بر غلظت آهن معنی‌دار نشد. اثر کلات آهن بر غلظت آهن و روی میوه انگور در سطح ۱٪ و بر غلظت پتاسیم و منیزیم در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. اثر ترکیبی این دو کود بر غلظت پتاسیم، منیزیم و آهن میوه انگور در سطح ۱٪ و بر غلظت روی آن در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت در راستای افزایش غلظت سولفات پتاسیم و کلات آهن، غلظت پتاسیم و آهن در میوه تاک‌های تیمار شده با این کودها افزایش یافت. این افزایش وابسته به غلظت بود به طوری که بیشترین غلظت پتاسیم (۱/۹۳٪ وزن خشک) در تیمار سولفات پتاسیم ۳٪ به تنهایی و بیشترین غلظت آهن (۶۵/۲ ppm) در تیمار ترکیبی کلات آهن ۳٪ در ترکیب با سولفات پتاسیم ۱/۵ و ۳٪ مشاهده شد (جدول ۳). کمترین غلظت پتاسیم (۱/۲۵٪ وزن خشک) و آهن (۲۵/۴ ppm) در میوه تاک‌های شاهد یافت شد (جدول ۳). بیشترین غلظت منیزیم (۰/۱۶٪ وزن خشک) با تیمار ترکیبی سطح‌های متوسط سولفات پتاسیم و کلات آهن به‌دست آمد. از سوی دیگر کمترین غلظت منیزیم (۰/۱۱٪ وزن خشک) در تاک‌های شاهد یافت شد که البته با غلظت این عنصر در تاک‌های تیمار شده با سولفات پتاسیم ۳٪ به تنهایی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). بیشترین غلظت عنصر روی (۱۴/۱ ppm) در میوه تاک‌های تیمار شده با سطح‌های سوم هر دو کود به دست آمد و کمترین غلظت این عنصر (۸/۶ ppm) در تاک‌های تیمار شده با سطح دوم پتاسیم به تنهایی یافت شد (جدول ۳).

عامل‌های ژنتیکی و عملیات باغی مانند کوددهی و عوامل اکولوژیکی (دما، نور، رطوبت، خاک و غیره) تاثیر زیادی بر مقدار عنصرهای برگ و میوه دارند (۱۲، ۳۸). پتاسیم و آهن باعث افزایش فتوسنتز و تولید قند برای وارد شدن به اندام‌های مقصد می‌شوند (۱۱، ۲۸). افزایش محصول و ذخیره کربوهیدراتی و نیتروژنی در تاک‌های تیمار شده با این عنصرهای غذایی (۲۷) ممکن است با افزایش رشد ریشه‌ها و گسترش سطح تماس ریشه با خاک منجر به افزایش جذب عنصرهای غذایی در مقایسه با تاک‌های شاهد به ویژه در مراحل بحرانی رشد شده باشد که تاییدی بر یافته‌های مطالعه حاضر است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

جدول ۳- برهمکنش محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و کلات آهن بر غلظت برخی عنصرهای غذایی میوه انگور بیدانه‌سفید.

Table 3. Interaction of potassium sulfate and iron chelate spray on concentration of some berries nutrients of Bidaneh-Sefid grapevine.

تیمارهای کودی Nutritional treatments	پتاسیم Potassium (%DW)	منیزیم Magnesium (%DW)	آهن Iron (ppm)	روی Zinc (ppm)
F_1K_1	1.25 f†	0.12 cd	25.4 g	11.5 c
F_1K_2	1.78 c	0.14 b	30.2 f	8.6 e
F_1K_3	1.93 a	0.11 d	26.8 g	10.5 d
F_2K_1	1.60 ef	0.15 ab	43.3 e	11.2 c
F_2K_2	1.68 d	0.16 a	46.7 d	10.7 d
F_2K_3	1.88 b	0.13 c	52.5 c	10.2 d
F_3K_1	1.55 ef	0.14 b	61.5 b	12.7 b
F_3K_2	1.75 c	0.16 a	64.9 a	13.2 b
F_3K_3	1.85 b	0.14 b	65.2 a	14.1 a

† In each column, means with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's multiple range test. ($P \leq 0.05$). K_1= 0% K_2SO_4, K_2=1.5% K_2SO_4, K_3= 3% K_2SO_4, F_1= 0% Fe-EDDHA, F_2= 0.5% Fe-EDDHA, F_3= 1% Fe-EDDHA.

† میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (در سطح ۵٪). $K_۱$= سولفات پتاسیم صفر درصد، $K_۲$= سولفات پتاسیم ۱/۵٪، $K_۳$= سولفات پتاسیم ۳٪، $F_۱$ = کلات آهن صفر درصد، $F_۲$= کلات آهن ۰/۵٪، $F_۳$= کلات آهن ۱٪.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت رسوراترول و وینیفرین در حبه‌های تاک‌های تیمارشده با سطح‌های متوسط هر دو کود ($K_{1.5\%} \times Fe_{0.5\%}$) مشاهده شد و کمترین مقدار این استیلبن‌ها در حبه‌های میوه تاک‌های شاهد یافت شد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی آنزیمی کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز مربوط به تیمار سطح متوسط کلات آهن در ترکیب با سطح‌های متوسط و زیاد سولفات پتاسیم به‌دست آمد. با این حال تاک‌های تیمار شده با سطح‌های بالای هر دو کود مقدار فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز بیشتری داشتند. در واقع توانایی ترکیب متعادل سولفات پتاسیم و کلات آهن ضمن افزایش مقدار آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیب‌های فنولی در آب حبه‌های تاک‌های تیمار شده با این ترکیب کودی منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این پژوهش شده است. این نتیجه‌ها حاکی از اهمیت تغذیه پتاسیم و آهن برای دستیابی به میوه با ارزش آنتی‌اکسیدانی بیشتر، برای بهره‌گیری از آن به، عنوان داروی گیاهی ضد سرطان می‌باشد.

منابع References

۱. کریمی، ر.، ف. میرزایی و م. رسولی. ۱۳۹۶. فنولیک اسیدها، فلاونوئیدها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و عنصرهای معدنی میوه پنج رقم انگور. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۳۴۶-۳۳۵:۱۸

۲. کولیوند، م. ۱۳۹۵. تاثیر تغذیه برگی اوره و کلات آهن بر شاخص‌های کمی و کیفی انگور رقم بیدانه سفید. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه ملایر. ۱۰۵ ص.

3. Ahmed, F.F., A.M. Akl and F.M. El-Morsy. 1997. Yield and quality of 'Banaty' grapes in response to spraying iron and zinc. HortScience, 32: 516.

4. Ali, K., F. Maltese, Y.H. Choi and R. Verpoorte. 2010. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. Phytochem. Rev. 9: 357–378.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

5. Álvarez-Fernández, A., P. Paniagua, J. Abadía and A. Abadía. 2003. Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch). J. Agr. Food Chem. 51: 5738-5744.
6. Timperio, A.M., A. d'Alessandro, M. Fagioni, P. Magro and L. Zolla. 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 Physiol. Biochem. 50: 65-71.
7. Arya, S.P., M. Mahajan and P. Jain. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. Anal. Chim. Acta, 417: 1-14.
8. 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).
9. Bavaresco, L.. S. Civardi, S. Pezzutto, S. Vezzulli and F. Ferrari. 2005. Grape production, technological parameters, and stilbenic compounds as affected by lime induced chlorosis. Vitis, 44: 63–65.
10. Bergmeyer, N. 1970. Methoden Der Enzymatischen Analyse. AkademieVerlag, Berlin, 1:636-647. (In Germany).
11. Bertamini, M. and N. Nedunchezhian. 2005. Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. J. Plant Nutr. 28: 737–749.
12. Bertoldi, D., R. Larcher, M. Bertamini, S. Otto, G. Concheri and G. Nicolini. 2011. Accumulation and distribution pattern of macro and microelements and trace elements in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay berries. J. Agri. Food Chem. 59: 7224-7236.
13. Bozan, B., G. Tosun and D. Ozcan. 2008. Study of polyphenol content in the seeds of red grape (*Vitis viniera* L.) varieties cultivated in Turkey and their antiradical activity. Food Chem. 109: 426-430.
14. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.
15. Braidot, E., M. Zancani, E. Petrussa, C. Peresson, A. Bertolini, S. Patui, F. Macrì and A. Vianello. 2008. Transport and accumulation of flavonoids in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Plant Signal. Behav. 3:626-632.
16. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 521–530.
17. Chang, C., M. Yang, H. Wen and J. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10: 178- 182.
18. Curie, C. and J.f. Briat. 2003. Iron transport and signaling in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 54: 183–206.
19. Delgado, R., M.R., Gonzalez and P. Martin. 2006. Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of tempranillo grapes. J. Int. Sci. Vig. Vin. 40: 141.
20. 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. J. Plant Nutr. 7: 301-311.
21. Gartel, W. 1993. Grapes. In: W. F. Bennett Ed., Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants (pp. 177–183). St. Paul, MN: APS Press.
22. Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. Curr. Prot. Food Anal. Chem.1: 1-13.
23. Haddad, R. and A. Kamangar. 2015. The ameliorative effect of silicon and potassium on drought stressed grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. I. J. Genet. Plant Breed. 4: 48-58.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

24. Hamada, A.M. and A.E. El-Enany. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. Biol. Plant. 36:75-81.
25. Hasan, M. and H. Bae. 2017. An overview of stress-induced resveratrol synthesis in grapes: perspectives for resveratrol-enriched grape products. Molecules, 22: 294.
26. Herzog, V. and H. Fahimi. 1973. Determination of the activity of peroxidase. Anal. Biochem. 55: 554-562.
27. Karimi, R. 2017. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Sci. Hort. 215: 184-194.
28. Keller, M. 2010. The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology. Burlington, MA: Academic Press. p 400.
29. Larbi, A., F. Morales, J. Abadía and A. Abadía. 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. J. Plant Physiol. 160:1473-1481.
30. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press; London, UK pp. 178–189.
31. Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Pol. J. Environ. Stud.15:523–530.
32. Mohammed, S., D. Singh and V.P. Ahlawat. 1993. Growth, yield and quality of grapes as affected by pruning and basal application of potassium. J. Hort. Sci. 22:179–182.
33. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol. 22:867-880.
34. Niu, S., F. Hao, H. Mo, J. Jiang, H. Wang, C. Liu and Y. Zhang. 2017. Phenol profiles and antioxidant properties of white skinned grapes and their coloured genotypes during growth. Biotechnol. Biotechnol. Equip. 31: 58-67.
35. Pestana, M., A.D. Vernnes and E. Afaria. 2003. Diagnosis and correction of Iron chlorosis in fruit trees: A review. Food Agri. Environ. J. 1:46-51.
36. Pietta, P.G. 2000. Flavonoids as antioxidants. J. Nat. Prod. 63:1035-1042.
37. Ranieri, A., A. Castagna, B. Baldan and G.F. Soldatini. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. J. Exp. Bot. 52:25-35.
38. Rogiers, S.Y., D.H. Greer, J.M. Hatfield, B.A. Orchard and M. Keller. 2006. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). Vitis, 45:115–123.
39. Sanchez-Moreno, C., J.A. Larrauri and F.A. Saura-Calixto. 1998. Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. J. Sci. Food Agr. 76: 270–276.
40. Shi, P., B. Li, H. Chen, C. Song, J. Meng, Z. Xi, and Z. Zhang. 2017. Iron supply affects anthocyanin content and related gene expression in berries of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. Molecules, 22:283.
41. Valentinuzzi, F., M. Mason, M. Scampicchio, C. Andreotti, S. Cesco and T. Mimmo. 2015. Enhancement of the bioactive compound content in strawberry fruits grown under iron and phosphorus deficiency. J. Sci. Food Agri. 95:2088–2094.
42. Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in s fruits, vegetables and grain products. J. Agr. Food Chem. 46:4113-4117.
43. Zheng, Y., L. Tian, H. Liu, Q. Pan, J. Zhan and W. Huang. 2009. Sugars induce anthocyanin accumulation and flavanone 3-hydroxylase expression in grape berries. Plant Growth Regul. 58:251–260.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (4): 469- 482 (2018)

Effect of Potassium and Iron on Berries Resveratrol and Viniferin Accumulation and Antioxidant Capacity of 'Bidaneh Sefid' Grapevine Cultivar

R. Karimi* and S. M .Mirbagheri[1]

Nutrition management in growth season has a main effect on production and accumulation of secondary metabolites in grapevine berries. In this research the effects of foliar application of potassium sulfate (K; 0, 1.5, and 3%) and iron chelate (Fe; 0, 0.5, and 1%) on accumulation of resveratrol and viniferin and antioxidant capacity of 'Bidaneh Sefid' grape berries was evaluated. This study was carried out as a factorial experiment based on completely randomized block design in commercial vineyard located in Malayer city during 2016-2017. The fruits were harvested based on maturity index. Some characteristics of berries such as flavonoids, total phenols, anthocyanin, vitamin C, resveratrol, viniferin, antioxidant capacity, catalase, guaiacol peroxidase, and ascorbate peroxidase were measured. Based on the results, the highest berry total anthocyanin and vitamin C was related to sprayed vines with 1% Fe- EDDHA and 1.5% potassium sulfate in solely respectively. The highest total phenol observed in vines sprayed with 1.5% potassium sulfate in combination with 1% Fe- EDDHA. However, the lowest total phenol content was found in control vines. The highest berries resveratrol and viniferin concentration was observed in vines sprayed with moderate doses of both fertilizers. Moreover, berry antioxidant capacity of vines treated with moderate doses of both fertilizers was found to be highest. Nutrient -treated vines with both fertilizers at third level showed the higher guaiacol peroxidase in compared to otherplants. The highest catalase activity of berries was related to vines treated with 3% potassium sulfate in combination with 0.5% Fe- EDDHA. However, the maximum ascorbate peroxidase was obtained with 1.5% potassium sulfate in combination with Fe-EDDHA at 0.5% concentrations. The lowest activity of all enzymes was obtained in control un-treated vines.

Keywords: Anti-oxidant enzymes, Fertilization, Grapevine, Secondary metabolites, Stilbenes.

1. Assistant Professor and M.Sc. Student in Horticulture, Department of Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (Rouholahkarimi@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-17]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.4.5.1]