

## تأثیر محلول پاشی متیل جاسمونات، سالیسیک اسید، روی و بور بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل محمدی (*Rosa damascena* Mill)

محدثه طاهری<sup>۱</sup>، سمیه رستگار\*<sup>۱</sup> و اکبر کرمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، <sup>۲</sup> گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۵/۰۷)

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر هورمون‌های متیل جاسمونات و سالیسیک اسید و عناصر روی و بور بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل محمدی (*Rosa damascena* Mill)، آزمایشی به صورت طرح بلوک کاملاً تصادفی شامل ۱۱ تیمار و در چهار تکرار در شهرستان جهرم استان فارس انجام شد. در این آزمایش غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات و سالیسیک اسید (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و غلظت‌های مختلف روی و بور (۱ و ۲ در هزار) یک ماه قبل از برداشت گل محمدی در دو مرحله (به فاصله ده روز از یکدیگر) محلول پاشی گردید. بوته‌های شاهد با آب مقطر محلول پاشی شدند. در زمان برداشت گل، صفات مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بوته‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج به دست آمده متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار)، روی و بور یک در هزار باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها شدند. تیمارهای متیل جاسمونات و روی در هر دو سطح و یک میلی‌مولار سالیسیک اسید باعث افزایش وزن تر گلبرگ شدند. براساس نتایج به دست آمده تیمار سالیسیک اسید (۱ و ۲ میلی‌مولار)، متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و روی یک در هزار باعث افزایش میزان ماده محلول جامد گلبرگ شدند. بیشترین کلروفیل در تیمار بور ۱ در هزار مشاهده شد. همچنین، تیمار بور (۱ و ۲ در هزار)، روی دو در هزار و متیل جاسمونات یک میلی‌مولار باعث افزایش کلروفیل برگ شدند. کارتنوئید گلبرگ نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف روی، بور و کمترین غلظت سالیسیک اسید (۰/۵ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰/۵ میلی‌مولار) قرار گرفت. افزایش غلظت روی و سالیسیک اسید به طور معنی دار باعث کاهش مقدار فتول گل شد. به طور کلی، تیمار متیل جاسمونات به دلیل تأثیر بیشتری که در اکثر صفات مورد مطالعه داشت در مقایسه با سایر تیمارها برتری داشت. بنابراین استفاده از این تیمار در باغ‌های گل محمدی، توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: گل محمدی، متیل جاسمونات، روی، سالیسیک اسید، بور

### مقدمه

بلغارستان، مصر، روسیه، فرانسه، ماکائو و هند پرورش می‌یابد (Bahirat and Jadhav, 2011). گل محمدی از مهم‌ترین گونه‌های معطر رز و به عنوان گل ملی ایران به شمار می‌رود (Loghmani, 2007). گل‌های آن حاوی اسانس بوده و میزان اسانس بستگی به شرایط اقلیمی محل رویش و همچنین رقم

گل محمدی (damask, Persian rose, Pink rose) با نام علمی *Rosa damascena* Mill متعلق به خانواده Rosaceae بوده که به طلای معطر معروف است (Loghmani, 2007). این گیاه در کشورهای مختلف از جمله ایران، افغانستان، ترکیه،

نتایج مثبتی در افزایش صفاتی نظیر وزن خشک، غلظت کارتنوئید، پرولین و قندهای محلول داشت. طی تحقیقی تأثیر غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید بر پارامترهای مختلف گل جعفری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن گل خشک، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه این گیاه شد (Ataei et al., 2013).

عنصر روی از عناصر کم‌مصرف و ضروری در تغذیه گیاهی است که برای رشد طبیعی و باروری گیاهان ضروری است که کمبود شدید آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتاز، الکل دهیدروژناز، دیمیدین گیناز، کربوکسی پپتیداز و DNA RNA پلیماز را کاهش می‌دهد (Haslett et al., 2001). خاک‌های ایران در کمربند کمبود روی در جهان واقع شده است. بنابراین استفاده از کودهای حاوی روی ضروری است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). در کشورهای آسیایی، کمبود روی بیشتر در هندوستان، پاکستان، چین، ترکیه و ایران شایع است. کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۹). روی از عناصری است که یا به‌عنوان یک جز فلزی آنزیم‌های مختلف و یا به‌عنوان یک کوفاکتور ساختاری یا تنظیمی عمل می‌کند، بنابراین با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و ساخت پروتئین‌ها رابطه دارد. تغذیه برگ‌ها از راه‌های مؤثر ضمن رفع نیاز غذایی گیاهان از طریق کاهش اثرات منفی یون‌های سمی می‌تواند مقاومت گیاهان را در برابر تنش افزایش دهد (El-Fouly et al., 2011).

در بین مواد غذایی کم‌مصرف، غلظت بور (B) در خاک‌ها بین ۲ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است که این مقدار براساس نوع سنگ‌های مادری تشکیل‌دهنده خاک تغییر می‌کند. در خاک‌های با بافت سبک، بور در اثر بارندگی یا آبیاری شسته شده و از دسترس گیاه خارج می‌گردد. همچنین در pH بالاتر از ۸ و در خاک‌های آهکی، میزان جذب بور به مقدار زیادی کاهش می‌یابد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۹). بور نقش عمده‌ای در فعالیت‌های حیاتی گیاه دارد و در تقسیم سلولی بافت‌های

گیاه دارد (Boskabady et al., 2011). گل محمدی دارای خواصی از جمله درمان ایدز، ضدباکتری، آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و آرام‌بخش بودن است (Boskabady et al., 2011). توسعه روزافزون گل محمدی در عرصه کشاورزی کشور مرهون سازگاری، قناعت، کم‌هزینه‌بودن و سودآوری چشمگیر آن است. فرآورده‌های حاصل از گل محمدی از تولیدات مهم مناطق کوهپایه‌ای به‌شمار می‌آید که از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است. بنابراین، به‌عنوان یک گیاه راهبردی برای حمایت از اقتصاد روستاییان و اشتغال‌زایی جوانان، با توسعه صنایع کوچک، جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده است (Kudori, 2015).

با توجه به کاهش و کمبود منابع آب کشاورزی، محققین تحقیقات مختلفی جهت یافتن موادی که سبب افزایش کارایی مصرف و نگهداری آب در گیاهان می‌شود، انجام داده‌اند. یکی از این ترکیبات، سالیسیک اسید است. این ترکیب در اغلب گیاهان به‌صورت طبیعی وجود دارد و بر بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی سلول اثر می‌گذارد (Hakimi, 2008). این ماده هورمونی گیاهی است که در مراحل مختلف فیزیولوژیک از جمله گل‌دهی، بسته‌شدن روزنه‌ها و در پاسخ به تنش‌های غیرزنده از قبیل گرما نقش دارد (Wang et al., 2010).

اولین بار از گیاه *Jasminum grandiflorum* ماده‌ای استخراج شد که متیل استر جاسمونیک اسید نام گرفت و اکنون مشخص شده است که جاسمونات‌ها به‌عنوان یک خانواده جدید از هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تنظیم فرآیند رشدونمو گیاه دارند (Westfall et al., 2013). جاسمونات‌ها به‌طور معمول در برگ‌های جوان، گل‌ها و میوه‌ها به فراوانی یافت می‌شوند و در پاسخ گیاه به تنش‌های زنده و محیطی نیز نقش مهمی ایفا کرده و موجب کاهش خسارات ناشی از تنش‌های زنده و محیطی در گیاه هدف می‌شود (Westfall et al., 2013).

مرادی و پورقاسمیان (۲۰۱۸) در تحقیقی که بر روی استفاده از سالیسیک اسید در گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L) داشتند گزارش کردند که استفاده از این ترکیب

تعداد گلبرگ و قطر گل شروع شد. پس از اتمام کار مزرعه‌ای اندازه‌گیری‌های کیفی در آزمایشگاه انجام شد.

**اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک:** ارتفاع بوته از قسمت طوقه تا انتهای بلندترین شاخه‌های گیاه هر تیمار در اولین برداشت گل با استفاده از متر فلزی برحسب متر اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد گلبرگ‌های گل‌های برداشت‌شده ۱۴ روز بعد از دومین مرحله محلول‌پاشی بعد از برداشت گل شمارش شد و میانگین کلی برای هر تیمار محاسبه گردید.

در زمان بازشدن کامل گل قطر گل‌های برداشت‌شده در چهاردهمین روز بعد از دومین مرحله محلول‌پاشی و آخرین برداشت گل برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان قطر گل در نظر گرفته شد.

طی دوره آزمایش وزن تر گل هر بوته پس از برداشت به‌صورت روزانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین شد.

**اندازه‌گیری صفات شیمیایی، اندازه‌گیری مواد جامد محلول:** برای اندازه‌گیری مقدار قند گلبرگ‌ها، میزان یک گرم گلبرگ‌های تازه را در هاون کوبیده و میزان قند عصاره گلبرگ‌ها توسط دستگاه رفرکتومتر اندازه‌گیری شد (Bourtoom, 2008).

**آنتی‌اکسیدان:** آنتی‌اکسیدان به‌روش مهار رادیکال آزاد ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱ پیکریل هیدرازیل DPPH اندازه‌گیری شد. طبق این روش ۲۰ میکرولیتر از عصاره گلبرگ و ۱۸۰ میکرولیتر (DPPH ۱۵۰ ماکرومول) ترکیب و به‌مدت یک دقیقه در دستگاه شیکر قرار داده شد و پس از ۴۰ دقیقه در تاریکی با دستگاه میکروریدر و در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد و با رابطه (۱) محاسبه شد (Ordonez et al., 2006).

(۱)  $I\% = (A_{blank} - A_{sample} / A_{blank}) \times 100$   
**آنتوسیانین:** ۱۰۰ میلی‌گرم از گلبرگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۱۰۰ به ۱) به‌طور کامل سائیده شد. محلول مورد نظر، به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ سانتریفیوژ و جذب محلول بالایی در طول موج ۵۳۰ و ۶۵۷

مریستمی، تشکیل جوانه‌های برگ و گل، ترمیم بافت‌های آوندی، متابولیسم قند و مواد هیدروکربن‌دار و انتقال آن‌ها، تنظیم مقدار آب و هدایت آن در سلول، انتقال کلسیم در گیاه، ساخت پروتئین، رشد ریشه، متابولیسم چربی و ساخت پکتین، تشکیل دیواره سلولی و انتقال مواد محلول در بین سلول‌ها، نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. نقش فیزیولوژیک بور در گیاهان با سایر عناصر غذایی تفاوت اساسی دارد. همچنین این عنصر مقاومت گیاهان را نسبت به سرما و بیماری‌ها افزایش می‌دهد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۹). مصرف فسفات آمونیوم یا سوپر فسفات تریپل به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات آمونیوم ۲۰۰ یا اوره ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به نقش آهن در تغذیه گل محمدی و گلدهی ضروری است (حقیقی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به موارد بیان‌شده این تحقیق با هدف بهبود و افزایش عملکرد و همچنین بهبود ارزش تغذیه‌ای گلبرگ‌ها در گل محمدی است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در یکی از باغ‌های گل محمدی بخش سیمکان شهرستان جهرم استان فارس با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۳ دقیقه و ۵۳ ثانیه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقه و ۲۸ ثانیه شرقی با ارتفاع ۱۲۸۴ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. در مرحله نخست بوته‌های مدنظر از نظر سن و سالم بودن (بدون آفت و بیماری) در باغ علامت‌گذاری شدند (شکل ۱).

غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و متیل جاسمونات (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و کودهای سولفات روی و اسید بوریک (۱ و ۲ در هزار) در دو زمان مختلف محلول‌پاشی گردید. محلول‌پاشی اول قبل از ظهور جوانه‌های برگ در اسفند ماه انجام گرفت و محلول‌پاشی دوم با فاصله ده روز از محلول‌پاشی اول (یک هفتگی برگ‌های جدید) تکرار شد.

اندازه‌گیری صفات: ۱۴ روز پس از دومین مرحله محلول‌پاشی اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع بوته،



شکل ۱- برچسب گذاری بوته‌های گل

گلبرگ گل توسط معرف فولین سیوکالتو به صورت زیر انجام گرفت. برای تهیه عصاره متانولی نیم (۰/۵۰) میلی گرم گلبرگ گل با ۳ میلی لیتر متانول ۸۵ درصد ترکیب کرده و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد، سپس مقدار ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی به همراه ۱۰۰ میکرولیتر از معرف فولین (۱:۱۰) برداشته، پس از ۵ دقیقه ۸۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد و پس از دو ساعت توسط دستگاه میکروریدر (مدل Biotek Instruments Inc, Winooski, VT) در طول موج ۷۵۰ نانومتر خوانده شد (Ordonez et al., 2006).

**اندازه گیری محتوی فلاونوئید:** محتوی فلاونوئیدی با استفاده از معرف کلرید آلومینیم اندازه گیری شد. به این صورت که به نیم (۰/۵۰) میلی لیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی لیتر متانول، ۰/۱ میلی لیتر از محلول آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد در اتانول، ۰/۱ میلی لیتر از استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب مخلوط نیم (۰/۵۰) ساعت بعد از نگهداری در دمای اتاق، در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل شاهد (بلانک) خوانده شد. میزان فلاونوئید بر اساس میزان معادل "میلی گرم کوئرستین در گرم عصاره" گزارش گردید (Bourtoom, 2008). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS، مقایسه میانگین با استفاده از روش LSD (در سطح ۵ درصد) و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

### نتایج

نانومتر خوانده شد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از رابطه (۲) به دست آمد (Bourtoom, 2008).

$$A(530) - 0/25 A(657) \quad (۲)$$

**استخراج کلروفیل و کارتنوئید:** مقدار کلروفیل و کارتنوئید ششمین برگ نزدیک به غنچه گل به شرح زیر اندازه گیری شد:

ابتدا یک گرم برگ توزین و سپس در هاون قرار داده شد و ۵ میلی لیتر استون ۸۰٪ به آن افزوده شد و پس از هاون شدن، در استوانه مدرج ریخته و حجم آن با استون ۸۰٪ به ۱۰ میلی متر رسانده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. با جدا کردن ناخالصی‌ها، مایع زلال حاوی کلروفیل برای بار دوم به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Lambda 45-UV/Visible) خوانده شد. سپس با استفاده از رابطه‌های (۳)، (۴) و (۵) مقدار کلروفیل a و b و کلروفیل کل و همچنین کارتنوئید بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر محاسبه شد (Clairmont et al., 1986).

$$\text{Chl a} = [12.25 (A663) - 2.79 (A645)] \quad (۳)$$

$$\text{Chl b} = [21/21 (A645) - 5/1 (A663)] \quad (۴)$$

$$\text{ChlT} = \text{Chl a} + \text{chl b} \quad (۵)$$

$$\text{Cx+c} = (1000A470 - 1/8\text{Chla} - 85/02\text{Chlb}) / 198 \quad (۶)$$

که Chla میزان کلروفیل a، Chlb میزان کلروفیل b، ChlT میزان کلروفیل کل و Cx+c میزان کارتنوئید است.

**سنجش ترکیب‌های فنولی:** اندازه گیری محتوای فنول

بور در سطح ۱ در هزار و روی ۲ در هزار تفاوتی با نمونه شاهد نداشتند. کمترین مقدار TSS در سطح ۰/۵ میلی مولار سالسیلیک اسید و بور ۲ در هزار در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد مشاهده شد.

**آنتی اکسیدان گلبرگ:** تیمارهای سالسیلیک اسید، متیل جاسمونات و بور تأثیر معنی داری بر آنتی اکسیدان گلبرگ نشان ندادند. کاربرد تیمار روی به طور معنی داری باعث کاهش محتوای آنتی اکسیدان گلبرگ شد (شکل ۶).

**آنتوسیانین گلبرگ:** نتایج نشان داد، بیشترین مقدار آنتوسیانین در سطح ۱ در هزار بور به دست آمد. در شرایط استفاده از سالسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار و متیل جاسمونات ۱ میلی مولار میزان آنتوسیانین در مقایسه با شاهد افزایش داشت (شکل ۷). با توجه به نتایج، هر چند استفاده از متیل جاسمونات در دو سطح (۰/۵ و ۲ میلی مولار)، روی یک و دو در هزار و همچنین بور ۲ در هزار باعث کاهش میزان آنتوسیانین گلبرگها شدند اما در مقایسه با شاهد به صورت آماری اختلاف نداشتند. کمترین میزان آنتوسیانین در شرایط استفاده از سالسیلیک اسید ۱ و ۲ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۱).

**کلروفیل a:** با توجه به نتایج، تیمار بور (۱ و ۲ در هزار) و روی در سطح ۲ در هزار با افزایش کلروفیل a در مقایسه با شاهد تفاوت آماری داشتند. نتایج نشان داد، با استفاده از تیمار سالسیلیک اسید (۰/۵ و ۲ میلی مولار) و متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی مولار) و روی ۱ در هزار کلروفیل a نسبت به شاهد افزایش داشت اما تفاوت آماری مشاهده نشد (شکل ۸). بیشترین مقدار کلروفیل a در شرایط استفاده از تیمار بور ۱ در هزار به دست آمد. کمترین مقدار کلروفیل a در برگ بوته های شاهد و بوته های تیمار شده با سالسیلیک اسید ۱ میلی مولار و متیل جاسمونات ۲ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۱).

**کلروفیل b:** براساس نتایج، تیمار سالسیلیک اسید ۱ میلی مولار و شاهد دارای کمترین مقدار کلروفیل b بودند. تیمار سالسیلیک اسید در دو سطح (۰/۵ و ۲ میلی مولار)، متیل جاسمونات (۰/۵ و ۲ میلی مولار) و روی ۱ در هزار هر چند باعث افزایش مقدار کلروفیل b شدند اما در مقایسه با

**صفات مورفولوژیکی:** نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارها بر تمام صفات مورد بررسی (بجز شاخه گل برداشت آخر) در سطح یک درصد معنی دار شد.

**ارتفاع بوته:** بیشترین افزایش ارتفاع مربوط به تیمارهای متیل جاسمونات در سطح ۰/۵ و ۱ میلی مولار و همچنین تیمار بور یک درصد بود. بوته های تیمار شده با تمام سطوح غلظت های سالسیلیک اسید و همچنین بوته های تیمار شده با بور ۲ در هزار با وجود افزایش ارتفاع در مقایسه با شاهد تفاوتی نداشت (شکل ۲).

**قطر گل:** نتایج نشان داد استفاده از روی (۱ و ۲ در هزار)، بور ۱ در هزار و متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی مولار) تفاوت معنی داری با شاهد نشان ندادند. تیمارهای سالسیلیک اسید (۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار)، متیل جاسمونات ۲ میلی مولار و بور ۲ در هزار به طور معناداری باعث کاهش قطر گل شدند. که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر تأثیر بر قطر گل، تفاوت معناداری وجود داشت (شکل ۳).

**وزن تر گلبرگ:** نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر گلبرگ در سطح ۰/۵ میلی مولار متیل جاسمونات مشاهده شد (شکل ۴). با توجه به نتایج، در شرایط استفاده از روی در سطح یک در هزار و متیل جاسمونات در سطوح یک و دو میلی مولار و همچنین تیمار سالسیلیک اسید یک میلی مولار نیز سبب افزایش معنی دار وزن تر گلبرگ در مقایسه با شاهد شدند. کمترین وزن تر گلبرگ نیز در تیمار سالسیلیک اسید دو میلی مولار به دست آمد که با شاهد تفاوت آماری نداشت.

**صفات فیتوشیمیایی:** نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان داد اثر تیمار بر تمام صفات مورد بررسی معنی دار شد. **میزان ماده محلول جامد (TSS):** براساس نتایج به دست آمده، بیشترین مقدار TSS در تیمار متیل جاسمونات در سطح ۰/۵ میلی مولار مشاهده شد (شکل ۵). نتایج نشان داد در شرایط استفاده از متیل جاسمونات یک میلی مولار، سالسیلیک اسید در دو سطح (۱ و ۲ میلی مولار) و روی در سطح یک در هزار مقدار TSS در مقایسه با شاهد افزایش قابل توجهی داشت ( $P < 0.05$ ). طبق نتایج، متیل جاسمونات ۲ میلی مولار،

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گل محمدی

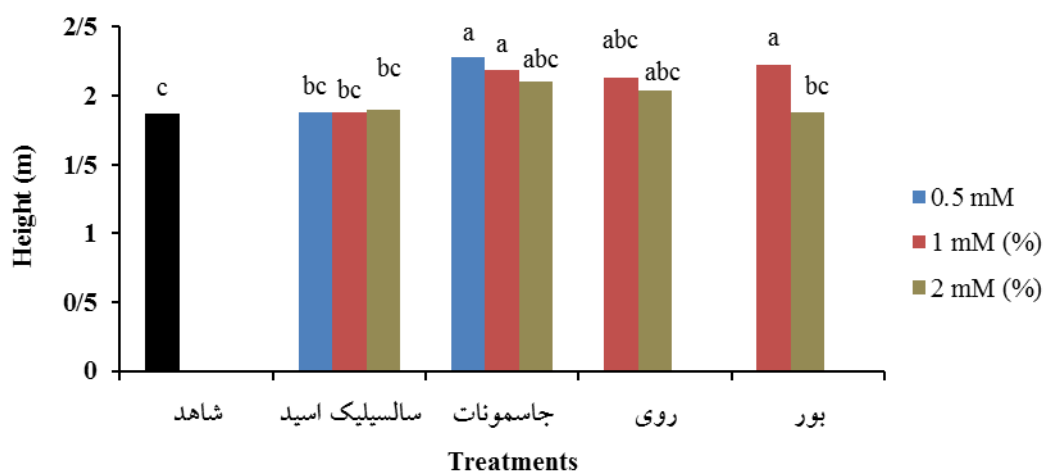
| منابع تغییرات    | درجه آزادی | تعداد پرچم          | قطر گل              | ارتفاع بوته | وزن تر گلبرگ       | آنتی اکسیدان       |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| بلوک             | ۳          | ۵۹/۸۰ <sup>ns</sup> | ۰/۰۵۷ <sup>ns</sup> | ۰/۱۶۲**     | ۲۱۵۲ <sup>ns</sup> | ۵/۰۵ <sup>ns</sup> |
| تیمار            | ۱۰         | ۵۱۷/۰۵**            | ۱/۱۳**              | ۰/۱۰**      | ۳۸۵۳۱**            | ۱۱۶/۵۸**           |
| خطا              | ۳۰         | ۳۱/۶۰               | ۰/۰۸۸               | ۰/۰۳        | ۴۵۷۵               | ۱۰/۱۰              |
| ضریب تغییرات (%) |            | ۵/۵۰                | ۵/۵۰                | ۸/۷۰        | ۲۵/۴۰              | ۳/۷۰               |

\*\* تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns عدم معنی داری

ادامه جدول ۱-

| منابع تغییرات    | درجه آزادی | ماده محلول جامد    | کلروفیل a          | کلروفیل b          | کلروفیل کل         | کارتنوئید           | آنتوسیانین گلبرگ    |
|------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| بلوک             | ۳          | ۰/۱۱ <sup>ns</sup> | ۶/۱۸ <sup>ns</sup> | ۱/۰۸ <sup>ns</sup> | ۸/۱۹ <sup>ns</sup> | ۰/۰۲۰ <sup>ns</sup> | ۰/۰۲۴ <sup>ns</sup> |
| تیمار            | ۱۰         | ۳/۰۵**             | ۵۴/۳۲*             | ۱۱/۶۰**            | ۱۱۸/۴۷**           | ۳/۹۴**              | ۰/۳۰**              |
| خطا              | ۳۰         | ۰/۱۷               | ۱۹/۸۰              | ۲/۱۵               | ۲۵/۳۹              | ۰/۴۴                | ۰/۰۲۴               |
| ضریب تغییرات (%) |            | ۱۵/۷۰              | ۲۰/۲۱              | ۲۰/۶۴              | ۲۲/۹۷              | ۱۹/۱۵               | ۲۹/۸۰               |

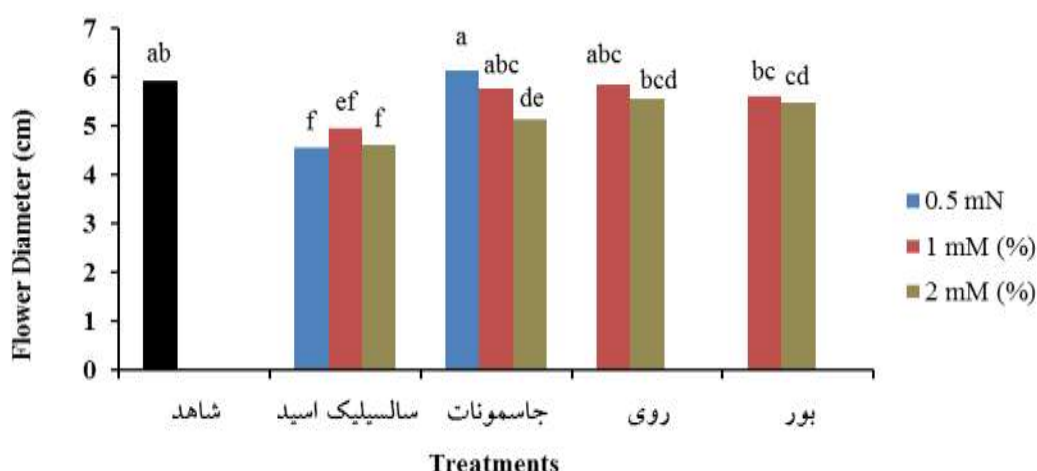
\*\* تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns عدم معنی داری



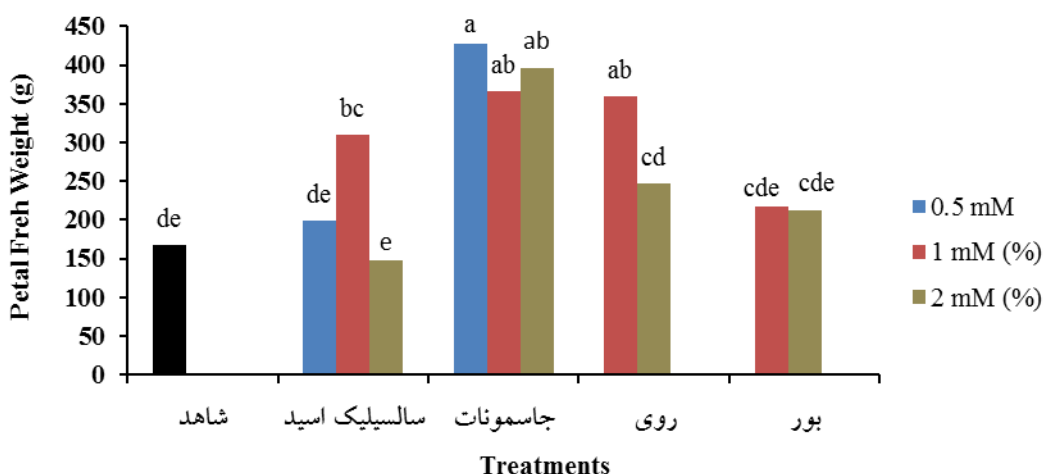
شکل ۲- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع بوته در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

**کلروفیل کل:** با توجه به نتایج، بیشترین میزان کلروفیل کل با استفاده از تیمار بور (۱ و ۲ در هزار) به دست آمد که در مقایسه با تیمار روی ۲ در هزار تفاوت آماری مشاهده نشد (شکل ۱۰). با توجه به نتایج، متیل جاسمونات ۱ میلی مولار،

شاهد تفاوت آماری نداشتند (شکل ۹). بیشترین مقدار کلروفیل b در شرایط استفاده از تیمار بور (۱ و ۲ در هزار) بود که در مقایسه با روی ۲ در هزار تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۱).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر قطر در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.



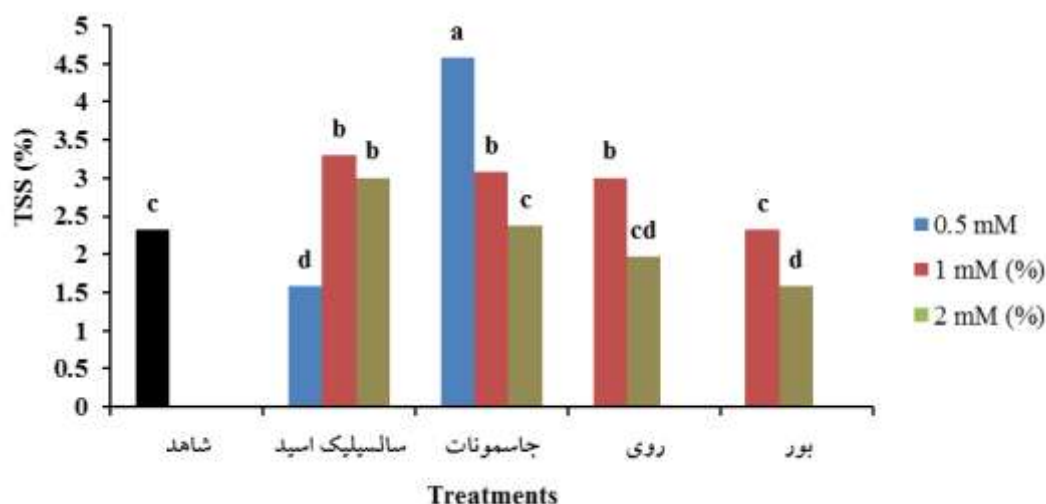
شکل ۴- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر وزن تر گلبرگ در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

مقدار کارتنوئید کاهش داشت. سالیسیلیک اسید و متیل جاسمونات در سطوح ۱ و ۲ میلی مولار هر چند در مقایسه با شاهد باعث افزایش مقدار کارتنوئید شدند اما از نظر آماری اختلاف نداشتند (جدول ۱).

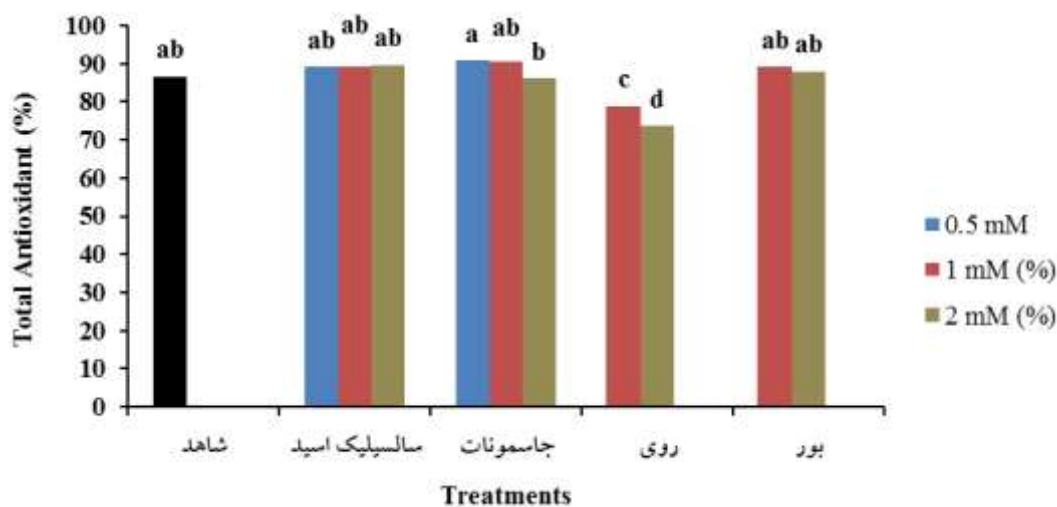
**فنونل:** با توجه به نتایج، بیشترین مقدار فنول با استفاده از تیمار متیل جاسمونات (نیم و یک میلی مولار) به دست آمد. تیمار روی ۲ در هزار باعث کاهش معنی دار فنول نسبت به شاهد شد. سایر تیمارها تفاوت معنی داری با شاهد نشان ندادند (شکل ۱۲).

سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار و تیمار روی ۲ در هزار در مقایسه با شاهد سبب افزایش کلروفیل b شدند که روی ۲ در هزار در مقایسه با شاهد تفاوت آماری داشت (جدول ۱).

**کارتنوئید:** نتایج نشان داد، تیمارها سبب افزایش غلظت کارتنوئید در مقایسه با شاهد شدند. تیمار بور در سطح ۲ در هزار بیشترین مقدار کارتنوئید داشت اما در مقایسه با تیمار روی (۱ و ۲ در هزار)، بور ۲ در هزار و سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی مولار تفاوت آماری مشاهده نشد (شکل ۱۱). براساس نتایج با افزایش غلظت تیمار سالیسیلیک اسید و متیل جاسمونات



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر میزان ماده محلول جامد در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.



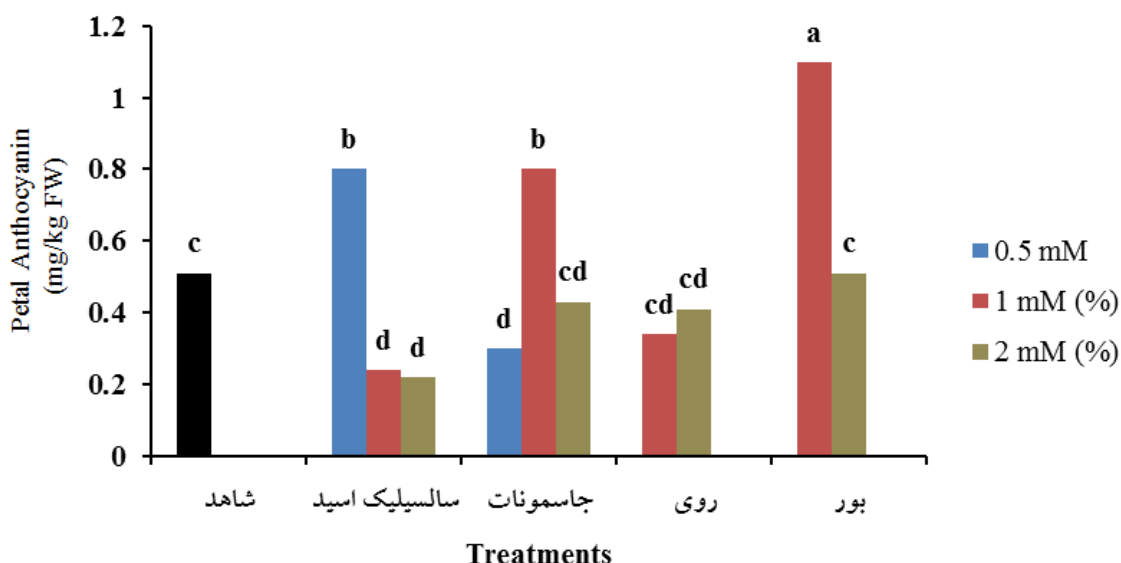
شکل ۶- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر آنتی‌اکسیدان در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

(شکل ۱۳). تیمار متیل‌جاسمونات و سالیسیلیک اسید در بیشترین غلظت باعث کاهش میزان فلاونوئید گلبرگ به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد شد.

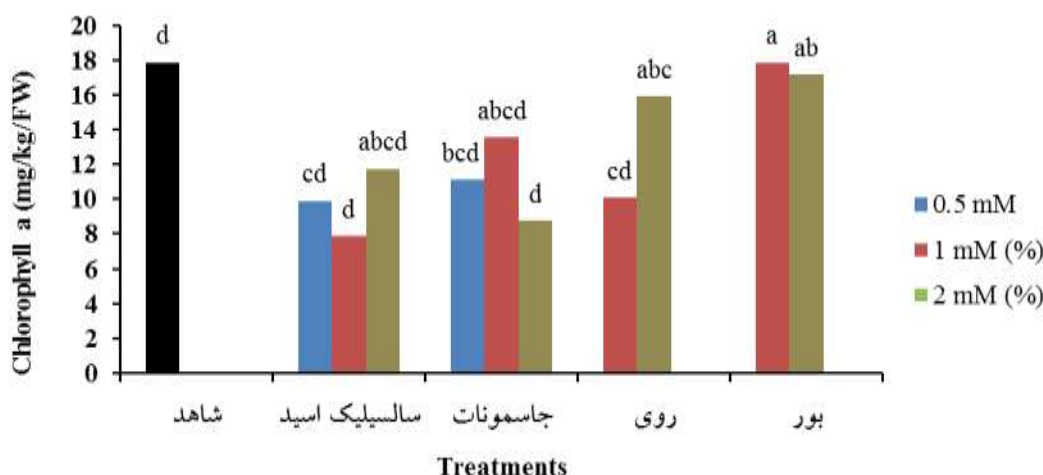
#### بحث

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به گیاه کمک می‌کنند تا

**فلاونوئید:** با توجه به نتایج، بیشترین غلظت فلاونوئید در سطح ۲ در هزار تیمار روی و بور به دست آمد. افزایش غلظت تیمار بور و روی باعث افزایش میزان فلاونوئید گلبرگ شد. نتایج نشان داد هر چند تیمارهای سالیسیلیک در سطح ۰/۵ میلی‌مولار، روی و بور ۱ در هزار سبب کاهش مقدار فلاونوئید شد اما در مقایسه با شاهد از نظر آماری تفاوتی مشاهده نشد



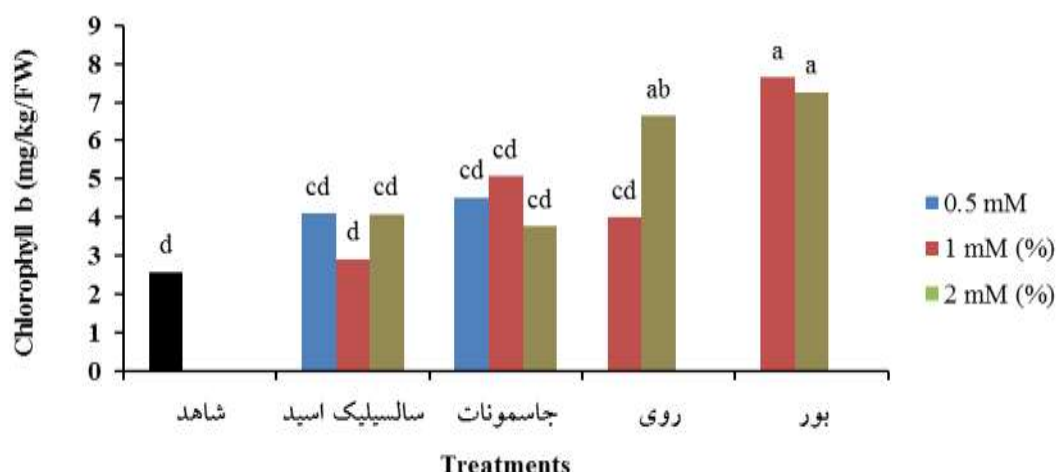
شکل ۷- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر آنتوسیانین در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.



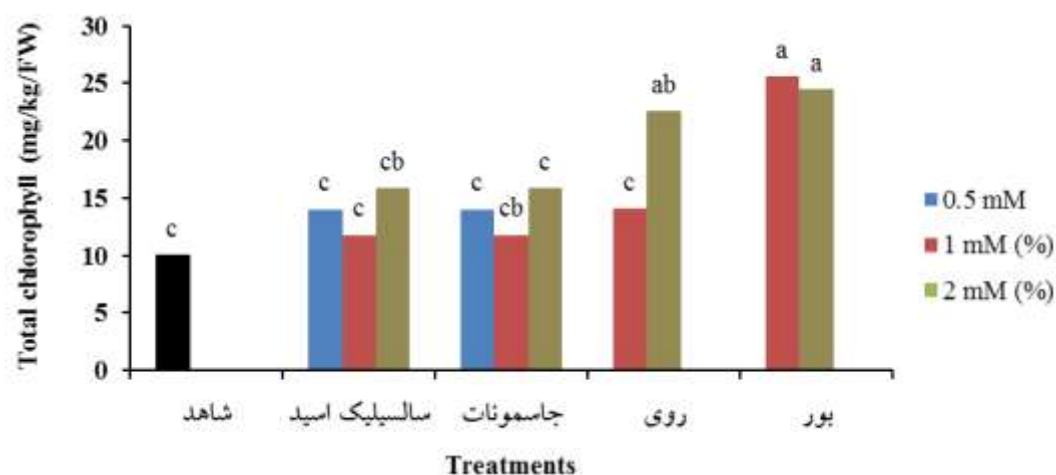
شکل ۸- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر کلروفیل a در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

سیستم ریشه‌ای را افزایش داد (Closas et al., 1999). مطالعات Rui-Chi و Huang-Qing (۲۰۰۱) در بررسی اثر متیل جاسمونات روی بادام زمینی کاهش ارتفاع بخش هوایی را نشان داد. این نتایج بیان می‌کند که فیتوهورمون‌ها از جمله متیل جاسمونات در غلظت‌های مختلف دارای تأثیرات متفاوتی هستند. به نظر می‌رسد متیل جاسمونات در غلظت‌های کمتر دارای اثر تحریک‌کنندگی در رشد طولی بخش هوایی باشد

بر عوامل بازدارنده‌ی رشدی غلبه کنند (Emongor, 2007). این تنظیم‌کننده‌ها بر طول شدن و تقسیم سلولی اثر گذاشته و این امر منجر به طول شدن میان‌گره‌های ساقه و افزایش وزن تر و خشک اندام گیاهی می‌شود. در بررسی تأثیر متیل جاسمونات بر گیاه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) گزارش شد که پایین‌ترین غلظت متیل جاسمونات به‌طور قابل توجهی ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن و طول برگ تازه، وزن تر و خشک



شکل ۹- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر کلروفیل b در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

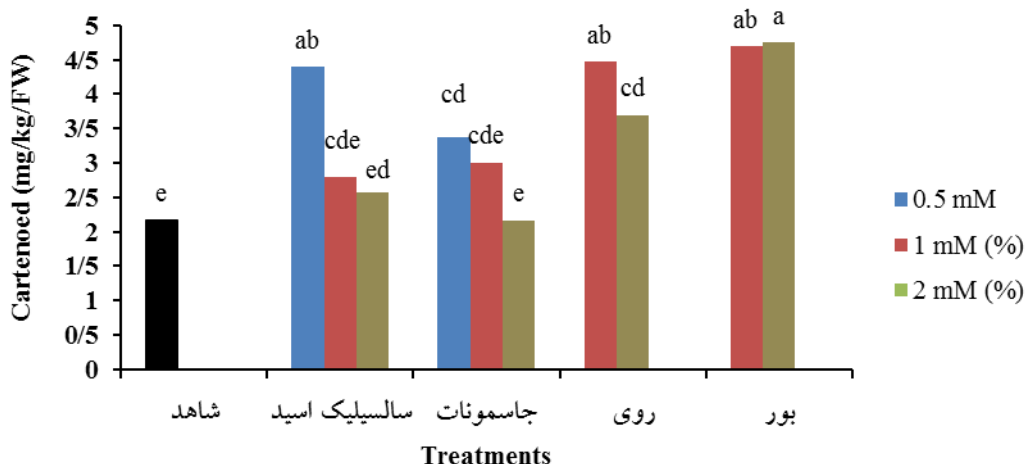


شکل ۱۰- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر کلروفیل کل در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

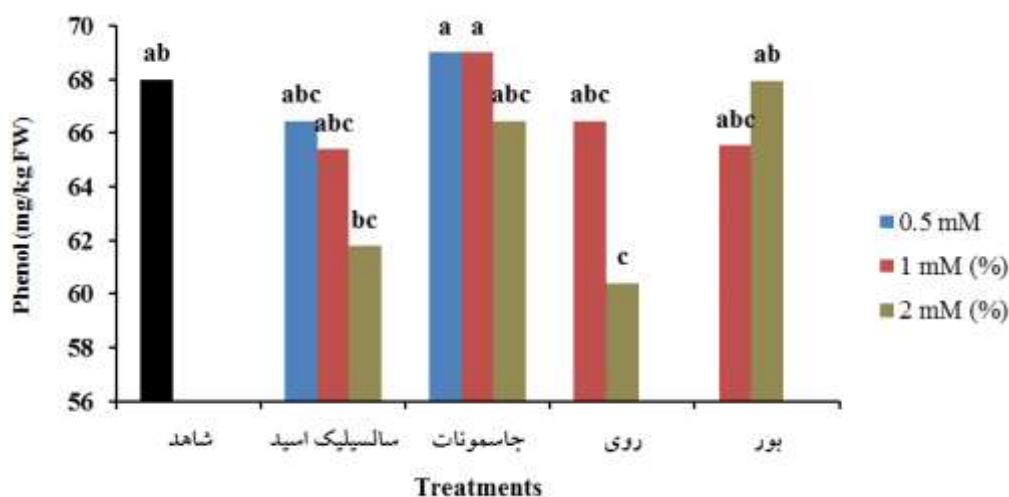
باعث کاهش قطر گل در مقایسه با تیمار شاهد شدند. Hajizadeh و Aliloo (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت پایین باعث افزایش قطر گل لیلیوم شده است. Serek (۱۹۹۲) اظهار داشت که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش اندازه گل استکانی شده است. کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه اطلسی و بنفشه آفریقایی سبب افزایش قطر گل شد (Hajizadeh and Aliloo 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت. نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر گلبرگ در سطح ۰/۵

(زنگانی و همکاران، ۱۳۹۳). محلول‌پاشی با روی در مریم‌گلی (*Salvia farinacea* L.) طول ساقه، طول گل آذین اصلی گیاه را افزایش داد (Kocon and Piquero, 2006). طبق گزارشی از Davis و همکاران (۲۰۰۳) محلول‌پاشی بور باعث افزایش ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی شدند. مطالعات Sarware (۱۹۹۴) نشان داد که محلول‌پاشی عناصر غذایی بور و روی ارتفاع نیشکر را نسبت به شاهد افزایش داد.

با توجه به نتایج، کمترین قطر گل در تیمار سالیسیلیک اسید مشاهده شد. همچنین بالاترین غلظت متیل‌جاسمونات و بور



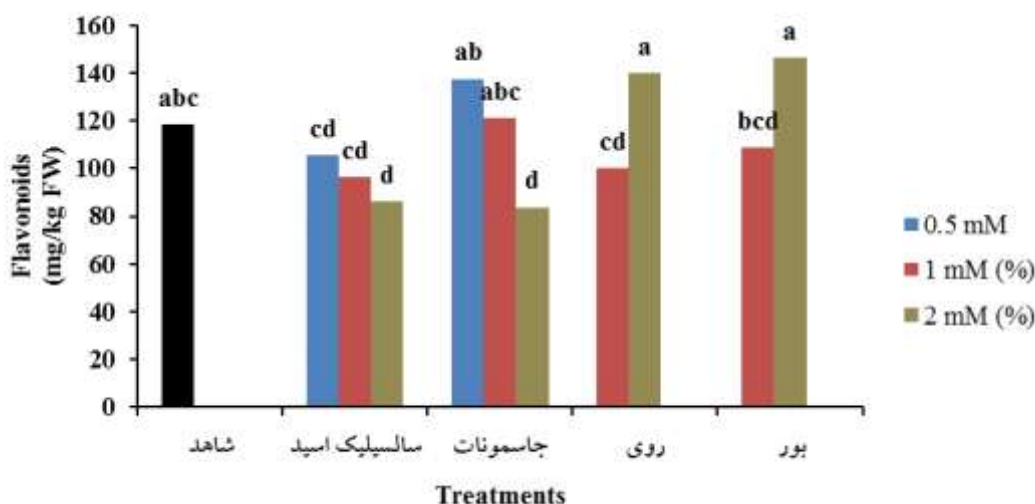
شکل ۱۱- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر کارتنوئید در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.



شکل ۱۲- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر فنول کل در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار است.

زنگانی و همکاران (۱۳۹۳)، مقدار تولید گل با افزایش سطح فتوسنتزکننده و تأثیرات مستقیم و تحریک کننده متیل جاسمونات در فرآیند گلدهی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) افزایش یافت. در گزارش (Closas et al., 1999) تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر افزایش وزن تر گیاه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) را بیان کردند. نتایج این مطالعه با نتایج سایر مطالعات که تأثیر متیل جاسمونات بر وزن تر سیب زمینی شیرین (Kim et al., 2005)، فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) و

میلی مولار متیل جاسمونات مشاهده شد. به نظر می رسد که جاسمونات ها با تسریع رشد ریشه در جذب آب موجب افزایش شاخص های رشدی گیاه نظیر سطح برگ و وزن تر و خشک گیاه می شود (Mandhanis et al., 2006). با توجه به نتایج، تیمارهای متیل جاسمونات، روی و کمترین غلظت سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجه وزن تر گلبرگ در مقایسه با شاهد شدند. متیل جاسمونات تأثیرات مثبتی روی صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله وزن تر دارد. براساس مطالعات



شکل ۱۳- تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر فلاونوئید در گل محمدی. علامت درصد (%) در راهنمای جدول مربوط به روی و بور است. علامت mM در راهنمای جدول مربوط به متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است.

نتایج، کود بور سبب افزایش وزن تر گل‌ها شد اما در مقایسه با شاهد از نظر آماری تفاوتی نداشتند.

**صفات فیتوشیمیایی:** در شرایط استفاده از تیمار متیل جاسمونات در سطح ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین مقدار ماده محلول جامد (۴/۵۷) در مقایسه با شاهد (۲/۳۲) مشاهده شد. در گزارشی میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با متیل‌جاسمونات باعث افزایش میزان مواد جامد محلول شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Creelman and Mullet, 1997). متیل‌جاسمونات با افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان قندهای احیاکننده، سایر هیدرات‌های کربن و اسیدهای آلی را در میوه و گیاه تیمار شده افزایش می‌دهند. تحقیقات نشان داد که تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید با افزایش میزان فتوسنتز سبب افزایش تجمع کربوهیدرات می‌شود (Foukaraki and Terry, 2008). محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش قابل توجهی در قندهای محلول در گیاه همیشه‌بهار (Moradi and Akbarpour, 2013) شد که با این نتایج مطابقت دارد.

کاربرد سالیسیلیک اسید ممکن است مصرف متابولیک قندهای محلول را فعال نموده تا به‌وسیله‌ی آن، ساختارهای جدید سلولی را به‌منظور تحریک و تنظیم رشدونمو شکل دهد که به‌دنبال تنش اکسیداتیو سبب افزایش تجمع قند در برنج شد

گیاه گوجه‌فرنگی و گیاه آویشن (Martin-Closas et al., 2003) را بررسی کردند، مطابقت داشت.

گزارش شد که نتایج محلول‌پاشی کود روی در مراحل رشد رویشی، بر گشنیز (*Coriandrum sativum*) و گل‌گاو زبان باغی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و وزن تر گردید (Yadegari, 2013). نتایج پژوهش‌های پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) بر گیاه آیسون (*Pimpinella anisum*) و سایر محققان (Broadley et al., 2007) و گوجه‌فرنگی (Boskabady et al., 2011)، حقیقی و همکاران (۲۰۱۶) روی گل محمدی، Nahed و Balba (۲۰۰۷) و روی گیاه آفتابگردان و گیاه دارویی مریم‌گلی، Akhtar و همکاران (۲۰۰۹) روی نعنای فلفلی بود عناصر ریز مغذی با مساعدکردن شرایط عمومی گیاه منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. طی پژوهشی که Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) روی سالیسیلیک اسید بر گندم انجام دادند دریافتند که غلظت پایین این ماده با افزایش تقسیم سلولی وزن تر گیاه را افزایش می‌دهد. طبق گزارش‌های (۱۳۹۰)، محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید باعث افزایش چشمگیر وزن تر و بهبود کیفیت گل‌های رز شاخه بریده، گل آفتابگردان و بوته گل رز شده است که با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد. با توجه به

(Karimi et al., 2005).

مولکول کلروفیل هستند مانند آهن و منگنز مؤثر باشد (kaya Higgs et al., 2003). مطالعات مختلف در ارتباط با تأثیر سالیسیلیک اسید روی محتوای رنگیزه‌های کلروفیل a و b نتایج متفاوتی را نشان دادند. Fariduddin و همکاران (۲۰۰۳) به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی با محلول پاشی سالیسیلیک اسید روی کلزا (*Brassica napus*) اشاره کردند، درحالی‌که Moharekar و همکاران (۲۰۰۳) عدم تأثیر این ماده را روی گندم خاطر نشان نمودند. بنابراین، به نظر می‌رسد در گیاهان مختلف رنگدانه‌های فتوسنتزی پاسخ یکسانی به مصرف سالیسیلیک اسید نداشته باشند. طبق نتایج، سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار باعث کاهش کلروفیل شد. محققین اظهار نموده‌اند که جاسمونیک اسید و متیل جاسمونات باعث بیان ژن‌های آنزیم‌های کلیدی در بیوسنتز کلروفیل از طریق تشکیل آمینولولینیک اسید می‌گردد که محلول پاشی جاسمونیک اسید با فعال کردن آنزیم رویسکو کربوکسیلاز سبب افزایش فتوسنتز و محتوای کلروفیل برگ‌های جو (*Hordeum vulgare*) شد (Popova et al., 2003).

با توجه به نتایج سایر مطالعات، غلظت‌های کم متیل جاسمونات، شاخص کلروفیل را افزایش داد، ولی افزایش غلظت این ماده بیش از ۵ میلی‌مولار موجب کاهش شاخص کلروفیل شد که احتمالاً استفاده از سالیسیلیک اسید با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز مانع تجزیه و در نتیجه افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم رویسکو شده و از این طریق سبب افزایش میزان فتوسنتز کل می‌شوند (Mardani et al., 2010).

کارتونوئیدها از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی هستند که می‌توانند در کاهش غلظت یون سوپراکسید نقش داشته و تشکیل رادیکال هیدروکسید را نیز کاهش دهند (Ghasemi Pirbalouti et al., 2012). افزایش بیشتر سالیسیلیک اسید تا ۲ میلی‌مولار باعث کاهش بسیاری از پارامترهای رشد گردید که با گزارش مرادی و پورقاسمیان (۱۳۹۷) در گیاه همیشه‌بهار مطابقت داشت. سالیسیلیک اسید در غلظت کم سبب افزایش میزان کارتونوئیدها شد که این مسئله با مطالعات دیگر

آنتوسیانین‌ها و فنول‌ها متابولیت‌های ثانویه گیاهی است که از گیاه در برابر واکنش‌های فتودینامیک آسیب رساننده، با سرکوب کردن گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت می‌کند. مطالعه‌های انجام‌شده، مشخص کرده است که کاربرد ترکیب‌هایی که به‌طور طبیعی یافت می‌شوند، مانند متیل جاسمونات می‌تواند باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه شود (Krzyzanowska et al., 2012). براساس گزارشات Taheri و همکاران (۲۰۰۹) محلول پاشی متیل جاسمونات در گل سوسن شرقی (*Nymphaea micrantha*) رقم سوربن بر ساخت رنگیزه آنتوسیانین و ارتباط آن با کیفیت و ماندگاری گل اثرات مطلوبی داشته است. براساس نتایج حاصل افزایش غلظت سالیسیلیک اسید باعث کاهش مقدار آنتوسیانین شد. در پژوهشی واکنش گیاه مینا چمنی (*Bellis perennis* L.) از تیره کمپوزیته در پاسخ به تیمار سالیسیلیک اسید و میزان تجمع آنتوسیانین مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از افزایش آنتوسیانین در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های پایین سالیسیلیک اسید بود (خاوری‌نژاد و اسدی، ۱۳۸۶) که با این نتایج مطابقت دارد.

شواهد موجود نشان می‌دهند عنصر بور در انتقال کربوهیدرات‌ها و عملکرد غشاها نقش دارد (Taiz and Zeiger, 2010). کاهش مقدار کلروفیل و کارتونوئیدها تحت تأثیر کمبود بور می‌تواند به دلیل اثر تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن که در غیاب بور انباشته می‌شوند و نیز نقش بور در حفظ پایداری غشاها باشد (Cakmak and Romheld, 1997).

تحقیقات Singh و Tiwari (۲۰۱۳) نشان داد کاربرد بور سبب افزایش کلروفیل در گیاه گوجه‌فرنگی شد. تحقیقات پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد محلول پاشی روی در گیاه دارویی آنیسون تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی این گیاه داشته است. مصرف عنصر روی میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی این گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه، برگ و عملکرد گیاه آنیسون شد (پیرزاد و همکاران، ۱۳۹۲). روی می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی مؤثر در تشکیل کلروفیل یا عناصری که قسمتی از

فنولی است، به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر نیز تغییر فعالیت این آنزیم یکی از دلایل افزایش مقدار ترکیبات فنولی در بوته‌های گل محمدی باشد. هر چند در این مطالعه فعالیت PAL اندازه‌گیری نشد، اما افزایش احتمالی فعالیت PAL و دیگر آنزیم‌های درگیر در مسیر شیکمات می‌تواند از دلایل احتمالی افزایش ترکیبات فنولی در این مطالعه باشد (Basilio Heredia and Luis, 2009). مطالعات نشان داد رابطه مثبتی بین محتوی فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها وجود دارد (Ghasemzadeh et al., 2010). در مورد مکانیسم اثر روی در افزایش میزان فلاونوئید کل می‌توان گفت که محلول‌پاشی روی باعث فعالسازی آنزیم‌های چالکون ایزومراز (CHI) و چالکون سنتاز (CHS) می‌شود که از آنزیم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز ترکیبات فلاونوئیدی هستند و در نتیجه میزان فلاونوئید کل افزایش می‌یابد. همچنین فلز روی با افزایش بیان ژن‌های VvMYB1, VvFLS4, VvCHS باعث افزایش بیشتر ترکیبات فلاونوئیدی می‌شوند (Song et al., 2015). نتایج گزارش‌های Song و همکاران (۲۰۱۵) نیز در خصوص افزایش میزان فلاونوئید کل در اثر محلول‌پاشی با سولفات روی با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در تیمار گیاه مینا چمنی (*perennis Bellis*) با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، کاهش معنی‌داری بر میزان فلاونوئید نسبت به شاهد مشاهده شد (Patel and Krishnamurthy, 2013) که نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر، با نتایج این محققان مطابقت داشت. بیشترین غلظت سالیسیلیک اسید و متیل‌جاسمونات باعث کاهش میزان فلاونوئید گل محمدی شد. در کل، افزایش غلظت ترکیبات فنولی به‌طور مستقیم میزان توانایی عصاره‌های مختلف را در مهار رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد. در غلظت‌های بالاتر ترکیبات فنولی، به‌دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش است که احتمالاً هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به‌دنبال آن قدرت مهار کنندگی فنول‌ها به‌دلیل گروه‌های هیدروکسیل (-OH) و گروه‌های قابل تعویض متوکسی (-OCH<sub>3</sub>) در مولکول‌هاست (Cai et al., 2006).

روی گل همیشه‌بهار (Ghasemi Pirbalouti et al., 2012) تفاوتی نداشت. همچنین مصرف سالیسیلیک اسید بر کارتنوئید گل ابری (*Ageratum conyzoides*) اثر مثبت داشت (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۵).

کاربرد متیل‌جاسمونات سبب افزایش میزان کارتنوئیدها در گیاهچه‌های ذرت و جو (Creelman and Mullet, 1997) و گیاه بلوبری شد (Tang et al., 2020) که با نتایج به‌دست‌آمده مطابقت دارد. افزایش غلظت روی باعث تجمع کارتنوئیدها در گیاهان مختلف شد (Song et al., 2015). در مطالعه‌ای، عنصر روی اثر قابل توجهی بر غلظت کارتنوئید گیاه گل‌گاوزبان باغی داشت (Yadegari, 2013). تحقیقات Singh و Tiwari (۲۰۱۳) نشان داد کاربرد بور سبب افزایش کلروفیل در گیاه گوجه‌فرنگی شد. گزارش Papadakis و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که در نارنگی‌های پیوندشده بر روی دو پایه مختلف استفاده از بور باعث افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش کلروفیل و کارتنوئید می‌شود که ممکن است به فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی مرتبط باشد.

با توجه به نتایج، بیشترین میزان فنول با استفاده از تیمار متیل‌جاسمونات (یک و دو میلی‌مولار) به‌دست آمد. در گزارش Heredia و Cisneros (۲۰۰۹) بیان شد که کاربرد متیل‌جاسمونات باعث افزایش مقدار ترکیبات فنولی در برخی از گیاهان نظیر سیب‌زمینی (*solanum tuberosum*)، سیب قرمز (*Malus domestica*) و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*) شد که این یافته‌ها نتایج حاصل از پژوهش حاضر را مبنی بر اثر تیمار متیل‌جاسمونات بر مقدار فنول تأیید می‌نمایند. همچنین طی گزارشی، متیل‌جاسمونات باعث افزایش محتوای ترکیبات فنولی در مارچوبه (Reyes and Cisneros Zevallos, 2003) و گل همیشه‌بهار (Moosavi, ۲۰۱۱) شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

محققین علت افزایش ترکیبات فنولی در تیمار با جاسمونات‌ها را، اثر این ماده بر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لایز (PAL) و افزایش فعالیت این آنزیم ذکر نموده‌اند. از آنجا که این آنزیم یک کلیدی در بیوسنتز همه ترکیبات

## نتیجه گیری

شدند. تیمار متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی مولار)، روی و بور یک در هزار باعث افزایش ارتفاع بوته‌ها شدند. نتایج همچنین نشان داد که تیمارهای سالیسیلیک اسید (۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار)، متیل جاسمونات ۲ میلی مولار و بور ۲ در هزار باعث کاهش قطر گل شدند. با توجه به نتایج بیشترین کمترین میزان فنول به ترتیب با استفاده از تیمار متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی مولار) و روی ۲ در هزار مشاهده شد. افزایش غلظت تیمار بور و روی باعث افزایش میزان فلاونوئید گلبرگ شد. همچنین کمترین میزان فلاونوئید در بیشترین غلظت تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید مشاهده شد. به طور کلی بیشترین تأثیر بر افزایش گل تیمارهای متیل جاسمونات، بور و روی داشتند. همچنین کمترین میزان آنتی اکسیدان در گل‌های محلول پاشی شده با روی مشاهده شد.

نتایج این مطالعه به خوبی نشان داد که استفاده از تیمارهای تغذیه‌ای و متیل جاسمونات می‌تواند نقش قابل توجهی بر صفات کمی و کیفی گل محمدی داشته باشد. با توجه به نتایج تیمار سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ میلی مولار)، متیل جاسمونات (۰/۵ و ۱ میلی مولار) و روی یک در هزار باعث افزایش میزان ماده محلول جامد گلبرگ شدند. همچنین تیمار بور (۱ و ۲ در هزار)، روی دو در هزار و متیل جاسمونات یک میلی مولار باعث افزایش کلروفیل برگ شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای روی، بور، سالیسیلیک اسید (۰/۵۰ میلی مولار) و متیل جاسمونات (۰/۵۰ میلی مولار) باعث افزایش کارتنوئید برگ شدند. با توجه به نتایج تیمارهای متیل جاسمونات، روی و سالیسیلیک اسید (۰/۵ میلی مولار) باعث افزایش وزن تر گلبرگ

## منابع

- پیرزاد، ع. ر.، طوسی، پ. و درویش زاده، ر. (۱۳۹۲) اثر محلول پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. مجله علوم زراعی ایران ۱۵: ۳۲-۱۲.
- حقیقی، م.، حسن پور اصیل، م. و عباس زاده، ب. (۱۳۹۵) تأثیر نانو کلات آهن بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۲: ۱۴۷-۱۳۸.
- خاوری نژاد، ر. و اسدی، ا. (۱۳۸۶) بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر میزان برخی از متابولیت های ثانویه (ساپونین ها و آنتوسیانین ها) و القا مقاومت ضد میکروبی در گیاه دارویی (*Bellis perennis* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۵: ۵۸۶-۵۵۳.
- زرگریان، م.، نعمتی، ح.، سیاوش پور، ب. و نعمتی، ح. (۱۳۹۵) اثر اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیک گل های بستری خانواده آفتابگردان تحت شرایط کم آبی. علوم و صنایع کشاورزی ۳۰: ۱۶۲-۱۵۱.
- زنگانی، ا.، سلیمی، ف.، شکاری، ف. و عظیمی، م. (۱۳۹۳) بررسی تأثیر کاربرد متیل جاسمونات در بهبود مقاومت به شوری از طریق تغییر برخی خصوصیات مورفولوژیک در بابونه آلمانی. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۴: ۱۳۰-۱۲۳.
- مرادی، ن. و پورقاسمیان، ن. (۱۳۹۷) اثر سالیسیلیک اسید بر کاهش اثرهای منفی تنش خشکی در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). مجله دانش آب و خاک ۳: ۲۸-۱۵.
- ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. (۱۳۸۷) روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- ملکوتی، م. ج.، و تهرانی، م. م. (۱۳۷۹) نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی "عناصرخرد با تأثیر کلان". چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- Akhtar, N., Sarker, M. A. M., Akhter, H. and Nada, M. K. (2009) Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research 44: 125-130.
- Ataie, N., Moradi, H. and Akbarpour, V. (2013) Growth parameters and photosynthetic pigments of marigold under stress induced by jasmonic acid. Notulae Scientia Biologicae 5: 513-517.

- Bahirat, J. B. and Jadhav, H. G. (2011) To study the cost, returns and profitability of rose production in Satara district, Maharashtra. *Asian Journal of Horticulture* 6: 313-315.
- Boskabady, M. H., Shafei, M. N., Saberi, Z. and Amini, S. (2011) Pharmacological effects of *Rosa damascena*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 14: 295.
- Bourtoom, T. (2008) Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15: 237-248.
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I. and Lux, A. (2007) Zinc in plants. *New Phytologist* 173: 677-702.
- Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q. and Corke, H. (2006) Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sciences* 78: 2872-2888.
- Cakmak, I. and Romheld, V. (1997) Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil* 193:71-83.
- Clairmont, K. B., Hagar, W. G. and Davis, E. A. (1986) Manganese toxicity to chlorophyll synthesis in tobacco callus. *Plant Physiology* 80: 291-293.
- Closas, R., Gonzalez, C. A., Agudo, A. and Riboli, E. (1999) Intake of specific carotenoids and flavonoids and the risk of gastric cancer in Spain. *Cancer Causes and Control* 10: 71-75.
- Creelman, R. A. and Mullet, J. E. (1997) Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Biology* 48: 355-381.
- Davis, J. M., Sanders, D. C., Nelson, P. V., Lengnick, L. and Sperry, W. J. (2003) Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128: 441-446.
- El-Fouly, M. M., Mobarak, Z. M. and Salama, Z. A. (2011) Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat *Triticum aestivum* L. *African Journal of Plant Science* 5: 314-322.
- Emongor, V. (2007) Gibberellic acid (GAs) influence on vegetative growth, nodulation and yield. *Journal of Agronomy* 6: 509-517.
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281-284.
- Foukaraki, S. G., Terry, L. A., Pompadakis, N. E., Papadimitriou, M. D. and Lydakis, D. E. (2009) Effect of methyl jasmonate vapour treatment and sucrose solutions on vase life and non-structural carbohydrate concentration in petals of cut 'First Red' roses. *Acta Horticulturae* 847: 179-184.
- Ghasemi Pirbalouti, A., Rahimmalek, M. and Hamedi, B. (2012) Effect of foliar application of jasmonic acid (JA) on essential oil yield and its compositions of *Thymus daenensis* Celak. *Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs)* 3: 75-80.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. and Rahmat, A. (2010) Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules* 15: 4324-4333.
- Hajizadeh, H. S. (2015) The effect of 5-sulfo salicylic acid application during pre-and postharvest on quality of liliom (*Lilium longiflorum*) cut flowers. In III International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals 1131: 49-56.
- Hajizadeh, H. S. and Aliloo, A. A. (2013) The effectiveness of pre-harvest salicylic acid application on physiological traits in liliom (*Lilium longiflorum* L.) cut flower. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences* 1: 344.
- Hakimi, A. M. A. (2008) Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. *Plant Soil Environ* 54: 288-293.
- Haslett, B. S., Reid, R. J. and Rengel, Z. (2001) Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Annals of Botany* 87: 379-386.
- Heredia, J. B. and Cisneros-Zevallos, L. (2009) The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. *Postharvest Biology and Technology* 51: 242-249.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Nejad, R. K. and Assareh, M. H. (2005) The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum* 49: 301-304.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H. and Tas, I. (2003) Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil* 253: 287-292.
- Kim, H. J., Chen, F., Wang, X. and Rajapakse, N. C. (2005) Effect of chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 3696-3701.
- Kocon, L. and Piquero, T. (2006) Les aerogels et les structures alveolaires: Deux exemples de mousses de carbone. *L'Actualite Chimique*, 96: 119-123.
- Krzyzanowska, J., Czubacka, A., Pecio, L., Przybys, M., Doroszewska, T., Stochmal, A. and Oleszek, W. (2012) The effects of jasmonic acid and methyl jasmonate on rosmarinic acid production in *Mentha × piperita* cell suspension

- cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* (pctoc) 108: 73-81
- Kudori, M. R., Rahmani, G., Tabaei-Aghdaei, S. R., Zeidabadi, D. D., Khoshroo, S. M. R. and Yazdi, M. S. (2015) Variation in flower yield and morphological characteristics of damask rose. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 5: 208-216.
- Loghmani-Khouzani, H. (2007) Essential oil composition of *Rosa damascena* Mill cultivated in central Iran. *Scientia Iranica* 40: 21-27.
- Mandhanis, S., Madan, S. and Whney, V. (2006) Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedling. *Journal of Biological Plantarum* 52: 22-27.
- Mardani, H., Bayat, H. and Azizi, M. (2010) Effect of foliar spray of salicylic acid on morphological and physiological properties cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress conditions. *Journal of Horticultural Science* 25: 320-326.
- Martin-Closas, L., Toro, F. J., Calvo, G. and Pelacho, A. M. (2003) Effect of methyl jasmonate on the first developmental stages of globe artichoke. In V International Congress on Artichoke 660: 185-190.
- Moharekar, S. T., Lokhande, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. and Chavan, P. D. (2003) Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. *Photosynthetica* 41: 315.
- Moosavi, A. (2011) Effect of spraying jasmonic acid on phytochemical properties Marigold. M.Sc.Thesis, Agricultural Engineering-Medicinal Plant. Islamic Azad University of Sharekord, Sharekord.
- Moradi, H. and Akbarpour, V. (2013) Growth parameters and photosynthetic pigments of marigold under stress induced by jasmonic acid. *Notulae Scientia Biologicae* 5: 513-517.
- Nahed, G. A. and Balbaa, L. K. (2007) Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. *Journal of Applied Sciences Research* 3: 1479-1489.
- Ordóñez, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. (2006) Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40: 945-948.
- Patel, H. and Krishnamurthy, R. (2013) Elicitors in plant tissue culture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2: 60-65.
- Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (2003) Salicylic acid: Properties, biosynthesis and physiological role. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 23: 85-93.
- Reyes, L. F. and Cisneros-Zevallos, L. (2003) Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 5296-5300.
- Rui-Chi, P. and Huang-Qing, G. (2001) Effect of methyl jasmonate on the growth and drought resistance in peanut seedlings. *Acta Botanica Sinica* 43: 578-585.
- Sarwar, E., Arias, D., Becerra, B. J. and Becerra, M. B. (2015) Sociodemographic correlates of dietary practices among Asian-Americans: Results from the California Health Interview Survey. *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities* 2: 494-500.
- Sarware, G. (1994) Yield and quality of sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.) as affected by micronutrient application. PhD Thesis, Sindh Agriculture University, Tendo Jam, Pakistan.
- Serek, M. (1992) Does salicylic acid affect the postharvest characteristics of Campanula. *Gartenbauwissenschaft* 57: 112-114.
- Singh, H. M. and Tiwari, J. K. (2013) Impact of micronutrient spray on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Hort Flora Research Spectrum* 2: 87-89.
- 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
- 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.
- Taheri, M., Gandomkar, A. and Tadayon, M. S. (2009) Nutritional disorders, determination of quality indices and optimum levels of nutrients in fruits grown on the calcareous soils of Iran. Soil and Water Research Institute, Sana Publication 319-325.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*. 5<sup>th</sup> Ed. Publisher Underland, Massachusetts, Sinaur Associated. Inc.
- Tang, X., An, B., Cao, D., Xu, R., Wang, S., Zhang, Z., Liu, X. and Sun, X. (2020) Improving photosynthetic capacity, alleviating photosynthetic inhibition and oxidative stress under low temperature stress with exogenous hydrogen sulfide in blueberry seedlings. *Frontiers in Plant Science* 11.
- Wang, L. J., Fan, L., Loescher, W., Duan, W., Liu, G. J., Cheng, J. S. and Li, S. H. (2010) Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC Plant Biology* 10: 34.
- Westfall, C. S., Muehler, A. M. and Jez, J. M. (2013) Enzyme action in the regulation of plant hormone responses. *Journal of Biological Chemistry* 288: 19304-19311.
- Yadegari, M. (2013) Effect of foliar application of Fe, Zn, Cu and Mn on yield and essential oils of *Borago officinalis*. *Journal of Applied Science Agricultural* 8: 568-575.

## Methyl jasmonate, salicylic acid, zinc and boron application on the quantitative and qualitative characteristics of *Rosa damascena* Mill

Moheddesse Taheri<sup>1</sup>, Somayeh Rastegar<sup>\*1</sup> and Akbar karami<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departments of Horticulture, College of Agriculture, University of Hormozgan

<sup>2</sup> Departments of Horticulture, College of Agriculture, Shiraz University

(Received: 02/06/2020, Accepted: 28/07/2020)

### Abstract

In order to investigate the effect of methyl jasmonate and salicylic acid hormones and zinc and boron elements on the quantitative and qualitative characteristics of *Rosa damascena* Mill, an experiment was conducted as a randomized complete block design with 11 treatments in 4 replications in Jahrom city of Fars province. In this experiment, different concentrations of methyl jasmonate and salicylic acid (0.5, 1 and 2 mM) and different concentrations of zinc and boron (1 and 2 per thousand) one month before flowering in two spray stages (ten days apart). The control plants were sprayed with distilled water. At the time of flower harvest, different morphological and physiological traits of the plants were evaluated. Based on the obtained results, methyl jasmonate (0.5 and 1 mM), zinc and boron increased the plant height by one per thousand. Methyl jasmonate and zinc treatments at both levels and 1 mM salicylic acid increased the fresh weight of the petals. Based on the obtained results, the treatment of salicylic acid (1 and 2 mM), methyl jasmonate (0.5 and 1 mM) and zinc by one per thousand increased the solute content of the petals. The highest chlorophyll was observed in boron treatment 1 per thousand. Also, boron treatment (1 and 2 per thousand), zinc 2 per thousand and 1 mM methyl jasmonate increased leaf chlorophyll. Petal carotenoids were also affected by different treatments of zinc, boron and the lowest concentrations of salicylic acid (0.5 mM) and methyl jasmonate (0.5 mM). Increasing the concentration of zinc and salicylic acid significantly reduced the amount of phenol in the flower. In general, methyl jasmonate treatment was superior to other treatments due to its greater effect on most of the studied traits. Therefore, the use of this treatment in rose gardens is recommended.

**Keywords:** *Rosa damascena* Mill, Methyl jasmonate, Zinc, Salicylic acid, Boron

Corresponding author, Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir