

تأثیر اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فعالیت آنزیمی‌های آنتی‌اکسیدانی و درصد اسانس گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) در شرایط اقلیمی زنجان

یاسین دستیار^۱، میترا اعلایی^{۲*} و عزیزاله خیری^۲

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۰)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات و اثرات متقابل آنها بر برخی از ویژگی‌های گیاه سرخارگل، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در شرایط اقلیمی زنجان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح اسیدسالیسیلیک (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به عنوان فاکتور اول و متیل جاسمونات در سه سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) به عنوان فاکتور دوم بودند. صفات مورد ارزیابی شامل صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد گل، درصد وزن خشک بوته)، صفات فیزیولوژیکی (کلروفیل کل، کاروتنوئید، فلاونوئید) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز و کاتالاز و همچنین درصد اسانس بودند. بر پایه نتایج به دست آمده در این پژوهش، اثر متقابل ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات بیشترین اثر را بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز داشت. کاربرد برگی اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار باعث افزایش ارتفاع، سطح برگ و تعداد گل شد. در بین غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات، غلظت ۱ میلی‌مولار این ماده بیشترین اثر را بر مقدار کلروفیل کل، کاروتنوئید و فلاونوئید در مقایسه با تیمارهای اسیدسالیسیلیک داشت و غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، بیشترین اثر را بر مقدار درصد اسانس نسبت به تیمارهای متیل جاسمونات بر جای گذاشت. با توجه به نتایج این پژوهش، در مجموع اثر ساده کاربرد برگی ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات توانست اکثر صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، پراکسیداز، کاروتنوئید، کلروفیل.

Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on morphological traits, enzymatic activity and essential oil percentage of purple coneflower plant (*Echinacea purpurea* L.) in Zanzan climate

Yasin Dastyar¹, Mitra Alaei^{2*} and Azizollah Kheiry²

1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanzan, Iran

(Received: Nov. 26, 2017 - Accepted: Mar. 11, 2018)

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of salicylic acid, methyljasmonate and their interactions on some features of *Echinacea purpurea* L., a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replicates in Zanzan climate conditions. Treatments included three levels of salicylic acid (0, 1 and 2 mM) as first factor and methyl jasmonate at three levels (0, 0.5 and 1 mM) as second factor. Traits which were studied were as follow: plant height, leaf area, number of flowers and percentage of plant dry weight as morphological traits, total chlorophyll, carotenoids and flavonoids as physiological traits, activity of antioxidant enzymes such as peroxidase and catalase and essential oil percentage. Results showed that the interaction of 1 mM salicylic acid and 0.5 mM methyl jasmonate had the highest effect on the activity of catalase and peroxidase enzymes activity. Foliar application of salicylic acid at the 1 mM increased the height, leaf area and number of flowers. Among the different concentrations of methyl jasmonate, the concentration of 1 mM had the highest effect on total chlorophyll, carotenoids and flavonoids compared to salicylic acid treatments and the concentration of 2 mM salicylic acid which had the highest effect on essential oil percentage compared to methyl jasmonate treatments. In conclusion, the simple effect of 2 mM salicylic acid and 1 mM methyl jasmonate foliar application significantly improved most of the traits measured in this study compared to control treatment.

Keywords: Carotenoids, chlorophyll, number of flowers, peroxidase.

* Corresponding author E-mail:

مقدمه

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گیاهی علفی و چند ساله، و همچنین یک گیاه زینتی و دارویی است. این گیاه متعلق به تیره آستراسه^۱ بوده و منشأ آن آمریکای شمالی گزارش شده است. ارتفاع این گیاه متفاوت است و بستگی به شرایط اقلیمی محل رویش دارد، و به ۸۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد (OmidBeigi, 2010). گل‌های سرخارگل به صورت فنجان‌شکل بوده و در انتهای ساقه‌های اصلی و فرعی ظاهر می‌شوند. گلچه‌های زبانه‌ای بلند و رنگ گلچه‌های زبانه‌ای، بنفش تیره یا ارغوانی است. گل‌های زیبای این گیاه، در مناطق سردسیر از خرداد تا شهریور ظاهر می‌شوند (Bernath, 2000). از مهمترین خواص این گیاه افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن در مقابل عوامل بیماری‌زا می‌باشد که سبب شده این گیاه به عنوان یک داروی مؤثر در پیشگیری و درمان بسیاری از امراض همچون سرماخوردگی، آنفولانزا و عفونت‌ها استفاده شود (Li, 1998). تمام پیکر سرخارگل اعم از ریشه و پیکر رویشی حاوی مواد موثره ارزشمندی از قبیل ترکیبات آلکیل آمیدی، ترکیبات پلی‌ساکاریدی و نیز اسانس است (Gruenwald et al., 1999). اسیدسالیسیلیک^۲ یا اورتو هیدرکسی بنزوئیک‌اسید^۳ یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی از گروه فنل‌ها می‌باشد و به عنوان یک عامل غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدانی در تنظیم بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان، با غلظت‌های کم مؤثر می‌باشد (Raskin, 1992). اسیدسالیسیلیک نقش مهمی در تعدادی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه نظیر تنفس، بسته‌شدن روزنه‌ها، جوانه‌زنی بذر، رسیدن میوه، گلیکولیز و گلدهی ایفا می‌کند (Chen, 2007). چگونگی تأثیر اسیدسالیسیلیک کاربردی، به عامل‌های مختلفی مانند نوع گونه، مرحله رشدی، روش کاربرد و نیز غلظت بستگی دارد (Seo, 1995). در بررسی تأثیر غلظت‌های به کار رفته اسیدسالیسیلیک (۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار) بر گیاه بابونه آلمانی، رشد برگ‌ها و ریشه‌ها در غلظت ۵۰

میکرومولار به طور معنی‌داری افزایش یافت (Kovacic et al., 2009). در بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر دو گیاه ریحان و مرزنجوش، بهبود صفات مورفولوژیکی هر دو گیاه و نیز افزایش کمیت و کیفیت اسانس ریحان در غلظت ۱۰^{-۴} مولار گزارش شده است. همچنین کاربرد اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های ۱۰^{-۳} و ۱۰^{-۵} مولار کیفیت اسانس گیاه مرزنجوش را با افزایش سطح ساینین بهبود بخشید (Gharib, 2006). جاسمونات‌ها گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که از اسیدلینولنیک طی یک سری از واکنش‌های بیوشیمیایی سنتز می‌شوند و به عنوان مولکول‌های سیگنال عمل می‌کنند (Creelman, 1997). دو دهه پس از شناسایی اولیه جاسمونات‌ها، نخستین تأثیرهای فیزیولوژیکی آنها شناسایی شد و این مواد به عنوان ترکیبات پیش‌برنده پیری، بازدارنده رشد و محرک‌هایی برای متابولیسم ثانویه در گونه‌های مختلف گیاهی شناخته شدند (Qanati, 2010). در گیاهان عالی، متیل جاسمونات به عنوان فیتوهورمون‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که گلدهی و پیری را در گیاه تنظیم می‌کنند و منجر به راه‌انداختن پاسخ‌های مربوط به دفاع و تنش می‌شوند (Creelman, 1995). گزارش‌های مختلفی مبنی بر تأثیر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه آرابیدوبسیس (Jung, 2004)، کلزا (Comparot et al., 2002) و بادام‌زمینی (Kumari et al., 2006) ارائه شده است. پژوهشگران در پژوهشی بر روی بانونه آلمانی، به این نتیجه دست یافتند که محلول‌پاشی متیل جاسمونات، اثرات مثبتی روی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گل داشت (Salimi, 2011). همچنین Vatankehah (2016) در آزمایشی روی نعنای فلفلی، به این نتیجه دست یافت که کاربرد متیل جاسمونات، رشد و بازده اسانس را بهبود بخشید. با توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور و تغییرات الگوی آب و هوایی به‌ویژه در سال‌های اخیر، گیاهان دارویی یکی از کاندیدهای مهم برای جایگزینی کشت در شرایط ایران بوده است. نگاه دوجانبه به گیاهان دارویی، که جنبه زینتی نیز دارند از طرفی می‌تواند مشکلاتی را که در حوزه فضای سبز، به دلایل کم‌آبی و تنش وجود دارد، مرتفع سازد. در این

1. Asteraceae
2. Salicylic Acid, (SA)
3. Ortho Hydroxy benzoic acid

آماده‌سازی زمین در ۲۴ اردیبهشت، نشاهای گیاه سرخارگل که از شرکت پاکان بذرافشان تهیه شده بود؛ به تعداد هشت بوته در هر واحد آزمایشی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم کشت شد. با استقرار کامل گیاه (۲۰ روز پس از کاشت نشاء)، مرحله اول محلول‌پاشی شامل دو ماده‌ی اسیدسالیسیلیک در سه غلظت (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل‌جاسمونات در سه غلظت (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) که در آزمایشگاه با الکل و آب مقطر تهیه شده بود، انجام شد. مرحله دوم محلول‌پاشی قبل از گلدهی گیاه اعمال گردید و تمامی گیاهان به‌صورتی که تمام سطوح فوقانی و زیرین اندام‌های هوایی کاملاً خیس شوند محلول‌پاشی شدند. همچنین گیاهان شاهد به‌همین روش و تنها با آب مقطر تیمار شدند. در پایان آزمایش به‌منظور اندازه‌گیری صفات، از هر واحد آزمایشی سه نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و در نهایت، از آنها میانگین گرفته شد. در آزمایش به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای، از گیاهان موجود در بخش‌های میانی کرت‌ها جهت نمونه‌برداری استفاده شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع، بوته‌ها از سطح خاک قطع گردید و ارتفاع آن توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. میانگین سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل DELTA-T DEVICE LTD، انگلیس) برحسب سانتی‌متر مربع انجام گرفت. قطر گل، با استفاده از کولیس در هر بوته به‌طور جداگانه اندازه‌گیری و در نهایت میانگین قطر گل برای هر تکرار مشخص شد. تعداد گل پس از استقرار کامل گل‌ها و در انتهای آزمایش شمارش گردید. همچنین درصد وزن خشک بوته در اواخر فصل رشد، بوته از قسمت طوقه بریده‌شده و وزن‌تر با استفاده از ترازو توزین شد. سپس بوته‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت، درون آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و وزن خشک آنها توزین شد. در نهایت درصد وزن خشک بوته از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$(1) \quad = \text{درصد وزن خشک بوته}$$

$$100 \times (\text{وزن تر بوته} / \text{وزن خشک بوته})$$

راستا انتخاب یک گونه ارزشمند دارویی و زینتی مانند سرخارگل می‌تواند ما را در نیل به این اهداف هدایت کند. افزایش کمی و کیفی تولید، در گیاه سرخارگل به‌عنوان یک گیاه زینتی- دارویی مهم و پرتقاضا یکی از اولین گام‌ها در معرفی و پیشنهاد این گیاه برای توسعه کشت، از دیدگاه دارویی و همچنین جنبه‌های زینتی خواهد بود. الیسیتورها و ترکیبات مشابه یکی از راهکارهایی هستند که بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و شاخص‌های کمی و کیفی گیاه اثر داشته و همچنین در اکثر مواقع باعث بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه و عملکرد آن در شرایط طبیعی و حتی تنش می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی دو هورمون اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات در بهبود پارامترهای رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی و آنزیمی گیاه سرخارگل به‌عنوان یک گیاه زینتی دارویی ارزشمند در شرایط اقلیمی زنجان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه و طول شرقی ۴۷ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع ۱۶۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه بر اساس تقسیمات اقلیمی و زیست‌اقلیمی ایران جزو اقلیم سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح اسیدسالیسیلیک صفر (آب مقطر)، ۱ و ۲ میلی‌مولار، به‌عنوان فاکتور اول و سه سطح متیل‌جاسمونات صفر (آب مقطر) و ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار، به‌عنوان فاکتور دوم بود. تعداد تیمارها شامل ۹ تیمار با ۳ تکرار و تعداد کل واحد آزمایشی ۲۷ واحد و تعداد کل بوته‌ها ۲۱۶ بوته می‌باشد. بعد از مراحل

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقاتی محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

pH	EC (ds.m ⁻¹)	Nitrogen (%)	Calcium (g.kg ⁻¹)	Sodium (g.kg ⁻¹)	Potassium (g.kg ⁻¹)	Organic matter (%)	Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
7.4	1.49	0.07	0.12	0.13	0.20	0.94	Loam clay	25	38	37

دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد (Chance & Maehly, 1955).

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX) با استفاده از پیش‌ماده گایاکول اندازه‌گیری شد. در این روش ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۳ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، ۷ میکرولیتر آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد و ۶ میکرولیتر گایاکول ۲۰ درصد و ۴۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب بر اساس میزان اکسیدشدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه بر حسب (units.g⁻¹ FW.min⁻¹) به روش اسپکتروفوتومتری (اسپکتروفوتومتر JENWAY مدل UV-6505) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد (Chance & Maehly, 1955).

محتوای فلاونوئید کل با روش کالریمتریک مورد ارزیابی قرار گرفت (Kaijv et al., 2006). برای این منظور، بر روی ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها با رقت مناسب ۷۵ میکرولیتر (W/V 5%) NaNO₂ و ۰/۱۵ میلی‌لیتر (W/V 10%) AlCl₃ و ۰/۵ میلی‌لیتر NaOH (یک مولار) اضافه شد و با آب مقطر به حجم نهایی ۲/۵ میلی‌لیتر رسید. جذب محلول پس از پنج دقیقه در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. میزان فلاونوئید کل از محلول‌های کوئرستین^۲ که به‌عنوان استاندارد استفاده شد، به‌دست آمد.

برای اندازه‌گیری اسانس، گل گیاه سرخارگل پس از برداشت از نمونه‌های تیمار شده، مقدار ۱۰۰ گرم گل که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در دمای اتاق خشک شده بودند انتخاب نموده و پس از آسیاب، عمل استخراج اسانس توسط دستگاه اسانس‌گیر^۳ و به‌روش تقطیر با آب و به‌مدت ۳ ساعت انجام شد. پس از پایان عملیات اسانس‌گیری، میزان اسانس آن بر حسب درصد از طریق (رابطه ۴) محاسبه گردید.

$$(۴) = \text{درصد اسانس}$$

$$100 \times (\text{وزن خشک نمونه} / \text{وزن اسانس نمونه})$$

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و رسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید، مقدار ۰/۱ گرم وزن تازه از برگ را با ازت مایع در هاون چینی خرد کرده و ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. میزان جذب عصاره استخراج‌شده برای کلروفیل کل در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و برای کاروتنوئید در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر^۱ SAFAS MONACO (RS 232) قرائت شد و در نهایت جهت محاسبه کلروفیل کل و کاروتنوئید از (رابطه‌های ۲ و ۳) استفاده شد.

$$(۲) \text{ Total chlorophyll} = (20.2(A645) + (8/02(A663)) \times V/(W \times 1000)$$

$$(۳) \text{ Carotenoid} = (7.6(A480) - (14.9(A510)) \times V/(W \times 1000)$$

در این فرمول A نشان‌دهنده جذب عصاره، W وزن تر برگ‌ها به میلی‌گرم و V حجم نهایی عصاره به میلی‌لیتر می‌باشد.

برای تهیه عصاره آنزیمی یک گرم نمونه گیاهی (برگ) در ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج سدیم پتاسیم فسفات (NaKPi) ۲۰۰ میلی‌مولار (pH=7) در هاون، ساییده شد. تمام مراحل استخراج در یخ انجام گرفت. سپس عصاره‌ها به مدت ۳۰ دقیقه با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. قسمت بالایی محلول به‌عنوان عصاره آنزیمی جدا و در فریز با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

در این روش ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، ۷ میکرولیتر آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. بر اساس کاهش جذب پراکسیداز هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه بر حسب (units.g⁻¹ FW.min⁻¹) به روش اسپکتروفوتومتری (اسپکتروفوتومتر JENWAY مدل UV-6505) در

2. Quercetin
3. Clevenger

1. Spectrophotometer

سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شود؛ به نحوی که در غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و غلظت ۱ میلی مولار متیل جاسمونات بیشترین میزان ارتفاع مشاهده شد. اسیدسالیسیلیک طولی شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم می کند و با افزایش میزان تقسیم سلولی، مریستم انتهایی ریشه های اولیه سبب افزایش رشد طولی گیاه می شود. در یک بررسی اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت های فتوسنتزی رشد و ارتفاع گیاهان ریحان و مرزنجوش را افزایش داد (Fatma & Gharib, 2007). متیل جاسمونات از طریق مشارکت در تقسیم سلولی در بافت های در حال رشد و فعال موجب افزایش تعداد سلول ها شده و بدین صورت موجب افزایش ارتفاع و طول گیاه می شود (Creelman & Mullet, 1995). در بررسی تأثیر متیل جاسمونات روی کنگر فرنگی (*Cynaras colymus L.*)، به طور قابل توجهی ارتفاع گیاه افزایش یافته است (Closas et al., 1999). چنین به نظر می رسد که متیل جاسمونات بر مریستم انتهایی اثر گذاشته و سبب افزایش ارتفاع گیاه سرخارگل می شود.

صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین داده ها از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که ارتفاع، سطح برگ، قطر گل، تعداد گل، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پراکسیداز و درصد اسانس تحت تأثیر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و سطوح مختلف متیل جاسمونات در سطح آماری ۱ درصد معنی دار شدند. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر سطح برگ، قطر گل، تعداد گل، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پراکسیداز و درصد اسانس در سطح آماری ۱ درصد معنی دار و ارتفاع و تعداد شاخه جانبی معنی دار نشد (جدول های ۲ و ۳).

ارتفاع بوته

نتایج به دست آمده از اندازه گیری ارتفاع گیاه نشان داد که با وجودی که بین سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود ولی تیمار اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات توانسته

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر اسیدسالیسیلیک، متیل جاسمونات و اثر متقابل آنها بر ویژگی های مورفولوژیکی سرخارگل

Table 2. Analysis of variance of effects of salicylic acid, methyljasmonate and their interaction on morphological characteristics of *Echinacea purpurea L.*

S.O.V	df	Mean of Squares				
		Height	Leaf area	Flower diameter	Number of flowers	Percentage of plant dry weight
Block	4	63.79 ^{ns}	6732.4 ^{ns}	0.108 ^{ns}	1.33 ^{ns}	12.22 ^{ns}
Salicylic acid	2	339.53 ^{**}	110852.16 [*]	0.163 ^{ns}	113.25 ^{**}	81.31 ^{**}
Methyljasmonate	2	794.04 ^{**}	461335.77 ^{**}	1.861 ^{**}	58.52 ^{**}	410.43 ^{**}
Salicylic acid × Methyljasmonate	2	37.17 ^{ns}	433137.61 ^{**}	1.461 ^{**}	54.69 ^{**}	78.6 ^{**}
Error	16	23.94	23665.81	0.14	5.85	6.81
C V (%)	-	7.02	4.44	3.18	11.77	5.74

ns, *, **: Non significantly, and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر اسیدسالیسیلیک، متیل جاسمونات و اثر متقابل آنها بر ویژگی های مورفولوژیکی سرخارگل

Table 3. Analysis of variance of effects of salicylic acid, methyljasmonate and their interaction on morphological characteristics of *Echinacea purpurea L.*

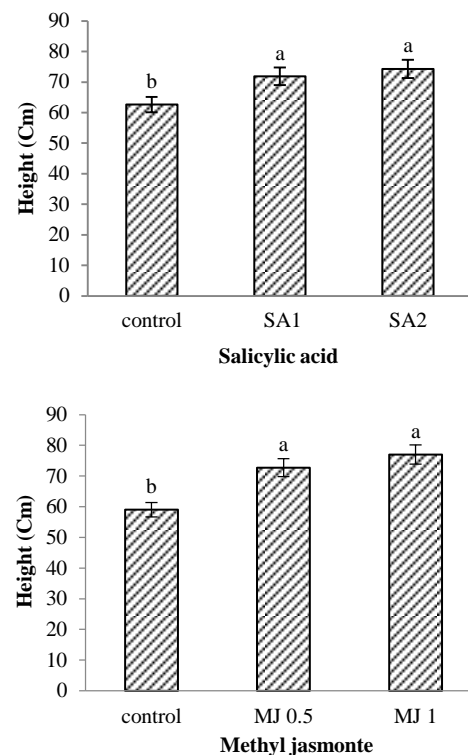
S.O.V	df	Mean of Squares					Essential oil percentage
		Total chlorophyll	Carotenoids	Peroxidase	Catalase	Flavonoids	
Block	4	9.32 ^{ns}	1.29 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	53.81 ^{ns}	1.207 ^{ns}	0.0012 ^{ns}
Salicylic acid	2	129.5 ^{**}	25.21 ^{**}	0.0102 ^{**}	268.59 ^{**}	2.16 [*]	0.018 ^{**}
Methyljasmonate	2	231.47 ^{**}	102.35 ^{**}	0.0307 ^{**}	164.03 ^{**}	1.61 ^{ns}	0.0032 ^{ns}
Salicylic acid × Methyljasmonate	2	9.71 ^{**}	15.609 ^{**}	0.0028 ^{**}	258.81 ^{**}	4.19 ^{**}	0.0078 ^{**}
Error	16	1.51	2.39	0.0002	25.48	0.56	0.0015
CV (%)	-	9.02	14.53	15.53	7.54	5.88	9.89

ns, *, **: Non significantly, and significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

اندازه آنها منجر به افزایش سطح برگ می‌شود (Vicete & Plasencia, 2011). گزارش شده که در گیاهان زینتی، کاربرد اسیدسالیسیلیک موجب افزایش تعداد و سطح برگ می‌شود (Hayat & Ahmad, 2007). در گیاه زینتی بنفشه آفریقایی، کاربرد برگی اسیدسالیسیلیک با افزایش تعداد گل و برگ همراه بود (Jabbarzadeh *et al.*, 2009). گزارش شده که متیل جاسمونات‌ها در غلظت کم، دارای اثر تحریک‌کنندگی در رشد گیاهان بوده و به‌طور قابل توجهی سطح برگ را افزایش می‌دهد (Tayeb, 2005; Walia *et al.*, 2007). در پژوهشی، محلول‌پاشی برگ گیاه بابونه آلمانی با متیل جاسمونات منجر به افزایش سطح برگ شد (Salimi *et al.*, 2011)، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

قطر گل

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری قطر گل نشان داد که تأثیر ساده متیل جاسمونات و بر همکنش اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی متیل جاسمونات موجب افزایش قطر گل شد؛ به‌طوری که بیشترین قطر گل در غلظت ۱ میلی‌مولار (۱۲/۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. در اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات، بیشترین اندازه قطر گل مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با متیل جاسمونات ۱ میلی‌مولار (۱۲/۶ سانتی‌متر) حاصل شده است (شکل B-۲). گزارش شده که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در مرحله قبل از برداشت، سبب افزایش قطر گل شد (Haji Reza *et al.*, 2013). به‌نظر می‌رسد اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش تقسیم سلولی و بهبود شرایط فتوسنتزی سبب افزایش رشد می‌شود (SeyedHajzadeh & Ailoo, 2013). طبق نتایج Jabbarzadeh *et al.* (2009)، کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش قطر گل در بنفشه آفریقایی شد. متیل جاسمونات موجب تحریک و افزایش تعداد گل، قطر گل و وزن گل گردید. به‌نظر می‌رسد، متیل جاسمونات مانند اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم



شکل ۱. تأثیر تیمارهای اسیدسالیسیلیک (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل جاسمونات (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بر ارتفاع گیاه
Figure 1. Effect of salicylic acid levels (0, 1 and 2Mm) and methyljasmonate levels (0, 0.5 and 1 mM) on plant height

سطح برگ

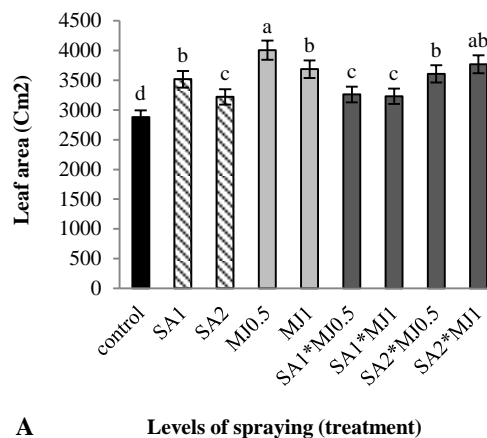
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش سطح برگ شد؛ به‌طوری که بیشترین سطح برگ در غلظت ۲ میلی‌مولار (۳۵۳۳/۲ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. همچنین کاربرد متیل جاسمونات با افزایش سطح برگ همراه بود به‌نحوی که بیشترین سطح برگ در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار (۳۶۲۵/۱ سانتی‌متر مربع) نسبت به شاهد (۳۲۰۵/۴ سانتی‌متر) به‌دست‌آمد. در بر همکنش اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات، بیشترین میزان سطح برگ مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، همراه با متیل جاسمونات ۱ میلی‌مولار (۳۷۷۰/۷ سانتی‌متر مربع) حاصل شده است (شکل A-۲). اسیدسالیسیلیک احتمالاً با تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم بر افزایش تعداد سلول‌ها و یا افزایش

فیزیولوژیکی که اسیدسالیسیلیک در آنها دخیل است می‌توان به تحریک گلدهی اشاره کرد (Hayat *et al.*, 2010). این هورمون با بالا بردن پروتئین و ایجاد باندهای ایزوزایم جدید سبب القاء و افزایش تعداد جوانه گل می‌شود (Raskin, 1992)، که این اثرات اسیدسالیسیلیک در بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* L.) (Jabbarzadeh *et al.*, 2009) و گل تکمه‌ای (*Gomphrenaglobosa* L.) (Kamali *et al.*, 2013) مشاهده شده است. متیل جاسمونات هورمونی است که در فرآیند گلدهی مؤثر بوده و نقش قابل توجهی در تنظیم گلدهی ایفا می‌کند (Wong *et al.*, 2009). تحقیقات دیگر بیان داشت که کاربرد خارجی متیل جاسمونات مانع انگیزش گل و گلدهی می‌شود (Albreehtova & Ullmann, 1994; Keay *et al.*, 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت.

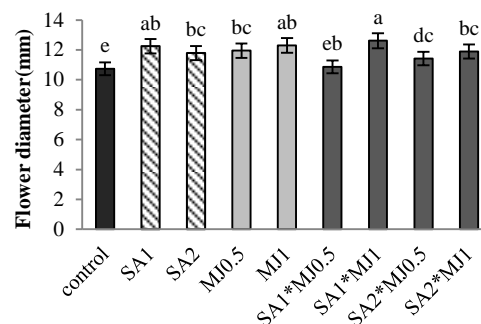
درصد وزن خشک بوته

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر درصد وزن خشک بوته در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). محلول پاشی اسیدسالیسیلیک درصد وزن خشک بوته را افزایش داد به طوری که بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته در غلظت ۱ میلی مولار (۴۷/۲ گرم) مشاهده شد. همچنین کاربرد متیل جاسمونات با افزایش درصد وزن خشک بوته همراه بود، به نحوی که بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته در تیمار ۰/۵ میلی مولار (۵۳/۰۵ گرم) نسبت به شاهد (۴۰/۲ گرم) به دست آمد. بر اساس نتایج اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات، بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته (۹۵/۵ گرم) در تیمار اسیدسالیسیلیک ۱ میلی مولار همراه با متیل جاسمونات ۰/۵ میلی مولار حاصل شده است (شکل B-۳). اسیدسالیسیلیک یک تنظیم کننده رشد درونی گیاه به شمار می‌آید که در گستره وسیعی از پاسخ‌های سوخت و ساز و فیزیولوژیک در گیاهان تأثیر دارد و بنابراین می‌تواند بر رشد و نمو گیاه مؤثر باشد (Abdul Jaleel *et al.*, 2009). افزایش مشاهده شده در وزن خشک شاخساره را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک نسبت داد (Hamada &

جدید باعث القا و افزایش تعداد جوانه‌های گل و همچنین افزایش قطر گل می‌شود (Khurana & Cleland, 1992).



A Levels of spraying (treatment)



B Levels of spraying (Treatment)

شکل ۲. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر سطح برگ (A) و قطر گل (B)

Figure 2. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Leaf area (A) and Flower diameter (B)

تعداد گل

نتایج به دست آمده نشان داد که تأثیر اسیدسالیسیلیک، متیل جاسمونات و اثر متقابل آنها بر تعداد گل در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد گل در غلظت ۲ میلی مولار اسیدسالیسیلیک و غلظت ۱ میلی مولار متیل جاسمونات به دست آمد. در ارتباط با گیاهان زینتی، مهمترین صفت زینتی میزان گلدهی می‌باشد. بنابراین لازم است گیاه طی یک دوره طولانی گلدهی تعداد گل بیشتری داشته باشد (Aldesuquy *et al.*, 1998). از جمله فرآیندهای

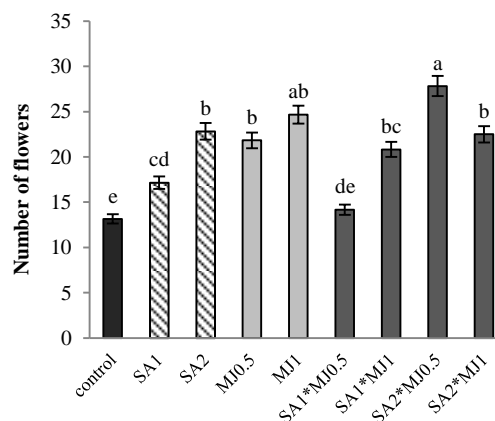
کلروفیل و کارتنوئید

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات در سطح ۱ درصد بر محتوای کلروفیل کل و کارتنوئید معنی دار شد (جدول ۲). محلول پاشی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای کلروفیل کل و کارتنوئید شد؛ به طوری که بیشترین محتوای کلروفیل کل و کارتنوئید در غلظت ۲ میلی مولار (۱۷/۳ و ۱۲/۲) مشاهده شد. همچنین با محلول پاشی متیل جاسمونات ۱ میلی مولار میزان کلروفیل کل و کارتنوئید افزایش یافت. بر اساس نتایج اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمار اسیدسالیسیلیک ۲ میلی مولار همراه با متیل جاسمونات ۱ میلی مولار حاصل شده است (شکل ۴-۱). اسیدسالیسیلیک مانع فعالیت ACC سنتاز شده و از تشکیل اتیلن و به دنبال آن از کاهش کلروفیل جلوگیری می کند (Li *et al.*, 1992). کارتنوئیدها افزون برداشتن نقش به عنوان رنگدانه فرعی، به عنوان یک عامل آنتی اکسیدان مؤثر عمل نموده و نقش منحصر به فردی در حفاظت از فرآیندهای فیتوشیمیایی و حفظ و ادامه آنها بازی می کنند (Farooq *et al.*, 2009). متیل جاسمونات با فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز جلوگیری کرده و بدین ترتیب موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه می شود (Popova *et al.*, 2003). بسته شدن روزنه‌ها موجب افزایش رطوبت نسبی برگ می شود که نتیجه آن افزایش فتوسنتز است و در آزمایش حاضر، با افزایش شاخص کلروفیل در تیمار دو مرحله‌ای با ۱ میلی مولار متیل جاسمونات مشخص است. غلظت‌های کم متیل جاسمونات، شاخص کلروفیل را افزایش می دهد (Maciejewska & Krupa, 2002).

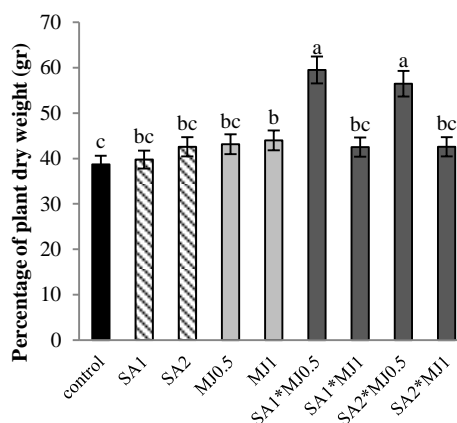
آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز نشان داد که سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات سبب افزایش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز نسبت به شاهد شدند؛ به نحوی که در

(Al-Hakimi, 2001). متیل جاسمونات با توجه به غلظت استفاده شده، گونه گیاهی و مرحله رشد تأثیرهای متفاوتی بر رشد و نمو گیاهان دارد. این ماده به طور معمول در غلظت‌های بسیار پایین اثر مثبت دارد و در غلظت‌های بالا تنش‌زا می باشد (Reymond, 2000; Lorenzo, 2003). افزایش وزن خشک اندام هوایی در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) تیمار شده با غلظت ۷۵ میکرومولار متیل جاسمونات و همچنین افزایش وزن خشک هوایی در گیاه سویا تیمار شده با غلظت‌های ۱ و ۱۰ میکرومولار متیل جاسمونات گزارش گردیده است (Salimi *et al.*, 2011; Keramat & Daneshmand, 2012).



A Levels of spraying (Treatment)



B Levels of spraying (Treatment)

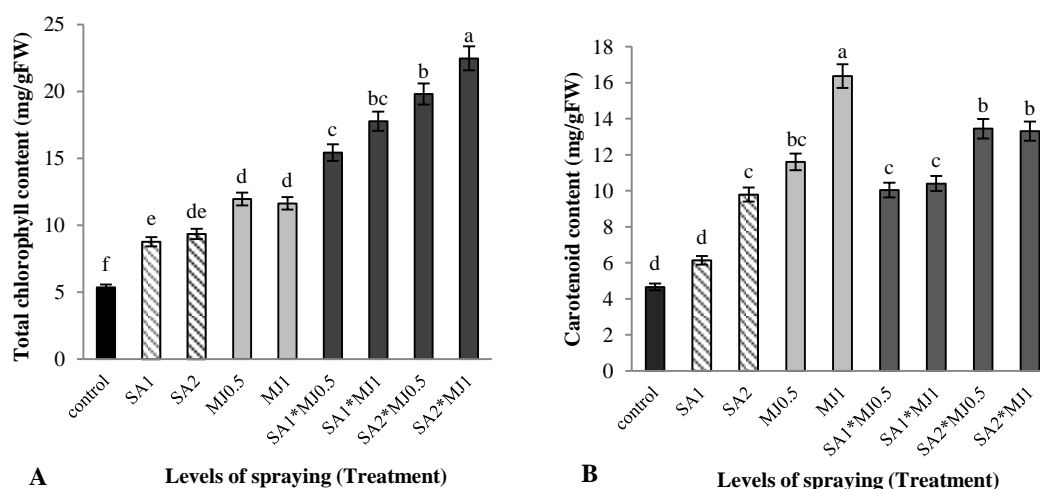
شکل ۳. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر

تعداد گل (A) و درصد وزن خشک بوته (B)

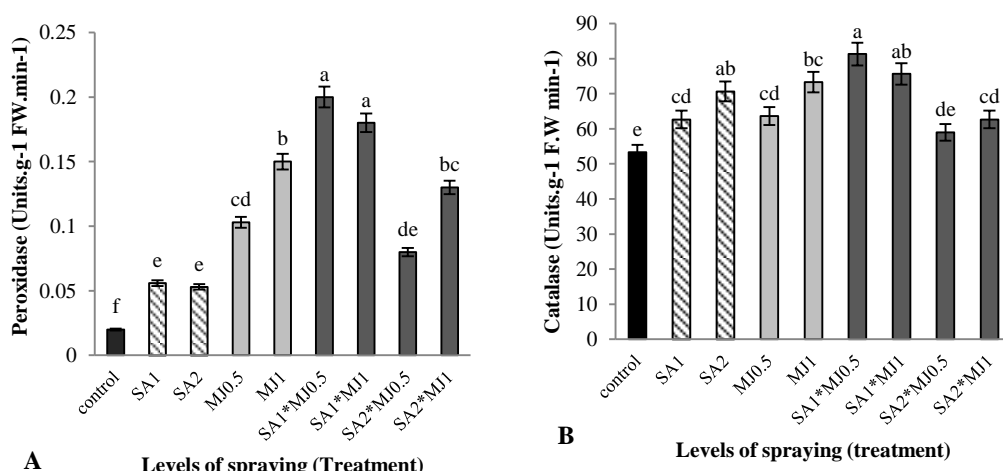
Figure 3. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Number of flowers (A) and Percentage of plant dry weight (B)

آنزیم گایاکول پراکسیداز و به دنبال آن کاهش پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید شد (Kabiri *et al.*, 2012). گزارش شده که کاربرد یک میلی‌مولار اسیدسالسیلیک، اثر مؤثری بر افزایش فعالیت کاتالاز داشت (Agarwal *et al.*, 2005). در بررسی‌های انجام‌شده مشخص شده است که فعالیت آنزیم CAT و POX در شرایط تیمار با متیل‌جاسمونات در گیاه آرابیدوپسیس (Jung, 2004) و کلزا (Comparot *et al.*, 2002)، افزایش پیدا کرده است که با توجه به نتایج تصور می‌شود غلظت‌های کم این دو ماده در برهمکنش با هم، می‌توانند اثرات یکدیگر را تشدید کنند.

غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالسیلیک و غلظت ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات بیشترین میزان را داشت. بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در اثر متقابل غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالسیلیک همراه با ۰/۵ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات مشاهده شد (شکل ۵-A و ۵-B). اسیدسالسیلیک به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله پراکسیداز را فعال می‌کند که می‌تواند به‌عنوان یک سوبسترای دهنده الکترون برای پراکسیداز عمل نماید (Hayat & Ahmad, 2007). تیمار اسیدسالسیلیک در گیاه سیاه‌دانه، سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی



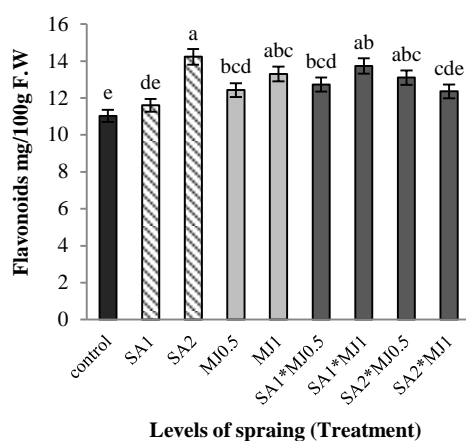
شکل ۴. اثر متقابل اسیدسالسیلیک و متیل‌جاسمونات بر کلروفیل کل (A) و کارنوئید (B) Figure 4. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Total chlorophyll (A) and Carotenoid (B) contents



شکل ۵. اثر متقابل اسیدسالسیلیک و متیل‌جاسمونات بر آنزیم پراکسیداز (A) و کاتالاز (B) Figure 5. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on peroxidase (A) and catalase (B)

فلاونوئید

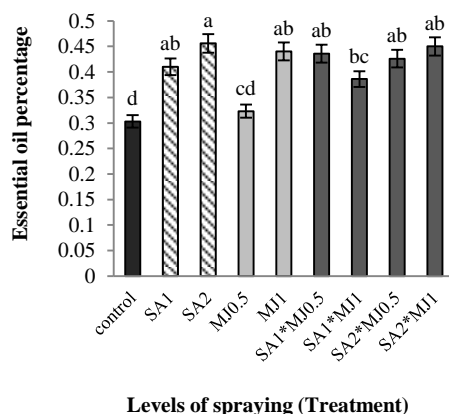
عوامل تنش‌زا سبب تحریک تولید اسانس می‌شود، می‌توان گفت کاربرد اسیدسالیسیلیک با ایجاد تنش کاذب تولید اسانس را افزایش می‌دهد. در بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر دو گیاه ریحان و مرزنجوش در غلظت 10^{-4} مولار موجب افزایش کمیت و کیفیت اسانس شد (Gharib, 2006). مطالعات زیادی بر روی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد به‌ویژه جاسمونات‌ها بر گیاهان دارویی انجام شده است و نتایج آن نشان داده است که این مواد، تأثیر متفاوتی بر تعداد و نوع ترکیب‌های ثانویه گیاهان دارویی داشته‌اند (Goyal & Ramawat, 2008).



Levels of spraying (Treatment)

شکل ۶. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات بر فلاونوئید

Figure 6. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Flavonoids



Levels of spraying (Treatment)

شکل ۷. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات بر درصد اسانس

Figure 7. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Essential oil percentage

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری فلاونوئید نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک بر فلاونوئید در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش فلاونوئید شد؛ به‌نحوی که بیشترین میزان فلاونوئید در غلظت ۲ میلی‌مولار (۱۳/۲) نسبت به شاهد (۱۲/۲) به‌دست آمد. در اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات، بیشترین میزان فلاونوئید مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با متیل جاسمونات ۱ میلی‌مولار حاصل شده است (شکل ۶). فلاونوئیدها جزو متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که به‌طور کلی به‌عنوان مواد آنتی‌اکسیدان شناخته شده‌اند (Ververidis *et al.*, 2007). نتایج حاصل نشان داد که به‌طور کلی مصرف اسیدسالیسیلیک باعث افزایش مقدار فلاونوئید به‌عنوان یک ماده آنتی‌اکسیدان ثانویه در گیاه سرخارگل شد. گل همیشه‌بهار نیز در پاسخ به تیمار اسیدسالیسیلیک، محتوای فلاونوئیدی خود را افزایش داد (Pacheco *et al.*, 2013). بیان شد که چاکون سنتتاز که پیش‌ساز فلاونوئیدها را تولید می‌کند توسط متیل جاسمونات القا می‌شود (Pinot *et al.*, 1998). متیل جاسمونات دارای نقش دوگانه در تکامل و دفاع می‌باشد. این ترکیبات می‌توانند با القای مسیرهای علامت‌رسانی، باعث فعال شدن واکنش‌های دفاعی در گیاه شده و در نتیجه باعث افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گردند (Zhao *et al.*, 2005).

درصد اسانس

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری درصد اسانس نشان داد که بیشترین درصد اسانس در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و همچنین ۱ میلی‌مولار متیل جاسمونات مشاهده شد. در اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل جاسمونات، در تمامی غلظت‌ها، افزایش درصد اسانس نسبت به شاهد دیده شده، درحالی‌که بین خود تیمارها تفاوت چندانی مشاهده نشده است (شکل ۷). اسیدسالیسیلیک به‌عنوان عامل انتقال‌دهنده سیگنال‌های دریافت تنش، سبب فعال شدن سیستم دفاعی گیاه می‌شود. از آنجا که

نتیجه‌گیری کلی

با هم سبب افزایش توان دفاع پاد اکسایدنگی و کاهش تنش اکسایشی و در نتیجه افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه سرخارگل شدند. با توجه به ارزان‌قیمت بودن اسیدسالیسیلیک و نداشتن تأثیر سوء زیست‌محیطی متیل‌جاسمونات، می‌توان کاربرد این دو تنظیم‌کننده رشد گیاهی را برای این گیاه پیشنهاد کرد. از آنجایی که گیاهان مختلف پاسخ یکسان و همانندی به استعمال مواد ندارد و معمولاً بین غلظت مواد مصرفی و نوع گیاه و اقلیم اثر متقابلی وجود دارد؛ بنابراین مطالعه تأثیر نوع و مقدار مواد بر ارقام مختلف این گیاه تحت اقلیم‌های مختلف می‌تواند حائز اهمیت باشد.

طبق نتایج این پژوهش، استفاده از اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد با خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، می‌توانند موجب بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی، آنزیمی و درصد اسانس در گیاه سرخارگل شوند و بر کیفیت و عملکرد این گیاه ارزشمند بیفزایند. همچنین طبق نتایج مشاهده‌شده، اسیدسالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار و متیل‌جاسمونات در غلظت ۱ میلی‌مولار، بیشترین کارایی را در بهبود اکثر صفات مورد بررسی به‌همراه داشتند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که متیل‌جاسمونات و اسیدسالیسیلیک با برهمکنش

REFERENCES

1. Abdul Jaleel, C. K., Riadh, R., Gopi, P., Manivannan, J., Ines, H. J., Al-Juburi, Z., Chang-Xing, S., Hong-Bo & Panneerselvam, R. (2009). Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31, 427-436.
2. Agarwal, S., Sairam, K. R., Srivastava, Aruna, G. C. T. & Meena, C. R. (2005). Role of ABA, Salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzyme induction in wheat seedlings. *Journal Plant Sciences*, 169, 559-570.
3. Aldesuquy, H. S., Mankarios, A. T. & Awad, H. A. (1998). Effect of some antitranspirants on growth, metabolism and productivity of salinetreated wheat plants. Induction of stomatal closure, inhibition of transpiration and improvement of leaf turgidity. *Acta Botanica Hungarica*, 41, 1-10.
4. Bernath, J. (2000). *Medicinal and aromatic plants*. (In Hungarian). Mezo. Publ. Budapest, pp. 556.
5. Chance, B. & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 2, 764-775.
6. Chen, J., Cheng, Z. & Zhong, S. (2007). Effect of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂ Metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. *Journal of Environmental sciences*, 19, 44-49.
7. Closas, L. M., Toro, F. J., Calvó, G. & Pelacho, A. M. (1999). Effect of Methyl Jasmonate on the first developmental stages of globe artichoke. *Acta Horticulturae*, 660, 185-190.
8. Comparot, S. M., Graham, C. M. & Reid, D. M. (2002). Methyl jasmonate elicits a differential antioxidant response in light and dark grown canola (*Brassica napus*) roots and shoots, *Journal Plant Growth Regulation*, 38, 21-30.
9. Creelman, R. A. & Mullet, J. E. (1997). Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 355-381.
10. Creelman, R. A. & Mullet, J. E. (1995). Jasmonic acid distribution and action in plant: Regulation during development and response to biotic and abiotic stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, U.S.A. 92, 4114-4119.
11. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress effects. Mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212. (in Farsi)
12. Fatma, A. E. & Gharib, L. (2007). Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4, 485-492. (in Farsi)
13. Gharib, F. A. L. (2006). Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agriculture & Biology*, 4, 485-492.
14. Goyal, S. & Ramawat, K. (2008). Ethrel treatment enhanced isoflavonoids accumulation in cell suspension cultures of *Pueraria tuberosa*, a woody legume. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(6), 849-853.
15. Gruenwald, J., Brendler, T. & Jaenicke, C. (1999). DDR for herbal medicines. Medical Economics Co., New Jersey, USA. Li, Th.S.C. 1998. Echinacea: Cultivation and medicinal value. *Hort. Technology*, 8, 122-129.
16. Haji Reza, M. R., Hadavi, A., Zinanlou, A. A., Mirzapour, M. E. & Nayini, M. R. (2013). Effect of different levels of citric acid and salicylic acid on the pre-harvest stage on *Rosa hybrida* L. cutting branch. *Science and Technology of Greenhouse Cultivation*, 16 (4), 99-108. (in Farsi)

17. Hamada, A. M. & Al-Hakimi, A. M. A. (2001). Salicylic acid versus salinity drought-induced stress on wheat seedlings. *Rostlina Vyroba*, 47, 444-450. (in Farsi)
18. Hayat, A. & Ahmad, T. (2007). Salicylic Acid A plant Hormone, Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plant. *Journal Scientia Horticulturae*, 110, 97-98.
19. Hayat, Q., Hayat, Sh., Irfan, M. & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68, 14-25.
20. Jabbarzadeh, Z., Khosh-Khui, M. & Salehi, H. (2009). The effect of foliar-applied salicylic acid on flowering of African violet. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 4693-4696. (in Farsi)
21. Jung, S. (2004). Effect of chlorophyll reduction in *Arabidopsis thaliana* by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 225-231.
22. Kabiri, R., Farahbakhsh, H. & Nasibi, F. (2012). Salicylic acid ameliorates the effects of oxidative stress induced by water deficit in hydroponic culture of *Nigella sativa*. *Stress Physiology and Biochemistry*, 12(11), 1420-1425.
23. Kaijv, M., Sheng, L. & Chao, C. (2006). Antioxidation of flavonoids of green rhizome. *Food Science*, 27, 110-115.
24. Kamali, M., Kharazi, S., Tehranifar, M. & Selahvarzi, Y. (2013). Effect Salicylic acid on growth and some morpho-physiological traits of *Gompherna globosa* L. under salt stress. *Journal of Horticultural Science*, 26(1), 104-112. (in Farsi)
25. Keramat, B. & Daneshmand, F. (2012). Dual role of methyl jasmonate on physiological yields in soybean (*Glycine mex* L.). *Process and Plant Function*, 1(1), 37-26. (in Farsi)
26. Khurana, J. P. & Cleland, C. F. (1992). Role of salicylic acid and benzoic acid in flowering of a photoperiod-insensitive strain, *Lemna paucicostata* LP6. *Plant Physiology*, 100(3), 1541-1546.
27. Kovacik, J., Gruz, J., Backor, M., Strand, M. & Repcak, M. (2009). Salicylic acid induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plant. *Plant cell Reports*, 28, 135-143.
28. Li, N., Parson, B. L., Liu, D. R. & Mattoo, A. K. (1992). Accumulation of wound-inducible ACC synthases transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. *Plant Molecular Biology*, 18, 477-487.
29. Li, Th. S. C. (1998). Echinacea: Cultivation and medicinal value. *Hort Technology*, 8(2), 122-129.
30. Lorenzo, O. (2003). Ethylene response factor 1 integrates signals from ethylene and jasmonate pathways in plant defense. *Plant Cell*, 15, 165-178.
31. Maciejewska, W. & Krupa, Z. (2002). Jasmonic acid and heavy metals in *Arabidopsis* plant a similar physiological response to both stressors. *Plant Physiology*, 159, 509-515.
32. OmidBeigi, R. (2010). *Production and processing of medicinal plants*, Volume 4, Astan Quds Razavi Printing and Publishing Institute, Mashhad. (in Farsi)
33. Pacheco, A. C., Cabral, C., Fermino, E. S. & Aleman, C. C. (2013). Salicylic acid induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. *Global Journal of Medicinal Plant Reserch*, 1(1), 95-100.
34. Pinot, F., Benveniste, I., Salaun, J. & Durst, F. (1998). Methyl jasmonate induces lauric acid γ -hydroxylase activity and accumulation of CYP94A1 transcripts but does not affect epoxide hydrolase activities in *Vicia sativa* seedlings. *Plant physiology*, 118, 1481-1486.
35. Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. & Stoinova, Z. H. (2003). Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 18, 133-152.
36. Qanati, F., Bakhtiyar, S. & Abdolmalaki, P. (2010). Effect of methyl jasmonate on secondary metabolites of the Marigold plant (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Biotechnology of TarbiatModarres University*, 1 (3), 12-23. (in Farsi)
37. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Journal Annu Rev Plant MolBoil*, 43, 463-739.
38. Reymond, P. (2000). Differential gene expression in response to mechanical wounding and insect feeding in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 12, 707-719.
39. Salimi, F., Shakari, F., Azimi, M. R. & Zangani, A. (2011). The role of methyl jasmonate in improving salinity resistance through effect on some physiological characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Research on Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 27, 711-700. (in Farsi)
40. Seo, S., Ishizuka, K. & Ohashi, Y. (1995). Induction of salicylic acid beta-glucosidase in tobacco (*Nicotiana tabacum*) leaves by exogenous salicylic acid. *Plant and Cell Physiol*, 36 (3), 447-453.
41. Seyed Hajizadeh, H. & Aliloo, A. A. (2013). The effectiveness of per-harvest salicylic acid application on physiological traits in *Lilium (Lilium longiflorum* L.) cut flower. *International Journal Science Environ*, 1(12), 344-350. (in Farsi)
42. Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Journal of Plant Growth Regul*, 45, 215-224.

43. Vatankhah, A., Kalantari, B. & Andalibi, B. (2016). Effect of methyl jasmonate and salinity stress on physiological and phytochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Research on Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 33, 465-449. (in Farsi)
44. Ververidis, F., Trantas, E., Douglas, C., Vollmer, G., Kretzschmar, G. & Panopoulos, N. (2007). Biotechnology of flavonoids and other phenylpropanoid-derived natural products. Part I: Chemical diversity, impacts on plant biology and human health. *Biotechnology Journal*, 2(10).
45. Vicente, M. R. & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62, 3321-3338.
46. Walia, H., Wilson, C., Condamine, P., Liu, X., Ismail, A. & Close, T. (2007). Large-scale expression profiling and physiological characterization of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress. *Journal of Plant, Cell & Environment*, 4, 410-421.
47. Wong, C. E., Singh, M. B. & Bhalla, P. L. (2009). Floral initiation process at the soybean shoot apical meristem may involve multiple hormonal pathways. *Plant Signaling & Behavior*, 7, 648-651.
48. Zhao, X., Tan, H. J., Liu, Y. B. & Li, X. R. G. X. C. (2005). Effect of salt stress on growth and osmotic regulation in *Thellungiella* and *Arabidopsis* callus. *Hen Plant Cell Tiss Organ Cult*, 98, 97-103.