Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 1, Spring 2019 (91-103)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.246348.1352

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص ۱۰۳-۹۱)

تأثیر اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات 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

به‌منظور ارزیابی اثر اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات و اثرات متقابل آنها بر برخی از ویژگی‌های گیاه سرخارگل، آزمایشی به‌صورت 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) به‌عنوان فاکتور اول و متیل‌جاسمونات در سه سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) به‌عنوان 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 به‌دست‌آمده در این پژوهش، اثر متقابل ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و ۰/۵ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات 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 متیل‌جاسمونات، 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 متیل‌جاسمونات بر جای گذاشت. با توجه به نتایج این پژوهش، در مجموع اثر ساده کاربرد برگی ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات توانست اکثر صفات اندازه‌گیری‌شده در این پژوهش را نسبت به تیمار شاهد به‌طور 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 Zanjan climate

Yasin Dastyar[1], MitraAlaei[2*] and Azizollah Kheiry[2]
1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, 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 Zanjan 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:

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.)، گیاهی علفی و چند ساله، و همچنین یک گیاه زینتی و دارویی است. این گیاه متعلق به تیره آستراسه[1] 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 به‌صورت فنجانی‌شکل 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 به‌عنوان 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[2] یا اورتو هیدرکسی بنزوئیک‌اسید[3] یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی از گروه فنل‌ها می‌باشد و به‌عنوان 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 به‌کار رفته اسیدسالیسیلیک (۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار) بر گیاه بابونه آلمانی، رشد برگ‌ها و ریشه‌ها در غلظت ۵۰ میکرومولار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Kovacik et el., 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 10^{-4} مولار گزارش شده است. همچنین کاربرد اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های 10^{-3} و 10^{-5} مولار کیفیت اسانس گیاه مرزنجوش را با افزایش سطح سابینن بهبود بخشد (Gharib, 2006). جاسمونات‌ها گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که از اسیدلینولنیک طی یک‌سری از واکنش‌های بیوشیمیایی سنتز می‌شوند و به‌عنوان مولکول‌های سیگنال عمل می‌کنند (Creelman, 1997). دو دهه پس از شناسایی اولیه جاسمونات‌ها، نخستین تأثیرهای فیزیولوژکی آنها شناسایی شد و این مواد به‌عنوان ترکیبات پیش‌برنده پیری، بازدارنده رشد و محرک‌هایی برای متابولیسم ثانویه در گونه‌های مختلف گیاهی شناخته شدند (Qanati, 2010). در گیاهان عالی، متیل‌جاسمونات به‌عنوان 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 متیل‌جاسمونات 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 متیل‌جاسمونات، اثرات مثبتی روی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گل داشت (Salimi, 2011). همچنین Vatankhah (2016) در آزمایشی روی نعناع‌فلفلی، به این نتیجه دست یافت که کاربرد متیل‌جاسمونات، 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 فضای‌سبز، به‌دلایل کم‌آبی و تنش وجود دارد، مرتفع سازد. در این

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 یگ 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 آماده‌سازی زمین در ۲۴ اردیبهشت، نشاهای گیاه سرخارگل که از شرکت پاکان بذر اصفهان 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 نشا)، 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 DEVICEC 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 آون 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.

درصد وزن خشک بوته = (وزن‌تر بوته / وزن خشک بوته) × ۱۰۰ (۱)

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 موج‌های۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر[1] SAFAS MONACO (RS 232) قرائت شد و در نهایت جهت محاسبه کلروفیل کل و کاروتنوئید از (رابطه‌های ۲ و ۳) استفاده شد.

$$\text{Total chlorophyll} = (20.2(A645) + (8/02(A663)) \times V/(W\times1000) \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoid} = (7.6(A480) - (14.9(A510)) \times V/(W\times1000) \quad (۳)$$

در این فرمول A نشان‌دهنده جذب عصاره، W وزن‌تر 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، سابیده شد. تمام مراحل استخراج در یخ انجام گرفت. سپس عصاره‌ها به‌مدت 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 فسفات‌پتاسیم 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 به‌مدت ۶۰ ثانیه بر حسب ($units.g^{-1}$ $FW.min^{-1}$) به‌روش اسپکتروفتومتری (اسپکتروفتومتر JENWAY مدل UV-6505) در 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 پتاسیم‌فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=7)، ۷ میکرولیتر آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد و ۶ میکرولیتر گایاگول ۲۰ درصد و ۴۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. افزایش جذب بر اساس میزان اکسیدشدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به‌مدت ۳ دقیقه بر حسب ($units.g^{-1}$ $FW.min^{-1}$) به‌روش اسپکتروفتومتری (اسپکتروفتومتر 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 $NaNo_2$ (W/V 5%) و ۰/۱۵ میلی‌لیتر $AlCl_3$ (W/V 10%) 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[2] 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[3] 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.

$$\text{درصد اسانس} = \text{(وزن خشک نمونه / وزن اسانس نمونه)} \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

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

1. Spectrophotometer

2. Quercetin
3. Clevenger

www.SID.ir

Archive of SID

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

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها 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 متیل‌جاسمونات در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر سطح برگ، قطر گل، تعداد گل، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پراکسیداز و درصد اسانس در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار و ارتفاع و تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نشد (جدول‌های ۲ و ۳).

ارتفاع بوته

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ارتفاع گیاه نشان داد که با وجودی که بین‌سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ولی تیمار اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات توانسته سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شود؛ به‌نحوی‌که در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و غلظت ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات بیشترین میزان ارتفاع مشاهده شد. اسیدسالیسیلیک طویل شدن و تقسیم سلولی را به‌همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم می‌کند و با افزایش میزان تقسیم سلولی، مریستم انتهایی ریشه‌های اولیه سبب افزایش رشد طولی گیاه می‌شود. در یک بررسی اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی رشد و ارتفاع گیاهان ریحان و مرزنجوش را افزایش داد (Fatma & Gharib, 2007). متیل‌جاسمونات از طریق مشارکت در تقسیم سلولی در بافت‌های در حال رشد و فعال موجب افزایش تعداد سلول‌ها شده و بدین صورت موجب افزایش ارتفاع و طول گیاه می‌شود (Creelman & Mullet, 1995). در بررسی تأثیر متیل‌جاسمونات روی کنگر فرنگی (*Cynaras colymus* L.)، به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع گیاه افزایش یافته است (Closas *et al*., 1999). چنین به نظر می‌رسد که متیل‌جاسمونات بر مریستم انتهایی اثر گذاشته و سبب افزایش ارتفاع گیاه سرخارگل می‌شود.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر اسیدسالیسیلیک، متیل‌جاسمونات و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های 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، * و **: نبود اختلاف معنی‌دار، و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد.

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

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر اسیدسالیسیلیک، متیل‌جاسمونات و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های مورفولوژیکی سرخارگل

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

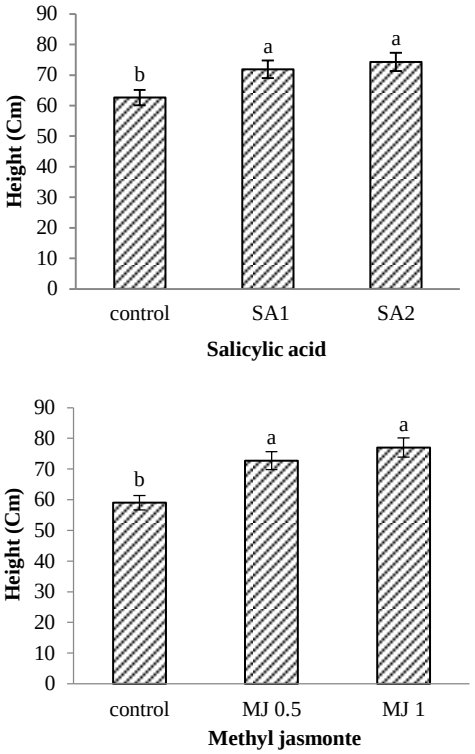
S.O.V	df	Mean of Squares					
		Total chlorophyll	Carotenoids	Peroxidase	Catalase	Flavonoids	Essential oil percentage
Block	4	9.32 ^{ns}	1.29 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	53.81^{ns}	1.207 ^{ns}	0.0012 ^{ns}
Salicylic acid	2	129.5 **	25.21 **	0.0102 **	268.59**	2.16 *	0.018 **
Methyljasmonate	2	231.47 **	102.35 **	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، * و **: نبود اختلاف معنی‌دار، و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱درصد.

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

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. تأثیر تیمارهای اسیدسالیسیلیک (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و متیل‌جاسمونات (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بر ارتفاع گیاه

Figure 1. Effect of salicylic acid levels (0, 1 end 2Mm) and methyljasmonate levels (0, 0.5 and 1 mM) on plant height

سطح برگ

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات 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 متیل‌جاسمونات 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 اسیدسالسیلیک و متیل‌جاسمونات، بیشترین میزان سطح برگ مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، همراه با متیل‌جاسمونات 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 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 متیل‌جاسمونات‌ها در غلظت کم، دارای اثر تحریک‌کنندگی در رشد گیاهان بوده و به‌طور قابل‌توجهی سطح برگ را افزایش می‌دهد (Tayeb, 2005; Walia *et al*., 2007). در پژوهشی، محلول‌پاشی برگی گیاه بابونه آلمانی با متیل‌جاسمونات منجر به افزایش سطح برگ شد (Salimi *et al*., 2011)، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

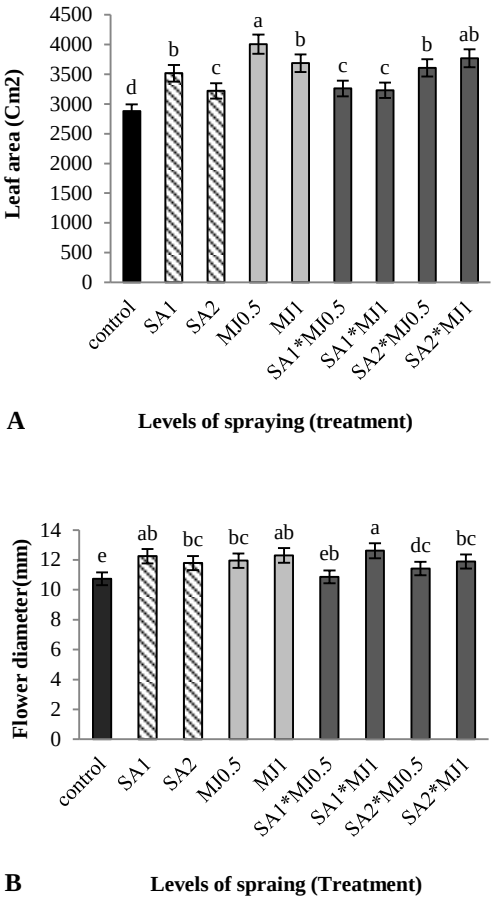
قطر گل

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری قطر گل نشان داد که تأثیر ساده متیل‌جاسمونات و بر همکنش اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات موجب افزایش قطر گل شد؛ به‌طوری که بیشترین قطر گل در غلظت ۱ میلی‌مولار (۱۲/۳ سانتی‌متر) مشاهده شد. در اثر متقابل اسیدسالسیلیک و متیل‌جاسمونات، بیشترین اندازه قطر گل مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با متیل‌جاسمونات 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 (SeyedHajizadeh & Ailoo, 2013). طبق نتایج Jabbarzadeh *et al*. (2009)، کاربرد اسیدسالیسیلیک باعث افزایش قطر گل در بنفشه آفریقایی شد. متیل‌جاسمونات موجب تحریک و افزایش تعداد گل، قطر گل و وزن گل گردید. به‌نظر می‌رسد، متیل‌جاسمونات مانند اسیدسالیسیلیک از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم

www.SID.ir

Archive of SID

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



شکل ۲. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات 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 به‌دست‌آمده نشان داد که تأثیر اسیدسالیسیلیک، متیل‌جاسمونات و اثر متقابل آنها بر تعداد گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد گل در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و غلظت ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات به‌دست 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 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 اسیدسالسیلیک در بنفشه آفریقایی (*Saintpaulia ionantha* L.) (Jabbarzadeh *et al*., 2009) و گل تکمه‌ای (*Gomphrenaglobosa* L.) (Kamali *et al*., 2013) مشاهده شده است. متیل‌جاسمونات هورمونی است که در فرآیند گلدهی مؤثر بوده و نقش قابل‌توجهی در تنظیم گلدهی ایفا می‌کند (Wong *et al*., 2009). تحقیقات دیگر بیان داشت که کاربرد خارجی متیل‌جاسمونات مانع انگیزش گل و گلدهی می‌شود (Albreehtova & Ullmann, 1994; Keay *et al*., 2010) که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت.

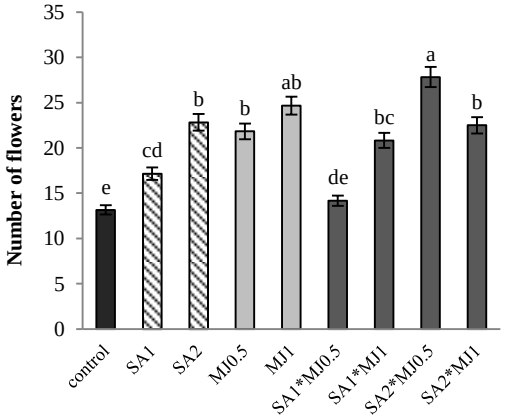
درصد وزن خشک بوته

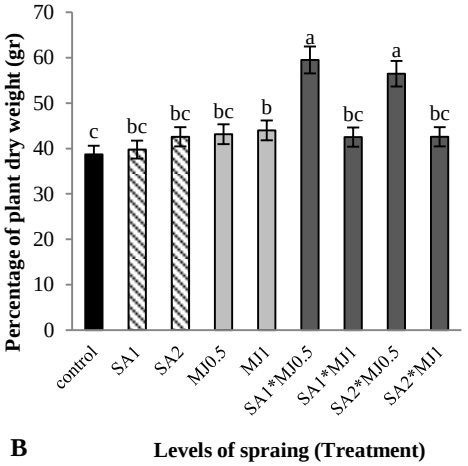
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیگ و متیل‌جاسمونات بر درصد وزن خشک بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک درصد وزن خشک بوته را افزایش داد به‌طوری که بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته در غلظت ۱ میلی‌مولار (۴۷/۲ گرم) مشاهده شد. همچنین کاربرد متیل‌جاسمونات با افزایش درصد وزن خشک بوته همراه بود، به‌نحوی که بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار (۵۳/۰۵ گرم) نسبت به شاهد (۴۰/۲ گرم) به‌دست آمد. بر اساس نتایج اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات، بیشترین مقدار درصد وزن خشک بوته (۹۵/۵ گرم) در تیمار اسیدسالیسیلیک ۱ میلی‌مولار همراه با متیل‌جاسمونات ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شده است (شکل B-۳). اسیدسالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد درونی گیاه به‌شمار 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 مشاهده‌شده در وزن خشک شاخساره را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک نسبت داد (Hamada &

www.SID.ir

Archive of SID

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





شکل ۳. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات 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)

کلروفیل و کارتنوئید

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که تأثیر ساده اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات در سطح ۱ درصد بر محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید معنی‌دار شد (جدول ۲). محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک موجب افزایش محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید شد؛ به‌طوری‌که بیشترین محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید در غلظت ۲ میلی‌مولار (۱۷/۳ و ۱۲/۲) مشاهده شد. همچنین با محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات ۱ میلی‌مولار میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید افزایش یافت. بر اساس نتایج اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بیشترین محتوای کلروفیل کل در تیمار اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار همراه با متیل‌جاسمونات ۱ میلی‌مولار حاصل شده است (شکل A-۴). اسیدسالیسیلیک مانع فعالیت ACC سنتازشده و از تشکیل اتیلن و به‌دنبال آن از کاهش کلروفیل جلوگیری می‌کند (Li *et al.*, 1992). کاروتنوئیدها افزون برداشتن نقش به‌عنوان رنگدانه فرعی، بـه‌عنـوان یک عامل آنتی‌اکسیدان مؤثر عمل نموده و نقش منحصر به‌فردی درحفاظت از فرآیندهای فیتوشیمیایی و حفظ و ادامه آنها بازی می‌کنند (Farooq *et al.*, 2009). متیل‌جاسمونات با فعال‌کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز جلوگیری کرده و بدین ترتیب موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه می‌شود (Popova *et al.*, 2003). بسته‌شدن روزنه‌ها موجب افزایش رطوبت نسبی برگ می‌شود که نتیجه آن افزایش فتوسنتز است و در آزمایش حاضر، با افزایش شاخص کلروفیل در تیمار دو مرحله‌ای با ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات مشخص است. غلظت‌های کم متیل‌جاسمونات، شاخص کلروفیل را افزایش می‌دهد (Maciejewska & Krupa, 2002).

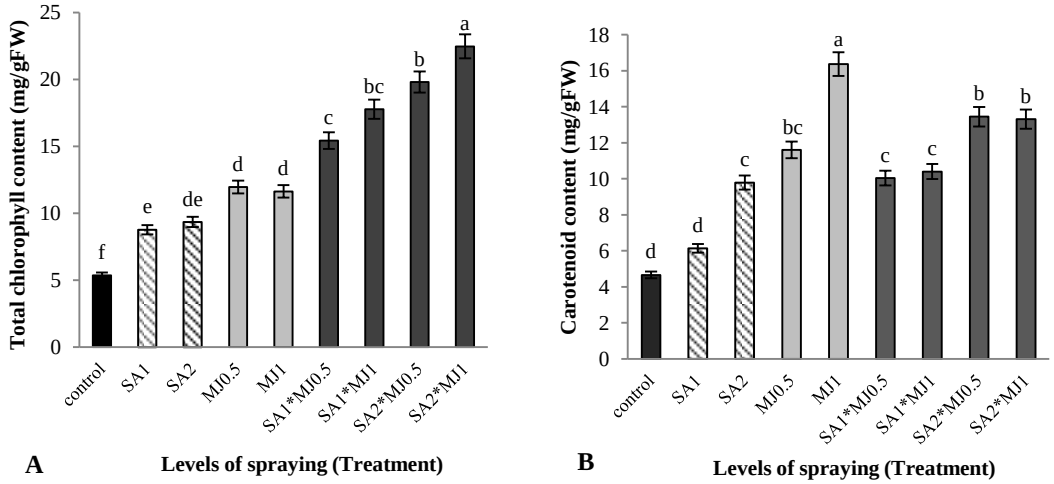
آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز نشان داد که سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات سبب افزایش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز نسبت به شاهد شدند؛ به‌نحوی‌که در

www.SID.ir

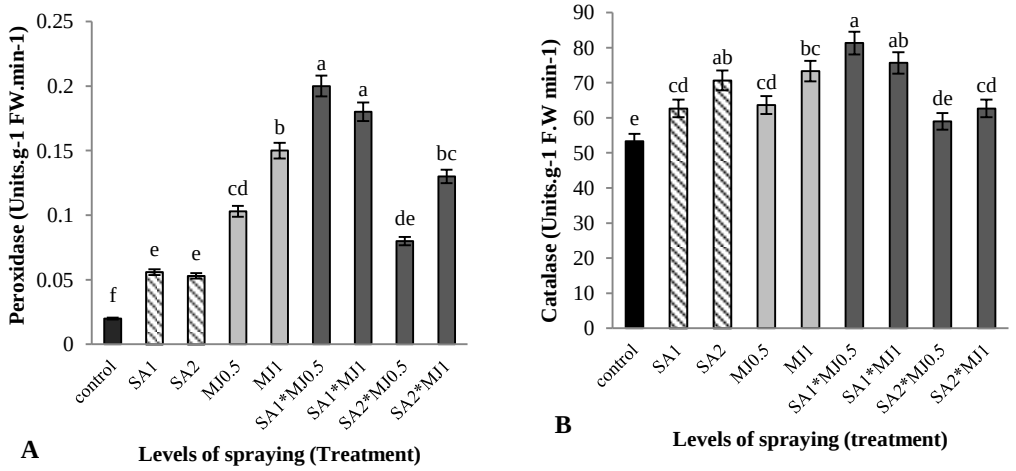
Archive of SID

غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و غلظت ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات بیشترین میزان را داشت. بیشترین میزان آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در اثر متقابل غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با ۰/۵ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات مشاهده شد (شکل ۵-A و ۵-B). اسیدسالیسیلیک 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 اسیدسالیسیلیک در گیاه سیاه‌دانه، سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم گایاکول‌پراکسیداز و به‌دنبال آن کاهش پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید شد (Kabiri *et al.*, 2012). گزارش شده که کاربرد یک میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، 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.



شکل ۴. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر کلروفیل کل (A) و کارتنوئید (B)

Figure 4. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on Total chlorophyll (A) and Carotenoid (B) contents



شکل ۵. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر آنزیم پراکسیداز (A) و کاتالاز (B)

Figure 5. Interaction effects of salicylic acid and methyljasmonate on peroxidase (A) and catalase (B)

www.SID.ir

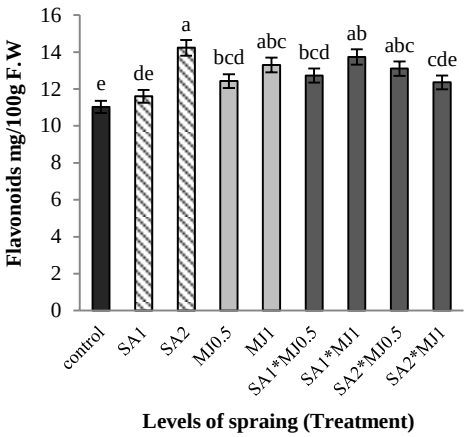
Archive of SID

فلاونوئید

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؛ به‌نحوی‌که بیشترین میزان فلاونوئید در غلظت ۲ میلی‌مولار (۱۳/۲) نسبت به شاهد (۱۲/۲) به‌دست آمد. در اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات، بیشترین میزان فلاونوئید مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک همراه با متیل‌جاسمونات ۱ میلی‌مولار حاصل شده است (شکل ۶). فلاونوئیدها جزو متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که به‌طورکلی 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 چالکون‌سنتتاز که پیش‌ساز فلاونوئیدها را تولید می‌کند توسط متیل‌جاسمونات القا می‌شود (Pinot *et al*., 1998). متیل‌جاسمونات دارای نقش دوگانه در تکامل و دفاع می‌باشد. این ترکیبات می‌توانند با القای مسیرهای علامت‌رسانی، باعث فعال‌شدن واکنش‌های دفاعی در گیاه شده و در نتیجه باعث افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه گردند (Zhao *et al*., 2005).

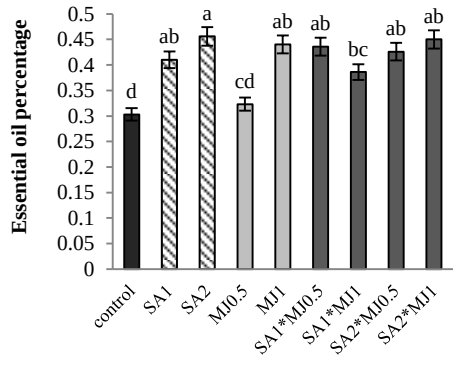
درصد اسانس

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری درصد اسانس نشان داد که بیشترین درصد اسانس در غلظت ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و همچنین ۱ میلی‌مولار متیل‌جاسمونات مشاهده شد. در اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات، 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 فعال‌شدن سیستم دفاعی گیاه می‌شود. ازآنجاکه 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).



شکل ۶. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر فلاونوئید

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



شکل ۷. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و متیل‌جاسمونات درصد اسانس

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

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

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 با هم سبب افزایش توان دفاع پاد اکسایندگی 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. ازآنجایی‌که گیاهان مختلف پاسخ یکسان و همانندی به استعمال مواد ندارد و معمولا 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.

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 andimprovement of leaf turgidity. *Acta Botanica Hungarica*, 41, 1-10.
4. Bernath, J. (2000). *Medicinal and aromatic plants*. (In Hungarian). Mezo. Pub1. 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. Mechanismsand management. *Agronomy forSustainable 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. *ActaPhysiologiaePlantarum*, 30(6), 849-853.
15. Gruenwald, J., Brendler, T. & Jaenicke, C. (1999). DDR for herbal medicines. Medical Economics Co., New Jersy, 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., Mirzapur, 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)

www.SID.ir

Archive of SID

17. Hamada, A. M. & Al-Hakimi, A. M. A. (2001). Salicylic acid versus salinity drought-induced stress on wheat seedlings.*RostlinaVyroba*, 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 syntheses 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. & Ohash, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 phenylpropaoid-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.

www.SID.ir