

اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر رشد و ترکیب‌های اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.)

عزیزه فرجی^۱، بهروز اسماعیل‌پور^{۲*}، فاطمه سفیدکن^۳، بهلول عباس‌زاده^۴ و کاظم خاوازی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیک: behsmaiel@yahoo.com

۳- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر عملکرد گیاه، عملکرد اسانس و اجزای اسانس گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. سالیسیلیک اسید به‌صورت محلول‌پاشی، در ۴ غلظت (۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بر لیتر) و محلول‌پاشی پوتریسین نیز در ۵ غلظت (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر) در سه مرحله (مرحله شروع ساقه‌دهی، ابتدای مرحله غنچه‌دهی، شروع مرحله گلدهی) بکار برده شدند. نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر وزن خشک و عملکرد اندام هوایی کل، برگ و گل‌آذین، کلروفیل کل، درصد وزنی، بازده و عملکرد اسانس گیاه مرزه و نیز ترکیب‌های اسانس گیاه مرزه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی (۴۵/۶۳g/p)، عملکرد اندام هوایی (۵۰۷۰kg/ha)، وزن خشک برگ (۶/۳۹g/p)، عملکرد برگ (۷۱۰kg/ha)، وزن خشک گل‌آذین (۱۵/۶۵g/p)، عملکرد گل‌آذین (۱۷۳۹kg/ha) و کلروفیل کل (۱/۴۴mg/l) مربوط به محلول‌پاشی با ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود و بیشترین میزان بازده اسانس (۲/۳۵٪) و عملکرد اسانس (۷۶/۷۶) در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین مشاهده شد. بیشترین میزان تیمول (۴۷/۷۶٪) به‌عنوان ترکیب شاخص گیاه مرزه در تیمار ۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید حاصل شد و بیشترین میزان آلفا-پینن، لیمونن و ترانس-پتا-اوسیمین در گیاهان تیمار شده با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین تولید گردید.

واژه‌های کلیدی: مرزه (*Satureja hortensis* L.)، اسانس، پوتریسین، سالیسیلیک اسید، عملکرد.

مقدمه

به گیاهان دارویی شده است (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰).
جنس مرزه (*Satureja*) شامل گیاهانی یک‌ساله یا چندساله
علفی و معطر از خانواده Lamiaceae بوده، دارای ساقه‌های
متعدد افراشته یا خیزان و یا ساقه‌های کمّانی با ارتفاع ۱۰ تا

عوارض جانبی داروهای شیمیایی و تمایل بشر به
استفاده از محصولات طبیعی به‌منظور حفظ سلامت خویش
و همچنین مشکلات سیستم دارویی مدرن، باعث توجه بشر

نقش دارند. در واقع پلی آمین‌ها، مولکول‌هایی با وزن مولکولی کم می‌باشند که در طیف عظیمی از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند جنین‌زایی، تقسیم سلولی، توسعه و گسترش برگ‌ها و تنش‌ها دخیل هستند (Pedraza et al., 2007). پوتریسین یکی از پلی آمین‌های بسیار رایج است که در تمام سلول‌های گیاهی و در pH های فیزیولوژیکی (۵/۰-۶/۰) مختلف، به‌عنوان کاتیون یافت می‌شود. بررسی مقایسه‌ای اثر محلول‌پاشی پوتریسین و تیمین بر روی گیاه بابونه (*Matricaria recutita*) نشان داد که پوتریسین با غلظت ۱۵۰ ppm بیشترین تأثیر مثبت را بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گیاه بابونه دارد (Mahgoub et al., 2011). محلول‌پاشی برگ‌ی پوتریسین، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر برگ در بوته، وزن تر و خشک گیاه، سطح برگ، سطح برگ در بوته، طول غده، قطر غده، وزن و عملکرد پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) می‌شود و همچنین سبب افزایش کیفیت این گیاه به لحاظ افزایش میزان قندهای محلول کل، ترکیب‌های گوگرد کل، محتوای فنول‌های محلول کل، اسید آمینه‌های آزاد و کل محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌گردد (Amin et al., 2011). مطالعه‌ای دیگر نشان داده است که تیمار پوتریسین سبب افزایش برخی مؤلفه‌های رشد (طول گیاه، تعداد شاخه، وزن تر و خشک) و درصد اسانس در گیاه ریحان شده و بر ترکیب‌های شیمیایی این گیاه نیز تأثیر داشته است (Talaat & Balbaa, 2010). پوتریسین در تولید بسیاری از گیاهان مانند فلفل شیرین (Talaat, 2003)، گوجه‌فرنگی (Cohen et al., 1982)، نخودفرنگی (Gharib & Hanafi Ahmad, 2005) و بادنجان (El-Tohamy et al., 2008) نقش تنظیم‌کنندگی روی فرایندهای رشد داشته و باعث بهبود عملکرد این گیاهان در شرایط طبیعی و همچنین باعث ایجاد مقاومت برای رشد در شرایط نامساعد محیطی می‌گردد. با توجه به اینکه مرزه یکی از گیاهان دارویی مهم است که بهبود عملکرد رویشی و کیفیت اسانس آن حائز اهمیت می‌باشد، این تحقیق به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین به‌عنوان مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی بر رشد،

۳۰ سانتی‌متر، به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد؛ ساقه‌ها و شاخه‌ها معمولاً پوشیده از کرک می‌باشند. برگ‌ها متقابل، دارای دم‌برگ‌های کوتاه یا تقریباً بدون دم‌برگ می‌باشند، در سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی به نام غده وجود دارد که حاوی اسانس است. گل‌آذین‌گزن بوده و به‌صورت چرخه‌های جدا از هم با ۲ تا ۱۷ گل در محور برگ‌های بالایی ظاهر می‌شوند، گل‌ها نر و ماده بوده و به رنگ‌های سفید تا ارغوانی دیده می‌شوند (Yazdanpanah et al., 2011).

سالیسیلیک اسید نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی با توجه به غلظت بکار رفته، گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی ایفا می‌کند. این ماده همچنین به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانهای گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Senaratna et al., 2000). کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش تحمل گیاه مرزه نسبت به تنش خشکی شده و اثر کمبود آب را تعدیل و همچنین برخی از پارامترهای رشدی را افزایش داده است (Yazdanpanah et al., 2011). کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰ μM، بر روی گیاه خیار سبب افزایش جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گردید (Singh et al., 2010). گیاهان حاصل از بذرهای لوبیا چشم‌بلبلی که با غلظت ۲۷۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید پیش‌تیمار شده بودند در شرایط کم‌آبی در مقایسه با گیاهان در سایر تیمارها رشد و عملکرد بهتری داشتند (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). مداح و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مقایسه با روش آبیاری بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)، تأثیر مثبت بیشتری بر فاکتورهای کیفی گیاه دارد. محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۷ mM، میزان پروتئین محلول کل و عملکرد بوته در گیاه نخود را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

پلی آمین‌ها یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد طبیعی گیاهی هستند که امروزه به‌عنوان هورمون‌های گیاهی شناخته می‌شوند و در بسیاری از فرایندهای رشد و نمو

شاخص‌های فیزیولوژیکی، اسانس و اجزای اسانس گیاه مرزه در شرایط آب و هوایی استان البرز انجام شد.

مواد و روشها

این تحقیق در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج و در تابستان سال ۱۳۹۱

انجام شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد نظر در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده‌است. بافت خاک در این مزرعه رسی و pH آن نیز ۷/۴۸ بود. بذر مرزه *Satureja hortensis* از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد و در اواخر خرداد ماه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی کشت شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	درصد اشباع	تعیین بافت خاک
(%Clay)	(%Silt)	(%Sand)	(%S.P)	به روش هیدرومتری
۳۵/۷۱	۳۷/۷۸	۲۵/۵۱	۳۵/۲۹	رسی

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

هدایت الکتریکی	اسیدیته	درصد نیتروژن	درصد مواد	درصد مواد آلی	آهن	روی	فسفر	پتاسیم
(EC)	(pH)	کل (%N)	خنثی‌شونده (%O.M)	(%O.C)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
۱/۰۲	۷/۴۸	۰/۰۹	۲/۲۹	۱/۳۳	۳/۱۸	۰/۳۷	۸/۱۶	۵۸۰

کرت‌ها در ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ متر و با فاصله یک متر از هم تهیه شده و بذرها به روش جوی و پشته در داخل کرت کشت شدند. فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. سالیسیلیک اسید (از شرکت مرک از کشور آلمان) در ۴ غلظت (۰، ۱، ۲، ۳ میلی‌مولار بر لیتر) به صورت محلول پاشی و پوتریسین (از شرکت سیگما آلدریچ) نیز در ۵ غلظت (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ میلی‌مولار بر لیتر) به صورت محلول پاشی و در سه مرحله (مرحله شروع ساقه‌دهی، ابتدای مرحله غنچه‌دهی، شروع مرحله گلدهی) بکار برده شد. آبیاری در اوایل کشت و با توجه به موقعیت آب و هوایی ۲ نوبت در هفته و در اواسط تابستان و اواخر دوره کشت تا برداشت نمونه گیاه ۳ نوبت در هفته انجام شد. وجین کرت‌ها در کل دوره رشدی گیاه ۴ مرتبه انجام گردید. همچنین تنک کردن گیاهان در مرحله ۴ برگی انجام شد. اولین مرحله از محلول پاشی ۲۱ روز پس از جوانه‌زنی همزمان با شروع ساقه‌دهی انجام گردید، مراحل بعدی محلول پاشی با فاصله‌های ۱۴ و ۲۱ روز پس از

اولین مرحله محلول پاشی انجام شد. در مرحله شروع گلدهی مؤلفه‌های رشد از قبیل ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش اندازه‌گیری شد و در مرحله گلدهی کامل گیاهان برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و اسانس برداشت شدند. پس از اندازه‌گیری مؤلفه‌های رشدی و شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهان در محیط آزمایشگاه، گیاهان به مدت ۲ هفته در محیط آزمایشگاه خشک گردیدند و بعد به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انتقال یافتند. پس از آسیاب کردن نمونه‌های گیاهی، استخراج اسانس با روش تقطیر با آب (water distillation) و توسط دستگاه کلونجر (Clevenger) انجام شد. به منظور استخراج اسانس، حدود ۵۰ گرم از برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار به خوبی خرد و در دیگ کلونجر به مدت ۲ ساعت حرارت داده شدند. روغن اسانسی بدست آمده توسط سولفات سدیم خشک شد و به دقت توزین گردید. اسانس گرفته شده تا زمان آنالیز در شیشه‌های مخصوص که برای جلوگیری از نفوذ نور به دور آنها

گاما-ترینین، ترینین-۴-اول، تیمول و ای-کاربوفیلین در سطح ۱٪ معنی دار می‌باشد.

تأثیر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر مؤلفه‌های رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به مؤلفه‌های رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ($p \leq 0.05$) نشان داد (جدول ۴) که بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی ($45/63 \text{ g/p}$) و عملکرد اندام هوایی (5070 kg/ha) مربوط به محلول پاشی با ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید است که به لحاظ آماری این نتایج با تیمارهای ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و همه غلظت‌های پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین میزان برای این صفات در تیمار شاهد حاصل شد. بیشترین میزان وزن خشک برگ ($6/39 \text{ g/p}$) و عملکرد برگ (710 kg/ha) مربوط به محلول پاشی با ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر غلظت‌های سالیسیلیک اسید و کلیه غلظت‌های پوتریسین و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک گل‌آذین ($15/65 \text{ g/p}$) و عملکرد گل‌آذین (1739 kg/ha) مربوط به محلول پاشی با ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بوده که با تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و همه غلظت‌های پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک گل‌آذین ($8/25 \text{ g/p}$) و عملکرد گل‌آذین (916 kg/ha) مربوط به تیمار شاهد بود. بیشترین غلظت کلروفیل کل با $1/44$ میلی‌گرم بر لیتر برای محلول پاشی با غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که با کلیه سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت با $0/85$ میلی‌گرم بر لیتر نیز مربوط به شاهد بود که دارای اختلاف معنی‌داری با کلیه سطوح بود. بیشترین غلظت کلروفیل a با $1/14$ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز با $0/6$ میلی‌گرم بر لیتر برای شاهد حاصل گردید که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان

فوایل پیچیده شده بود، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. شناسایی و اندازه‌گیری ترکیب‌های اسانس توسط دستگاه‌های GC و GC/MS انجام شد. بدین ترتیب که برای آنالیز کروماتوگرافی گازی اسانس از گاز کروماتوگراف گازی واریان مدل سی پی ۳۸۰۰ (Varian CP 3800) مجهز به ستون از نوع DB1 به طول ۲۵ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه نازک ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. دمای آون به مدت ۱ دقیقه در ۶۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد و بعد تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای قسمت تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز نیتروژن با سرعت جریان ۱/۱ میلی‌متر بر دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد. برای محاسبه کلروفیل ابتدا دیسکت برگی به میزان ۰/۱ گرم توزین، سپس در ۵CC استون قرار گرفت و داخل فویل آلومینیوم در محل تاریک قرار داده شد، سپس با دستگاه اسپکتروفتومتری که با طول موج ۶۴۵ و ۷۶۶ نانومتر روی عدد صفر تنظیم شده بود، کلروفیل a و b قرائت شدند. آنگاه میزان کلروفیل a و b با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Arnon, 1975):

$$\text{کلروفیل } (g.L^{-1}) = (0/0202)(OD_{645}) + (0/0082)(OD_{663})$$

$$\text{محتوی کلروفیل } a (g.L^{-1}) = (0/0127)(OD_{663}) - (0/00269)(OD_{645})$$

$$\text{محتوی کلروفیل } b (g.L^{-1}) = (0/0229)(OD_{645}) - (0/00448)(OD_{663})$$

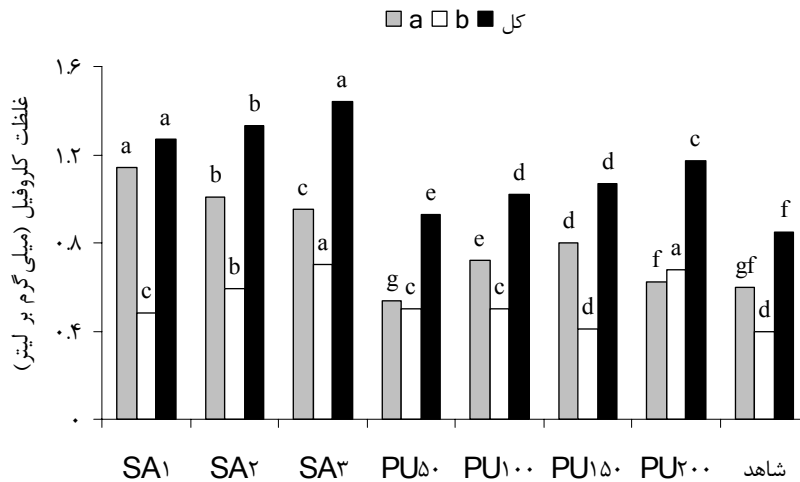
داده‌ها، با استفاده از برنامه آماری SAS9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج

با توجه به تجزیه واریانس تأثیر تیمارها (جدول ۳)، اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر وزن خشک اندام هوایی، برگ و گل‌آذین، عملکرد اندام هوایی، برگ و گل‌آذین، کلروفیل a و b و کلروفیل کل، درصد وزنی، بازده، عملکرد اسانس گیاه مرزه، آلفا-پینین، ساینین، میرسن، آلفا-ترینین، پارا-سیمن، لیمونن، ترانس-بتا-اوسیمین،

کمترین میزان این صفت نیز با ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر برای شاهد حاصل گردید که با تیمار ۱/۵ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

کلروفیل b با ۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به محلول‌پاشی با غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با تیمار ۲ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت؛



شکل ۱- اثر غلظت‌های محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر غلظت کلروفیل گیاه دارویی مرزه

*: میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند ($p \leq 0.05$).

SA₁، SA₂ و SA₃: به ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید می‌باشند.

PU₅₀، PU₁₀₀ و PU₁₅₀: به ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین می‌باشند.

است که به لحاظ آماری با دیگر غلظت‌های پوتریسین و همه غلظت‌های سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری ندارد. با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۵) شاخص‌ترین ترکیب اسانس گیاه مورد بررسی گاما-تریپنین و تیمول می‌باشد. تیمارهای سالیسیلیک اسید و پوتریسین در همه غلظت‌ها سبب کاهش معنی‌دار گاما-تریپنین شدند، به طوری که کمترین میزان این ترکیب (۳۵/۱۲٪) در تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد. بیشترین میزان تیمول (۴۷/۷۶٪) مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید است که تفاوت معنی‌داری را با دیگر غلظت‌های سالیسیلیک اسید و همه غلظت‌های پوتریسین نشان می‌دهد. مقایسه داده‌های جدول ۵ نشان می‌دهد که با کاهش گاما-تریپنین، میزان تیمول در گیاه مرزه افزایش یافته است؛ از این رو به نظر می‌رسد که میزان دو ترکیب گاما-تریپنین و تیمول با یکدیگر همبستگی منفی دارند.

تأثیر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر کمیت و ترکیب‌های اسانس همان‌گونه که در جدول ۴ نشان داده شده است، بیشترین میزان درصد اسانس (۲/۱۳٪) مربوط به غلظت ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین است که با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین و ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری ندارد و کمترین میزان آن (۱/۴۳٪) نیز مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. بیشترین میزان بازده اسانس (۲/۳۵) مربوط به محلول‌پاشی با ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید است که به لحاظ آماری با دیگر غلظت‌های پوتریسین و غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری ندارد و کمترین میزان برای این صفت نیز (۱/۵۵) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد اسانس در سرشاخه‌های گیاه مرزه در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار بر لیتر پوتریسین به میزان ۷۶/۷۶ kg/ha

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر مؤلفه‌های رشد، کمیت اسانس و رنگیزه‌های فتوسنتزی

میانگین مربعات													منابع تغییرات
عملکرد	بازده	درصد	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	عملکرد	وزن خشک	عملکرد	وزن خشک	عملکرد	وزن خشک	درجه	
اسانس	اسانس	اسانس	اسانس	اسانس	اسانس	گل آذین	گل آذین	برگ	برگ	اندام هوایی	اندام هوایی	آزادی	
۲۷۹ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۲۵۹۲۳ ns	۲/۱ ns	۱۸۶۳ ns	۰/۱۵ ns	۲۱۴۲۸۵ ns	۱۷/۳۵ ns	۲	تکرار
۶۹۱ **	۰/۲۶ **	۰/۲۱ **	۰/۱۲ **	۰/۰۴ **	۰/۰۱۳ **	۱۸۳۱۰۱ **	۱۲/۸۳ **	۳۴۴۹۲ **	۲/۷۹ **	۱۵۰۶۷۳۱ **	۱۲۲ **	۷	تیمار محلول پاشی
۱۴۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۲۶۸۱۶	۲/۱۷	۳۰۳۳۲	۰/۲۴	۲۲۴۶۳۱	۱۸	۱۴	خطا
۱۸	۱۰/۷	۹	۳/۷	۴/۲	۳	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۱/۲	۱۱/۲		ضریب تغییرات

ns و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی دار بودن و تفاوت معنی دار صفات در سطح ۱٪ می باشد.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر ترکیب‌های اسانس مرزه

میانگین مربعات												منابع تغییرات	
E-caryophyllene	thymol	α -terpineol	terpinen-4-01	γ -terpinene	E-B-ocimene	limonene	ρ -cymene	α -terpinene	myrcene	sabinene	α -pinene		درجه
												آزادی	
۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns	ns	۲	تکرار
۰/۰۰۷ **	۴۷/۶ **	۰/۰۰۰۲ **	۰/۱ **	۲۷/۱۸ **	۰/۰۰۱ **	۰/۰۰۱ **	۱۷ **	۲/۰۴ **	۰/۰۰۹ **	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۲ **	۷	تیمار
۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۱	۱۴	خطا
۵/۴	۰/۵	۱۳/۷	۲/۵	۱	۶/۴	۲/۴	۴/۷	۱۴/۳	۲	۱۱	۱/۵		ضریب تغییرات

ns و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی دار بودن و تفاوت معنی دار صفات در سطح ۱٪ می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر مؤلفه‌های رشد، کمیت اسانس و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه مرزه

میانگین صفات										
عملکرد اسانس (kg/ha)	بازده اسانس	درصد وزنی اسانس (%)	کلروفیل کل (mg/l)	عملکرد گل آذین (kg/ha)	وزن خشک گل آذین (g/p)	عملکرد برگ (kg/ha)	وزن خشک برگ (g/p)	عملکرد اندام هوایی (kg/ha)	وزن خشک اندام هوایی (g/p)	تیمار
۲۹/۶۵ b	۱/۵۵ c	۱/۴۳ c	۰/۸۵ f	۹۱۶ c	۸/۲۵ c	۳۷۴ d	۳/۳۶ d	۲۶۷۱ c	۲۴/۰۴ c	شاهد
۶۶/۹۱ a	۲/۳۵ a	۲/۱۶ a	۱/۲۷ b	۱۳۴۸ b	۱۲/۱۴ b	۵۵۰ bc	۴/۹۵ bc	۳۹۳۱ b	۳۵/۳۸ b	۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۶۲/۸۶ a	۲/۱۱ ab	۱/۹۴ ab	۱/۳۳ b	۱۴۳۶ ab	۱۲/۹۲ ab	۵۸۶ b	۵/۲۷ b	۴۱۸۶ ab	۳۷/۶۷ ab	۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۶۵/۲۱ a	۱/۸۰ bc	۱/۶۷ bc	۱/۴۴ a	۱۷۳۹ a	۱۵/۶۵ a	۷۱۰ a	۶/۳۹ a	۵۰۷۰ a	۴۵/۶۳ a	۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۷۲/۱۳ a	۲/۳ a	۲/۱۳ a	۰/۹۳ e	۱۵۲۵ ab	۱۳/۷۲ ab	۴۳۹ d	۳/۹۵ d	۴۳۹۴ ab	۳۹/۵۷ ab	۰/۵ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۷۲/۹۷ a	۲/۳ a	۲/۱۳ a	۱/۰۲ d	۱۵۴۷ ab	۱۳/۹۳ ab	۴۴۶ d	۴/۰۱ d	۴۴۶۰ ab	۴۰/۱۳ ab	۱ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۷۶/۷۶ a	۲/۳۵ a	۲/۱ a	۱/۰۷ d	۱۵۶۵ ab	۱۴/۰۸ ab	۴۵۱ cd	۴/۰۶ cd	۴۵۰۹ ab	۴۰/۵۸ ab	۱/۵ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۷۵/۰۷ a	۲/۲۷ a	۲/۱۳ a	۱/۱۶ c	۱۵۹۴ ab	۱۴/۳۴ ab	۴۵۹ cd	۴/۱۳ cd	۴۵۹۳ ab	۴۱/۳۴ ab	۲ میلی مولار بر لیتر پوتریسین

حروف متفاوت در هر ستون نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر ترکیب‌های اسانس گیاه مرزه

میانگین صفات												تیمار
E-caryophyllene	thymol	α -terpineol	terpinen-4-01	γ -terpinene	E-B-ocimene	limonene	ρ -cymene	α -terpinene	myrcene	sabinene	α -pinene	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
۰/۱۶ e	۳۶/۷ h	۰/۱۷ bc	۰/۶۹ b	۴۳/۴۹ a	۰/۱۵ b	۰/۶۳ b	۱۰/۸۴ a	۰/۹۵ d	۲/۵۲ a	۰/۱۶ c	۰/۷ e	شاهد
۰/۲۹ b	۳۸/۸۴ g	۰/۱۵ bc	۰/۵۳ d	۴۲/۶۶ b	۰/۱۴ bc	۰/۶۱ bc	۵/۹۳ e	۲/۶۴ a	۲/۴۱ b	۰/۱۹ c	۰/۶۴ f	۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۰/۲۲ cd	۴۷/۷۶ a	۰/۱۶ bc	۰/۷۸ a	۳۵/۱۲ g	۰/۱۳ cd	۰/۴۶ e	۷/۹ c	۱/۰۶ d c	۲/۰۳ f	۰/۱۸ c	۰/۷۶ d	۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۰/۵۶ a	۴۶/۸۸ b	۰/۱۷ b	۰/۲۹ f	۳۹/۱۳ c	۰/۱۳ cd	۰/۵۱ d	۳/۴۹ g	۳/۰۵ a	۲/۰۵ f	۰/۱۹ c	۰/۷۶ d	۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید
۰/۲۱ d	۴۲/۰۶ f	۰/۱۲ c	۰/۵ e	۳۷/۵۴ de	۰/۱۸ a	۰/۶۶ a	۹/۳۸ b	۱/۵۲ bc	۲/۳۱ c	۰/۲ c	۰/۸۹ a	۰/۵ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۰/۲۴ c	۴۴/۱۷ e	۰/۱۴ bc	۰/۵۶ d	۳۶/۸۶ ef	۰/۱۵ b	۰/۵۸ c	۸/۲۴ c	۱/۵۵ bc	۲/۲۵ de	۰/۳۱ b	۰/۸۶ b	۱ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۰/۲۷ b	۴۶/۳ c	۰/۱۶ cd	۰/۶۲ c	۳۶/۱۹ f	۰/۱۲ d	۰/۵۱ d	۷/۱ d	۱/۶ b	۲/۱۸ de	۰/۴۱ a	۰/۸۲ c	۱/۵ میلی مولار بر لیتر پوتریسین
۰/۵۴ a	۴۵/۲۶ d	۰/۲۳ a	۰/۲۳ g	۳۷/۷۹ d	۰/۱۵ b	۰/۵۹ c	۵/۰۲ f	۲/۸۸ a	۲/۱۴ e	۰/۱۸ c	۰/۷۶ d	۲ میلی مولار بر لیتر پوتریسین

حروف متفاوت در هر ستون نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

ارائه شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Haiati و Rowshan (۲۰۱۴) گزارش کردند که محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ mg/l سالیسیلیک اسید بیشترین وزن تر بوته را در گیاهان مرزه (*Satureja hortensis* L.) تولید کرد. مداح و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که تیمار سالیسیلیک اسید در مقایسه با روشهای آبیاری تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) دارد، به طوری که وزن ۱۰۰ غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد بوته در گیاهان تیمار شده با غلظت ۰/۷ میلی مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین نتایج حاصل از بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی گیاه خیار (*Cucumis sativus* L.) نشان داد که تیمار سالیسیلیک اسید، سبب افزایش محتوای کلروفیل، کربوهیدرات کل و نیتروژن کل در این گیاه شده و غلظت ۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید سبب القای افزایش در جوانه زنی و شاخصه های رشد می شود (Singh et al., 2010). اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد برخی گیاهان دیگر مانند سویا (Kumar et al., 1999) نیز گزارش شده است. سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است که در گیاهان به وسیله سلول های ریشه تولید می شود. این ماده در گیاهان در مقادیر کم وجود دارد (Raskin, 1992) که هم به شکل آزاد و هم به شکل گلیکوزیل دیده می شود (Lee et al., 1995). سالیسیلیک اسید نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز، افزایش میزان کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز اتیلن و تعدیل اثرات تنش های زیستی و غیرزیستی با توجه به غلظت بکار رفته، گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی ایفا می کند (Haiati & Rowshan, 2014). این ماده همچنین به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در واکنش های گیاهی در پاسخ به تنش های محیطی شناخته شده است (Senaratna et al., 2000). همچنین سالیسیلیک اسید به طور قابل توجهی بر روی ساختار غشاء و سیستم فتوسنتزی اثر می گذارد (Yazdanpanah et al., 2011). Rowshan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که

همچنین نتایج جدول ۵ نشان می دهد که بیشترین میزان آلفا-پینن (۰/۸۹٪)، لیمونن (۰/۶۶٪) و ترانس-بتا-اوسیمین (۰/۶۶٪) مربوط به تیمار ۰/۵ میلی مولار بر لیتر پوتریسین است که با دیگر غلظت های پوتریسین و همه غلظت های سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری دارند. بیشترین میزان ساینین (۰/۴۱٪) مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین می باشد که با سایر غلظت های پوتریسین و همه غلظت های سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری دارد. تیمارهای سالیسیلیک اسید و پوتریسین در همه غلظت ها سبب کاهش معنی دار دو ترکیب میرسن و پارا-سیمین در گیاه مرزه شدند. همچنین بیشترین میزان آلفا-ترینین (۳/۰۵٪) در تیمار ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که البته به لحاظ آماری با تیمارهای ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۲ میلی مولار بر لیتر اختلاف معنی داری ندارد. بیشترین میزان ترینین-۴-اول (۰/۷۸٪) مربوط به تیمار ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید می باشد. بیشترین میزان ای-کاریوفیلن (۰/۵۴ mg/l) نیز مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین می باشد که با تیمار ۳ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری ندارد.

بحث

بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر مؤلفه های رشد و رنگیزه های فتوسنتزی گیاه مرزه نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار سالیسیلیک اسید صفاتی از قبیل وزن خشک و عملکرد اندام هوایی، برگ و گل آذین و محتوای کلروفیل کل و کلروفیل های a و b را به طور معنی داری افزایش داده است که در غلظت ۳ میلی مولار حداکثر تغییرات قابل مشاهده بود (جدول ۴). تحقیقات گذشته نشان داده است که سالیسیلیک اسید به وسیله مکانیزم هایی سبب افزایش سنتز پروتئین و بهبود فرایند فتوسنتز شده و از این طریق سبب افزایش برخی از پارامترهای رشد در گیاهان می شود (Yazdanpanah et al., 2011). تاکنون گزارش های متعددی در خصوص تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید بر مؤلفه های رشد و رنگیزه های فتوسنتزی

نشان داد که بیشترین میزان عملکرد و کیفیت مطلوب پیاز در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گلوتامین به صورت ترکیبی یا جداگانه بدست آمده و این تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان این صفات داشتند (Amin et al., 2011). نقش پوتریسین در افزایش رشد گیاهان در شرایط بدون تنش احتمالاً مربوط به اثر آنتی‌اکسیداتیو، کمک به تعادل کاتیون-آنیون و یا احتمالاً عمل به‌عنوان منبع ازت بوده‌است (Tang & Newton, 2004). پلی‌آمین‌ها و از جمله پوتریسین با افزایش انبساط سلولی، رشد سلول را افزایش می‌دهند و از طریق تأمین ترکیب‌های نیتروژنه سبب افزایش سنتز پروتئین‌ها و رشد بعدی سلول می‌شوند. پوتریسین علاوه بر این از طریق افزایش تقسیم سلولی و رشد بعدی ریشه‌های مویین باعث افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر، کلسیم و پتاسیم در گیاه می‌شود. پوتریسین نفوذپذیری غشاها و خاصیت جذب انتخابی یون‌ها را نیز افزایش می‌دهد (Einhelling & Leather, 1998). پوتریسین همچنین با افزایش سنتز تسریع‌کننده‌های رشدی از قبیل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین باعث تسریع رشد گیاه و افزایش عملکرد رویشی و در پی آن افزایش عملکرد اسانس در گیاه می‌شود (El-Bassiouny & Bekheta, 2005).

از آنجایی‌که پوتریسین عضوی از پلی‌آمین‌های فعال گیاه بوده و بخشی از متابولیسم ترکیب‌های نیتروژنی را شامل می‌شود می‌تواند نقش تأمین‌کننده منبع نیتروژن را در گیاه داشته و از این طریق سبب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد کلی گیاه گردد (Amin et al., 2011). همچنین پلی‌آمین‌ها مولکول‌هایی با وزن مولکولی کم هستند که در تنظیم رشد و پاسخ به تنش وارد عمل می‌شوند، پوتریسین با نقش تنظیم‌کنندگی که در گیاه دارد سبب افزایش تقسیم سلولی و تمایزبایی سلول‌ها و جلوگیری از پیری گیاه به‌وسیله جلوگیری از کاهش کلروفیل و سنتز اتیلن می‌شود و علاوه بر این خود پوتریسین اثر هم‌افزایی بر میزان آنزیم‌های گیاهی داشته و سبب سنتز بیشتر آنزیم‌ها می‌شود (El-Bassiouny et al., 2005). از سوی دیگر پوتریسین

محلول‌یابی سالیسیلیک اسید سبب کاهش تعداد مولکول‌های کلروفیل و کاهش تعداد پلاستیدها در سلول شده و میزان بیوسنتز منوترین‌ها را کاهش و بیوسنتز تیمول را افزایش داد.

نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت‌های مختلف پوتریسین در مقایسه با نمونه‌های شاهد اثر معنی‌داری بر مؤلفه‌های رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه مرزه داشته‌اند، اگرچه این اثرگذاری به‌مراتب کمتر از اثرات سالیسیلیک اسید بود (جدول ۴). در تأیید نتایج این تحقیق، گزارش‌های متعددی موجود است که به مواردی از آنها اشاره می‌شود. نتایج یک تحقیق بر روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که تیمار پوتریسین سبب افزایش معنی‌دار میزان عملکرد اندام هوایی و درصد عملکرد اسانس در چین اول و دوم شده‌است، به‌طوری‌که پوتریسین با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین اثر افزایشی را بر مؤلفه‌های رشد همانند (ارتفاع بوته، تعداد شاخه در واحد گیاه و وزن تر و خشک) داشته‌است (Talaat & Balbaa, 2010).

نتایج حاصل از بررسی اثر پوتریسین، اسکوربیک اسید و تیامین بر روی گیاه گلایل (*Gladiolus callianthus* L.) نشان داد که پوتریسین در غلظت ۲۰۰ ppm بیشترین اثر را بر میزان رشد رویشی داشت که بعد از آن غلظت ۱۰۰ ppm از اسید اسکوربیک و تیامین بیشترین کارایی را بر شاخص‌های مذکور داشتند. حداکثر میزان برای پارامترهای گلدهی با کاربرد غلظت ۲۰۰ ppm پوتریسین و اسید اسکوربیک و ۱۰۰ ppm تیامین حاصل شد و پوتریسین در غلظت ۲۰۰ ppm بیشترین اثر را بر میزان ترکیب‌های شیمیایی این گیاه داشت (Nahed et al., 2009). بررسی اثر پوتریسین و تیامین بر روی گل کوبک (*Dahlia spp* L.) نشان داد که غلظت ۱۵۰ ppm پوتریسین بیشترین اثر را بر میزان ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، تعداد برگ، وزن تر و خشک و قطر ساقه، عملکرد و ویژگی‌های گل و محتوای کلروفیل در این گیاه داشته‌است (Mahgoub et al., 2011). تأثیر پوتریسین و گلوتامین بر میزان عملکرد پیاز (*Allium cepa* L.)

عامل مهمی در سنتز کربوهیدرات‌ها می‌باشد (Yang et al., 1996).

بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر کمیت و ترکیب‌های اسانس مرزه

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید عملکرد، بازده و درصد اسانس مرزه را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌است. همچنین اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر میزان ترکیب‌های شاخص اسانس داشت و میزان تیمول و گاما-ترپین و پارا-سیمن را به ترتیب در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش و کاهش داده‌است و غلظت ۱ میلی‌مولار این تیمار در مقایسه با سایر سطوح بیشترین اثر را بر میزان بازده و درصد اسانس و عملکرد اسانس سرشاخه داشت. پوتریسین در مقایسه با سالیسیلیک اسید اثر افزایشی بیشتری بر میزان درصد و عملکرد اسانس دارد و میزان عملکرد اسانس سرشاخه را در حدود ۲/۵۶ برابر افزایش داده‌است.

در یک آزمایش کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد پاجوش‌ها، تعداد گل، قطر گل، سطح برگ و وزن تر و خشک گیاه با بونه کبیر (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip) گردید و بیشترین افزایش در ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد گل و سطح برگ در غلظت ۳۰۰ ppm سالیسیلیک اسید حاصل شد، در حالی‌که تعداد پاجوش‌ها، قطر گل و وزن تر و خشک گیاه با کاربرد غلظت ۴۵۰ ppm سالیسیلیک اسید افزایش قابل‌ملاحظه‌ای نشان داد (نجفیان و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طور مشابه محلول‌پاشی گیاهان مرزنگوش (*Origanum majorana* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با سالیسیلیک اسید باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخ و برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک گیاه شده‌است. افزایش ارتفاع گیاه در غلظت ۳۰۰ ppm سالیسیلیک اسید ناشی از افزایش ارتفاع میان‌گره‌ها و افزایش وزن تر و خشک گیاه در غلظت

۴۵۰ ppm مربوط به افزایش تعداد پاجوش‌ها و شاخ و برگ‌ها گزارش شده‌است. سالیسیلیک اسید با افزایش وزن خشک برگ و کلروفیل کل به‌طور مستقیم سطح فتوسنتزکننده و توان فتوسنتزی گیاه را افزایش داده و به‌دنبال آن مؤلفه‌های رشد از جمله عملکرد برگ، گل‌آذین و کل اندام هوایی افزایش یافته‌است، از این‌رو افزایش عملکرد اسانس در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌دلیل نقش سالیسیلیک اسید در افزایش رشد کلی اندام هوایی گیاه باشد (Gharib, 2006). محلول‌پاشی برگ‌گی جاسمونیک اسید و سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان تیمول و سایر ترکیب‌های اسانس در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) شد و بیشترین میزان تیمول در تیمار با ۵۰ μl جاسمونیک اسید حاصل شد (رحیم ملک و همکاران، ۱۳۹۱). Rowshan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش میزان اسانس در گیاه دارویی *Salvia macrosiphon* شد و بیشترین میزان لینالول (۴۱/۳۷٪) در محلول‌پاشی با غلظت ۴۰۰ mg/l سالیسیلیک اسید حاصل شد.

محلول‌پاشی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با پوتریسین درصد اسانس را به‌طور معنی‌داری افزایش داده‌است. تیمار پوتریسین سبب افزایش معنی‌دار میزان تیمول در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. اما سبب کاهش معنی‌دار میزان دو ترکیب پارا-سیمن و گاما-ترپین در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. این احتمال وجود دارد که میان تیمول و پارا-سیمن و گاما-ترپین همبستگی منفی وجود داشته و در مسیر بیوسنتزی تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپین به‌عنوان پیش‌ساز و ترکیب‌های حدواسط تلقی می‌شوند و پوتریسین با کاهش تولید این دو ترکیب سبب افزایش تیمول شده‌است. بخش عمده اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده که نیتروژن پیش‌ماده این ترکیب‌هاست، بنابراین پوتریسین با نقشی که در رابطه با افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و نقش مهمی که در سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها دارد سبب افزایش چشمگیر عملکرد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود (Talaat &

مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه گیلان،

۲۵-۲۲ تیر: ۱۱۱۷.

- Amin, A.A., Gharib, F.A.E., El-Awadi, M. and Rashad, E.M., 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*, 129(2): 353-360.
- Arnon, D.I., 1975. Physiological principles of dry land crop production: 3-14. In: Gupta, U.S., (Ed). *Physiological Aspects of Dryland Farming*. Oxford Press, 391p.
- Cohen, E., Arad, S., Heimer, Y.M. and Mizrahi, Y., 1982. Participation of ornithine decarboxylase in early stages of tomato fruit development. *Plant Physiology*, 70: 540-543.
- Einhellig, F.A. and Leather, G.R., 1998. Potential for exploiting allelopathy to enhance crop production. *Journal of Chemical Ecology*, 14(10): 1829-1842.
- El-Bassiouny, H.M. and Bekheta, M.A., 2005. Effect of salt stress on relative water content, lipid peroxidation, polyamines, amino acids and ethylene of two wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7: 363-368.
- El-Tohamy, W.A., El-Abagy, H.M. and El-Greadly, N.H.M., 2008. Studies on the effect of putrescine, yeast and vitamin C on growth, yield and physiological responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2): 296-300.
- Gharib, A.A. and Hanafy Ahmed, A.H., 2005. Response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to foliar application of putrescine, glucose, foliar feed and silicon. *Journal of Agricultural Science Mansoura University*, 30(12): 7563-7579.
- Gharib, F.A.E., 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal of Agricultural Science*, 4: 485-492.
- Haiati, P. and Rowshan, V., 2014. Effects of exogenous salicylic acid on growth factors and quality and quantity of essential oil in *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 29(4): 808-817.
- Karaman, S., Kirecci, O.A. and Ilcim, A., 2008. Influence of polyamines (spermine, spermidine and putrescine) on the essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 20(4): 288-292.
- Kumar, P., Dube, S.D. and Chauhan, V.S., 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max*

(Balbaa, 2010). کاربرد غلظت‌های مختلف (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین بر گیاه دارویی *Nepta cataria* L. در شرایط کشت درون شیشه‌ای سبب افزایش تولید ریشه‌های موئین و تولید اسید رزمارینیک شد که بیشترین میزان تولید ریشه‌های موئین و اسید رزمارینیک در تیمار ۵۰mg/l پوتریسین حاصل شد (Young et al., 2010). پیش‌تیمار بذر ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین نشان داد که در تمام تیمارها، لینالول بیشترین ترکیب اسانس را تشکیل داده و حداکثر میزان این ترکیب بعد از کاربرد اسپرمیدین بدست آمد (Karaman et al., 2008).

منابع مورد استفاده

- رحیم‌زاده، س.، سهرابی، ی.، حیدری، غ.ر. و بیرزاد، ع.ر.، ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). *علوم باغبانی*، ۲۵(۳): ۳۴۳-۳۳۵.
- رحیم‌ملک، م.، آزاد، ش.، یادگاری، م. و پیرلوطی، ع.ق.، ۱۳۹۱. اثرات جاسمونیک و سالیسیلیک اسید بر خاصیت فیتوشیمیایی برگ مریم‌گلی. *داروهای گیاهی*، ۲: ۹۴-۸۹.
- شکاری، ف.، پاک‌مهر، آ.، راستگو، م.، صبا، ج.، وظایفی، م. و زنگانی، ا.، ۱۳۸۹. تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیکی لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی در مرحله غلاف‌بندی. *فناوری نوین کشاورزی*، ۴(۱): ۲۶-۶.
- مداح، م.، فلاحیان، ف.ا.، صباغ‌پور، ح. و چلبیان، ف.، ۱۳۸۵. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد و ساختار تشریحی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.). *علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی*، ۶۱(۶۲): ۷۰-۶۱.
- نجفیان، ش.، نگهبان، م.، آمنه، ت. و قاسمیان، م.، ۱۳۸۸. بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زینتی دارویی بابونه کبیر (*Tanacetum parthenium* L.).

- tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2): 161-157.
- Singh, P.K., Chaturvedi, V.K. and Bose, B., 2010. Effect of salicylic acid on seeding growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis Sativus* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6(3): 102-113.
 - Talaat, I.M. and Balbaa, L.K., 2010. Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to putrescine and trans-cinnamic acid. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 8(4): 438-445.
 - Talaat, N.B., 2003. Physiological studies on the effect of salinity, ascorbic acid and putrescine on sweet pepper plant. Ph.D Thesis, Cairo University.
 - Tang, W. and Newton, R.J., 2004. Increase of polyphenol oxidase and decrease of polyamines correlate with tissue browning in Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.). *Plant Science*, 167(3): 621-628.
 - Yang, J., Zhu, Q., Wang, Z. and Cao, X., 1996. Polyamines in developing rice grains their relations with grain filling. *Zuo wu xue bao*, 23(4): 385-392.
 - Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. and Abbassi, F., 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research*, 6(4): 798-807.
 - Young, K.Y., Sook, Y.L., Woo, T.P., Nam, I.P. and Sang, U.P., 2010. Exogenous auxins and polyamines enhance growth and rosmarinic acid production in hairy root cultures of *Nepeta cataria* L. *Plant Omics Journal*, 3(6): 190-193.
 - L. Merrill). *International Journal of Plant Physiology*, 4: 327-330.
 - Lee, H., León, J. and Raskin, I., 1995. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences, United State of America*, 92(10): 4076-4079.
 - Mahgoub, M.H., Abd El Aziz, N.G. and Mazhar, A.M.A., 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 10(5): 769-775.
 - Nahed, G.A.A., Lobna, S.T. and Ibahim Soad, M.M., 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 2(2): 169-179.
 - Pedraza, R.O., Motok, J., Tortora, M.L., Salazar, S.M. and Díaz-Ricci, J.C., 2007. Natural occurrence of *Azospirillum brasilense* in strawberry plants. *Plant and Soil*, 295: 169-178.
 - Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review in Plant Physiology and Molecular Biology*, 43: 463-439.
 - Rowshan, V., Khosh Khoi, M. and Javidnia, K., 2010. Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in *Salvia macrosiphon*. *Journal of Biological and Environmental Science*, 4(11): 77-82.
 - Senaratna, T., Touchell, D.H., Bunn, E. and Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and

Effect of salicylic acid and putrescine on growth and essential oil compounds of summer savory (*Satureja hortensis* L.)

A. Faraji¹, B. Esmailpoor^{2*}, F. Sefidkon³, B. Abaszadeh³ and K. Khavazy⁴

1-Msc. student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2*- Corresponding author, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

E-mail: behsmaiel@yahoo.com

3- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), karaj, Iran

Received: February 2014

Revised: June 2014

Accepted: June 2014

Abstract

In order to investigate the effect of salicylic acid and putrescine as foliar spray on plant yield and growth, essential oil yield and composition of summer Savory (*Satureja hortensis* L.), a field experiment was carried out based on randomized complete blocks design (RCBD), with three replication. Different concentrations of salicylic acid (0, 1, 2 and 3mM) and putrescine (0, 0.5, 1, 1.5 and 2mM) were applied as foliar spray at early stages of shooting, blooming and flowering. Results showed that foliar application of salicylic acid and putrescine had significant effect ($p < 0.01$) on some vegetative parameters such as dry weight and yield of total aerial shoots, leaves and inflorescences as well as total chlorophyll concentration. All treatments had a significant effect ($p < 0.01$) on essential oil efficiency, percentage, yield and composition of *Satureja hortensis*. The highest value of total aerial shoots dry weight (45.63g/p), total aerial shoots yield (5070kg/ha), leaf dry weight (6.39g/p), leaf yield (710kg/ha), inflorescence dry weight (15/65g/p), inflorescence yield (1739kg/ha), and total chlorophyll concentration (1.46mg/l) were observed in 3mM salicylic acid. The essential oil efficiency (2.35kg/ha) and essential oil yield (76.76%) reached a maximum range in 1.5mM putrescine. The concentration of thymol (47.76%) as the main volatile component of summer savory, reached the highest value in 2mM salicylic acid while other components, such as α -pinene, limonene and E-B-ocimene, reached the highest value in 50mg/L putrescine.

Keywords: Summer savory (*Satureja hortensis* L.), essential oil, putrescine, salicylic acid, yield.