نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۸۵-۷۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 73-85

اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.)

عزیزه فرجی مهمانی[۱]- بهروز اسماعیل‌پور[۲*]- فاطمه سفیدکن[۳]- سرور خرم دل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۱

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی عکس‌العمل خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه نسبت به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید و چهار غلظت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و شاهد بود. محلول‌پاشی برگی در سه مرحله ابتدای ساقه‌دهی، آغازش گل و گلدهی انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته و قطر تاج پوشش گیاهی، تعداد ساقه جانبی در بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار در گیاه، تعداد برگ در گیاه، وزن و عملکرد برگ، سطح برگ، تعداد گل‌آذین، وزن خشک و عملکرد گل‌آذین، درصد وزنی و بازده اسانس و غلظت کلروفیل a، b و کل بودند. نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر شاخص‌های رشد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴۵/۶۳ گرم در گیاه)، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ۳۲/۶۳ گرم در گیاه در محلول‌پاشی با سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود. بیشترین (۷۶/۷۶ کیلوگرم بر هکتار) و کمترین (۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس به‌ترتیب با محلول‌پاشی با ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و شاهد حاصل گردید. بیشترین درصد وزنی اسانس (۲/۱۶ درصد) برای محلول‌پاشی با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید حاصل گردید. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد برای دستیابی به بیشترین عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس به‌ترتیب می‌توان از محلول‌پاشی غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنظیم‌کننده رشد، گیاه دارویی، محصول طبیعی

مقدمه

عوارض جانبی داروهای شیمیایی و تمایل به استفاده بیشتر از محصولات طبیعی به منظور حفظ سلامت و همچنین بروز مشکلات داروهای صنعتی، باعث افزایش توجه به تولید گیاهان دارویی شده است (۵ و ۲۴). مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی یک‌ساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده Lamiaceae بوده که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا خیزان و کمانی با ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد. ارتفاع این گیاه حداکثر تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد و 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. گل‌آذین‌ها گرزن بوده و به‌صورت چرخه‌های جدا از یکدیگر با ۱۷-۲ گل در محور برگ‌های بالایی ظاهر می‌شوند، گل‌ها نر و ماده بوده و به رنگ‌های سفید تا ارغوانی دیده می‌شوند (۳۷).

به منظور بهبود رشد کمی و کیفی گیاهان دارویی، امروز از انواع تنظیم‌کننده‌های گیاهی استفاده می‌شود. یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده بدین‌منظور سالیسیلیک اسید می‌باشد که دامنه‌ای از فرآیندهای متنوع نظیر جوانه‌زنی بذر (۸ و ۱۶)، بازشدن روزنه (۶ و ۱۸)، جذب یون و انتقال آن (۳۳)، نفوذپذیری غشاء (۷) و سرعت رشد (۱۷ و ۱۸) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی محسوب می‌شود که بسته به غلظت، نوع

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استاد مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: behsmaiel@yahoo.com)

گونه گیاهی، مرحله رشدی و شرایط محیطی، نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان مثل رشد، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفاء می‌کند. این ماده همچنین به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۲۶). یزدان‌پناه و همکاران (۳۷) دریافتند که کاربرد سالیسیلیک اسید و اسید آسکوربیک با افزایش تحمل مرزه نسبت به تنش خشکی، اثر کمبود آب را خنثی نمود و برخی از پارامترهای رشدی را افزایش داد. سینگ و همکاران (۲۹) نیز دریافتند که کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰ میکرو مولار سبب افزایش شاخص‌های رشد گیاه خیار شد. نتایج نشان داد که در شرایط کم آبی و شرایط طبیعی بذور لوبیا چشم بلبلی پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید در غلظت ۲۷۰۰ میکرومولار در مقایسه با سایر تیمارها وضعیت مطلوبی از نظر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک داشتند (۲۸). مداح و همکاران (۲۰) دریافتند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در مقایسه با روش آبیاری روی گیاه نخود (*Cicer aurantium* L.)، تأثیر بیشتری بر فاکتورهای کیفی گیاه داشت. نتایج مطالعه آنها همچنین نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۰/۷ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید میزان پروتئین محلول کل و عملکرد بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

پلی‌آمین‌ها یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد طبیعی گیاهی هستند که امروزه به‌عنوان هورمون‌های گیاهی شناخته شده‌اند و در بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو نیز نقش دارند. عمومی‌ترین پلی-آمین‌ها در گیاهان، پوتریسین دی‌آمین (Put)[1]، اسپرمایدین تریامین (Spd)[2] و اسپرمایدین تترامین (Spm)[3] هستند که در تنظیم فرآیندهای رشد گیاهان دخالت می‌کنند (۲۵). در واقع پلی‌آمین‌ها، مولکول‌هایی با وزن مولکولی کم می‌باشند که در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند جنین‌زایی، تقسیم سلولی، توسعه و گسترش برگ‌ها و مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی دخالت دارند (۱۹ و ۲۲). کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد به‌عنوان ترکیبات ضدپیری نیز مفید می‌باشد (۳۳ و ۳۶). داتا و همکاران (۹) اظهار داشتند که پوتریسین (Put)[4] یکی از پلی‌آمین‌های بسیار رایج است که در تمام سلول‌های گیاهی و در اسیدیته‌های مختلف (۶/۰-۵/۰) به‌عنوان کاتیون یافت می‌شود. محجوب و همکاران (۲۱) با بررسی اثر محلول‌پاشی پوتریسین و تیامین روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) مشاهده کردند که بهترین تأثیر بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گیاه با محلول‌پاشی ppm ۱۵۰ پوتریسین به‌دست آمد. کاربرد خارجی پوتریسین بر روی نشاء گیاه پروانش (*Vinca minor* L.) موجب بهبود رشد در مراحل نمو گردید (۳۴). نتایج مطالعه‌ای روی تأثیر پوتریسین و ترانس سینامیک اسید به‌صورت محلول‌پاشی برگی بر ریحان (*Ocimum Basilicum* L.) نشان داد که اعمال این دو ماده سبب افزایش خصوصیات رشدی گیاه نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی) و درصد اسانس شد (۳۳). نتایج مشابهی در رابطه با محتوای کربوهیدرات‌ها، آهن و روی، قندهای محلول، نیتروژن و فسفر و پتاسیم قابل دسترس نیز مشاهده شد. محلول‌پاشی با پوتریسین سبب ایجاد تغییر در رشد، اجزای ترکیبات شیمیایی مانند اسانس و عصاره گیاه ریحان نیز شد (۳۳). محلول‌پاشی برگی با پوتریسین باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن تر و خشک، سطح برگ، طول غده، قطر و وزن غده پیاز شده و همچنین عملکرد کمی و کیفی آن را از نظر تمام قندهای محلول، ترکیبات گوگرد، محتوای فنل‌های محلول، اسید آمینه‌های آزاد و کل محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش داد (۴). نقش تنظیم‌کنندگی محلول‌پاشی با پوتریسین بر بهبود تولید برخی دیگر از گیاهان نیز مانند فلفل شیرین (*Capsicum annum* L.) (۳۴)، گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) (۷)، نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) (۱۲) و بادنجان (*Solanum melongena L.*) (۱۰) به تأیید رسیده است.

به‌طور کلی، به‌دلیل اهمیت پتانسیل تولید کشت و کار گیاهان دارویی و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه مرزه به‌عنوان یکی از گونه‌های ارزشمند، این آزمایش با هدف بررسی عکس‌العمل خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، اسانس و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه نسبت به غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. غلظت‌های محلول‌پاشی برگی با سالیسیلیک اسید در سه سطح شامل ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بر لیتر و پوتریسین در چهار سطح شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و شاهد بود. قبل از شروع آزمایش خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بذر مرزه یک‌ساله از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد. کرت‌ها با ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ متر با فاصله یک متر از یکدیگر تهیه و بذرها به روش جوی و پشته داخل کرت‌ها به‌صورت سطحی به‌صورت دستی در اواخر خرداد ماه کاشته شدند. فاصله ردیف

1- Diamine Putrescine
2- Triamine Spermidine
3- Triamine Spermine
4- Putrescine

۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط آب و هوایی به‌صورت سه روز در میان تا زمان برداشت انجام شد. عملیات تنک در مرحله ۶-۴ برگی انجام شد. هفت روز پس از کاشت جوانه‌زنی مشاهده شد. دوازده روز پس از جوانه‌زنی گیاهان وارد مرحله چهار برگی شدند، ۲۱ روز پس از جوانه‌زنی اولین مرحله محلول‌پاشی همزمان با شروع ساقه‌دهی صورت گرفت، مراحل بعدی محلول‌پاشی با فاصله ۱۴ و ۲۱ روز بعد به‌ترتیب در ابتدای مرحله‌های غنچه‌دهی و شروع گلدهی انجام شد. عملیات دستی وجین بنا به ضرورت در طول فصل رشد صورت گرفت.

در مرحله شروع گلدهی صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش و ساقه اندازه‌گیری شد. در مرحله گلدهی کامل، گیاهان برای اندازه‌گیری سایر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و محتوی و خصوصیات اسانس شامل وزن خشک اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار، تعداد، وزن، عملکرد و سطح برگ، تعداد، وزن خشک و عملکرد گل‌آذین و درصد وزنی و بازده اسانس برداشت شدند. پس از اندازه‌گیری صفات مورد نظر، بوته‌ها به مدت دو هفته در سایه خشک شدند. پس از آسیاب کردن برگ، عمل اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با بخار به مدت سه ساعت انجام و درصد اسانس تعیین و عملکرد اسانس براساس معادله (۱) محاسبه شد:

(۱) عملکرد اسانس=عملکرد دانه× محتوی اسانس

بازده اسانس با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید (۱):

(۲) بازده اسانس=(وزن خشک گیاه/وزن اسانس)×۱۰۰

محتوی کلروفیل a، b و کاروتنوئید و محاسبه غلظت رنگدانه‌ها با استفاده از معادلات (۳) تا (۵) انجام گرفت (۲۳):

(۳) کلروفیل $g.l^{-1}$ = $(۰/۰۲۰۲)(OD۶۴۵)+(۰/۰۰۸۰۲)(OD۶۶۳)$

(۴) کلروفیل a $g.l^{-1}$ = $(۰/۰۱۲۷)(OD۶۶۳)-(۰/۰۰۲۶۹)(OD۶۴۵)$

(۵) کلروفیل b $g.l^{-1}$ = $(۰/۰۲۲۹)(OD۶۴۵)-(۰/۰۰۴۴۸)(OD۶۳۸)$

داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند و میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[2] در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. اثر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش، قطر ساقه، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار، وزن خشک برگ، وزن خشک گل آذین، عملکرد اندام هوایی، سرشاخه‌های گلدار، برگ و گل آذین، تعداد برگ و گل آذین، غلظت کلروفیل کل، a و b و درصد وزنی و بازده اسانس گیاه مرزه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq ۰/۰۱$) و بر روی تعداد ساقه جانبی مرزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۳).

بیشترین ارتفاع بوته با ۷/۴۵ سانتی‌متر برای محلول‌پاشی با ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین به‌دست آمد که فقط با شاهد و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین ارتفاع با ۷/۳۹ سانتی‌متر نیز مربوط به شاهد بود که با کلیه سطوح محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی با پوتریسین از طریق تولید آنزیم‌های بیوسنتزکننده باعث بهبود رشد رویشی شده که این امر از طریق افزایش طول میانگره‌ها در نتیجه باعث افزایش ارتفاع بوته شده است. عبدالعزیز و همکاران (۲) دریافتند که غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر تیامین موجب افزایش رشد رویشی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) شد. محجوب و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که کاربرد غلظت‌های مختلف پوتریسین به‌طور معنی‌داری ارتفاع کوکب (*Dahlia pinnata* L.) را تحت تأثیر قرار داد و آن را بهبود بخشید. نتایج مطالعه یوسف و همکاران (۳۸) نشان داد که کاربرد پوتریسین به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه شب بو (*Matthiola incana* L.) را افزایش داد.

بیشترین میزان قطر تاج پوشش گیاهی با ۳۹/۴۷ سانتی‌متر مربوط به غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین بود که با تیمارهای ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین، یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت با ۹/۳۳ سانتی‌متر مربوط به شاهد بود که با محلول‌پاشی با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴) بیشترین قطر ساقه با ۹ سانتی‌متر مربوط به تیمار سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با تیمار دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان این صفت با ۷ سانتی‌متر مربوط به شاهد بود که با تمامی سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشت.

1- Optical Density
2- Least Significant Difference

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical properties of soil before initiation of experiment

شن (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	رس (٪) Clay (%)	بافت خاک Soil texture
25.51	37.78	35.71	رسی Clay

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 2- Chemical properties of soil before initiation of experiment

هدایت الکتریکی Electrical conductivity (m^{-1}) (dS	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	مواد خنثی شونده Neutralizing compounds (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	سدیم اشباع Saturated Sodium (%)	آهن Fe (ppm)	روی Zn (ppm)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)
	7.48	0.09	2.29	1.33	35.29	3.18	0.37	8.16	580

بیشترین تعداد ساقه جانبی با ۷/۲ ساقه در گیاه مربوط به غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که با شاهد و غلظت‌های یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین تعداد ساقه جانبی با ۵/۱۷ ساقه در گیاه به شاهد تعلق داشت که فقط با غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی با پوتریسین از طریق افزایش تقسیم سلولی، قطر ساقه را افزایش داده است. عبدالعزیز و همکاران (۲) نیز اظهار داشتند که محلول‌پاشی با پوتریسین، تقسیم سلولی را افزایش داد. اسمیت (۳۱) گزارش نمود که مصرف خارجی پلی‌آمین‌ها باعث تحریک رشد گیاهان گردید. این محققان دلیل این امر را به وجود نیتروژن در این مواد تنظیم‌کننده رشد نسبت دادند و تأکید کردند که برای بهبود رشد گونه‌های مختلف گیاهی می‌توان مصرف این مواد تحریک‌کننده را مدنظر قرار داد.

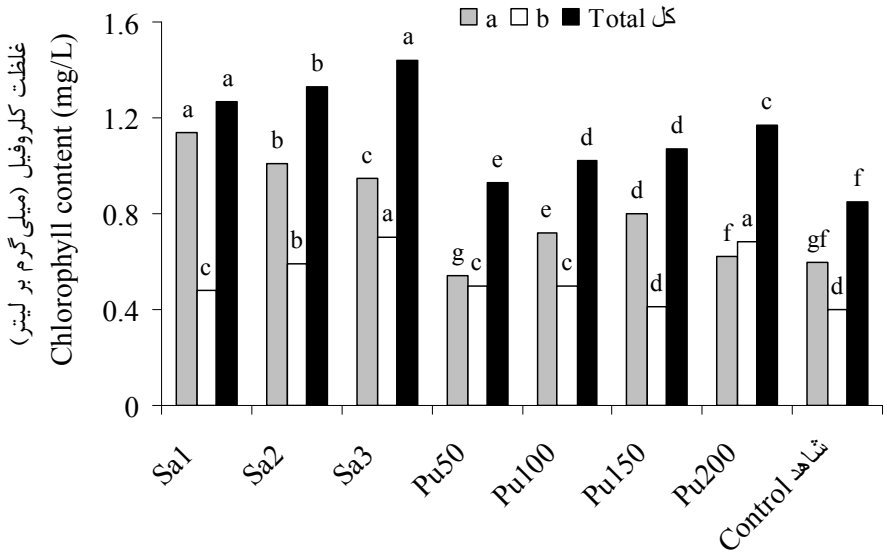
مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین تعداد برگ با ۱۶۶۹ برگ در گیاه، وزن خشک برگ با ۳۹/۶ گرم در گیاه، عملکرد برگ با ۷۱۰ کیلوگرم در هکتار و سطح برگ با ۷۵ مربوط به محلول‌پاشی با غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر سطوح سالیسیلیک اسید، کلیه سطوح پوتریسین و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفات به‌ترتیب با ۸۷۹ برگ در گیاه، ۳۷/۳ گرم در گیاه، ۳۷۴ کیلوگرم در هکتار و ۴۰ به شاهد اختصاص داشت که با کلیه سطوح سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت، ولی با هیچ‌کدام از سطوح محلول‌پاشی پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید از طریق افزایش سنتز پروتئین موجب افزایش سطح برگ شده است (۱۵). سرافینی–فراکاسینی (۲۷) دریافتند که کاربرد پلی‌آمین‌ها موجب افزایش سنتز پروتئین شد.

بیشترین غلظت کلروفیل کل با ۴۴/۱ میلی‌گرم بر لیتر برای محلول‌پاشی با غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که با کلیه سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت با ۸۵ میلی‌گرم بر لیتر نیز مربوط به شاهد بود که دارای اختلاف معنی‌داری با کلیه سطوح بود. بیشترین غلظت کلروفیل a با ۱۴/۱ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۶ میلی‌گرم بر لیتر برای شاهد حاصل گردید که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان کلروفیل b با ۷ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به محلول‌پاشی با غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت، کمترین میزان این صفت نیز با ۴ میلی‌گرم بر لیتر مربوط برای شاهد حاصل گردید که با تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). از آنجا که منیزیم عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل محسوب می‌شود (۳)، به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی باعث سنتز کلروفیل شده (۱۳) و یا از طریق افزایش جذب منیزیم (۱۴) سنتز کلروفیل را افزایش داده است. در همین راستا، نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل گیاه کوکب تحت تأثیر کاربرد خارجی پوتریسین و تیامین به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (۲۱). طلعت و همکاران (۳۵) بیان داشتند که کاربرد برگی پوتریسین و تریپتوفان بر برگ‌های *Carthamus roseus* L. باعث افزایش رشد، رنگدانه‌های فتوسنتزی (نظیر کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها)، قندهای محلول و غیرقابل حل، پروتئین و آلکالوئیدها گردید.

با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) بیشترین تعداد گل‌آذین (۳۱۵ گل‌آذین در گیاه) مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین بود که با غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری

نداشت، کمترین میزان این صفت با ۱۶۴ گل‌آذین در گیاه نیز به شاهد اختصاص داشت که دارای اختلاف معنی‌داری با کلیه سطوح محلول‌پاشی بود. بیشترین وزن خشک گل‌آذین با ۶۵/۱۵ گرم در گیاه و عملکرد گل‌آذین با ۱۷۳۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول‌پاشی با سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با شاهد و محلول‌پاشی با غلظت یک میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین وزن خشک گل آذین با ۲۵/۸ گرم در گیاه و عملکرد گل آذین با ۹۱۶ کیلوگرم در هکتار به شاهد اختصاص داشت که با کلیه سطوح تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. اسلوکوم و گالستون (۳۰) اظهار داشتند که پلی‌آمین‌ها از طریق تأثیر بر فیزیولوژی گیاه، سنتز متابولیت‌ها، رشد و گلدهی گیاه را تحت تأثیر قرار داد.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۶۳/۴۵ گرم در گیاه، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ۶۳/۳۲ گرم در گیاه مربوط به محلول‌پاشی با سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با شاهد و یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری دارند. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی با ۴۰/۲۴ گرم در گیاه و وزن خشک سرشاخه با ۱۹/۱۷ گرم در گیاه مربوط به شاهد بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴ و شکل ۲). طلعت و همکاران (۳۳) در تحقیق روی اثر پوتریسین و ترانس سینامیک اسید بر گیاه ریحان دریافتند که این تیمارها میزان عملکرد اندام هوایی را در چین اول و دوم به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. این محققان نتیجه گرفتند که تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (بالاترین غلظت) بیشترین اثر افزایشی را بر شاخصه‌های رشد ریحان نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در واحد گیاه، وزن تر و خشک اعمال نمود. از آنجا که هدایت روزنه‌ای تعیین‌کننده میزان ورود دی اکسید کربن به گیاه و در نتیجه تولید آسیمیلات‌ها و مواد فتوسنتزی می‌باشد (۱۱)، به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید از طریق افزایش درجه بازشدگی روزنه موجب بهبود سرعت رشد و فتوسنتز شده که این امر در نهایت، عملکرد اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار را موجب شده است. لارکیو–ساودا (۲۱) نیز دریافت که سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر بازشدگی روزنه، خصوصیات رشدی و سهم تولید آسیمیلات‌ها را در گیاهان تحت تأثیر قرار داد. محجوب و همکاران (۲۳) نیز با بررسی اثر محلول‌پاشی با پوتریسین و تیامین بر گل کوکب دریافتند که غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام پوتریسین بیشترین اثر را بر ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد برگ، وزن تر و خشک و قطر ساقه و عملکرد گل داشت. یافته‌های فوق با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. امین و همکاران (۴) در بررسی اثر پوتریسین و گلوتامین بر عملکرد پیاز دریافتند که بیشترین عملکرد کمی و کیفی پیاز (*Allium cepa* L.) با محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گلوتامین به‌صورت ترکیبی و جداگانه به‌دست آمد.



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

Figure 1- Effects of foliar spraying with SA and Putrescine on chlorophyll content of Summer Savory

Sa_1، Sa_2 و Sa_3: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و Pu_{50}، Pu_{100} و Pu_{150}: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین براساس آزمون LSD درسطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Sa_1, Sa_2 and Sa_3 Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.l SA, respectively and Pu_{50}, Pu_{100} and Pu_{150} Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD ($p \leq 0.05$).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه

Table 3- Analysis of variance (square of means) for the effect of priming with effect of SA and Putrescine Pretreatment on growth and physiological characteristics and quality and quantity of yield in summer savory

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	قطر تاج پوش Canopy Diameter	قطر ساقه Stem Diameter	تعداد ساقه جانبی Axillary Stem No.	وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial parts	عملکرد اندام هوایی Yield of aerial parts	وزن خشک شاخه گلدار Dry weight of Flowering Stems	عملکرد شاخه های گلدار Yield of Flowering Stems	تعداد برگ Leaf No.	وزن خشک برگ Dry weight of Leaf
تکرار Replication	2	1.29	2.31	0.004	1.83	17.35	214284	8.87	109548	11518	0.15
تیمار Treatment	7	13.3**	12.5**	0.01**	3.19*	122**	1506731**	62.4**	770279**	171262**	2.79**
خطا Error	14	2.65	1.37	0.002	1.19	18.19	22.46	9.3	114836	17536	0.24
ضریب تغییرات (٪)		3.4	3.13	5.29	5.75	11.2	11.21	11	11	10.9	10.9

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant in (p≤0.5) and (P≤0.01), respectively

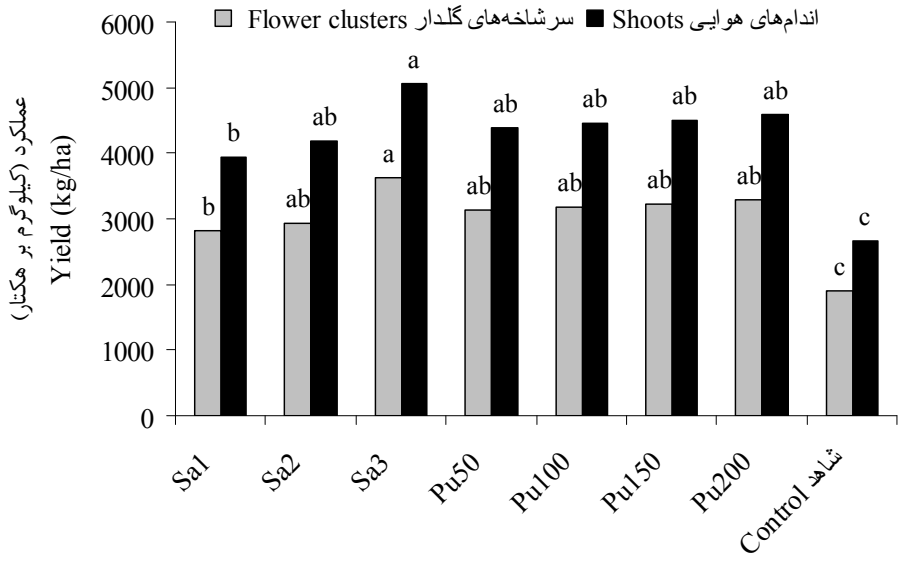
ادامه جدول ۳

Table 3 continued

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی DF	عملکرد برگ Yield of leaf	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد گل آذین Inflorescence No.	وزن خشک گل آذین Dry weight of Inflorescence	عملکرد گل آذین Yield of Inflorescence	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	درصد وزنی اسانس Essential oil percent	بازده اسانس Essential Oil efficiency	عملکرد اسانس Essential Oil Yield of
تکرار Replication	2	1862	0.0021	182	2.1	25923	0.005	0.007	0.003	0.015	0.07	279
تیمار Treatment	7	34491**	4.13**	7528**	14.83**	183101**	0.12**	0.013**	0.04**	0.21**	0.26**	691**
خطا Error	14	3032	0.034	682	2.17	26816	0.002	0.001	0.005	0.03	0.05	146
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		10.9	7.9	9.8	11.22	11.22	0.97	3	4.2	9.06	10.7	23.23

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant in (p≤0.5) and (P≤0.01), respectively



شکل ۲- اثر غلظت‌های محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر عملکرد اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار گیاه دارویی مرزه

Figure 2- Effects of Foliar Spraying with SA and Putrescine on yield of aerial parts and flowering stems of Summer Savory

Sa_1، Sa_2 و Sa_3: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و Pu_{50}، Pu_{100} و Pu_{150}: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین براساس آزمون LSD درسطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Sa_1, Sa_2 and Sa_3 Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.l SA, respectively and Pu_{50}, Pu_{100} and Pu_{150} Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD ($p \leq 0.05$).

علاوه بر این، به نظر می‌رسد که نقش پوترسین در افزایش رشد گیاهان در شرایط بدون تنش احتمالاً مربوط به اثر آنتی‌اکسیداتیو، کمک به تعادل کاتیون-آنیون و یا احتمالاً عمل به‌عنوان منبع نیتروژن بوده است (۳۶). نتایج مطالعه عبدال-واحد و و جمال‌الدین (۱) بیان داشتند که محلول‌پاشی با اسپرمیدین در مرحله رشد رویشی باعث بهبود خصوصیات رشدی بابونه نظیر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی شد. نتایج مطالعه گیوتیرز-کورونادو و همکاران، (۱۵) نیز نشان داد که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری رشد ساقه و ریشه را افزایش داد.

بیشترین عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار با ۷۶/۷۶ کیلوگرم بر هکتار به محلول‌پاشی با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین اختصاص داشت که با کلیه سطوح به‌جز شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۶/۲۹ کیلوگرم در هکتار برای شاهد حاصل گردید. بیشترین درصد وزنی اسانس با ۱۶/۲ درصد مربوط به محلول‌پاشی با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید حاصل گردید که با غلظت سه میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۴۳/۱ درصد به شاهد اختصاص داشت که تنها با تیمار سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). بیشترین بازده اسانس (۳۵/۲) برای محلول‌پاشی با غلظت‌هاس دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین حاصل گردید که با شاهد و غلظت سه میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت (۵۵/۱) نیز مربوط به شاهد بود که تنها با تیمار سه میلی‌مولار اسید سالیسیلک اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز به ATP و NADPH دارند و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصر غذایی برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی از طریق فراهمی و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و همچنین سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها موجب افزایش عملکرد اسانس این گیاه دارویی شده است (۲۴). رولند و همکاران (۲۵) دریافتند که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها باعث تحریک متابولیسم ترکیبات نیتروژن شد. نتایج مطالعه طلعت و همکاران (۳۳) نشان داد که کاربرد پوتریسین و ترانس سینامیک اسید موجب بهبود معنی‌دار درصد و عملکرد اسانس ریحان شد. عبدالعزیز و همکاران (۶) در بررسی اثر پوتریسین، آسکوربیک اسید و تیامین روی گلایل دریافتند که پوتریسین در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام بیشترین اثر را بر رشد رویشی، پارامترهای گلدهی و ترکیبات شیمیایی گیاه داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه

Table 4- Mean comparison of effect of SA and Putrescine Pretreatment on growth and physiological characteristics and quality and quantity of yield in summer savory

عملکرد برگ Yield of Leaf	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	تعداد برگ Leaf No.	وزن خشک شاخه‌های گلدار Dry weight of Flower clusters (g)	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoots (g)	تعداد ساقه جانبی Branch No.	قطر ساقه Stem diameter (cm)	قطر تاج پوشش Canopy diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)		تیمار Treatment
550	4.95	1294	25.3	35.38	18.47	0.8	35.3	42	1	سالیسیلیک اسید (mM)
586	5.27	1387	26.94	37.67	19.5	0.86	38.4	43.33	2	Salicylic Acid (mM)
710	6.39	1669	32.63	45.63	20.67	0.92	39.33	45.07	3	
439	3.59	1082	28.27	39.54	17.47	0.83	38.17	44.53	50	
446	4.01	1098	28.7	40.14	19.1	0.82	38.3	45.67	100	پوتریسین (mg.l)
451	4.06	1110	29.02	40.58	19.3	0.81	39.47	44.47	150	Putrescine (mg.l)
459	4.13	1131	29.56	41.34	19.87	0.81	36	43.6	200	
374	3.37	892	17.19	24.04	17.47	0.68	33.87	39.07		شاهد
96.43	0.8579	231.9	5.34	7.469	1.91	0.2477	2.05	2.851		LSD

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD می‌باشد (p≤۰/۰۵).

* Means with different letters in each column have significant difference based on LSD (p≤0.05).

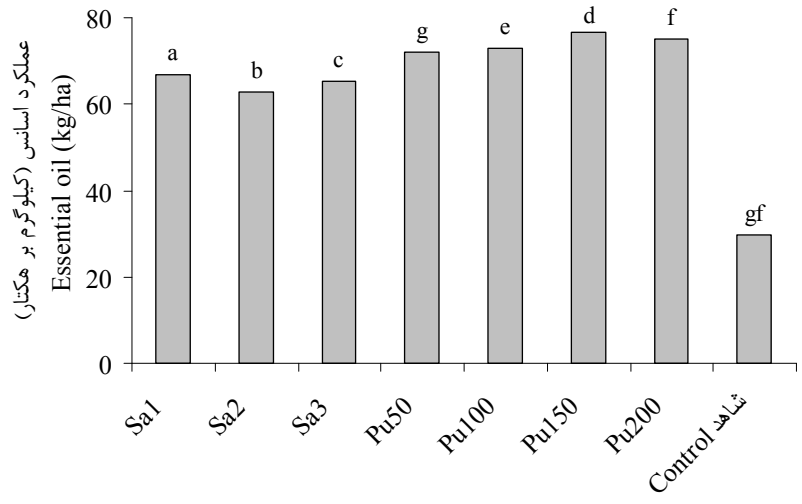
ادامه جدول ٤

Table 4 continued

عملکرد اسانس yield of essential oil	بازده اسانس Essentialoil efficiency	درصدوزنی اسانس Essential oil percent	عملکرد گل آذین Yield of Inflorescence (kg.ha^{-1})	وزن خشک گل آذین Dry weight of Inflorescence (g	تعداد گل آذین Inflorescence No.	شاخص‌سطح برگ Leaf area index		تیمار Treatment
66.91	2.35	2.16	1348	12.14	242	0.59	1	سالیسیلیک اسید (mM)
62.86	2.11	1.94	1436	12.92	257	0.62	2	Salicylic Acid (mM)
65.21	1.8	1.67	1739	15.65	312	0.75	3	
72.13	2.3	2.13	1525	13.72	247	0.47	50	
72.97	2.29	2.13	1547	13.93	268	0.47	100	پوتریسین (mg.l)
76.76	2.35	2.1	1565	14.08	307	0.48	150	Putrescine (mg.l)
75.05	2.27	2.13	1594	14.34	315	0.49	200	
29.65	1.55	1.43	916	8.25	164	0.40		شاهد
21.16	0.3916	0.3033	286.8	2.58	45.73	0.3229		

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD می‌باشد (p≤۰/۰۵).

* Means with different letters in each column have significant difference based on LSD (p≤0.05).



شکل ۳- اثر غلظت‌های محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه

Figure 3- Effects of foliar spraying with SA and Putrescine on yield of essential oil in Summer Savory

Sa_1، Sa_2 و Sa_3: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و Pu_{50}، Pu_{100} و Pu_{150}: به‌ترتیب نشان‌دهنده محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین براساس آزمون LSD درسطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Sa_1, Sa_2 and Sa_3 Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.l SA, respectively and Pu_{50}, Pu_{100} and Pu_{150} Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD ($p \leq 0.05$).

عبدال–واحد و و جمال‌الدین (۵) با بررسی اثر مصرف اسپمیدین در مرحله رشد رویشی بابونه، افزایش اسانس گل را موجب گردید. طلعت و همکاران (۳۲) بیان داشتند که محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میلی‌لیتر سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوی و عملکرد اسانس شمعدانی گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت‌های سالیسیلیک اسید و پوتریسین خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، اسانس و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. محلول‌پاشی با پوتریسین صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش گیاهی، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار، عملکرد سرشاخه‌های گلدار، تعداد، وزن خشک و عملکرد گل آذین مرزه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در میان سطوح مختلف پوتریسین غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رابطه با اکثر صفات مورد مطالعه از جمله وزن خشک و عملکرد اندام هوایی بیشترین تأثیر را داشت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و نظریات سایر محققین در رابطه با مکانیسم عمل پوتریسین بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه، می‌توان نتیجه گرفت از آنجا که پوتریسین یکی از پلی‌آمین‌های فعال بوده و بخشی از متابولیسم‌های ترکیبات نیتروژنی را شامل می‌شود، توانسته است از طریق فراهمی نیتروژن برای گیاه سبب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گردد. کاربرد پوتریسین با ایجاد تنظیم‌کنندگی سبب افزایش تقسیم سلولی، تمایزیابی سلول‌ها و جلوگیری از پیری گیاه به‌وسیله جلوگیری از کاهش تخریب کلروفیل و ممانعت از سنتز اتیلن می‌شود. علاوه بر این، پوتریسین بر میزان آنزیم‌های گیاهی اثر هم‌افزایی داشته و سبب افزایش سنتز آنزیم‌ها می‌شود. از سوی دیگر، پوتریسین عامل مهمی در سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها محسوب می‌شود. از مطالب فوق، استناد می‌شود که پوتریسین با افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و سنتز آنزیم‌های رشدی و اثر تنظیم‌کنندگی سبب افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد کلی گیاه مرزه شده است.

References

1. Abd El-Wahed, M. S. A., and Gamal El-Din, K. M. 2004. Stimulation of growth, flowering, biochemical constituents and essential oil of chamomile plant (*Chamomilla recutita* L., Rausch) with Spermidine and stigmasterol application. Bulgarian Journal of Plant Physiology 30: 89-102.
2. Abdel Aziz, N. G., Taha, L. S., 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.

3. Alam, S. M. 1994. Nutrient Uptake by Plant under Stress Condition. In: Pessarakali, M. (ed.) Handbook of Plant Stress. Dekker, New York, p. 227-246.
4. Amin, A. A., Gharib, F. A. E., El-Awadi, M., and Rashad, M. E. M. 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of Putrescine and glutamine. Scientia Horticulturae 129: 353-360.
5. Azarnivand, H., Ghavam Arbani, M., Sefidkon, F., and Tavili, A. 2010. The effect of ecological characteristics on quality and quantity of the essential oils of *Achillea millefolium* L. subsp. Millefolium. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25 (4): 556-571. (in Persian with English abstract).
6. Barkosky, R. R., and Einhellig, F. A. 1993. Effects of Salicylic acid on plant water relationship. Journal of Chemical Ecology 19: 237-247.
7. 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.
8. Cutt, J. R., and Klessig, D. F. 1992. Salicylic acid in plants. A changing perspective. Pharmaceutical Technology 16: 25-34.
9. Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M. K., and Banerjee, S. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions Plant growth promoting rhizobacteria. Australian Journal of Crop Science 5 (5): 531-536.
10. El-Tohamy, W. A., El-Abagy, H. M., and El-Greadly, N. H. M. T. 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.
11. Gardner, F. P., Pearce, R. B., and Mitchell, R. L. 1985. The Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Science 327 pp.
12. 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. The Journal of Agricultural Science, Mansoura University 30 (12): 7563-7579.
13. Giri, B., and Mukerji, G. K. 2004. Mycorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza 14: 307-312.
14. Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K. G. 2002. VA mycorrhizal techniques.VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C. and Singh, J. (eds.) Techniques in mycorrhizal stueies Kluwer, Dordrecht, pp. 313-327.
15. Gutiérrez-Coronado, M. A., Trejo-López, C., and Larqué-Saavedea, A. 1998. Effects of Salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry 36: 563-565.
16. Harper, J. P., and Balke, N. E. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiology 68: 1349-1353.
17. Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 6: 1-8.
18. Larque-Saaveda, A. 1979. Stomatal closure in response to Salicylic acid treatment. Plant Physiology 93: 371-375.
19. Liu, J. H., Honda, C., and Moriguchi, T. 2006. Involvement of polyamine in floral and fruit development. JARQ 40: 51-58.
20. Madah, S. M., Falahian, F., Sabagh Pour, S. H. and Chalabian, F. 2007. Effect of Salicylic acid on yield and anatomical structure in *Cicer arietinum* L., Journal of Basic Science 62 (1): 61-70. (in Persian with English abstract).
21. 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 thimine on growth, flowering and photosynthetic. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10 (5): 769-775.
22. 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: 169-78.
23. Porra, R. J., Thompson, W. A., and Kriedemann, P. E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standard by atomic absorption spectrometry. Photosynthesis Research 975: 384-394.
24. Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G., and Pirzad, A. 2008. Effect of Biofertilizers Application on some Morphological Characteristics and Yield of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Horticulture Science 25 (3): 335-343. (in Persian with English abstract).
25. Rowland, A. J., Borland, A. M., and Lea, P. J. 1988. Changes in amino acids, amines and proteins in response to air pollutants. In: Schulte-Hostede, S., Darrall, N.M., Blank, L.W. and Wellburn A.R. (eds.). Air pollution and plant metabolism, pp. 189-221– Elsevier Applied Science, London and New York.
26. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl Salicylic acid (Aspirin) and Salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
27. Serafini-Fracassini, D. 1991. Cell Cycle-Dependent Changes in Plant Polyamine Metabolism. I: Slocum R.D.,

Flores, H.E. (eds.). Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants. CRC Press, Boca Raton, F.L. pp. 159-171.
28. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazayefi, M., and Ghoreyshi Nasab, M. J. 2011. Effect of seed priming with Salicylic Acid on some of physiological traits in *Vigna unguiculata* L. under drought stress. Journal of Agriculture Science 4 (13): 13-29. (in Persian with English abstract).
29. Singh, P. K., Chaturvedi, V. K., and Bose, B. 2010. Effects of Salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 6 (3): 102-113.
30. Slocum, R. D., and Galston, A. W. 1985. Changes in polyamines associated with post fertilization and development in tobacco ovary tissues. Plant Physiology 79: 336-343.
31. Smith, T. A. 1982. The Function and Metabolism of Polyamines in Higher Plants. In: Wareing, P.F. (ed). Plant Growth Substances. Academic Press, New York, pp. 683.
32. Talaat, I. M. 2005. Physiological effect of Salicylic acid and tryptophan on *Pelargonium graveolens*. Egyptian Journal of Applied Sciences 20: 751-760.
33. Talaat, I. M., and Laila, K. 2010. Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to Putrescine and Trans-Cinnamic Acid. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 8 (4): 438-445.
34. Talaat, I. M., Bekheta, M. A., and Mahgoub, M. M. H. 2005. Physiological response of Periwinkle plants (*Cataranthus roseus* L.) to tryptophan and Putrescine. International Journal of Agriculture and Biology 7 (2): 210-213.
35. Talaat, N. B. 2003. Physiological studies on the effect of salinity, ascorbic acid and Putrescine on sweet pepper plant. PhD Thesis, Agric, Bot. Dept., Fac. Agric., Cairo Univ., p. 286.
36. 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 67: 621-628.
37. 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.
38. Youssef, A. A., Mona, H. M., and Iman, M. T. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of Putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences 19 (9B): 492-510.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 73-85

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۸۵-۷۳

Effects of Foliar Spraying with Salicylic acid and Putrescine on Growth Characteristics and Yield of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.)

A. Faraji- mehmani[1]- B. Esmaielpour[1*]- F. Sefikon[2]- S. Khorramdel[3]

Received: 25-03-2014
Accepted: 22-11-2014

Introduction

Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) is an annual, herbaceous plant belonging to the Labiatae family. This plant is most often used as a culinary herb, but it also has marked medicinal benefits, especially upon the whole digestive system. The most important components of *S. hortensis* include volatile oils, phenolic compounds, flavonoids and phenolic acids, tannins, mucus, resins, carotenoids and mineral components. Plant growth regulators are used to improve the quality and quantity of medicinal plant production. Salicylic Acid is one of this PGRs that involved in seed germination, photosynthesis, Stomatal opening and closure, Membrane Permeability, Ions Absorption and transmission and other growth processes. Polyamines are ubiquitous low-molecular-weight aliphatic amines that are involved in regulating plant growth processes. The most commonly found polyamines in higher plants, putrescine (Put), spermidine (Spd) and spermine (Spm) may be present in free, soluble conjugated and insoluble bound forms. It has been demonstrated that PAs are important for the normal course of diverse plant ontogeny processes such as cell division and elongation, organogenesis and somatic and zygotic embryogenesis.

Materials and Methods

This experiment was conducted in factorial based on a randomized complete block design with three replications in Karaj, Iran. Foliar spraying with SA (1, 2 and 3 mM.l) and Putrecine (50, 100, 150 and 200 mg l^{-1}) was performed in thrice in Savory growth period. Spraying was performed at 21, 35 (Budding Phase) and 56 (flowering initiation phase) day after seed germination. In flowering stage, some morphological traits such as plant height, weight, yield, canopy diameter, stem diameter, leaf area, essential oil content and efficiency were measured.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effects of salicylic acid and putrescine spraying on plant height, canopy diameter, stem diameter, number of axillary stems, foliage dry weight, foliage yield, flower dry weight, number of leaves, leaf dry weight, leaf yield, leaf area index (LAI), number of inflorescence, dry weight of inflorescence, total chlorophyll content, chlorophyll a and b content, essential oil content, yield and efficiency was significant ($P< 0.01$). Application of 100 mg.l putrescine resulted in maximum plant height (45.67 cm) that showed a significant difference with control and 1 mM.l SA treatments. Highest number of inflorescence per plant obtained in pots spraying with 150 and 200 mg.l putrescine and 3 mM l^{-1} SA. It seems that spraying with putrescine improved vegetative growth through production enhancement of biosynthetic enzymes. Putrescine increased the cell division in plant tissues due to the presence of nitrogen in its structure. Treatment with putrescine significantly improved plant height in *Matthiola incana.* In response to spraying with 3 mM.l SA amounts of stem diameter, number of leaves per plant, dry weight and yield of leaves and number of inflorescences were significantly increased in comparison with other treatments. Highest values of axillary stems, dry weight of aerial parts, weight of flowering stems, leaf area index and inflorescence yield were also observed in 3 mM l^{-1} treatments but it did not show significant deference with any of the other treatments. It was well documented that salicylic acid exert their influence on physiological and biochemical processes, including, photosynthesis, ion uptake, membrane permeability, enzyme activities, flowering, heat production and growth and development of plants. SA can increase growth parameters in Summer Savory by enhancing photosynthetic

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili
2- Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
3- Department of Agronomy and plant breeding, Ferdowsi Mashhad University
(*- Corresponding Author Email: behsmaiel@yahoo.com)

rate and nitrate metabolism. SA increased the activity of nitrate reductase both in leaves and roots of maize plants. Maximum total chlorophyll content was obtained in plants, spraying with 1 and 3 mM l^{-1} SA that was significant. Application of 1 and 3 mM l^{-1} SA resulted in higher amounts of chlorophyll a and b, respectively. Moreover, all putrescine concentrations eventuated to significant increase in chlorophyll contents compared to control treatments. Talaat (33) reported that foliar application of putrescine increased chlorophyll and carotenoids content, soluble and non-soluble sugar, proteins and alkaloids in sweet pepper. Based on Figure 2, it was clear that the yield of aerial parts and flowering stems gradually increased with addition of SA concentration and reached its maximum at the 3 mM l^{-1} treatment. However the significant difference between putrescine concentrations was not observed.

Conclusions

This study revealed that foliar application of SA and putrescine significantly affected the morphological, physiological and biochemical traits of *Satureja hortensis*. Thus, it can be used as a plant growth regulator for yield and essential oil content improvement in field production of this plant.

Keywords: Essential oil, Medicinal plants, Natural products, Plant growth regulator