دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره سی و یک، ۱۳۹۶

تأثیر اسید سالسیلیک و کود زیستی فسفاته بارور ۲ بر عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)

آیدا فرهنگی[۱]، موسی ارشد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۳۰ تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۱/۱۱

چکیده

رازیانه گیاه دارویی با طبع گرم و خشک است که در طب سنتی ایران، به‌عنوان گیاهی ضدبلغم و صفرا یاد می‌شود. در این مطالعه، به منظور بررسی تأثیر اسید سالسیلیک و کود زیستی فسفات بارور ۲ بر برخی ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی، عملکرد و اسانس رازیانه، آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان آذربایجان شرقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتورها شامل سه غلظت اسید سالسیلیک (عدم مصرف، کاربرد ۳۰ و ٦۰ میلی مول) و کود زیستی فسفات بارور ۲ (کاربرد و عدم کاربرد) بودند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک و کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکردهای دانه و اسانس، شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین تعداد دانه در بوته (۲۲۷٤ عدد)، ارتفاع بوته (٦۳/٦ سانتیمتر)، درصد اسانس (۳/۲٤ درصد) و عملکرد اسانس (۰/۹٦ گرم در بوته) در حالت کاربرد ٦۰ میلی مول اسید سالسیلیک به دست آمد. همچنین بالاترین عملکرد دانه (۳۲۱۵/٦ کیلوگرم در هکتار)، تعداد دانه در بوته (۲۲۱۵ عدد)، ارتفاع بوته (٦۳/۱۸ سانتیمتر) و عملکرد اسانس (۰/۸۵ گرم در بوته) در حالت کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ به دست آمد. در مجموع کاربرد اسید سالسیلیک و کود زیستی فسفاته بارور ۲ می‌تواند در تولید رازیانه مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: محلول‌پاشی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، گل‌آذین

فرهنگی، الف. و م. ارشد. ۱۳۹٦. تأثیر اسید سالسیلیک و کود زیستی فسفاته بارور ۲ بر عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۱: ۱۱۵-۱۲۳.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران.

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران. مسول مکاتبات. پست الکترونیک: mo_arshad2002@yahoo.com

مقدمه

رازیانه یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی، متعلق به خانواده کاسنیان (Apiaceae) است و به عنوان گیاهی یک، دو یا چندساله کشت می‌شود (خان و مشرف، ۲۰۱٤). این گیاه در درمان بیماری‌های گوارشی و نیز در ضدعفونی مجاری تنفسی کاربرد دارد و شامل ۳۰ نوع ترکیب ترپنی یا ترپنوئیدی است که مهم‌ترین آن‌ها آنتول، فنکون و لیمونن می‌باشد که این ترکیبات خاصیت ضد سرطانی دارند (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۱). تلاش‌های زیادی برای افزایش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی به روشی پایدار انجام گرفته که از جمله می‌توان به استفاده از کودهای زیستی اشاره کرد. کود زیستی، کودی طبیعی است که محتوی جمعیت‌های بالایی از ریزجانداران مفید برای افزایش توان تولیدی خاک با تثبیت نیتروژن اتمسفری یا محلول‌سازی فسفر نامحلول خاک است (سینگ و پروهیت، ۲۰۱۱). کودهای زیستی از طریق سازوکارهای متفاوتی مانند تجزیه ماده آلی، افزایش دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، افزایش جذب آب، باز چرخ عناصر غذایی و کنترل آفات، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌بخشند (برگ و همکاران، ۲۰۱۳).

فسفر دومین عنصر غذایی مهم محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است (سرینیواسان و همکاران، ۲۰۱۲). فسفر رشد گیاهان را در بسیاری از خاک‌ها محدود می‌کند. کمبود فسفر معمول‌ترین عامل تنش‌زای تغذیه‌ای در بسیاری از مناطق جهان است (سروینو و همکاران، ۲۰۱۱). با افزایش تقاضا برای تولیدات کشاورزی، فسفر به عنوان منبعی غیرقابل تجدیدشونده، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (شارما و همکاران، ۲۰۱۱). گیاهان فسفر را به فرم محلول جذب می‌کنند، ولی فسفر در خاک به فرم غیر محلول فسفاته وجود دارد و بنابراین توسط گیاهان قابل استفاده نیست (مهدی و همکاران، ۲۰۱۱). در این راستا باکتری‌های حل کننده فسفر نامحلول خاک نقش مهمی در محلول‌سازی فسفر نامحلول خاک برای جذب توسط گیاهان بر عهده دارند (کوهاد و همکاران، ۲۰۱۱). باکتری‌های حلال فسفر نامحلول خاک فیتوهورمون‌هایی، مانند اکسین و جیبرلین تولید می‌کنند (رامکومار و کاناپیران، ۲۰۱۱). این گروه از باکتری‌ها همچنین با تولید سایدروفور (مولکول‌های کوچکی هستند که به صورت کی‌لیت با آهن پیوند دارند و به وسیله ریز جاندران گوناگون از قبیل باکتری‌های بی‌هوازی، قارچ‌ها و ریشه‌های گیاهان ساخته می‌شوند) رشد گیاهان را افزایش می‌دهند (بابانا و همکاران، ۲۰۱۳). اصغری‌پور و همکاران (۲۰۱٤) اشاره کردند که تلقیح رازیانه با باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاهی، ارتفاع بوته، سرعت و درصد جوانه‌زنی رازیانه را افزایش داد. گارگ (۲۰۰۷) اظهار داشت باکتری‌های حلال فسفر نامحلول خاک رشد و عملکرد رازیانه را ۱۵ درصد افزایش داد. در بررسی دیگری روی رازیانه نشان داده شد بیشترین عملکرد دانه، گل‌آذین در گیاه، عملکرد بیولوژیک و درصد کلونیزاسیون ریشه با باکتری‌های محرک رشد به دست آمد (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۱). محمود و همکاران (۲۰۰۲) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی افزایش معنی‌داری را در عملکردهای دانه، اسانس و بیولوژیک رازیانه باعث گردید.

اسید سالسیلیک نوعی تنظیم کننده رشد گیاهی است که بر روی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان از جمله فتوسنتز، جذب یون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، رشد و نمو، مهار سنتز اتیلن، بسته شدن روزنه‌ها و مقاومت به عوامل تنش‌زا تأثیر می‌گذارد (پورچارا و همکاران، ۲۰۰۸). اسید سالسیلیک سازگاری به تنش‌ها در گیاهان را افزایش داده و می‌تواند به صورت مستقیم به عنوان نوعی آنتی‌اکسیدانت عمل کند و فرم‌های فعال اکسیژن را از بین ببرد (پوپوا و همکاران، ۲۰۰۸). اسید سالسیلیک میزان کلروفیل برگ‌های گیاهان (گونش و همکاران، ۲۰۰۷)، میزان سنتز کاروتنوییدها و زانتوفیل (موهارکار و همکاران، ۲۰۰۳) را افزایش می‌دهد. اسید سالسیلیک میزان آسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن و فتوسنتز و میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را تحت تأثیر عوامل تنش‌زا افزایش می‌دهد (سزپسی و همکاران، ۲۰۰۵). محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک می‌تواند عملکرد گیاهان زراعی را به دلیل کاهش اثرات عوامل تنش‌زا، افزایش دهد (کارلیداغ و همکاران، ۲۰۰۹). پژوهش‌ها نشان داده است که اسید سالسیلیک منجر به افزایش فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها می‌شود (هارفوچه و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اهمیت دارویی گیاه رازیانه و مطالعه‌های اندک انجام گرفته در مورد تأثیر کود زیستی فسفات بارور ۲ و اسید سالسیلیک جهت تعیین اثر توأم این دو عامل بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه در شرایط اقلیمی شهرستان ملکان استان آذربایجان شرقی پژوهش حاضر مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان واقع در جنوب‌غربی استان آذربایجان

شرقی (طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۰۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۰۹ دقیقه‌ی شمالی با ارتفاع ۱۳۰۲ متر از سطح دریای آزاد) اجرا گردید. منطقه دارای اقلیمی نیمه خشک و سرد است. میانگین حداکثر دمای سالانه ۳۳/۳ درجه سلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۸/۸- درجه‌ی سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۲۷۳/۵ میلی‌متر است. pH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی قرار دارد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه غلظت اسید سالسیلیک (۰، ۳۰ و ٦۰ میلی مول) و کود زیستی فسفات بارور ۲ (کاربرد و عدم مصرف) بود. کود زیستی مورد استفاده در این مطالعه، فسفات بارور ۲ (تهیه شده از شرکت زیست فناور سبز) بود که حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات از گونه‌های باسیلوس لنتوس (سویه P5) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) بود که به ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (بهاری یساروی، ۱۳۹۱). محلول‌پاشی با اسید سالسیلیک (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) پیش از طلوع آفتاب و در دو مرحله (۳۰ روز و ٦۰ روز پس از کشت) انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک و تسطیح بود. طرح آزمایشی متشکل از ۱۸ واحد آزمایشی بود که در هر کرت ٤ ردیف کشت به صورت جوی و پشته با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شده و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. بذرهای رازیانه تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در اردیبهشت ماه و در عمق ۱-۲ سانتی‌متر کشت شدند. فاصله کرت-ها از یکدیگر ۷۰ سانتیمتر و فاصله تکرارها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. در زمان رسیدگی، با حذف حاشیه کرت‌ها، ۵ بوته از ردیف‌های میانی کرت به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه از جدا کردن دانه گل‌آذین‌های بوته‌های وسط هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای محاسبه گردید. شاخص برداشت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{شاخص برداشت (HI)} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{وزن خشک اندام هوایی} + \text{عملکرد دانه}} \times ۱۰۰$$

به منظور اندازه‌گیری درصد اسانس پس از برداشت، دانه‌ها در هوای آزاد تحت دمای ۲٤-۲٦ درجه سانتیگراد قرار داده شدند تا همگی به صورت یکنواخت هواخشک شوند. نمونه‌های بذر خرد گردیده و با دستگاه رطوبت‌سنج درصد رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد سپس به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر مدل بریتانیا اقدام به اسانس‌گیری گردید (اوزترک و همکاران، ۲۰۰٤). عملکرد اسانس با ضرب درصد اسانس در عملکرد دانه به دست آمد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای MSTAT-C و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر اصلی اسید سالسیلیک بر روی تمام صفات به غیر از تعداد گل‌آذین معنی‌دار گردید. اثر اصلی فسفات بارور ۲ بر روی تمام به-جز وزن خشک اندام‌های هوایی و درصد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین اثر ترکیب تیماری اسید سالسیلیک در فسفات بارور ۲ بر روی وزن هزار دانه معنی‌دار بود.

ارتفاع بوته

بیشترین (٦۳/٦ سانتیمتر) و کمترین (۵۷/۷ سانتیمتر) ارتفاع بوته به ترتیب با کاربرد ٦۰ میلی مول و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۲). هم‌چنین بیشترین (٦۳/۱۸ سانتیمتر) و کمترین (۵٦/۹۳ سانتیمتر) ارتفاع بوته به ترتیب در حالت کاربرد فسفات بارور ۲ و در حالت عدم کاربرد آن به دست آمد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که باکتری‌های حلال فسفات نامحلول خاک گروهی از فیتوهورمون‌های محرک رشد گیاه، مانند سیتوکنین و جیبرلین تولید می‌کنند که می‌توانند رشد بوته گیاهان را از طریق افزایش رشد سلول‌ها و تعداد سلول‌های ساقه افزایش دهند (عبدالفتاح و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از مهم‌ترین ساز و کارهای افزایش رشد گیاهان تحت تأثیر باکتری‌های حلال فسفات نامحلول خاک، تأمین فسفر مورد نیاز جهت رشد گیاهان است. نشان داده شده است که فسفر نقش مهمی را در افزایش ارتفاع بوته گیاهان دارد (لیت و همکاران، ۲۰۰۳). دادخواه (۲۰۱۲) نیز افزایش ارتفاع بوته‌های رازیانه را با کاربرد کود زیستی مشاهده کرد. گارگ (۲۰۰۷) نیز افزایشی ۱٦/۳ درصدی را در ارتفاع بوته با کاربرد کود زیستی

مشاهده کردند. در این پژوهش در سطح ٦٠ میلی مول اسید سالسیلیک ارتفاع بوته نسبت به شاهد به میزان ۸/۳ درصد افزایش یافت. همچنین در تلقیح با کود فسفات بارور ۲ ارتفاع بوته نسبت به عدم تلقیح ۱۲/۵ درصد افزایش یافت

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر اسید سالسیلیک، کود زیستی فسفات بارور ۲ بر صفات کمی رازیانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	وزن خشک اندام-های هوایی	تعداد دانه در بوته	تعداد گل‌آذین	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۱۷/۳٤٤ ns	٦/٤٤۳ ns	٤۲۹۰/٦۸۱ ns	۲/۲٥۱ ns	۰/٥٦ ns	۰/۲۲۹ ns	۱۲/۸۲۸ ns	۰/۱٥۲ ns	۰/۰۱۳ ns
اسید سالسیلیک	۲	٥۸/۹٥٤ *	۳٥/۲٦۸ *	٤۷۲۷۷۲/٤۰۲ *	۱/۸٦٥ ns	۲۷/٥۳۳ *	٤/۱۹ *	٥۹/۳۰۷ *	۱۱/۷۳۸ **	۰/٥۳۳ **
فسفات بارور ۲	۱	۱۷٦/۲۱۹ **	۲۱/۱۰۳ ns	۱۰۸۸۷۹۱/۱۹۲ **	۳٤/۷۲۲ **	۹۷/۱٦۲ **	٦/۳۸٤ *	۱۸۸/۲٤٥ **	۰/۰۷۲ ns	۰/۳۷٦ **
اسید سالسیلیک × فسفات بارور ۲	۲	۳۹/۷۰۹ ns	۱۲/۲٤۸ ns	۱٥۷۲۸۳/۰۰۲ ns	۳/٦۱٦ ns	۲۳/۹٥۹ ns	٤/۱۷ *	۹/۸۹٥ ns	۰/۰۳۱ ns	۰/۰۸ ns
اشتباه آزمایشی	۱۰	۱۲/۸۱٦	٥/۱۷	۱۰٦۹۲٤/٥۳٦	۱/۸۹۱	٦/۸۱۸	۰/۷٥	۱۱/۱۲٥	۰/۰۷۱	۰/۰۲۹
ضریب تغییرات (درصد)	–	٥/۹٦	۱٤/۸	۱٦/٦	۱۲/۱۹	۲۳/۰۲	۱٥/۹	۸/٤٤	٤/٤۸	۲٤/۱۷

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و معنی‌دار نیست

وزن خشک اندام‌های هوایی

اثر اسید سالسیلیک نشان داد بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (۱۷/٦۱ گرم) با کاربرد ٦٠ میلی مول و کمترین آن (۱۲/۷۹ گرم) در عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۲). اسید سالسیلیک به روش‌های مختلف از جمله کاهش سرعت پیری برگ‌ها (ساخابوتدینوا و همکاران، ۲۰۰۳) و افزایش تولید برگ‌ها (مرادخانی و همکاران، ۲۰۱۲) سطح برگ گیاه را افزایش می‌دهد و در نتیجه میزان مواد پرورده برای رشد گیاه و ساقه افزایش می‌یابد که در نتیجه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود. عباس (۲۰۱٤) اظهار داشت که کاربرد کود زیستی منجر به افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی رازیانه گردید.

تعداد گل‌آذین

کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات نامحلول خاک تأثیر معنی‌داری را در تعداد گل‌آذین رازیانه داشت. در صورت عدم تلقیح بوته‌های رازیانه با کود فسفات بارور ۲ تعداد گل‌آذین ۹/۲ در هر بوته بود، در حالی که در تیمار اعمال کود فسفات بارور ۲ تعداد گل‌آذین ۱۲/٦ در هر بوته به دست آمد. اعمال کود بارور ۲ افزایشی ۳٦/۹ درصدی را در تعداد گل‌آذین رازیانه باعث شد (جدول ۲). افزایش تعداد گل‌آذین در هر بوته وابسته به افزایش تعداد شاخه-های جانبی گل‌دهنده در بوته است. نشان داده شده است که فعالیت مریستم‌های جانبی جهت تولید شاخه‌های جانبی به میزان مواد پرورده و فعالیت هورمون‌ها بستگی دارد. در بررسی‌های متفاوتی نشان داده شده است که کودهای زیستی میزان فتوسنتز گیاهان را به روش‌های گوناگونی افزایش می‌دهند. این کودها باعث افزایش جذب عناصر غذایی می‌شوند (حیدری و گلپایگانی، ۲۰۱۲). باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاهی از طریق افزایش دسترسی فسفر برای گیاه رشد گیاهان را افزایش می‌دهند (کوهاد و همکاران، ۲۰۱۱). فسفر از جمله عناصر مهمی است که در فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف گیاهان نقش مهمی دارد (خان و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به گفته‌های فوق، افزایش جذب فسفر از طریق کاربرد باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاهی، از طریق افزایش تولید مواد پرورده می‌تواند تعداد شاخه‌های جانبی گل‌دهنده را افزایش دهد. از سوی دیگر این میکروارگانیسم‌ها با آزادسازی مواد محرک رشد، نقش مهمی را در مورفولوژی گیاهان بر عهده دارند. رشد و فعالیت مریستم‌های جانبی توسط هورمون‌های اکسین و سیتوکنین تنظیم می‌شود (سالووچی و همکاران، ۲۰۱۰). نشان داده شده که باکتری‌های حلال فسفر نامحلول خاک قادر به ترشح سیتوکنین هستند که جذب گیاه شده و رشد گیاهان را افزایش می-دهد (علی و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین باکتری‌های حلال فسفر

نامحلول خاک با ترشح فیتوهورمون‌ها نیز می‌توانند منجر به افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده در رازیانه شوند. دادخواه (۲۰۱۲) مشاهده کرد که کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی‌داری در تعداد گل در بوته رازیانه داشت. گارگ (۲۰۰۷) افزایشی ۱۰۰ درصدی را در تعداد گل‌آذین رازیانه با کاربرد کود زیستی مشاهده کرد.

تعداد دانه در بوته

کاربرد اسید سالسیلیک تأثیر مثبتی روی تعداد دانه در بوته داشت، در غلظت ٦٠ میلی مول تعداد دانه در بوته ٢٢٧٤ بود، در حالی که تعداد دانه در بوته در تیمار شاهد ۱۷۲۰ بود (جدول ۲). بنابراین محلول‌پاشی بوته‌های رازیانه با غلظت ٦٠ میلی مول ۳۲/۲ درصد بر تعداد دانه در بوته افزود. مقایسه میانگین‌های تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تیمار تلقیح نشان داد که کاربرد کود فسفات بارور ۲ اثر مثبتی بر تعداد دانه در بوته رازیانه داشت. در شرایط کاربرد کود فسفات بارور ۲ تعداد دانه در بوته ۲۲۱۵ (جدول ۲) بود که نسبت به عدم کاربرد کود بارور ۲ به میزان ۲۸/۵ درصد بیشتر بود. به نظر می‌رسد افزایش تعداد گل‌آذین منجر به افزایش تعداد دانه در بوته رازیانه گردید و هر عاملی که تعداد گل‌آذین را افزایش دهد، منجر به افزایش تعداد دانه در بوته خواهد شد. اسید سالسیلیک تعداد واحدهای زایشی و پر شدن دانه‌ها را افزایش داده و از این طریق تعداد دانه در بوته را افزایش می‌دهد (زمانی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۳). در این بررسی کود زیستی فسفات بارور ۲ از طریق افزایش تعداد گل‌آذین منجر به افزایش تعداد دانه در بوته گردید.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر اصلی اسید سالسیلیک، کود زیستی فسفات بارور ۲ بر صفات کمی رازیانه.

		ارتفاع بوته (سانتیمتر)	وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم)	تعداد گل‌آذین	تعداد دانه در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد اسانس (گرم در بوته)
اسید سالسیلیک	۰	٥٧/٧ b	۱۲/۷۹ b	-	۱۷۲۰ b	۲۲۳۳/۰۲ b	۲/٦٥ b	٣٦/٤٥ b	۰/۳۸ b
(میلی مول)	۳۰	٥٨/٧ab	۱٥/٧ ab	-	۱۹۱٥ ab	٢٦٧٨/٧٥ ab	۳/٢٤ a	٤٢/٧٤ a	۰/۷۹ a
	٦٠	٦٣/٦ a	۱۷/٦۱ a	-	٢٢٧٤ a	۳۱۹٥/۲٥ a	۳/۱۹ a	۳۹/٤۳ ab	۰/۹٦ a
فسفات بارور ۲	تلقیح	٦٣/۱۸ a	-	۱۲/٦ a	٢٢١٥ a	۳۲۱٥/٦ a	-	٤٢/۷۷ a	۰/۸٥ a
	عدم تلقیح	٥٦/۹۳ b	-	۹/۲ b	۱۷۲۳ b	۲۱۹۸ b	-	۳٦/۲۷ b	۰/٥٦ b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (دانکن ٥٪)

عملکرد دانه

کمترین عملکرد دانه رازیانه (۲۲۳۲/۰۲ کیلوگرم در هکتار) در شاهد به دست آمد، در حالی که بالاترین عملکرد دانه (۳۱۹٥/۲٥ کیلوگرم در هکتار) در غلظت ٦٠ میلی مول حاصل شد (جدول ۲). در کاربرد کود فسفات بارور ۲ عملکرد دانه ۳۲۱٥/٦ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در حالی که عملکرد دانه در تیمار عدم کاربرد کود زیستی ۲۱۹۸ کیلوگرم در هکتار در بوته بود. (جدول ۲). اجزای اصلی عملکرد دانه در رازیانه، تعداد دانه در بوته و وزن دانه است. در این بررسی مشخص شد که کاربرد اسید سالسیلیک روی تعداد دانه در بوته رازیانه تأثیر افزایشی دارد. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان اعلام کرد که اسید سالسیلیک با افزایش تعداد دانه عملکرد دانه رازیانه را افزایش داده است. یکی از مهم‌ترین ساز و کارهای افزایش عملکرد گیاهان تحت تأثیر باکتری‌های حل کننده فسفات نامحلول خاک، تأمین فسفر مورد نیاز جهت رشد گیاهان است. محمود و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و اسانس رازیانه ایجاد کرد. بدران و همکاران (۲۰۰۷) نیز اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی افزایش معنی‌داری را در عملکرد دانه رازیانه باعث گردید. دادخواه (۲۰۱۲) اعلام کرد که کود زیستی افزایشی ۳٥ درصدی را در عملکرد دانه رازیانه باعث گردید. اسید سالسیلیک میزان سنتز کاروتنوییدها، زانتوفیل و سطح رنگدانه‌های کلروفیل را افزایش داد (موهارکر و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر آن گزارش شده است که

اسید سالسیلیک باعث افزایش عملکرد رازیانه می‌شود (بهرام‌نژاد و صفاری، ۱۳۹۳).

درصد اسانس دانه

درصد اسانس دانه‌ها تحت تأثیر کود فسفات بارور ۲ قرار نگرفت، با این وجود اسید سالسیلیک تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس دانه‌ها داشت. درصد اسانس تحت تأثیر سطوح محلول‌پاشی اسید سالسیلیک، در سطح شاهد درصد اسانس بذرها ۲/٦٥ بود، در حالی که در صورت محلول‌پاشی غلظت‌های ۳۰ و ٦۰ میلی مول اسید سالسیلیک، به ترتیب به ۳/۲٤ و ۳/۱۹ درصد رسید. بین سطوح ۳۰ و ٦۰ میلی مول اسید سالسیلیک از نظر درصد اسانس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که اسید سالسیلیک میزان تولید ترکیبات ثانوی را در گیاهان دارویی افزایش می‌دهد. روشن و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که کاربرد اسید سالسیلیک میزان اسانس گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia macrosiphon*) را افزایش داد.

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت (٤۲/۷٤ درصد) با کاربرد ۳۰ میلی مول و کمترین آن (۳٦/٤٥ درصد) در عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۲). همچنین اثر فسفات بارور ۲ نشان داد بیشترین شاخص برداشت (٤۲/۷۷ درصد) در حالت کاربرد فسفات بارور ۲ و کمترین آن (۳٦/۲۷ درصد) در حالت عدم کاربرد به دست آمد (جدول ۲). افزایش شاخص برداشت بدین معنی است که مقدار بیشتری از زیست توده تولیدی بوته‌ها در بخش اقتصادی رازیانه یا همان دانه‌ها تجمع یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی با افزایش انتقال مواد پرورده به دانه‌ها، عملکرد دانه و شاخص برداشت دانه را افزایش داده است. مطالعه همبستگی صفات نشان داد که شاخص برداشت با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار و مثبتی دارد. بنابراین افزایش عملکرد دانه با کاربرد کود فسفات بارور ۲ دلیل اصلی افزایش در شاخص برداشت دانه رازیانه بوده است.

عملکرد اسانس

اسید سالسیلیک و فسفات بارور ۲ تأثیر مثبتی بر عملکرد اسانس رازیانه داشت. مقایسه میانگین اثر اسید سالسیلیک نشان داد بالاترین عملکرد اسانس (۰/۹٦ گرم در بوته) در کاربرد ٦۰ میلی مول و کمترین آن (۰/۳۸ گرم در بوته) در عدم محلول‌پاشی به دست آمد (جدول ۲). بین تیمارهای ۳۰ و ٦۰ میلی مول از نظر عملکرد اسانس رازیانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و هر دو غلظت افزایش مشابهی را از نظر آماری در عملکرد اسانس رازیانه باعث گردیدند. اثر فسفات بارور ۲ نشان داد بالاترین عملکرد اسانس (۰/۸٥ گرم در بوته) در حالت کاربرد فسفات بارور ۲ و کمترین آن (۰/٥٦ گرم در بوته) در حالت عدم کاربرد به دست آمد (جدول ۲). محمود و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی افزایش معنی‌داری در عملکرد اسانس رازیانه باعث گردید. بهرام‌نژاد و صفاری (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر اسید سالسیلیک بر رشد و عملکرد رازیانه نشان دادند که کاربرد اسید سالسیلیک عملکرد اسانس و درصد اسانس رازیانه را افزایش داد.

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی بوته‌های رازیانه با غلظت ۳۰ میلی مول اسید سالسیلیک می‌تواند صفات درصد اسانس و عملکرد دانه رازیانه و نیز با غلظت ٦۰ میلی مول می‌تواند صفات وزن خشک ساقه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، عملکرد دانه و درصد اسانس رازیانه را تحت تأثیر قرار دهد. کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ می‌تواند اثر مثبت معنی‌دار در صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد گل‌آذین، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه رازیانه داشته باشد. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان جهت افزایش عملکرد اسانس رازیانه، از محلول‌پاشی بوته‌های رازیانه با غلظت‌های ۳۰ و ٦۰ میلی مول استفاده کرد. از طرفی با توجه به هزینه اسید سالسیلیک و عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو غلظت ۳۰ و ٦۰ میلی مول اسید سالسیلیک، جهت کاهش هزینه تولید محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ میلی مول پیشنهاد می‌گردد.

منابع

بهار یساروی، س.، ح. ه، پیردشتی و ی. یعقوبیان. ۱۳۹۱. اثر نیتروژن و سیلیسیم به همراه کودهای بیولوژیک بر بیماری سفیدک سطحی، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گندم. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۲: ٤٤-۲۷.

بهرام‌نژاد، ر و م. صفاری. ۱۳۹۳. اثر پیش تیمارهای مختلف بذر بر ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در شرایط تنش آب. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آب و آبیاری، ۵(۱۷): ۲۹-۱٤.

جمشیدی، ا.، ف. سفیدکن و ا. محمدی گل‌تپه. ۱۳۹۱. تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی گیاه داروئی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) تحت تأثیر تنش کم آبی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان داروئی و معطر ایران، ۲۸(۲): ۳۲۳-۳۰۹.

Abaas, I. S. 2014. The study of biometric and volatile oil quantity of sage plant (*Salvia officinalis*) as medicinal plant affected by nitrogen and phosphorus fertilizers. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* 6: 82-83.

Abd El-Fattah, D. A., W. E. Ewedab, M. S. Zayed, and M. k. Hassaneina. 2013. Effect of carrier materials, sterilization method, and storage temperature on survival and biological activities of *Azotobacter chroococcum* inoculants. *Ann. Agric. Sci.* 58: 111-118.

Ali, B., A. N. Sabri, and S. Hasnain. 2010. Rhizobacterial potential to alter auxin content and growth of *Vigna radiata* (L.). *World J. Microbiol. Biotechnol*. 26: 1379-1384.

Asgharipour, R., M. Armin, and H. Pooresmail. 2014. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) alleviate toxicity of cadmium on germination and early seedling growth of fennel. *Int. J. Biosci*. 5: 355-358.

Babana, A. H., A. H. Dicko, K. Maiga, and D. Traore. 2013. Characterization of rock phosphate-solubilizing microorganisms isolated from wheat (*Triticum aestivum* L.) Rhizosphere in Mali. *J. Microbiol. Microbial. Res*. 1(1): 1-6.

Badran, F. S., N. M. Abdalla, M. K. Aly, and S. M. Ibrahim. 2007. Response of fennel plants to seeding rate and partial replacement of mineral NPK by biofertilization treatments. 8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31.

Berg, G., C. Zachow, H. Muller, J. Phillips, and R. Tilcher. 2013. Next-generation bio-products sowing the seeds of success for sustainable agriculture. *Agron. J.* 3: 648-656.

Dadkhah, A. 2012. Effect of chemicals and bio-fertilizers on yield, growth parameters and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.). *J. Med. Plants. Pro.* 2: 101-105.

Garg, V. K. 2007. Effect of non-symbiotic microbial inoculants on growth, yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) grown in sodic soil. *J. Spices. Aromatic Crops* 16(2): 93-98.

Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E. G. Bagci, and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol*. 164: 728-736.

Harfouche, A. L., E. Rugini, F. Mencarelli, R. Botondi, and R. Muleo. 2008. Salicylic acid induces H_2O_2 production and endochitinase gene expression but not ethylene biosynthesis in Castanea sativa in vitro model system. *J. Plant Physiol*. 165: 734-744.

Heidari, M, and A. Golpayegani. 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting *rhizobacteria* (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Saudi Soc. Agric. Sci*. 11:57-61.

Karlidag, H., E. Yildirim, and M. Turan. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *J. Agric. Sci*. 66: 271-278.

Khan, M, and S. Musharaf. 2014. *Foeniculum vulgare* Mill. A Medicinal Herb. *J. Med. Plants Res*. 4: 46-54.

Khan, M. S., E. Ahmad, A. Zaidi, and M. Oves. 2013. Functional Aspect of phosphate-solubilizing bacteria: importance in crop production. Bacteria in Agrobiology: *Crop Prod*. 237-263.

Kuhad, R. C., S. Singh, M. Lata, and A. Singh. 2011. Phosphate-solubilizing microorganisms. Soil Biol Biochem. 108: 65-84.

Leite, V. M., C. A. Rosolem, and J. Domingos Rodrigues. 2003. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. *Sci. Agric*. (Piracicaba, Braz). 60: 537-541.

Mahdi, S. S., G. I. Hassan, A. Hussain, and L. F. Rasoo. 2011. Phosphorus availability issue- its fixation and role of phosphate solubilizing bacteria in phosphate solubilization. *Res. J. Agric. Sci*. 2: 174-179.

Mahmoud, M., H. Kandil, and E. Omer. 2002. Fruit and essential oil yield of fennel, grown with fertilizer sources for organic farming in Egypt. Landbauforschung Volkendrone. 52: 135-139.

Mirzaei, A., R. Naseri, A. Soleymanifard, and S. Vazan. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on agronomic characteristic and root colonization in fennel. *Planta Med*. 77-PB5.

Moharekar, S. T., S. D. Lokhande, T. Hara, R. Tanaka, A. Tanaka, and P. D. Chavan. 2003. Effect of salicylic acid on clorophyll and carotenoid contents of wheat and Moong seedlings. *Photosynthetica*. 41: 315-317.

Moradkhani, S., R. Ali Khavari Nejad, K. Dilmaghani, and N. Chaparzadeh. 2012. Effect of salicylic acid treatment on cadmium toxicity and leaf lipid composition in sunflower. *J. Stress Physiol. Biochem*. 8: 78-89.

Murtaza, G, and R. Asghar. 2013. Effects of salicylic acid on sucrose synthase activity during seed development and germination in pea (*Pisum sativum* L.). *Bangladesh J. Bot.* 42(1): 83-90.

Ozturk, A., A. Unlukara, A. Ipek, and B. Gurbuz. 2004. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Mellisa officinalis* L.). *Pak. J. Bot*. 36(4): 787-792.

Popova, L., L. Maslenkova, R. Yordanova, A. Krantev, G. Szalai, and T. Janda. 2008. Salicylic acid protects photosynthesis against cadmium toxicity in pea plants. *Gen. Appl. Plant Physiol.* (Special Issue) 34 (3-4): 133-148.

Purcarea, C, and D. Cachiţa Cosma. 2008. The influence of salicylic acid and acetylsalicylic acid on the growth of sunflower (*Helianthus* SP.) seedling roots and on their total absorption capacity. Studia Universitatis "Vasile Goldi□", *Seria Ştiinţele Vieţii* (*Life Sci. Ser*). 18: 55-67.

Ramkumar, V. S, and E. Kannapiran. 2011. Isolation of total heterotrophic bacteria and phosphate solubilizing bacteria and in vitro study of phosphatase activity and production of phytohormones by PSB. *Arch. Appl. Sci. Res*. 3: 581-586.

Rowshan, V., M. Khosh Khoi, and K. Javidnia. 2010. Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in salvia macrosiphon. *J. Biol. Environ. Sci*. 4 (11): 77-82.

Sakhabutdinova, A. R., D. R. Fatkhutdinova, M. V. Bezrukova, and F. M. Shakirova. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulg. J. Plant Physiol.* Special Issue. 314-319.

Salvucci, M. E., C. Bartaa, J. A. Byersa, and A. Canarini. 2010. Photosynthesis and assimilate partitioning between carbohydrates and isoprenoid products in vegetatively active and dormant guayule: physiological and environmental constraints on rubber accumulation in a semiarid shrub. *Physiol. Plant.* 140: 368-379.

Scervino, J. M., V. L. Papinutti, M. S. Godoy, J. M. Rodriguez, I. D. Monica, M. Recchi, M. J. Pettinari, and A. M. Godeas. 2011. Medium pH, carbon and nitrogen concentrations modulate the phosphate solubilization efficiency of *Penicillium purpurogenum* through organic acid production. *J. Appl. Microbiol*. 110: 1215-1223.

Sharma, S., V. Kumar, and R. B. Tripathi. 2011. Isolation of phosphate solubilizing microorganism (PSMs) *Soil*. *J. Microbiol. Biotechnol. Res.* 1: 90-95.

Singh, T, and S. S. Purohit. 2011. Biofertilizers Technology. Agrobios (India). 408 pp.

Srinivasan, R., A. R. Alagawadi, S. Mahesh, K. K. Meena, and A. K. Saxena. 2012. Characterization of phosphate solubilizing microorganisms from salt-affected soils of India and their effect on growth of sorghum plants [*Sorghum bicolor* (L.). Moench]. *Ann. Microbiol.* 62: 93-105.

Szepesi, A., J. Csiszar, S. Bajkan, K. Gemes, F. Horvath, L. Erdei, A. K. Deer, M. L. Simon, and I. Tari. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. *Act. Biol. Szeg*. 49: 123-125.

Zamaninejad, M., S. Khavari Khorasani, M. Jami Moeini, and A. R. Heidarian. 2013. Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.) under drought condition. *Eur. J. Exp. Biol*. 3(2): 153-161.

Effect of salicylic acid and fertile phosphate 2 biofertilizer on yield and Essence of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill)

A. Farhangi[1], M. Arshad[2]

Received :2016-4-18 Accepted: 2017-1-30

Abstract

To study the response of some morphological traits, yield and essence of fennel, to foliar application of salicylic acid and phosphate 2 bio-fertilizers, an experiment was conducted at Research Farm of Islamic Azad University Branch of Malekan in 2013. The experiment was conducted as randomized complete blocks design with three replications. The factors was included foliar application of salicylic acid at three concentrations (non-foliar and foliar application of 30 and 60 mmol/lit), and fertile phosphate 2 (non-inoculation and inoculation). Results showed that foliar application of salicylic acid with biofertilizer had significant effects on traits, including plant height, shoot dry matter, grains per plant, thousand grain weight, grain yield, harvest index and yield essential oil. The highest grains per plant (2274), plant height (63.6 cm), percentage of essential oil (3.24%) and yield essential oil (0.96 g/plant) were obtained with application of 60 mmol/lit salicylic acid. Also the highest grain yield (3215.6 kg/ha), grains per plant (2215), plant height (63.18 cm) and essential oil yield (0.85 g/plant) were achieved with application of fertile phosphate 2. It seems that application of salicylic acid and fertile phosphate 2 bio-fertilizers can be recommended for profitable fennel production in the region.

Keywords: Harvest Index, grain yield, inflorescence, foliar application

1-M. Sc. Student, Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran