Archive of SID

دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۴، شماره ۵، صفحه ۸۱۹-۸۰۵ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2018.121269.2287

تأثیر تلقیح بذر با سویه‌های مختلف باکتری و قارچ میکوریزا بر رشد، تولید اسانس، خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

الناز فرج‌زاده معماری تبریزی[1*]، مهدی رشدی ملکی[2]، نوشین فرج‌زاده معماری تبریزی[3] و وحید احمدزاده[4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران

پست الکترونیک: farajzadeh.elnaz@yahoo.com؛ farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir

۲- استادیار، گروه میکروبیولوژی، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران

۳- دکترای تخصصی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۴- کارشناس ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تیمار بذرها با سویه‌های مختلف کودهای زیستی باکتریایی (شاهد، آزوسپریلیوم ۲۱، سودوموناس۱۶۸، ازتوفایو، باسیلوس و ترکیبی از سویه‌ها) و سویه‌های مختلف کود زیستی میکوریزا (شاهد، *Glomus mossae*، *G. intaradices*، *G. hoei* و هر سه سویه قارچ میکوریزا) بر رشد، تولید اسانس و خصوصیات فیزیولوژیک ریحان (*Ocimum basilicum* L.) انجام شد. این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ به‌صورت اسپلیت پلات پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در مزارع دانشگاه آزاد اسلامی ملکان اجرا گردید. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل a و b، تعداد روزنه در سطح رویی برگ، تعداد روزنه در سطح زیرین برگ، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد ماده خشک، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز و پرولین بودند. در این مطالعه، تیمارهای کود زیستی قارچ میکوریزا اثر مثبتی بر رشد و عملکرد اسانس ریحان داشت. علاوه‌بر بهبود شاخص‌های رشدی، شاخص‌های فیزیولوژیک ازجمله محتوای کلروفیل a و b، تعداد روزنه و محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها در اثر کاربرد کود میکوریزا افزایش یافت. عملکرد اسانس تنها تحت تأثیر کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱، کاربرد ازتوفایو و کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی به‌ترتیب به میزان ۱۶/۱، ۱۱/۹ و ۱۷/۹ درصد افزایش یافت که این افزایش عمدتاً ناشی از افزایش درصد اسانس ریحان بود. برخلاف خصوصیات رشدی، شاخص‌های فیزیولوژیک مانند محتوای کلروفیل a و b و محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها به‌طور مثبتی تحت تأثیر کاربرد کود زیستی باکتریایی قرار گرفته و افزایش یافت. با توجه به نتایج این بررسی کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱، کاربرد ازتوفایو و کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی همراه با هر یک از سویه‌های قارچ میکوریزا باعث افزایش خصوصیات کمّی و کیفی اسانس ریحان شد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، کود زیستی، میکوریزا.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ریحان گیاهی است یک‌ساله و طول بوته آن به ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های آن پهن بوده و به رنگ‌های سبز و یا ارغوانی روی ساقه آن قرار دارند. برگ‌های تازه و یا خشک شده آن را مصرف می‌کنند. گل‌های کوچک سفید رنگ آن که خوشه‌ای می‌باشند، در اطراف یک محور قرار دارند. منشأ ریحان هند و ایران گزارش شده‌است. پراکنش گونه‌های وحشی عمدتاً در خاورمیانه است. ریحان در سطوح وسیعی در کشورهای فرانسه، آمریکا، اندونزی، مراکش، اسپانیا، مصر، پاکستان و شمال آفریقا کشت می‌شود (Khair-ul-Bariyah *et al.*, 2012). کودهای زیستی از اجزای مهم برای مدیریت مواد غذایی هستند. کودهای زیستی نقش مهمی در پایداری خاک و حفاظت از محیط‌زیست بر عهده دارند و نهاده‌هایی کم هزینه برای کشاورزان به‌شمار می‌روند (Mohammadi & Sohrabi, 2012). از عواملی که در کارایی بالای کودهای زیستی نقش دارند می‌توان به مناسب بودن گونه برای گیاه زراعی و مناسب بودن سویه اشاره کرد. سویه‌های خاصی از ریزوبیوم‌ها برای گونه‌های لگومینوز وجود دارند و ریزوبیومی از سویه خاص برای هر یک باید بکار برده شود (Kumar *et al.*, 2014). میکروارگانیسم‌های مؤثر در حل نمودن فسفر نامحلول خاک می‌توانند رشد گیاه را با افزایش دسترسی به سایر عناصر مانند آهن و روی (Ngoc *et al.*, 2006)، سنتز آنزیم‌هایی که سطح هورمونی گیاه را تغییر داده و از بین بردن پاتوژن‌ها را از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها (Akhtar & Siddiqui, 2009) افزایش دهند. سویه‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفر نامحلول خاک توانایی محلول‌سازی ۴۲-۲۵ میکروگرم فسفر بر میلی‌لیتر و توانایی معدنی نمودن فسفر به میزان ۱۸-۸ میکروگرم فسفر در هر میلی‌لیتر را دارند (Tao *et al.*, 2008). گونه‌های مختلف باکتری‌های موجود در خاک، به‌ویژه آنهایی که متعلق به جنس سودوموناس و باسیلوس هستند، با ترشح نمودن اسیدهایی مانند سیتریک، تارتاریک، فرمیک، استیک، پروپیونیک، لاکتیک، گلوکونیک، فوماریک و سوکسینیک قادر به محلول نمودن فسفر نامحلول در خاک هستند (Afzal & Bano, 2008).

میکوریزا همزیستی متقابل بین گیاهان و قارچ‌های واقع در ریشه‌ها یا ساختارهای ریشه‌مانند است که در آن انرژی از گیاهان به قارچ‌ها منتقل شده و منابع غیر آلی از قارچ به گیاهان حرکت می‌کند. قارچ‌های میکوریزا نقش مهمی را در طبیعت دارند. قارچ‌های میکوریزا بخش قابل توجهی از فرآورده‌های فتوسنتزی را مصرف می‌کنند و بخش مهمی از زنجیره غذایی را تشکیل می‌دهند. قارچ‌های میکوریزا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر چرخه بیوشیمیایی دارند. قارچ‌ها با میکروب‌های خاک تداخل دارند، ازاین‌رو بر ترکیب میکروب‌های خاک تأثیر می‌گذارند. قارچ‌های میکوریزا بر تداخل بین گونه‌ای و درون گونه‌ای گیاهان تأثیر می‌گذارند و تأثیر مثبتی بر گیاه میزبان دارند. وسعت و ترکیب گونه‌ای قارچ‌های میکوریزا تغییرات اکوسیستم‌ها را نشان می‌دهد (Jha & Kumar, 2011). اغلب گونه‌های گیاهی در اکوسیستم‌های خاکی رابطه‌ای همزیستی با میکروارگانیزم‌های خاکی برای افزایش جذب مواد غذایی برقرار می‌کنند (Bonfante & Genre, 2008). Weisany و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس و تغییر ترکیب شیمیایی اسانس گیاهان دارویی می‌گردد. Hellal و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر کاربرد کودهای زیستی *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum lipoferum*، *Bacillus polymyxa*، *Bacillus megatherium* و *Pseudomonas fluorescens* را در شوید مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که کاربرد کودهای زیستی رشد، عملکرد دانه و اسانس شوید را افزایش داد. کاربرد کود زیستی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن تر و خشک بوته، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس شد. همچنین تغییراتی در ترکیب‌های اسانس تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی مشاهده شد. Mahfouz و Sharaf-Eldin (۲۰۰۷) گزارش کردند که تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف ازتوباکتر و

www.SID.ir

Archive of SID

قارچ گلوموس سبب افزایش زیست‌توده، سرعت رشد و میزان اسانس گیاه شد. سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کودهای زیستی شامل آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و باسیلوس روی گیاه رازیانه نشان داد که بالاترین رشد و زیست‌توده تر و خشک گیاه در تیمار تلفیق ۵۰٪ کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر و باسیلوس حاصل شد.

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا و کودهای زیستی باکتریایی بر رشد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک و عملکرد اسانس ریحان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزارع دانشگاه آزاد ملکان اجرا گردید. این محل دارای طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریای آزاد است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سیلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سیلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه سیلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است. pH خاک منطقه در محدوده قلیایی تا متوسط می‌باشد. این مطالعه به‌صورت اسپلیت پلات با طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. گیاه دارویی مورد بررسی گیاه ریحان بود. برای بررسی تأثیر کود زیستی روی گیاه ریحان در منطقه ملکان آزمایشی در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سویه‌های باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد شامل عدم کاربرد کود زیستی باکتریایی به‌عنوان شاهد، آزوسپریلیوم ۲۱، سودوموناس ۱۶۸، ازتوفایو، باسیلوس و مخلوط ۴ سویه به نسبت مساوی مورد بررسی در کرت‌های اصلی و گونه‌های میکوریزا در پنج سطح شامل *Glomus mossae*، *Glomus intaradices* و *Glomus hoei*، مخلوط سه گونه به نسبت مساوی و عدم مصرف کود میکوریزا (که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران تهیه شده بود) به‌عنوان شاهد در کرت‌های فرعی استفاده شد (Hedayati Mahdi Abadi *et al.*, 2015). بنابراین آزمایش دارای ۳۰ ترکیب تیماری و در مجموع سه تکرار دارای ۹۰ کرت آزمایشی بود. طول هر کرت ۲/۵ متر و فاصله ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مصرف سویه‌های مختلف باکتری و قارچ میکوریزا به روش بذرمال انجام شد. در این روش براساس توصیه مؤسسه آب و خاک ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول باکتری با ۱۰۰ گرم از بذرها به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط و بعد بذرها در شرایط سایه تا زمان کاشت نگهداری شدند.

عملیات کاشت در اوایل خردادماه انجام شد. مصرف کود شیمیایی به میزان نصف مقدار مورد نیاز (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و براساس نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) و تیمارهای آزمایشی به‌صورت نواری در ردیف‌های کاشت و همزمان با کاشت تیمارهای میکوریزا و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در کنار بذرها قرار داده شد و بلافاصله آبیاری گردید. آبیاری به‌صورت منظم و هفته‌ای یک‌بار انجام و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- نتیجه آزمون تجزیه خاک

بافت خاک	رس	سیلت	شن	پتاسیم قابل‌جذب (P.P.M)	فسفر قابل‌جذب (P.P.M)	ازت کل (٪)	کربن آلی (٪)	درصد مواد خنثی‌شونده	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی (ds/m)
لوم شنی	٪۱۲	٪۲۱	٪۶۷	۱۹۴	۵۳/۲۲	۰/۲۱۵	۲/۲۴	۷/۲۵	۷/۸۷	۱/۸۴

www.SID.ir

Archive of SID

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت در مرحله پر شدن دانه انتخاب و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل CCM-200 شاخص محتوای کلروفیل در بالاترین برگ مرکب هر بوته و در هر برگ به تعداد پنج بار اندازه‌گیری و بعد از گرفتن میانگین، این صفت برای هر کرت به طور جداگانه یادداشت شد.

در آزمایش‌های مزرعه‌ای برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a و b برگ، ۰/۵ گرم برگ میانی بوته‌های ریحان در مرحله گلدهی کامل وزن و بعد در داخل هاون چینی کاملاً له شده و بعد ۲۵CC استون ۷۰٪ به برگ‌های له شده اضافه شده و دوباره به همراه استون در هاون چینی له گردید. عصاره بدست‌آمده پس از رسانده شدن حجم به ۱۰۰ میلی‌لیتر با استون ۷۰٪ توسط کاغذ صافی تصفیه شد. محلول حاصل در داخل لوله آزمایش درپوش‌دار ریخته شده و دهانه آن بسته شد. نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و عصاره خالص بدست‌آمده به دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu منتقل و توسط دستگاه میزان جذب نور عصاره‌ها در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل a و b طبق رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید (Khalil & Yousef, 2014).

رابطه ۱

$$\text{کلروفیل a (در هر گرم وزن تر برحسب میلی‌گرم)} = \frac{\text{حجم نمونه استخراج شده} \times (\text{جذب در 645 نانومتر}) \times 2/69 - (\text{جذب در 663 نانومتر}) \times 12/7}{500}$$

رابطه ۲

$$\text{کلروفیل b (در هر گرم وزن تر برحسب میلی‌گرم)} = \frac{\text{حجم نمونه استخراج شده} \times (\text{جذب در 663 نانومتر}) \times 4/69 - (\text{جذب در 645 نانومتر}) \times 22/9}{500}$$

پایداری غشاء سیتوپلاسمی

در ارزیابی میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی، از روش اندازه‌گیری میزان نشت یونی استفاده شد (Khalil & Yousef, 2014).

تعداد روزنه در سطح رویی برگ و زیرین برگ

همزمان با مرحله گلدهی، برگ آخر از بالا در یک بوته تحت رقابت انتخاب و پس از جدا نمودن از بوته مادر به آزمایشگاه منتقل گردید. برگ‌ها ابتدا با آب تمیز شسته شده و بعد از آبگیری، به‌وسیله چسب مایع و الکل سفید، محلولی تهیه و توسط قلم‌مو لایه نازکی از محلول را به قسمت زیرین و رویین برگ مالیده و بعد از خشک شدن با استفاده از چسب نواری، نمونه تهیه شده را بر روی لام منتقل کرده و در هر لام شش حوزه دید میکروسکوپی توسط عدسی با بزرگنمایی ۴۰ مورد شمارش قرار داده و میانگین گرفته شد (Abdallah *et al.*, 2013). اندازه‌گیری میزان پرولین براساس روش مورد استفاده توسط Javadi و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد.

درصد اسانس

برگ‌های خشک شده در شرایط سایه، توسط آسیاب پودر شدند. اسانس‌ها به روش تقطیر با آب استخراج شد. از برگ‌های خشک و آسیاب شده مربوط به هر تیمار یک نمونه ۱۲/۵ گرمی انتخاب و آنها را به‌همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر در درون بالن دستگاه کلونجر قرار داده و به مدت سه ساعت حرارت داده شد. تحت تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

حرارت و افزایش فشار بخار آب، غـدد ترشـحی حـاوی اسانس تخریب شده و اسانس همـراه بـا بخـار آب وارد سردکن شده و در سردکن پس از تحقق عمل میعان (روش تقطیر با آب)، قطرات اسـانس درون آب بـه طـرف لولـه مدرج حرکت کرده و در آنجـا بـه‌دلیـل سـبک‌تـر بـودن اسانس نسبت به آب، اسانس روی آب تجمع یافت و آب اضافی از طریق لوله رابط بـه بـالن برگشـت. بـه‌منظـور اندازه‌گیری حجم نمونه از یک سرنگ مخصوص اسـتفاده شد. اسانس که به‌رنگ زرد روشن بـود، جمـع‌آوری و بـا اسـتفاده از سـولفات سـدیم بـدون آب و اتیـل اتـر رطوبت‌زدایی شده و مقدار بدست‌آمده به درصد تبدیل شد (Roshanpour *et al*., 2014).

عملکرد اسانس

با ضرب میزان عملکرد ماده خشک بر درصـد اسـانس، عملکرد اسانس بدست آمد (Aly *et al*., 2015).

سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX, EC 1.11.1.7)

سـنجش فعالیـت آنـزیم GPX بـا اسـتفاده از روش Upadhyaya و همکاران (۱۳۸۵) انجام شد.

سنجش فعالیت آنزیم CAT بـا اسـتفاده از روش Aebi (۱۹۸۴) انجام شد.

قبل از تجزیه‌وتحلیل آماری، آزمون نرمال بـودن داده‌هـا انجام و بعد تجزیه‌وتحلیل آمـاری داده‌هـای بدسـت‌آمـده از اندازه‌گیری صفات مورد نظر بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار SAS سری ۹/۱ انجام شد. بـرای مقایسـه میـانگین‌هـا از آزمـون دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج

در این بررسی تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر کود زیستی میکـوریزا قـرار گرفـت، ولـی کـود زیسـتی باکتریایی بر محتـوای کلروفیـل a و b، تعـداد روزنـه در سطح زیری برگ، درصد اسانس، عملکرد اسانس، فعالیت گلیکول پراکسیداز و میزان تراوش یون‌ها که نشان‌دهنـده میزان پایداری غشاء است، اثر معنی‌داری داشت (جـدول ۲).

خصوصیات رشدی

در این بررسی ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشـک تنهـا تحت تـأثیر کـود زیسـتی میکـوریزا قـرار گرفـت. کـاربرد *G. intaradices* و کاربرد هر سـه سـویه قـارچ میکـوریزا بیشترین اثر را بر ارتفاع بوته‌هـای ریحـان داشـته و باعـث افزایش ۲۰/۸ و ۲۰/۳ درصدی این صفت شد، امـا کـاربرد تمامی سویه‌های مورد مطالعه اثر مثبـت و مشـابهی از نظـر آماری بر عملکرد ماده خشک ریحان داشته و این صـفت را به میزان ۱۲٪ تا ۱۸/۹٪ افزایش داد. ایـن دو تیمـار از نظـر آماری با *G. mossae* اختلاف معنـی‌داری نداشـت (جـدول ۴). باوجوداین سطح برگ تحت تأثیر هر دو نوع کود زیستی باکتریایی و میکوریزا قرار گرفـت. بـه‌طـوری کـه بیشـترین افزایش با ۵۵/۵٪ متعلق بـه کـاربرد هـر سـه سـویه قـارچ میکوریزا و ازتو فایو بود (جدول ۵).

درصد و عملکرد اسانس

در این مطالعه بیشترین درصد و عملکرد اسانس ریحـان در دو تیمار کـاربرد آزوسـپریلیوم ۲۱ و کـاربرد ترکیبـی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی بدست آمد و درصد اسانس را به میزان ۱۰/۸٪ و ۸/۳٪ و عملکرد اسانس را بـه میـزان ۱۶/۱٪ و ۱۷/۹٪ افزایش دادنـد (جـدول ۳). تحـت تـأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای کود زیستی میکوریزا درصد اسانس بوته‌های ریحان ۷/۳٪ تا ۸/۲٪ و عملکرد اسانس ۲۱/۳٪ تا ۲۸/۸٪ افزایش یافت. بین سویه‌ها از نظر این صفات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

خصوصیات فیزیولوژیک

در این بررسی تمامی تیمارهای کود زیستی باکتریایی افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل a در برگ‌های ریحان ایجاد و این صفت را ۲۳/۸٪ تا ۳۲٪ افزایش دادند، ولی محتوای کلروفیل b تحت تأثیر تیمار کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱ قرار نگرفت. باوجوداین سایر تیمارهای کود زیستی باکتریایی موجب افزایش ۱۴/۴ تا ۲۳/۶ درصدی در محتوای کلروفیل b شدند. این نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای کود زیستی باکتریایی بر محتوای کلروفیل a تأثیر افزایشی بیشتری در مقایسه با محتوای کلروفیل b داشت (جدول ۳). در این مطالعه با کاربرد کود میکوریزا افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل a و b در برگ‌های ریحان مشاهده شد. بیشترین افزایش در محتوای کلروفیل a با ۵۲٪ در تیمار کاربرد هر سه سویه قارچ میکوریزا بدست آمد. این در حالیست که کاربرد هر سه سویه قارچ میکوریزا محتوای کلروفیل b را در برگ‌های ریحان به میزان ۱۷/۵٪ افزایش داد که بسیار کمتر از میزان افزایش مشاهده شده در محتوای کلروفیل a است (جدول ۴).

در این مطالعه تمامی تیمارهای کود میکوریزا افزایش معنی‌داری را در تعداد روزنه در سطح رویی برگ‌های ریحان باعث گردید. تیمارهای کود میکوریزا تعداد روزنه در سطح رویی برگ را ۳/۶٪ تا ۱۰/۲٪ افزایش داد که بیشترین میزان افزایش مربوط به تیمار کاربرد هر سه سویه قارچ میکوریزا بود. اما در بین تیمارهای کود میکوریزا، کاربرد *G. mossae* تأثیر معنی‌داری بر تعداد روزنه در سطح زیری برگ‌های ریحان نداشت، باوجوداین سایر سویه‌های قارچ میکوریزا افزایش ۹/۸ تا ۲۱ درصدی را در تعداد روزنه در سطح زیری برگ‌های ریحان باعث گردید که بیشترین افزایش نیز متعلق به کاربرد هر سه سویه قارچ میکوریزا بود (جدول ۴). بر خلاف تعداد روزنه در سطح رویی برگ، تعداد روزنه در سطح زیری برگ تحت تأثیر کود زیستی باکتریایی قرار گرفت. سویه‌های کود زیستی باکتریایی باعث افزایش ۵/۷ تا ۸/۸ درصدی در تعداد روزنه در سطح زیری برگ‌های ریحان شدند (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ریحان

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح برگ	شاخص کلروفیل	محتوای کلروفیل a	محتوای کلروفیل b	تعداد روزنه در سطح رویی برگ	تعداد روزنه در سطح زیری برگ	درصد اسانس	عملکرد اسانس	عملکرد ماده خشک	گلیکول پراکسیداز	کاتالاز	پرولین
تکرار	۲	۱۳۴/۳۶۸	۰/۱۳۳	۱/۲۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۰/۰۸۵	۱۳/۲۰۷	۰/۰۱۳	۲۷/۷۱۷	۰/۰۰۵	۰/۲۶۱	۰/۱۱۹	۰/۴۱۹
کودزیستی باکتریایی **A**	۵	۱۱۴/۶۵۱	۰/۶۱	۳۸/۳۶	۰/۰۶۲**	۰/۰۴۷*	۶/۱۴۶	۲۰/۸۲۲*	۰/۰۶**	۲۶۶/۵۲۲*	۰/۲۳۸	۶/۳۰۳**	۰/۸۰۴	۲/۳۰۱
خطا	۱۰	۵۲/۰۵۹	۰/۲۱۷	۱۶/۲۹۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	۲/۸۷۱	۵/۷۴۸	۰/۰۰۶	۵۷/۵۹۸	۰/۱۳۶	۰/۵۹۹	۰/۱۵۵	۰/۸۰۲
کود زیستی میکوریزا **B**	۴	۲۵۶/۴۵۲**	۱/۵۹۱**	۶۷/۵۱۸**	۰/۱۹۹**	۰/۰۵۱*	۱۲/۹۵۴**	۱۵۷/۱۰۰**	۰/۰۶۸*	۹۰۲/۳۸۹**	۱/۳۸۵**	۱۰/۷۲۱**	۰/۶۲۳	۵/۲۷۶**
AB	۲۰	۳۹/۴۷۴	۰/۳۳۵*	۹/۵۵۱	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۱/۲۲۱	۱۴/۳۲	۰/۰۱۱	۱۱۵/۵۵۲	۰/۲۰۶	۱/۱۹۸	۰/۲۴۷	۱/۱۶۲
خطای فرعی	۴۸	۲۹/۱۶۷	۰/۱۶۶	۶/۴۱۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	۱/۲۴۹	۱۶/۲۱۱	۰/۰۲	۹۲/۴۸۵	۰/۱۸	۰/۸۹۵	۰/۴۷۷	۰/۷۳۷
ضریب تغییرات (٪) **(C.V)**		۱۰/۸۸	۱۲/۰۳	۶/۰۳	۲۱/۳۵	۱۵/۰۳	۴/۷۵	۹/۷۹	۷/۸۵	۱۳/۱۴	۱۰/۳۸	۷/۹۶	۱۴/۴	۹/۶۳

** و *: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تأثیر سویه‌های کود زیستی باکتریایی

سویه کود زیستی باکتریایی	کلروفیل **a** (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل **b** (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	تعداد روزنه در سطح زیری برگ (تعداد در حوزه دید)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (میلی‌گرم در مترمربع)	گلیکول پراکسیداز (واحد در دقیقه در میلی‌گرم)
شاهد	۰/۵۵۸۰ b	۰/۷۰۱۳ b	۳۸/۸۸ b	۱/۶۹۰ d	۶۶/۱۶ b	۱۰/۸۰ d
آزوسپریلیوم ۲۱	۰/۷۰۲۰ a	۰/۷۹۲۰ ab	۴۱/۱۱ a	۱/۸۷۳ a	۷۶/۸۲ a	۱۱/۵۳ c
پسودوموناس ۱۶۸	۰/۶۹۰۷ a	۰/۸۱۳۳ a	۴۲/۲۹ a	۱/۷۵۹ c	۷۲/۳۷ ab	۱۲/۲۶ ab
ازتوفایو	۰/۷۰۱۳ a	۰/۸۳۵۳ a	۴۱/۴۱ a	۱/۷۵۶ c	۷۴/۰۴ a	۱۱/۹۰ bc
باسیلوس	۰/۷۱۸۷ a	۰/۸۰۲۰ a	۴۱/۷۳ a	۱/۷۹۷ bc	۷۱/۷۷ ab	۱۲/۲۰ab
مخلوط ۴ سویه	۰/۷۳۶۷ a	۰/۸۶۶۷ a	۴۱/۴۵ a	۱/۸۳۱ ab	77.97 a	۱۲/۶۳ a

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات تحت تأثیر سویه‌های کود زیستی میکوریزا

سویه کود زیستی میکوریزا	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	تعداد روزنه در سطح رویی برگ (تعداد در حوزه دید میکروسکوپی)	تعداد روزنه در سطح زیری برگ (تعداد در حوزه دید میکروسکوپی)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (میلی‌گرم در مترمربع)	عملکرد خشک (گرم در بوته)	گلیکول پراکسیداز (واحد در دقیقه در میلی‌گرم)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)
شاهد	۴۳/۶۳ c	۰/۵۴۶۷ c	۰/۷۱۰۶ b	۲۲/۳۴ c	۳۷/۲۴ d	۱/۶۷۵ b	۶۱/۰۹ b	۳/۶۵۰ b	۱۰/۵۴ b	۸/۰۴۷ b
G. mossae	۵۱/۰۷ ab	۰/۷۰۱۱ b	۰/۸۱۴۴ a	۲۳/۷۵ b	۳۹/۷۹ cd	۱/۷۹۸ a	۷۷/۸۶ a	۴/۳۱۷ a	۱۲/۰۶ a	۹/۰۴۶ a
G. intaradices	۵۲/۶۹ a	۰/۷۱۲۲ b	۰/۸۴۳۳ a	۲۳/۱۴ b	۴۰/۸۹ bc	۱/۸۱۷ a	۷۴/۱۷ a	۴/۰۸۹ a	۱۲/۲۱ a	۹/۰۱۱ a
G. hoei	۴۸/۴۱ b	۰/۶۳۱۷ bc	۰/۸۰۵۶ a	۲۳/۷۹ b	۴۲/۷۴ ab	۱/۸۱۸ a	۷۴/۱۱ a	۴/۰۶۱ a	۱۲/۴۹ a	۸/۹۲۴ a
مخلوط سه گونه	۵۲/۴۷ a	۰/۸۳۱۱ a	۰/۸۳۵۰ a	۲۴/۶۲ a	۴۵/۰۵ a	۱/۸۱۳ a	۷۸/۷۱ a	۴/۳۳۹ a	۱۲/۱۳ a	۹/۵۴۱ a

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های سطح برگ تحت تأثیر سویه‌های کود زیستی باکتریایی و میکوریزا

سویه کود زیستی باکتریایی	سویه کود زیستی میکوریزا	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)
شاهد	شاهد	۲/۷۶۷ gh
	G. mossae	۳/۱۳۳ d-h
	G. intaradices	۲/۹۶۷ e-h
	G. hoei	۳/۲۳۳ c-h
	مخلوط سه گونه	۲/۸۶۷ f-h
آزوسپریلیوم ۲۱	شاهد	۲/۷۳۳ h
	G. mossae	۳/۷۰۰ a-e
	G. intaradices	۳/۵۰۰ a-h
	G. hoei	۳/۷۳۳ a-e
	مخلوط سه گونه	۳/۶۳۳ a-f
سودوموناس ۱۶۸	شاهد	۲/۹۳۳ e-h
	G. mossae	۳/۵۶۷ a-g
	G. intaradices	۳/۳۶۷ b-h
	G. hoei	۳/۳۰۰ b-h
	مخلوط سه گونه	۳/۸۰۰ a-d
ازتوفایو	شاهد	۳/۲۶۷ b-h
	G. mossae	۳/۷۰۰ a-e
	G. intraradise	۲/۷۰۰ h
	G. hoei	۳/۲۳۳ c-h
	مخلوط سه گونه	۴/۲۳۳ a
باسیلوس	شاهد	۲/۷۳۳ h
	G. mossae	۳/۴۰۰ b-h
	G. intraradise	۳/۶۳۳ a-f
	G. hoei	۳/۹۶۷ a-c
	مخلوط سه گونه	۴/۰۰۰ a-c
مخلوط ۴ سویه	شاهد	۳/۰۰۰ d-h
	G. mossae	۳/۶۰۰ a-f
	G. intaradices	۴/۰۶۷ ab
	G. hoei	۳/۲۰۰ c-h
	مخلوط سه گونه	۳/۷۰۰ a-e

www.SID.ir

Archive of SID

محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها

در این بررسی تمامی سویه‌های کود زیستی باکتریایی باعث افزایش معنی‌داری در میزان گایاکول پراکسیداز از برگ‌های ریحان شدند. بیشترین میزان گایاکول پراکسیداز در تیمار کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی بدست آمد که در مقایسه با عدم کاربرد این نوع کود به میزان ۱۶/۶٪ بیشتر بود، ولی محتوای کاتالاز تنها تحت تأثیر کاربرد سودوموناس ۱۶۸ و کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی به میزان ۱۰/۱٪ و ۱۱/۸٪ افزایش یافت (جدول ۳).

در این مطالعه تمامی کودهای زیستی میکوریزا اثر مثبت و مشابهی بر محتوای گایاکول پراکسیداز و پرولین در برگ‌های ریحان داشتند (جدول ۴).

بحث

نتایج این بررسی نشان داد که تیمار میکوریزی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک در ریحان شد. Srinivasa Murthy و Narayanappa (۲۰۱۳) در یک بررسی بر روی گیاه دارویی *Ruta graveolens* نشان دادند که کاربرد کود میکوریزا افزایش معنی‌داری را در ارتفاع بوته، وزن خشک بوته و سطح برگ *Ruta graveolens* ایجاد نمود. Bargali و Bargali (۲۰۰۹) در بررسی که بر روی *Coriaria nepalensis* انجام دادند، مشاهده نمودند که کاربرد کود زیستی میکوریزا باعث افزایش ۱۷ درصدی در سطح برگ‌های *Coriaria nepalensis* شد. در این بررسی بین سویه‌های مورد مطالعه میکوریزاها از نظر تأثیر بر شاخص سطح برگ‌ها اختلاف مشاهده شد. Kumar و همکاران (۲۰۱۴) در یک بررسی تأثیر دو سویه قارچ میکوریزا را بر رشد *Salvia officinalis* مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه‌ای که این محققان انجام دادند، اختلاف زیادی بین سویه‌های قارچ‌های میکوریزا از نظر سطح برگ و وزن خشک مشاهده شد. به‌طوری که یکی از سویه‌ها سطح برگ‌های *Salvia officinalis* را ۴۵٪ اعلام کرد، در حالی که سویه *Glomus mossae* باعث افزایش ۸۵ درصدی در سطح برگ‌های نعناع فلفلی شد. Kumar و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که این اختلاف ناشی از میزان فعالیت سویه‌های میکوریزی و اختلاف در ایجاد همزیستی با گیاهان است.

در این بررسی سویه‌های باکتریایی باعث افزایش معنی‌داری در درصد و عملکرد اسانس شد. Banchio و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند که کاربرد باسیلوس روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده ریحان شده و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد. Aly و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش معنی‌داری را در درصد و عملکرد اسانس شوید با کاربرد کود زیستی باکتریایی مشاهده نمودند. Roshanpour و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر تیمارهای مختلف باکتریایی را بر عملکرد اسانس شوید مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای باکتریایی مورد بررسی توسط این محققان شامل *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum lipoferum*، *Bacillus circulans* و مخلوطی از این تیمارهای باکتریایی بود. نتایج آنان نشان داد که در بین تیمارهای کاربرد انفرادی باکتری‌ها تنها *Azospirillum lipoferum* باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد اسانس شد، ولی بیشترین عملکرد اسانس مربوط به کاربرد هر سه کود زیستی به‌صورت توأم بود. در این بررسی کاربرد سویه‌های میکوریزی و به‌ویژه مخلوطی از سویه‌های مورد بررسی باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس شد. از آنجا که کاربرد تلفیقی سویه‌های مورد بررسی اثر مشابهی در مقایسه با کاربرد انفرادی کودهای زیستی میکوریزا داشت، بنابراین نوع سویه میکوریزا اهمیتی از نظر اثربخشی در ریحان نداشته و فقط کاربرد این نوع کودها بدون توجه به سویه مطلوب خواهدبود. Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه دارویی *Ocimum basilicum* تأثیر سویه‌های مختلف قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، *G. fasciculatum* و

www.SID.ir

Archive of SID

G. Intraradices را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که این سویه‌ها باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس شد. در بررسی دیگری Hedayati Mahdi Abadi و همکاران (۲۰۱۵) و Jafari Ghoushchi و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش درصد و عملکرد اسانس زیره سیاه و مریم‌گلی را با کاربرد کود زیستی میکوریزا گزارش نمودند.

در این بررسی کودهای زیستی باکتریایی و میکوریزی باعث افزایش معنی‌داری در خصوصیات فیزیولوژیک شد. میکروارگانیسم‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهان اسید اینـدول استیک، زآتین و جیبرلین را تولید می‌کنند که این ترکیب‌ها رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Boiero *et al.*, 2007). سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها منجر به افزایش مقدار کلروفیل می‌گردد (Emami *et al.*, 2011). Heidari و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر کاربرد سویه‌های مختلف باکتری‌ها را در گیاه *Ocimum basilicum* مورد بررسی قرار دادند و اختلاف معنی‌داری را بین سویه‌های باکتریایی از نظر شاخص کلروفیل مشاهده نمودند. این محققان بیشترین افزایش در شاخص کلروفیل را با کاربرد *Pseudomonades sp.* بدست آوردند. Khalil و Yousef (۲۰۱۴) تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره و کاربرد قارچ میکوریزا را بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارویی *Lepidium sativum* مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که کاربرد کود زیستی میکوریزا همراه با کود فسفره شیمیایی افزایشی ۳۸۳ درصدی را در میزان کلروفیل b برگ‌های *Lepidium sativum* ایجاد نمود. Robinson و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش معنی‌داری را در میزان کلروفیل a و b در گیاه کنجد با کاربرد کود زیستی میکوریزا مشاهده نمودند.

در این مطالعه تمامی تیمارهای کود میکوریزا باعث افزایش معنی‌داری در تعداد روزنه در سطح رویی برگ‌های آفتابگردان ریحان گردید. Abdallah و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر قارچ‌های میکوریزا را بر خصوصیات فیزیولوژیک مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که کاربرد کود زیستی میکوریزا تعداد روزنه‌ها را در سطح زیرین برگ‌ها در آفتابگردان افزایش می‌دهد. یکی از تغییرات تعداد روزنه‌ها در سطح برگ‌ها، تغییرات هورمونی گیاهان است (Farber *et al.*, 2016). بررسی‌ها نشان داده که قارچ‌های میکوریزا تغییرات عمده‌ای را در سطح هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین باعث می‌شود (Srinivasan & Govindasamy, 2014)، ازاین‌رو از این طریق باعث ایجاد تغییر در تعداد روزنه‌ها می‌شود. ازجمله هورمون‌هایی که در افزایش تعداد روزنه‌ها نقش دارند، اکسین و سیتوکنین‌ها هستند (Farber *et al.*, 2016). قارچ‌های میکوریزا هورمون‌های اکسین و سیتوکنین را در خاک آزاد می‌کنند که می‌تواند توسط ریشه جذب و باعث ایجاد تغییرات هورمونی گیاه شود (Sivagurunathan *et al.*, 2014).

در این بررسی تمامی سویه‌های کود زیستی باکتریایی باعث افزایش معنی‌داری در میزان گایاکول پراکسیداز از برگ‌های ریحان شدند. Mathivanan و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که کاربرد سویه‌های مختلف کودهای زیستی باکتریایی باعث افزایش معنی‌دار پراکسیدازها و کاتالاز در گیاه می‌شود. آنان این افزایش را ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی دانستند.

در این مطالعه تمامی کودهای زیستی میکوریزا اثر مثبت و مشابهی بر محتوای گایاکول پراکسیداز و پرولین در برگ‌های ریحان داشتند. کاربرد میکوریزا با افزایش جذب فسفر بر محتوای پرولین گیاهان می‌افزاید، زیرا مهمترین نقش قارچ‌های میکوریزا افزایش جذب فسفر است (Yadav & Aggarwal, 2015). قارچ‌های میکوریزا با افزایش سطح جذبی، میزان جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد (Gholami *et al.*, 2013).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که درصد اسانس تحت تأثیر کاربرد تمامی سویه‌ها افزایش یافت، ولی بیشترین افزایش متعلق به کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱ بود. عملکرد اسانس نیز تنها تحت تأثیر کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱، کاربرد ازتوفایو و کاربرد ترکیبی از

www.SID.ir

Archive of SID

سویه‌های کود زیستی باکتریایی افزایش یافت. محتوای کاتالاز تحت تأثیر کاربرد سودوموناس ۱۶۸ و کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی افزایش معنی‌داری را نشان داد. کاربرد سویه‌های قارچ میکوریزای چه به تنهایی و چه به‌صورت توأم اثر معنی‌داری بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژیک، درصد اسانس و اجزای اصلی اسانس ریحان داشت. در این بررسی درصد و عملکرد اسانس تحت تأثیر تیمارهای قارچ مایکوریزا افزایش یافت. محتوای آنتی‌اکسیدان‌های پرولین، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز در اثر کاربرد کود زیستی میکوریزی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به نتایج کاربرد ترکیبی از کودهای زیستی باکتریایی همراه با هر یک از گونه‌های قارچ‌های میکوریزی، باعث افزایش مؤثری در خصوصیات رشدی و عملکرد اسانس ریحان خواهد شد و به‌ویژه کاربرد آزوسپریلیوم ۲۱، کاربرد ازتوفایو و کاربرد ترکیبی از سویه‌های کود زیستی باکتریایی همراه با هر یک از سویه‌های قارچ میکوریزا باعث افزایش خصوصیات کمّی و کیفی اسانس ریحان و سود اقتصادی کشت ریحان خواهد شد. در بین کودهای تجاری موجود در کشور، کود زیستی بایوفارم قابل ذکر است که حاوی هر دو آزوسپریلیوم و ازتوفایو است. همچنین Mycopersica نیز کود زیستی حاوی سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی است که کشاورزان از آن می‌توانند برای افزایش محصول گیاهان دارویی مورد کشت خود استفاده کنند.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی تحت عنوان «تأثیر تداخل سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر عملکرد، ترکیب‌های اسانس، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و فیزیولوژی ریحان» است. ازاین‌رو از زحمات کارکنان حوزه پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملکان تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Abdallah, M.M., Abd El-Monem, A.A., Hassanein, R.A. and El-Bassiouny, H.M.S., 2013. Response of sunflower plant to the application of certain vitamins and arbuscular mycorrhiza under different water regimes. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(2): 915-932.
- Aebi, H., 1984. Catalase in Vitro. 105: 121-126, In: Packer, L., (Ed.), Methods in Enzymology, Academic Press, San Diego, 600p.
- Afzal, A. and Bano, A., 2008. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). International Journal of Agriculture and Biology, 10: 85-88.
- Akhtar, M.S. and Siddiqui, Z.A., 2009. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium* sp. on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. African Journal of Biotechnology, 8(15): 3489-3496.
- Aly, M.S., EL-Shahat, A.N., Naguib, N.Y., Ahl, H.A.S., Zakaria, A.M. and Abou Dahab, M.A., 2015. Effect of nitrogen and/or bio-fertilizer on the yield, total flavonoids, carbohydrate contents, essential oil quantity and constituents of dill plants. Middle East Journal of Agriculture, 4: 291-296.
- Banchio, E., Xie, X., Zhang, H. and Pare, P.W., 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 653-657.
- Bargali, K. and Bargali, S.S., 2009. Effect of phosphorus nutrition on growth and mycorrhizal dependency of *Coriaria nepalensis* seedlings. Nature and Science, 7(6): 19-24.
- Boiero, L., Perrig, D., Masciarelli, O., Penna, C., Cassán, F. and Luna, V., 2007. Phytohormone production by three strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. Applied Microbiology and Biotechnology, 74: 874-880.
- Bonfante, P. and Genre, A., 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary developmental perspective. Trends in Plant Sciences, 13: 492-498.
- Emami, H., Saeidnia, M., Hatamzadeh, A., Bakhshi, D. and Ghorbani, E., 2011. The effect of gibberellic acid and benzyladenine in growth and flowering of lily (*Lilium longiflorum*). Advances in Environmental Biology, 5(7): 1606-1611.
- Farber, M., Attia, Z. and Weiss, D., 2016. Cytokinin activity increases stomatal density and transpiration

www.SID.ir

Archive of SID

- Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 21: 361-366.
- Mathivanan, S., Chidambaram, A.L.A., Sundaramoorthy, P., Baskaran, L. and Kalaikandhan, R., 2014. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seed germination and biochemical constituents. International Journal of Current Research and Academic Review, 2: 187-194.
- Mohammadi, K. and Sohrabi, Y., 2012. Bacterial biofertilizers for sustainable rop production: A review. Journal of Agricultural and Biological Science, 7: 307-316.
- Ngoc, S.T.T., Ngoc, D.C.M. and Giang, T.T., 2006. Effect of Bradyrhizobia and phosphate solubilizing bacteria application on soybean in rotational system in the Mekong delta. Journal of Omonrice, 14: 48-57.
- Robinson, J., Nithya, K., Ramya, R., Karthikbalan, B. and Kripa, K., 2014. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza *Glomus fasiculatum* on the growth and physiological response in *Sesamum indicum* L. International Letters of Natural Sciences, 23: 47-62.
- Roshanpour, N., Taghi Darzi, M. and Haj Seyed Hadi, M., 2014. Effects of plant growth promoter bacteria on biomass and yield of basil (*Ocimum basilicum* L.). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2: 2077-2085.
- Sivagurunathan, P., Sathiyamoorthy, M. and Sivasubramani, K., 2014. Effect of mycorrhizal fungi on growth of *Zea mays* L. Plants. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 1(1): 137-148.
- Srinivasa Murthy, K.M. and Narayanappa, M., 2013. Influence of vesicular arbuscular mycorrhizae (VAM) on growth of *Ruta graveolens*-a medicinal plant. International Journal of Science and Research, 4(5): 897-900.
- Srinivasan, R. and Govindasamy, C., 2014. Influence of native arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrition and phytochemical constituents of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Journal of Coastal Life Medicine, 2(1): 31-37.
- Tao, G., Tian, S., Cai, M. and Xie, G., 2008. Phosphate solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils. Pedosphere, 18: 515-523.
- Upadhyaya, A., Sankhla, D., Davis, T.D., Sankhla, N. and Smith, B.N., 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes ofactivated oxygen metabolism and lipid peroxidation in rate in tomato. Journal of Experimental Botany, 67: 6351-636.
- Gholami, A., Amin Alavi, S., Moezi, A. and Salimpour, S., 2013. The effect of mycorrhiza fungi (VAM) on phosphorus absorption by corn (*Zea Mays* L.) at northern khouzestan, Iran. Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding, 1(2): 32-36.
- Hedayati Mahdi Abadi, B., Ganjali, H.R. and Mobasser, H.R., 2015. Effect of mycorrhiza and phosphorus fertilizer on some characteristics of black cumin. Biological Forum-An International Journal, 7(1): 1115-1120.
- Heidari, M., Mousavinik, S.M. and Golpayegani, A., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) effect on hysiological parameters and mineral uptake in basil (*Ociumum basilicum* L.) under water stress. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 6: 78-91.
- Hellal, F.A., Mahfouz, S.A. and Hassan, F.A.S., 2011. Partial substitution of mineral nitrogen fertilizer by bio-fertilizer on (*Anethum graveolens* L.) plant. Agriculture and Biology Journal of North America, 2(4): 652-660.
- Jafari Ghoushchi, M., Abbaszadeh, B. and Oraei, M., 2015. Effects of chemical and biological fertilizers on growth, yield and essential oil of *Salvia officinalis*. Journal of Medicinal Plants and By-Products, 4: 31-37.
- Javadi, H., Seyed, M., Hesamzadeh, H. and Majnun, B., 2013. Comparison of karyotypic triats of Thymus pecies in Iran. Annals of Biological Research, 4(1): 199-208.
- Jha, S.K. and Kumar, N., 2011. Potential of mycorrhizal fungi in ecosystem: a review. International Journal of Research in Botany, 1(1): 1-7.
- Khair-ul-Bariyah, S., Ahmed, D. and Ikram, M., 2012. *Ocimum basilicum*: a review on phytochemical and pharmacological studies. Journal of the Chemical Society of Pakistan, 2(2): 78-85.
- Khalil, S.E. and Yousef, R.M.M., 2014. Interaction effects of different soil moisture levels, arbuscular mycorrhizal fungi and three phosphate levels on: I-growth, yield and photosynthetic activity of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant. International Journal of Advanced Research, 2: 723-737.
- Kumar, A., Mangla, C., Aggarwal, A. and Srivastava, V., 2014. Rhizospheric effect of endophytic mycorrhiza and trichoderma viride on physiological parameters of *Mentha Spicata* linn. Asian Journal of Advanced Basic Sciences, 2(1): 99-104.

www.SID.ir

Archive of SID

viride and *Pseudomonas fluorescens* in promoting growth, nutrient uptake and yield of *Arachis hypogaea* L. New York Science Journal, 8(1): 101-108.
- Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F. and Rejali, F., 2013. Effects Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Plant Physiology, 3(2): 643-650.

senescingsoybean leaves. Journal of Plant Physiology, 121: 453-461.
- Weisany, W., Rahimzadeh, S. and Sohrabi, Y., 2012. Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28: 73-87.
- Yadav, A. and Aggarwal, A., 2015. The associative effect of arbuscular mycorrhizae with *Trichoderma*

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of inoculation of seeds with different strains of bacteria and mycorrhizal fungi on growth, essential oil production, biochemical and physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.)

E. Farajzadeh Memari Tabrizi[1*], M. Roshdi Maleki[2], N. Farajzadeh Memari Tabrizi[3] and V. Ahmadzadeh[3]

1*- Corresponding author, Department of Agronomy, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran
E-mail: farajzadeh.elnaz@yahoo.com; farajzadeh_e@malekaniau.ac.ir
2- Department of Microbiology, Malekan branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran
3- Young Researchers Club,Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received: May 2018 Revised: July 2018 Accepted: July 2018

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of seed treatment of different strains of bacterial biofertilizers (control, Azospirillum 21, pseudomonas 168, istofyu, bacillus and a combination of strains) and different strains of mycorrhizal biofertilizer (control, *Glomus mossae, G. intradices, G. hoei* and all three strains of mycorrhiza) on growth, essential oil yield and physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Experiments were carried out in 2009 as split plot based on randomized complete block design with three replications in the farms of the Malakan Islamic Azad University. The measured traits were crop height, leaf area, chlorophyll index, content of chlorophyll a and b, number of stomate in the leaf surface, number of stomata in the subsurface, essential oil content, essential oil yield, dry matter yield, gayacol peroxidase, catalase and proline. In this study, mycorrhizal fertilizer treatments had a positive effect on the growth and yield of basil essential oil. In addition to the improvement of growth indices, physiological parameters including chlorophyll a and b contents, number of stomate and antioxidant content increased as a result of application of biofertilizer. The essential oil yield increased by 16.1%, 11.9% and 17.9%, respectively, due to the application of Azospirillum 21, application of bacteria, and the combined application of bacterial biofertilizer strains. This increase was mainly due to the increase in the percentage of basil essential oil. Contrary to growth characteristics, physiological characteristics such as chlorophyll a and b content and antioxidant content were positively affected by the use of bacterial biofertilizer. According to the results of this study, the application of Azospirillum 21, application of the bacteria, and the combined application of bacterial biofertilizer strains along with each of the mycorrhizal fungi strains will increase the qualitative and quantitative properties of basil essential oil.

Keywords: Essential oil, growth bacteria, basil (*Ocimum basilicum* L.), biofertilizer, mycorrhiza.

www.SID.ir