مقایسه اثر قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی با کود دامی بر خصوصیات رشد و وزن خشک گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

اسما بستامی[1] و مجید مجیدیان[1]*

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۳۱)

چکیده

به منظور مقایسه تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی با کود دامی بر خصوصیات رشد و وزن خشک گیاه دارویی گشنیز، آزمایشی گلدانی در دانشکده علوم کشاورزی گیلان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی در سه سطح (صفر، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و کود دامی (گاوی) در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد ارزیابی داشت. بیشترین وزن خشک بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک ریشه، کلروفیل و کاروتنوئید کل برگ در اثر تلقیح میکوریزا حاصل شد که به ترتیب ۲۴، ۲۰۰، ۲۳، ۵۰، ۱۳، ۳۳، ۳۶ و ۵۸ درصد بیشتر از کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود. ولی بیشترین تعداد چتر در بوته در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی حاصل شد که ۴٪ بیشتر از کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود. طبق نتایج، کودهای زیستی، شامل تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی، شرایط بهتری را نسبت به کود دامی در افزایش عملکرد گیاه دارویی گشنیز جهت دستیابی به کشاورزی پایدار در شرایط گلخانه‌ای فراهم آوردند.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی پایدار، قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی، کود دامی، گشنیز

مقدمه

گشنیز با نام علمی (*Coriandrum sativum* L.)، گیاهی یک ساله از خانواده چتریان است که ارتفاع ساقه آن ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بوده و دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روزه دارد (۱). از این گیاه به عنوان هضم کننده غذا، ضد نفخ، اشتهاآور، برطرف کننده دردهای عضلانی وآرامش بخش نیز استفاده می‌شود (۳). استفاده از ریزجانداران مفید خاک‌زی، تحت عنوان کودهای زیستی، به عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگهداشتن سیستم‌های حیاتی خاک، مطرح می‌باشد. عرضه مواد آلی به خاک به دلیل پاسخ‌گویی به ضروری‌ترین نیازهای خاک، بزرگ‌ترین مزیت این قبیل کودهاست. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیات، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط‌زیست و در مجموع، حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیر قابل تجدید) از مهم‌ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می‌شوند (۳۰).

از انواع کودهای زیستی می‌توان به قارچ‌های میکوریزایی و

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ma_majidian@guilan.ac.ir

ریزجانداران حل کننده فسفات اشاره کرد که امروزه کاربرد فراوانی در سیستم‌های کشاورزی پایدار، به منظور دست‌یابی به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات زراعی و باغی دارند. قارچ‌های میکوریزا دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، تولید هورمون‌های گیاهی و کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (۳۰). قارچ‌های میکوریزا از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک، باعث افزایش سطح تماس ریشه‌ها شده و به دنبال آن باعث افزایش عملکرد می‌گردد (۱۲). چادری و همکاران (۱۴) با کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا گزارش کردند که عملکرد ماده خشک درمنه *Artemisia anuna* نسبت به شاهد افزایش یافته است. سلواراژ و چلاپان (۲۸) افزایش میزان کلروفیل کل در برگ‌های *Prosopis juliflora* کلونیزه شده با *G. fasciculatum* را نشان دادند. محمودی و همکاران (۶) گزارش کردند که قارچ *G. mosseae* ۵/۵ درصد میزان کاروتنوئیدهای برگ لوبیا را نسبت به شاهد غیر میکوریزایی افزایش داد. لوچه تساندیر و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که گیاهان سیب‌زمینی میکوریزایی شده با *G. intraradices* محتوای کاروتنوئید بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند.

ریزجانداران حل کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شوند. همچنین، بسیاری از آنها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی نیز می‌گردند. در بسیاری از مطالعات انجام گرفته مرتبط با کشاورزی پایدار، وجود یک رابطه افزایشی و تشدید کننده بین ریزجانداران حل کننده فسفات و قارچ‌های میکوریزا تأیید شده است، به طوری که تلقیح هم‌زمان آنها با گیاه، افزایش جذب فسفر و رشد بهتر گیاه را در پی داشته است (۳۱). تحقیق آنامالای و همکاران (۹) مبین بهبود معنی‌دار عملکرد ماده خشک در اثر مصرف باکتری‌های حل کننده فسفات در یک گیاه دارویی از خانواده فرفیون، در مقایسه با تیمار شاهد بود. در پژوهشی دیگر، مشاهده شد که مصرف کود فسفات زیستی در گیاه دارویی گاوزبان سبب بهبود تعداد گل در این گیاه شد (۲۹).

کود دامی از طریق افزایش هوموس خاک، ذرات خاک را به‌هم چسبانده و آنها را از فرسایش آبی و بادی مصون می‌دارد و در صورت استفاده با کودهای معدنی می‌تواند تأثیر بهتری در برداشته باشد (۴). بررسی‌های کاروبا (۱۳) مبین آن است که کاربرد کود دامی موجب بهبود عملکرد گیاه دارویی گشنیز (Coriander) می‌شود. در آزمایشی دیگر، کاربرد کود دامی باعث بهبود شاخص‌های رشد گیاه تاجزیری (*Solanum retroflexum* Dun) نسبت به کود شیمیایی شد (۱۱).

از آنجا که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کمیت و کیفیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، به نظر می‌رسد که تغذیهٔ سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای بیشترین تطابق با اهداف تولید گیاهان دارویی می‌باشد که منجر به بهبود عملکرد کمی و کیفی آنها می‌شود. هدف از این تحقیق، مقایسه تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی با کود دامی بر برخی خصوصیات رشدی، وزن خشک و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی گشنیز در شرایط گلخانه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت گلدانی در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر بودند. گلدان‌ها پس از شستشو با آب معمولی، به‌وسیله الکل ضدعفونی سطحی شدند و با ترکیبی از خاک رس و ماسه بادی به نسبت ۲ به ۱ که ابتدا هر کدام در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شده بودند، پر شدند. بافت خاک از نوع لوم شنی بود (قبل از کاشت، محتوای گلدان‌ها مورد آزمون تجزیه خاک قرار گرفت).

پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل قارچ میکوریزا (M) در دو سطح (عدم تلقیح= M_1 و تلقیح= M_2)، عامل کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (P_1=۰، ۳۵= P_2 و ۷۰= P_3 کیلوگرم در هکتار) و کود دامی (F) در سه سطح (F_1=۰، F_2=۱۰ و F_3=۲۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۱۸ تیمار و سه تکرار انجام شد. بذرها پس از ضدعفونی و تلقیح در گلدان‌های مذکور کاشته شدند. مایه تلقیح میکوریزایی، به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه)، حاوی گونه‌ای قارچ به‌نام *Glomus mosseae* بود. هر بذر آغشته به مایه تلقیح میکوریزایی در حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ اندام فعال قارچی دریافت می‌کرد. کود فسفات زیستی حاوی سنگ فسفات معدنی و یک گونه از باکتری‌های حل کننده فسفات (*Pseudomonas striata*) بود که در هر گرم از آن در حدود 10^5 باکتری فعال یاد شده وجود داشت.

برای تعیین خصوصیات رشدی، در مرحله گل‌دهی کامل، از هر واحد آزمایش یک گلدان به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد چتر (Apiaceae) در بوته و تعداد شاخه‌های فرعی اندازه‌گیری شد. در نهایت، جهت تعیین وزن خشک بوته و ریشه، نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن (آون) با دمای ۷۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. وزن تر و خشک بوته و ریشه توسط ترازوی دیجیتال مدل JP۳۰۰W با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ در مرحله گل‌دهی کامل از روش آرنون (۱۰) استفاده شد.

تجزیه داده‌ها براساس طرح آماری مورد استفاده توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

وزن‌تر و خشک بوته

طبق نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تلقیح میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی در سطح احتمال ۱٪ بر وزن تر و خشک بوته گشنیز معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن تر بوته در اثر تلقیح میکوریزا (۴/۷۴ گرم در گلدان) ۶۵٪ بیشتر از عدم تلقیح (۲/۸۷ گرم در گلدان) شد. همچنین، وزن خشک بوته در تلقیح با میکوریزا (۱/۲۲ گرم در گلدان) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۵۷ گرم در گلدان) ۱۱۴٪ بیشتر شد (جدول ۲). خلوتی و همکاران (۲۰) در آزمایشی، اظهار داشتند که دلیل این امر مکانیزم عمل قارچ میکوریزی در جذب فسفر می‌باشد. پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آنها در ریزوسفر، بخشی از ریسه‌ها وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسیزیک اسید گشته و میزان سیتوکنین را افزایش می‌دهند. این عمل سبب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب می‌شود. ریسه‌های برون‌ریشه‌ای نیز با ترشح اسیدهای آلی حل کننده فسفات‌های محلول نظیر اسید مالیک، جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می‌دهند. در نتیجه، عملکرد خشک در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا افزایش می‌یابد. چادری و همکاران (۱۴) نیز با کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا گزارش کردند که عملکرد ماده خشک درمنه نسبت به شاهد افزایش یافته است.

بین سطح اول و سوم کود فسفات زیستی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به نحوی که وزن تر بوته در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۴/۱۲ گرم در گلدان) ۳۷٪ بیشتر از کاربرد صفر کیلوگرم در هکتار (۳ گرم در گلدان) و وزن خشک بوته در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۱/۱۷ گرم در گلدان) ۷۲ درصد بیشتر از کاربرد صفر کیلوگرم در هکتار (۰/۶۸ گرم در گلدان) شد (جدول ۲). تحقیق آنامالای و همکاران (۹) نیز مبین بهبود معنی‌دار عملکرد ماده خشک در اثر مصرف باکتری‌های حل کننده فسفات در یک گیاه دارویی از خانواده فرفیون در مقایسه با تیمار شاهد بود. با این حال جوایلی و همکاران (۱۵) در آزمایشی روی گیاه مرزنجوش گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری از لحاظ زیست‌توده میان تیمارهای تلقیح شده با

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات گشنیز تحت تأثیر میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه‌های فرعی	تعداد چتر در بوته
تکرار	۲	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۸۷	۰/۶۷
تلقیح میکوریزا	۱	۴۷/۱۳**	۴/۸۲**	۰/۰۴**	۷۶/۴۸**	۵۷/۷**
کود فسفات زیستی	۲	۱/۳۱**	۱/۶**	۰/۲۲**	۲۸/۵**	۳۸/۵۷**
کود دامی	۲	۲/۳۶**	۰/۱۶**	۰/۴**	۱۶/۶۸**	۱۴/۶۸**
میکوریزا × کود فسفات زیستی	۴	۰/۱۱^{ns}	۰/۵۶^{ns}	۰/۰۴۹ ^{ns}	۲۴/۶۸ ^{ns}	۳۴/۶۸^{ns}
میکوریزا × کود دامی	۴	۰/۶۶ ^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲۰/۸^{ns}	۱۴/۶۸^{ns}
کود فسفات زیستی × کود دامی	۴	۰/۹^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲۱/۹ ^{ns}	۲۴/۰۷^{ns}
اثر متقابل سه فاکتور	۴	۰/۲۵۸ ^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۱^{ns}	۱۱/۶^{ns}	۱۲/۶۲^{ns}
خطای آزمایش	۳۴	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۱۵/۷	۲۰/۰۸
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۹	۶/۷	۴/۴	۲/۳	۴/۱

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۱. تجزیه واریانس صفات گشنیز تحت تأثیر میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول ریشه	وزن‌تر ریشه	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل	کاروتنوئید کل
تکرار	۲	۵۴/۳۳	۰/۷۴	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۴	۱/۰۵
تلقیح میکوریزا	۱	۱۱۶۴۶/۸**	۷۷/۴**	۲/۸۲**	۰/۰۲**	۰/۰۴**	۷/۱**
کود فسفات زیستی	۲	۲۱۴۲/۲**	۲۱/۵**	۱/۶**	۰/۰۶**	۰/۰۰۷**	۱/۳۳**
کود دامی	۲	۲۱۴۲/۲۵**	۱۴/۸**	۰/۰۶ **	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۱۱^{ns}	۰/۱۸^{ns}
میکوریزا × کود فسفات زیستی	۴	۱۸۹/۵۴**	۲۷/۶۸^{ns}	۰/۴۶^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۱۳*
میکوریزا× کود دامی	۴	۱۹۴/۳۸ ^{ns}	۲۴/۶۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}
کود فسفات زیستی × کود دامی	۴	۲۴/۱۶^{ns}	۴۰/۷ ^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}
اثر متقابل سه فاکتور	۴	۰/۷۵^{ns}	۱۰/۶۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۳۵^{ns}
خطای آزمایش	۳۴	۱۵/۱۲	۱۹/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۸
ضریب تغییرات (٪)	–	۴/۹	۲/۶۷	۵/۷	۸/۲	۸/۹	۹/۶

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

باکتری‌های حل کننده فسفات با شاهد وجود ندارد. همین روند در مورد کود دامی تکرار شد. به نحوی که وزن تر بوته در سطح سوم کود دامی (۴/۱۱ گرم) ۲۰٪ بیشتر از سطح اول (۳/۴۱ گرم) و وزن خشک بوته در سطح سوم کود دامی (۰/۹۸ گرم در گلدان) هم ۲۴٪ بیشتر از سطح اول (۰/۷۹ گرم در گلدان) شد (جدول ۲). بررسی‌های کاروبا (۱۳) نیز مبین آن بود که کاربرد کود دامی موجب بهبود عملکرد گیاه دارویی گشنیز می‌شود.

جدول ۲. مقایسه میانگین سطوح مختلف قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر صفات گشنیز

تیمار		وزن‌تر بوته (g/plant)	وزن خشک بوته (g/plant)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه‌های فرعی	تعداد چتر در بوته
قارچ	عدم تلقیح=M_1	۲/۸۷b	۰/۵۷b	۰/۹۹b	۸/۷۵b	۸/۵b
	تلقیح=M_2	۴/۷۴a	۱/۲۲a	۱/۶a	۹/۲۵a	۱۰/۲۵a
کود فسفات زیستی	P_1=۰	۳c	۰/۶۸b	۰/۷۹b	۸/۷۵ab	۹/۷۵b
	P_2=۳۵	۳/۶۵ab	۰/۷۱b	۰/۹۶ab	۸/۳۵ab	۹/۲۵b
	P_3=۷۰	۴/۱۲a	۱/۱۷a	۱/۰۲a	۹/۲a	۱۰/۶۵a
کود دامی	F_1=۰	۳/۴۱b	۰/۷۹b	۰/۴۵b	۳/۱۵b	۶/۲۵c
	F_2=۱۰	۳/۹ab	۰/۸۲b	۰/۴۹ab	۶/۲۵a	۹/۷۵b
	F_3=۲۰	۴/۱۱a	۰/۹۸a	۰/۵۳a	۶/۱۵a	۱۰/۱۵a

ارقام دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند. کود فسفات زیستی برحسب کیلوگرم در هکتار و کود دامی بر حسب تن در هکتار می‌باشد.

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین سطوح مختلف قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر روی صفات گشنیز

تیمار		ارتفاع بوته (cm)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	کلروفیل کل (g/ml) m	کاروتنوئید کل (µg/ml)
قارچ	عدم تلقیح=M1	۵۹/۲۵b	۷/۵۲b	۰/۲۲b	۰/۰۴b	۰/۰۵ b	۰/۸۰b
	تلقیح=M2	۸۰/۵a	۱۱/۲۱a	۰/۵۶a	۰/۰۸a	۰/۰۹a	۱/۱۱a
کود فسفات زیستی	P1=۰	۶۵/۳۲b	۸/۴b	۰/۲۶ b	۰/۰۶ b	۰/۰۷b	۰/۹b
	P2=۳۵	۶۴/۷ b	۹/۲۲b	۰/۳۸ab	۰/۰۶ab	۰/۰۹ab	۰/۹۴ab
	P3=۷۰	۷۴/۲۵ a	۱۰/۴۸a	۰/۴۸ a	۰/۰۷a	۰/۱۱a	۱/۵a
کود دامی	F1=۰	۴۳/۵c	۸/ ۷۱b	۰/۴۱ a	۰/۰۵ a	۰/۰۹a	۱/۰۱a
	F2=۱۰	۵۴/۵۲b	۹/۴۷ab	۰/۴۲ a	۰/۰۶a	۰/۱a	۰/۹a
	F3=۲۰	۶۰/۵a	۹/۹۱a	۰/۴۲ a	۰/۰۶a	۰/۰۶۶ a	۰/۷a

میانگین ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند. کود فسفات زیستی بر حسب کیلوگرم بر هکتار و کود دامی بر حسب تن در هکتار می‌باشد.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانش نشان داد که تأثیر هر سه عامل بر تعداد قطر ساقه گشنیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۱). قطر ساقه در اثر تلقیح میکوریزایی (۱/۶ میلی‌متر) ۶۱٪ بیشتر از عدم تلقیح (۰/۹۹ میلی‌متر) شد (جدول ۲). سطح سوم کود فسفات زیستی (۱/۰۲ میلی‌متر) ۲۹٪ بیشتر از سطح اول (۰/۷۹ میلی‌متر) قطر ساقه را بهبود بخشید (جدول ۲) .

به نظر می‌رسد که وجود ریزجانداران ناشی از کاربرد قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی در محیط ریشه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته و منجر به افزایش قطر گشنیز گردیده است. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد باشد که توسط ریزموجودات در خاک تولید شده و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. در برخی منابع هم به تأثیر مثبت کودهای

زیستی بر رشد رزماری (*Rosmarinus officinalis*) اشاره شده است (۲۱).

همین روند در مورد کود دامی نیز تکرار شد، به نحوی که قطر ساقه در سطح سوم کود دامی (۰/۵۳ میلی‌متر) ۱۷٪ بیشتر از سطح اول (۰/۴۵ میلی‌متر) شد (جدول ۲).

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر هر سه عامل بر تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال ی۱٪ معنی‌دار است (جدول ۱). تعداد شاخه‌های فرعی در تلقیح با میکوریزا (۹/۲۵) ۶٪ بیشتر از عدم تلقیح (۸/۷۵) شد (جدول ۲). چادری و همکاران (۱۴) نیز با کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا گزارش کردند که تعداد شاخه‌های فرعی درمنه نسبت به شاهد افزایش یافته است. همچنین، نتایج حاصل از تحقیق سایلو و باگیاراج (۲۶) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار بر رشد گیاه دارویی *Coleus forskohlii* حاکی از آن است که تعداد شاخه‌ها در گیاهان تحت تیمار قارچ میکوریزا نسبت به شاهد افزایش یافت. با این حال، علی‌آبادی و همکاران (۵) در پژوهش خود روی گیاه دارویی گشنیز گزارش کردند که تلقیح میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های فرعی گشنیز نداشت. به نظر می‌رسد همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گشنیز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده‌های بیشتر و بهبود تعداد شاخه‌های فرعی گشنیز گشته است. در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا، به علت رشد بیشتر، تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی حاصل شد.

تعداد شاخه‌های فرعی در سطح سوم کود فسفات زیستی (۹/۲) ۵٪ بیشتر از سطح اول (۸/۷۵) شد (جدول ۲). ستار و گاعور (۲۷) تحریک رشد را به علت تولید اکسین و جیبرلین توسط باکتری‌های حل کننده فسفات گزارش کردند.

تعداد شاخه‌های فرعی در سطح سوم کود دامی (۶/۱۵) نیز ۱۹٪ بیشتر از سطح اول (۵/۱۵) شد (جدول ۲). در آزمایشی، کاربرد کود دامی باعث بهبود شاخص‌های رشد گیاه تاجزیری (*Solanum retroflexum* Dun) نسبت به کود شیمیایی شد (۱۱). کود دامی نیز از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گشنیز تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود تعداد شاخه‌های فرعی شده است.

تعداد چتر در بوته

نتایج تجزیه واریانش نشان داد که تأثیر هر سه عامل بر تعداد چتر در بوته گشنیز معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. به نحوی که تعداد چتر در بوته در اثر تلقیح میکوریزایی (۱۰/۲۵) ۲۰٪ بیشتر از عدم تلقیح (۸/۵) شد (جدول ۲). در تحقیقی، تعداد چتر بیشتر در بوته گشنیز به بهبود تغذیه معدنی و به‌ویژه فسفر و افزایش وزن خشک در تیمار تلقیح میکوریزایی نسبت داده شد (۱۸).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد چتر در بوته در سطح سوم کود فسفات زیستی (۱۰/۶۵ عدد) ۱۵٪ بیشتر از سطح دوم (۹/۲۵ عدد) شد (جدول ۲). در پژوهشی، مشاهده شد که مصرف کود فسفات زیستی در گیاه دارویی گاوزبان سبب بهبود تعداد گل در این گیاه شد (۲۹). بین سطوح کود دامی نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم (۱۰/۲۵ چتر) ۶۴٪ بیشتر از سطح اول (۶/۲۵ چتر) شد (جدول ۲). خالید و شافعی (۱۹) در مطالعه خود که روی گیاه دارویی شوید انجام دادند نتیجه گرفتند که مصرف مقادیر مختلف کود دامی موجب بهبود قابل ملاحظه گل‌دهی در این گیاه می‌شود. کاربرد مقادیر مناسب کود دامی، سبب افزایش تولید آسیمیلات‌ها و در نتیجه تولید گل می‌شود (۲۳). تأثیر کود دامی بر میزان گل‌دهی و تعداد چتر در گشنیز مثبت است. به عبارت دیگر، مصرف مقادیر مناسب کود دامی با افزایش مواد آلی در خاک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و نیز فراهمی و جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان

فتوسنتز و ماده خشک گیاهی می‌شود که این امر در نهایت به بهبود گل‌دهی و تعداد چتر در گشنیز منتهی می‌گردد.

ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس، ارتفاع بوته گشنیز توسط عامل تلقیح میکوریزایی، کود فسفات زیستی و کود دامی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تلقیح میکوریزا (۸۰/۵ سانتی‌متر) و عدم تلقیح (۵۹/۲۵ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که ارتفاع بوته در تلقیح با میکوریزا در حدود ۳۵٪ بیشتر بود (جدول ۲). نتایج حاصل از تحقیق سایلو و باگیاراج (۲۶) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار بر رشد گیاه دارویی *Coleus forskohlii* حاکی از آن بود که ارتفاع بوته گیاهان تحت تأثیر تیمار قارچ میکوریزا نسبت به شاهد افزایش یافت. با این وجود، علی‌آبادی و همکاران (۵) در پژوهش خود گزارش کردند که تلقیح میکوریزا اثری بر ارتفاع بوته گشنیز ندارد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته در سطح سوم کود فسفات زیستی (۷۴/۲۵ سانتی‌متر) در حدود ۱۳٪ بیشتر از سطح اول (۶۵/۳۲ سانتی‌متر) است (جدول ۲). همچنین، ارتفاع بوته در سطح سوم کود دامی (۶۰/۵ سانتی‌متر) در حدود ۳۹٪ بیشتر از سطح اول (۴۳/۵ سانتی‌متر) شد (جدول ۲). در آزمایشی، کاربرد کود دامی باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه تاجزیری نسبت به کود شیمیایی شد (۱۱). با این حال، در گزارشی، کود دامی بر ارتفاع گیاه اسفرزه تأثیری نداشت (۷). کودهای آلی با قابلیتی که در فراهم آوردن عناصر غذایی، بخصوص نیتروژن، دارند باعث افزایش رشد رویشی گیاه و بهبود ارتفاع بوته می‌شوند.

طول ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس، طول ریشه گشنیز توسط عامل تلقیح میکوریزایی، کود فسفات زیستی و کود دامی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تلقیح میکوریزا (۱۱/۲۱ سانتی‌متر) و عدم تلقیح (۷/۵۲ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که طول ریشه در تلقیح با میکوریزا در حدود ۴۹٪ بیشتر بود (جدول ۲). جوشی و همکاران (۱۷) در مطالعه‌ای که روی گیاه دارویی بشقابی *Scutellaria integrifolia* انجام دادند اظهار داشتند که تلقیح ریشه این گیاه با میکوریزا باعث افزایش طول ریشه شده است. از آنجایی که فسفر سبب افزایش عملکرد زیستی می‌شود و هر چه بر پیکره گیاه افزوده می‌شود، به سیستم ریشه‌ای قوی و بزرگ‌تری نیاز دارد، پس طول ریشه گیاهان تحت تأثیر میکوریزا افزایش می‌یابد.

میان سطوح مختلف کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به نحوی که طول ریشه در سطح سوم آن (۱۰/۴۸ سانتی‌متر) در حدود ۲۴٪ بیشتر از سطح اول (۸/۴ سانتی‌متر) شد (جدول ۲). راویکومار و همکاران (۲۵) نیز اعلام کردند که کاربرد کود فسفات زیستی باعث افزایش طول ریشه شده است. کود فسفات زیستی از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه قادر است طول ریشه گیاهان را افزایش دهد (۲۴). همچنین، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح اول و سوم کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که طول ریشه در سطح سوم آن (۹/۹۱ سانتی‌متر) در حدود ۱۳٪ بیشتر از سطح اول (۸/۷۱ سانتی‌متر) شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک ریشه

طبق نتایج تجزیه واریانس، تأثیر تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی در سطح احتمال ۱٪ بر وزن تر و خشک ریشه گشنیز معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که وزن تر ریشه در اثر تلقیح میکوریزا (۰/۵۶ گرم) ۱۵۴٪ بیشتر از عدم تلقیح (۰/۲۲ گرم) شد. همچنین، وزن خشک ریشه در تلقیح با میکوریزا (۰/۰۸ گرم در گلدان) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۰۴ گرم) ۱۰۰٪ بیشتر شد (جدول ۲). در ریشه گیاهان میکوریزایی شده، طول ریشه بیشتر و انشعابات

آن وسیع‌تر و به دنبال آن وزن ریشه بیشتر می شود. بنابراین، می‌تواند در جذب عناصر غذایی کارایی بیشتری داشته باشد. بدین ترتیب، این قارچ ها می‌توانند با تأثیر بر ریشه، حجم زیادتری از خاک را نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی کاوش نموده و سبب افزایش دسترسی عناصر غذایی موجود در ناحیه ریشه در ریزوسفر شوند. وست (۳۲) در آزمایش خود، سه سطح فسفر و قارچ میکوریزا را بر گشنیز به کار برد. نتایج نشان داد که میکوریزا و سطح متوسط کود فسفر (۴۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش عملکرد ریشه شد.

بین سطوح اول و سوم کود فسفات زیستی نیز اختلاف معنی‌داری ملاحظه شد. وزن تر ریشه در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۴۸ گرم) ۵۴٪ بیشتر از عدم کاربرد این کود (۰/۳۱ گرم) شد. وزن خشک بوته در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۰۷ گرم) ۱۶٪ بیشتر از عدم کاربرد کود (۰/۰۶ گرم) شد (جدول ۲). در خصوص اثر کود فسفات زیستی بر وزن ریشه باید گفت که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب فسفر و تأثیر آن بر بهبود میزان فتوسنتز و رشد بوته گشنیز بوده است.

میزان کلروفیل کل برگ

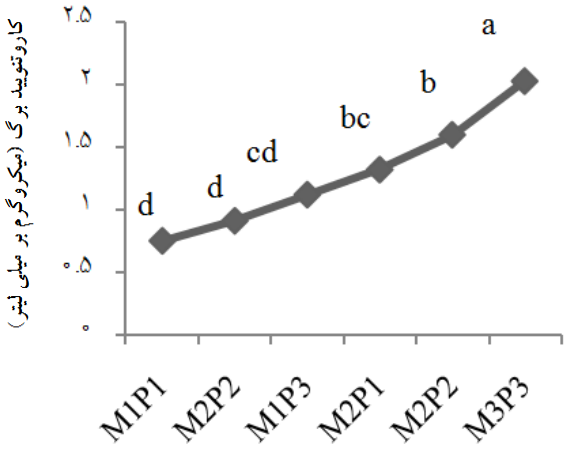
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تأثیر عامل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان کلروفیل کل برگ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. به نحوی که میزان کلروفیل کل برگ در تلقیح با میکوریزا (۰/۰۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۰۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، ۸۰٪ بیشتر بود (جدول ۲).

فتوسنتز یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه است که وابسته به محتوای کلروفیل در گیاه می‌باشد و از این رو ممکن است همزیستی میکوریزی به عنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابجایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و بدین‌سان محرکی برای انجام فعالیت فتوسنتزی بیشتر باشد. دیده شده است که در گیاهان میزبان، میزان هورمون‌های سیتوکنین و جیبرلین افزایش می‌یابد. افزایش این هورمون‌ها، به ویژه سیتوکنین، می‌تواند شدت فتوسنتز را توسط باز شدن روزنه‌های هوایی که بر جابجایی و تنظیم محتوای کلروفیل مؤثر است، بهبود بخشد (۸). از طرفی، قارچ میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کند و می‌تواند سنتز کلروفیل را افزایش دهد (۱۶). سلواراژ و چلاپان (۲۸) افزایش میزان کلروفیل کل در برگ‌های *Prosopis juliflora* کلونیزه شده با *G. fasciculatum* را نشان دادند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میان سطوح اول و سوم کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که میزان کلروفیل کل برگ در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۱۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) در حدود ۵۷٪ بیشتر از عدم کاربرد این کود (۰/۰۷ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) شد (جدول ۲).

میزان کاروتنوئید برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، نشان دهنده آن بود که تأثیر عوامل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی در سطح احتمال ۵٪ بر میزان کاروتنوئید برگ معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد، به نحوی که میزان کاروتنوئید کل برگ در تلقیح با میکوریزا (۱/۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، ۳۷٪ بیشتر بود (جدول ۲). محمودی و همکاران (۶) گزارش کردند که قارچ *G. mosseae*، ۵/۵ درصد میزان کاروتنوئیدهای برگ لوبیا را نسبت به شاهد غیر میکوریزایی افزایش داد. در آزمایشی، افزایش محتوای کاروتنوئید گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا گزارش شد (۲). لوچه تساندیر و همکاران (۲۲) گزارش کردند که گیاه سیب‌زمینی میکوریزایی شده با *G. intraradices*، محتوای کاروتنوئید بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشت. زیاد بودن سطح کاروتنوئید در



شکل ۱. اثر تلقیح میکوریزا و کود فسفات زیستی بر میزان کاروتنوئید برگ

عدم تلقیح میکوریزا =M_1، تلقیح میکوریزا=M_2، کود فسفات زیستی در سه سطح (P_1=۰، P_2 =۳۵ و P_3 =۷۰ کیلوگرم در هکتار).

نمونه‌های میکوریزایی را می‌توان به زیاد بودن جذب فسفر به عنوان یک حامل انرژی در فرایند فتوسنتز نسبت داد.

مقایسه میانگین ها بیانگر آن بود که میان سطوح اول و سوم کود فسفات زیستی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میزان کاروتنوئید برگ در اثر کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار (۱/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در حدود ۶۶٪ بیشتر از عدم کاربرد این کود (۰/۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر) شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تلقیح میکوریزایی و کود فسفات زیستی نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۱). میزان کاروتنوئید برگ فقط در تیمار حاوی سطح تلقیح با میکوریزا و مصرف ۷۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی (۱/۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در مقایسه با تیمار عدم تلقیح و کاربرد ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات زیستی (۱/۱۲ میکروگرم بر میلی‌لیتر) ۴۲/۸ درصد افزایش یافت (شکل ۱). در اینجا، یک اثر تقویت کننده در تیمار تلقیح با میکوریزا و مصرف ۳۵ کیلوگرم کود فسفات زیستی به طرز محسوسی نمایان می‌شود. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

نتیجه‌گیری

در بیشتر صفات مورد بررسی در این آزمایش، بین کاربرد سطوح سوم و دوم کود فسفات زیستی و کود دامی تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد. همچنین، کودهای زیستی شامل قارچ میکوریزا و کود فسفات زیستی شرایط بهتری را در افزایش خصوصیات رشدی، وزن خشک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه دارویی گشنیز در شرایط گلخانه‌ای نسبت به کود دامی جهت دست‌یابی به کشاورزی پایدار فراهم آوردند.

منابع مورد استفاده

۱. امید بیگی، ر. ۱۳۷۶. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد ۲، انتشارات طراحان نشر.

۲. رحمت‌زاده، س. و خ. جلیل. ۱۳۸۷. تأثیر پرتو UV-C بر روی رشد و برخی از فاکتورهای ریخت شناسی و فیزیولوژیک در گیاهان گندم همزیست با سه گونه از قارچ‌های میکوریز. مجله زیست‌شناسی ایران ۲۱(۱): ۵۲- ۶۳.

۳. سفیدکن، ف. ۱۳۷۸. بررسی اسانس اندام‌های هوایی و میوه گشنیز. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱۳: : ۳۸-۳۲.

۴. شریفی عاشورآبادی، ا.، ا. غلامرضا و م. رضوانی. ۱۳۸۱. تأثیر سیستم‌های تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) بر کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۱۵: ۷۸-۹۰.

۵. علی‌آبادی فراهانی، ح.، ع. ارباب و ب. عباس‌زاده. ۱۳۸۷. تأثیر سوپرفسفات تریپل، تنش کم‌آبی و کود بیولوژیک Glomus hoi بر تعدادی از صفات کمی و کیفی گیاه دارویی .*Coriandrum sativum* L. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۱): ۱۸-۳۰.

۶. محمودی، س.، ب. پارسا مطلق، م. زهان و م. نقی‌زاده. ۱۳۹۰. تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط شوری. مجله بوم‌شناسی کشاورزی (۲ و۳): ۲۳۳-۲۴۲.

۷. لطفی، ا.، ع. وهابی سدهی، ا. قنبری و م. حیدری. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر کم‌آبیاری و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه در منطقه سیستان. فصلنامهٔ تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۴): ۵۰۶-۵۱۸.

8. Allen, M., J.T.S Moore and M. Christensen. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: II. Altered levels of gibberellin like substances and absicic acid in the host plant. Can. J. Bot. 60: 468-471.
9. Annamalai, A., P.T.V. Lakshmi, D. Lalithakumari and K. Murugesan. 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of *Phyllanthus amarus* (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Med. Arom. Plant Sci. Biotech. 26(4): 33-40.
10. Arnon, D.L. 1949. Copper enzymes in isolated chloplasts. Phennoloxidase in Beta vulgaris L. Plant. Physiol. 24: 1-15.
11. Azeez, J.O., W. Van Averbeke and A.O.M. Okorogbona. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresour. Technol. 101: 2499-2505.
12. Carling, D.E. and M.F. Brown. 1982. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non mycorrhizal roots. Phytopathol. 72: 1108-1114.
13. Carrubba, A. 2009. Nitrogen fertilisation in coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review and meta-analysis. J. Sci. Food Agric. 89(6): 921-926.
14. Chaudhary, V., R. Kapoor and A.K. Bhatnagar. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.
15. Gewaily, E.M., F.I. El-Zamik, T.T. El-Hadidy, H.I. Abd El-Fattah and S.H. Salem. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendment application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous soils. Zagazig J. Agric. Res. 33: 205-396.
16. Giri, B., R. Kapoor and K.G. Mukerji. 2002. VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress conditions. PP. 313-327. *In:* Mukerji, K.G., C. Manoracheir and J. Singh (Eds.), Techniques in mycorrhizal studies, Kluwer, Dordrecht.
17. Joshee, N., S.R. Mentreddy and K. Yadav. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Ind. Crop Prod. 25: 169-177.
18. Kapoor, R., B. Giri and K.G. Mukerji. 2002. Mycorrization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. J. Sci. Food Agric. 82(4): 339-342.
19. Khalid, K.A. and A.M. Shafei. 2005. Productivity of dill (*Anethum graveolens* L.) as influenced by morphology, yield and quality of turmeric. Ind. J. Hort. 66(3): 333-339.
20. Khalvati, M.A., Y. Hu, A. Mozafar and U. Schmidhalter. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biol. 7: 706-712.
21. Leithy, S., T.A. El-Meseiry and E.F. Abdallah. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. J. Appl. Sci. Res. 2: 773-779.
22. Louche-Tessandier, D., G. Samson, C. Hernandez-Sebastia, P. Chagvardieff and Y. Desjardins. 1999. Importance of light and CO_2 on the effects of endomycorrizal colonization on growth and photosynthesis of potato plantlets (*Solanum tuberosum*) in an invitro tripartite system. New Phytol. 142: 539-550.
23. Mandal, A., A.K. Patra, D. Singh, A. Swarup and R. Ebhin Masto. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. Bioresour.Technol. 98: 3585-3592
24. Piccini, D.F. andd R. Azcón. 1987. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on the utilization de Bayovar rock phosphate by alfalfa plants using a sand-vermiculite medium. Plant Soil 101: 45-50.
25. Ravikumar, S., K. Kathiresan, S.T.M. Ignatiammal, M.B. Selvam and S. Shanthy. 2004. Nitrogen-fixation

azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 312: 5-17.
26. Sailo, G.L. and D.J. Bagyaraj. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. Mycol. Res. 109: 795-798.
27. Sattar, M.A. and A.C. Gaur. 1987. Production of auxins and gibberellins by phosphate dissolving microorganisms. Zentralbl Microbiol. 142: 393-395.
28. Selvaraj, T. and P. Chellappan. 2006. Arbuscular mycorrhizae: A diverse personality. Central Eur. J. Agric. 7: 349-358.
29. Shaalan, M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). Egyptian J. Agric. Res. 83(1): 271-284.
30. Sharma, A.K. 2002. Biofer. Sustain. Agri. Agrobios, India.
31. Toro, M., R. Azcon and J.M. Barea. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (P_{32}) and nutrient cycling. Appl. Environ. Microbiol. 63(11): 4408-4412.
32. West, H. 1995. Soil phosphate status modifies response of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Senecio-Vulgaris* L. to infection by the rust, *Puccinia-Lagenoforae* Cooke. New Phyto. 129: 107-116.