فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۲، شمارهٔ ٤ ، صفحهٔ ۲۹۲-۲۷۶ (۱۳۸۵)

بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

محمدتقی درزی[1]، امیر قلاوند[2]، فرهاد رجالی[3] و فاطمه سفیدکن[4]

۱-دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه تربیت مدرس، E-mail: MT_Darzi@yahoo.com

۲- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل با استفاده از فاکتورهای تلقیح مایکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (۰، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و ورمی کمپوست (۰، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۸۴ به اجرا در آمد. همچنین مقایسه ای نیز بین این تیمارها با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان ۹۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۵/۶ سانتیمتر)، تعداد چتر در بوته (۳۱ چتر)، وزن هزار دانه (۳/۵۳ گرم)، عملکرد بیولوژیکی (۳۹۷۸ کیلوگرم در هکتار)و عملکرد دانه (۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) در تلقیح با مایکوریزا حاصل شد، اما شاخص برداشت در مقایسه با عدم تلقیح کاهش یافت. کود فسفات زیستی دارای تأثیر معنی‌داری بر روی تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه نبود، ولی اثر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک داشت، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۵/۳ سانتیمتر) و عملکرد بیولوژیک (۳۷۳۴ کیلوگرم در هکتار) در سطح سوم آن بدست آمد. همچنین بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۶/۶ سانتیمتر)، تعداد چتر در بوته (۳۷/۲ چتر)، وزن هزار دانه (۳/۷۹ گرم)، عملکرد بیولوژیکی (۴۵۴۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار) در سطح سوم ورمی کمپوست حاصل گردید. در این تحقیق، اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و کود فسفات زیستی بر روی وزن هزار دانه و دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست بر روی شاخص برداشت، نیز معنی دار گردید. مقایسه شاهد با تیمارهای کودهای زیستی، نیز معنی‌دار گردید، به طوری که از نظر تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی، تیمار کود زیستی حاوی تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۴۰/۲ چتر، ۴/۰۲ گرم، ۵۰۳۳ کیلوگرم در هکتار) برتری محسوسی نسبت به تیمار شاهد (۳۱/۷ چتر، ۳/۷۱ گرم، ۴۰۰۲ کیلوگرم در هکتار) داشت. از نظر عملکرد دانه نیز، تیمار کود زیستی شامل تلقیح با مایکوریزا، سطح دوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۱۲۹۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با شاهد (۱۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) برتری چشمگیری داشت. همچنین، از نظر ارتفاع بوته، تیمارهای مطلوب کودهای زیستی تفاوت معنی داری نسبت به تیمار شاهد نداشتند.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، کودهای زیستی، مایکوریزا، کود فسفات زیستی، ورمی کمپوست، اجزاء عملکرد.

مقدمه

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده های شیمیایی است (Sharma, 2002). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می‌باشند که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک اکوسیستم زراعی بکار می‌روند (صالح راستین، ۱۳۸۰).از آنجائی که تأکید عمده کشاورزی پایدار بر روی افزایش کیفیت و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی می‌باشد و نیز مطالعات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمی و کیفی در چنین شرایطی حاصل می‌گردد (اکبری نیا، ۱۳۸۲؛ شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱) بنابراین رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استقرار این سیستم و بکارگیری روشهای مدیریتی آنها می‌باشد و یکی از این روشها استفاده از کودهای زیستی است. از میان گیاهان دارویی می‌توان به رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اشاره کرد که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار بوده و از اسانس حاصل از دانه آن در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود و آنتول مهمترین ترکیب تشکیل دهنده اسانس رازیانه می باشد (درزی، ۱۳۷۸؛Khan *et al.*, 1992). از این رو به منظور بهبود عملکرد دانه در جهت نیل به افزایش عملکرد کیفی (اسانس)، استقرار یک سیستم کشاورزی پایدار و بکارگیری کودهای زیستی از اهمیت به سزایی برخوردار است.

قارچهای مایکوریزای وزیکولار-آربوسکولار (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza=VAM) یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماریزا، سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (رجالی و همکاران، ۱۳۸۰؛ Sainz *et al.*, 1998). تحقیقات اندکی در مورد نقش همزیستی مایکوریزایی (Mycorrhizal Symbiosis) بر روی افزایش رشد و عملکرد گیاهان دارویی و به ویژه رازیانه صورت گرفته است. در یک پژوهش Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ VAM به طور معنی‌داری سبب بهبود گلدهی (تعداد چتر)، وزن هزار دانه، بیوماس و عملکرد دانه رازیانه گردید. در تحقیقی دیگر، Gupta و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تلقیح نعناع با قارچ مایکوریزا به طور قابل توجهی، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را افزایش داد. در مطالعه ای دیگر، ملاحظه گردید که تلقیح ریشه دو گیاه دارویی شوید و نوعی زیره با دو گونه قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی آنها می گردد(Kapoor *et al.*, 2002). همچنین نتایج تحقیقات اردکانی و همکاران (۱۳۷۹) بر روی گندم و Ratti و همکاران (۲۰۰۱) بر روی گیاه دارویی علف لیمو نشان داد که همزیستی مایکوریزایی موجب بهبود قابل ملاحظه ارتفاع آنها گردید.

میکروارگانیزم‌های حل کننده فسفات (Phosphate

(Solubilizing Microorganisms از دیگــر کودهــای زیستی محسوب می‌گردند که از طریـق افـزایش حلالیـت فسفر در فسـفات‌هـای معـدنی کـم محلـول نظیـر سـنگ فسـفات (Rock Phosphate)، سـبب بهبـود رشـد و نمـو گیاهان می‌شوند. همچنین بسیاری از آنها بـا تولیـد آنـزیم های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبهای آلـی نیـز مـی گردنـد (Sharma, 2002; Toro *et al.*, 1997). در همین رابطه Ratti و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیق خود بـر روی علف لیمو مشاهده کردند که کاربرد چنـدین سـوش از باکتریهای حل کننده فسـفات، ارتفـاع بوتـه و بیومـاس گیاهی را در مقایسـه بـا شـاهد افـزایش داد. همچنـین در پژوهشی دیگر، مشخص گردید که کاربرد یـک سـوش از باکتریهای حل کننده فسفات در مقایسه با شـاهد، موجـب افزایش معنی دار ارتفـاع بوتـه در گیـاه چـای مـی گـردد (Hazarika *et al.*, 2000).

یکـی دیگـر از کودهـای زیسـتی، ورمـی کمپوسـت (Vermicompost) بوده که از طریق فرآوری ضایعات آلی نظیر کود دامی، بقایـای گیـاهی، و غیـره توسـط کرمهـای خاکی حاصل مـی‌گـردد. ایـن مـاده دارای تخلخـل زیـاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصـر معـدنی، تهویـه و زهکش مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و بـدون بـوی نامطبوع و عوامل بیماریزا می‌باشد و امروزه اسـتفاده از آن در کشــاورزی پایــدار، جهــت بهبــود رشــد و کیفیــت محصــولات زراعــی و بــاغی متــداول مــی‌باشــد (Arancon *et al.*, 2004; Atiyeh *et al.*, 2002). در همین مورد Gardezi و همکاران (۲۰۰۰) و Hameeda و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش خود که به ترتیـب بـر روی گونه ای گیاه فضای سـبز شـهری (*Sesbania emerus*) و ارزن مروارید انجام گرفت، ملاحظه نمودنـد کـه مصـرف ورمی کمپوست سـبب افـزایش قابـل توجـه ارتفـاع آنهـا گردید. در تحقیق دیگر که بـا اسـتفاده از مقـادیر ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار بر روی توت فرنگـی انجـام گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقـادیر مختلـف ورمـی کمپوست به طور معنی‌داری تعداد گلهای توت فرنگـی را در مقایسـه بـا شـاهد افـزایش دادنـد (Arancon *et al.*, 2004). Kumar و همکاران (۲۰۰۵) و Anwar و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعه خود به ترتیب بر روی سـورگوم و گیاه دارویی نعنـاع مشـاهده نمودنـد کـه کـاربرد سـطوح مختلف ورمی کمپوست در مقایسه با کنترل، به طور قابـل توجهی عملکرد بیولوژیکی را بهبود بخشید. در آزمایشـی دیگر که توسط عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) بـر روی گیـاه دارویـی ریحـان صـورت گرفـت، مشـاهده گردیـد کـه تیمارهای حاوی ورمـی کمپوسـت، بـه طـور چشـمگیری عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. همچنین در یک پژوهش مزرعه ای کـه بـه وسـیله Jat و Ahlawat (۲۰۰۴) بر روی نخود انجام گرفت، مشـاهدات حـاکی از آن بود که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش عملکـرد دانه می گردد. در تحقیقات دیگری هم که بر روی گوجـه فرنگی و سیب زمینی شیرین انجام گرفت نیـز بکـارگیری مقادیر مختلـف ورمـی کمپوسـت در مقایسـه بـا کنتـرل، موجب افـزایش عملکـرد محصـول گردیـد (سـماوات و همکـاران، ۱۳۸۰؛ Arancon *et al.*, 2002; Frahm *et al.*, 2002).

هدف از انجـام ایـن پـژوهش مطالعـه تـأثیر کودهـای زیستی (قارچ مایکوریزا، میکروارگانیزم هـای حـل کننـده فسفات و ورمـی کمپوسـت) بـر روی عملکـرد و اجـزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه می‌باشد.

مواد و روشها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۸۴ در مزرعه ایستگاه تحقیقات همند دماوند، وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور که در عرض ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۵ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است به اجرا در آمد. میانگین بارش سالیانه ۳۳۴/۲ میلیمتر و متوسط دما حدود ۱۱ درجه سانتیگراد است. ابتدا از خاک مزرعه نمونه-برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی رسی و pH آن، ۷/۳ می باشد و بعد بر مبنای تجزیه خاک و ورمی کمپوست (جدول ۱) تنها به میزان ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مرحله ساقه دهی مصرف گردید. بذر رازیانه مورد استفاده در این تحقیق نیز از بخش گیاهان دارویی مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان تهیه گردید. پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه فاکتوره شامل فاکتور تلقیح مایکوریزایی (M) در دو سطح (عدم تلقیح=m1 و تلقیح=m2)، کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (p1=۰، p2=۳۰ و p3=۶۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور ورمی کمپوست (V) در سه سطح (v1=۰ ، v2=۵ و v3=۱۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. همچنین، مقایسه تیمارهای کودهای زیستی با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان ۹۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار صورت گرفت. کودهای شیمیایی مصرفی از نوع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم بودند. مایه تلقیح مایکوریزایی که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده حاوی گونه‌ای قارچ VAM به نام *Glomus intraradices* می‌باشد که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. کود فسفات زیستی نیز که مورد تأیید مؤسسه مذکور بوده، حاوی سنگ فسفات معدنی (RP) و یک سوش از باکتریهای حل کننده فسفات به نام *Pseudomonas striata* است و ورمی کمپوست بکار رفته در آزمایش با استفاده از کود دامی و گونه‌ای کرم خاکی بنام *Eisenia foetida* در ایستگاه خاک و آب کرج تهیه گردید.

به منظور اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد ۵ × ۳ متر و حاوی ۶ ردیف کاشت لحاظ گردید. فاصله بین کرتها یک متر و بین تکرارها دو متر درنظر گرفته شدند. کاشت رازیانه و اعمال تیمارهای آزمایشی بعد از مساعد شدن هوا در بهار انجام گرفت. به همین منظور جهت اعمال تیمارها، در کنار هر خط کاشت، شیاری در سراسر پشته به عمق ۵ سانتیمتر ایجاد نموده و کود فسفات زیستی و ورمی کمپوست را در داخل شیار ریخته و به وسیله شنکش روی آن خاک داده و بعد در هنگام کاشت، بذرهای رازیانه با مایه تلقیح مایکوریزایی مخلوط و کشت شدند و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. سپس در مرحله ظهور سومین برگ رشته‌ای، تراکم کاشت براساس صد هزار بوته در هکتار (۲۰ × ۵۰ سانتیمتر) تنظیم گردید. عملیات مبارزه با علف های هرز مزرعه در چهار نوبت به روش مکانیکی و با دست صورت گرفت. در این تحقیق ویژگیهایی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر اجزاء عملکرد، دو خط کناری هر کرت آزمایشی به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و از دو خط میانی به تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی، انتخاب و

مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه ۱۰۰ تایی از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و پس از خشک نمودن در هوای آزاد، وزن هزار دانه محاسبه گردید. همچنین به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، از خطوط میانی هر کرت معادل ۲ مترمربع، بوته ها به روش دستی برداشت و پس از خشک شدن در هوای آزاد در سایه، در گونی های در بسته کوبیده شده دانه آنها جدا گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری موجود (SPSS, MSTATC) استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، انجام گرفت.

جدول ۱- تجزیه شیمیایی خاک و ورمی کمپوست

نمونه	PH	EC	O.C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
		ds/m	٪	(میلی گرم در کیلو گرم)								
خاک	۷/۳	۰/۹۲	۰/۷۰	۸/۱۹	۱۶	۷۲۶	-	-	۷/۴	۹/۹	۰/۶۸	۲/۶۰
ورمی کمپوست	۷/۵	۵/۳۲	۱۰/۵۳	۸۲۰۰	۴۶۰۰	۴۴۰۰	۴/۶	۱/۴	۱/۷	۶۳۸	۱۲۴	۲۶

نتایج

ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۲، ارتفاع بوته توسط سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، کود فسفات زیستی و ورمی کمپوست در سطح یک درصد معنی‌دار گردید اما اثرات متقابل بین فاکتورها، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با مایکوریزا (۱۰۵/۶ سانتیمتر) و عدم تلقیح (۱۰۰/۶ سانتیمتر) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که ارتفاع بوته در تلقیح با مایکوریزا در حدود ۵ درصد بیشتر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر آن بود که میان سطوح مختلف کود فسفات زیستی اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که ارتفاع بوته در سطح سوم آن (۱۰۵/۳ سانتیمتر)، در حدود ۳/۵ درصد بیشتر از سطح اول (۱۰۱/۸) و در حدود ۳ درصد بیشتر از سطح دوم (۱۰۲/۲ سانتیمتر) گردید (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که ارتفاع بوته در سطح سوم ورمی کمپوست (۱۰۶/۶ سانتیمتر)، در حدود ۸/۸ درصد بیشتر از سطح اول (۹۸ سانتیمتر) گردید (جدول ۳).

مطابق نتایج جدول ۴، تیمارهای کودهای زیستی و شاهد دارای تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته بودند. اما مقایسه میانگین تیمارها مبین آن بود که بین شاهد و تیمارهای مطلوب کودهای زیستی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد.

تعداد چتر در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۲، اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست بر تعداد چتر در بوته، در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با مایکوریزا (۳۱ چتر) و

عدم تلقیح (۲۶/۴ چتر) تفاوت قابل توجهی وجود دارد، به نحوی که تعداد چتر در بوته در تلقیح با مایکوریزا در حدود ۱۷/۵ درصد بیشتر بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها، تفاوت قابل ملاحظه‌ای را بین سطوح مختلف ورمی کمپوست نشان داد، به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم (۳۷/۲ چتر) ۳۰/۵ درصد بیشتر از سطح دوم (۲۸/۵ چتر) و ۸۱/۵ درصد بیشتر از سطح اول (۲۰/۵ چتر) بود (جدول ۳).

نتایج مندرج در جدول ۴ نشان داد که تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد تأثیر بسیار معنی داری بر تعداد چتر در بوته داشتند. مقایسه میانگین‌ها در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی نیز دارای تفاوت معنی‌داری بود، به طوری که دو تیمار کود زیستی شامل تلقیح با مایکوریزا، سطح دوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۳۹/۹ چتر) و تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۴۰/۲ چتر) برتری محسوسی از نظر تعداد چتر در بوته در مقایسه با تیمار شاهد (۳۱/۷ چتر) نشان دادند (شکل ۱).

وزن هزار دانه

همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، مبین آن بود که فاکتورهای تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست و نیز اثر متقابل دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و کود فسفات زیستی بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تلقیح مایکوریزایی تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی که وزن هزار دانه در تلقیح با مایکوریزا (۳/۵۳ گرم) در مقایسه با عدم تلقیح (۳/۳۳ گرم) ۶ درصد بیشتر بود (جدول ۳). درخصوص اثر ورمی کمپوست بر وزن هزار دانه نیز، مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده آن بود که بین سطوح ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که وزن هزار دانه در سطح سوم (۳/۷۹ گرم) ۵/۳ درصد بیشتر از سطح دوم (۳/۶۰ گرم) و ۳۱/۶ درصد بیشتر از سطح اول (۲/۸۸ گرم) بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و کود فسفات زیستی نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود، به نحوی که وزن هزار دانه در تیمارهای شامل سطح عدم تلقیح در سطوح مختلف کود فسفات زیستی (به ترتیب ۳/۳۷، ۳/۳۲ و ۳/۲۷ گرم) با افزایش مقادیر آن، کاهش یافت و این در حالی است که وزن هزار دانه در تیمارهای شامل سطح تلقیح مایکوریزایی در سطوح کود فسفات زیستی (به ترتیب ۳/۴۶، ۳/۵۱ و ۳/۵۹ گرم) با افزایش مقادیر آن، افزایش پیدا کرد (جدول ۵).

طبق نتایج بدست آمده تیمارهای کودهای زیستی و شاهد تأثیر بسیار معنی داری بر وزن هزار دانه داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارها نیز در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی مبین اختلاف قابل توجهی بود به طوری که تیمار کود زیستی شامل تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۴/۰۲ گرم) برتری محسوسی نسبت به شاهد (۳/۷۱ گرم) داشت (شکل ۲).

عملکرد بیولوژیکی

طبق نتایج مندرج در جدول ۲، عملکرد بیولوژیکی توسط دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست در سطح یک درصد و به وسیله فاکتور کود فسفات زیستی در سطح پنج درصد معنی دار گردید، ولی اثرات متقابل میان فاکتورها، اثر معنی داری بر عملکرد بیولوژیکی

نداشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح تلقیح مایکوریزایی تفاوت قابل توجهی وجود دارد به طوری که عملکرد بیولوژیکی در تلقیح با مایکوریزا (۳۹۷۸ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۳۳۹۲ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱۷/۳ درصد بیشتر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها بیانگر آن بود که میان سطوح مختلف کود فسفات زیستی اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که عملکرد بیولوژیکی در سطح سوم آن (۳۷۳۴ کیلوگرم در هکتار)، در حدود ۳/۴ درصد بیشتر از سطح اول (۳۶۱۰ کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۳). در رابطه با اثر ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیکی نیز، مقایسه میانگین ها نشان دهنده آن بود که بین سطوح ورمی کمپوست اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که عملکرد بیولوژیکی در سطح سوم (۴۵۴۴ کیلوگرم در هکتار) ۲۲/۲ درصد بیشتر از سطح دوم (۳۷۱۸ کیلوگرم در هکتار) و ۶۲/۶ درصد بیشتر از سطح اول (۲۷۹۴ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳).

طبق تجزیه واریانس جدول ۴، عملکرد بیولوژیکی توسط تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد در سطح یک درصد معنی دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نیز مبین آن بود که بین شاهد و تیمارهای مطلوب کودهای زیستی تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد، به نحوی که دو تیمار کود زیستی شامل تلقیح با مایکوریزا، سطح دوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۴۶۹۱ کیلوگرم در هکتار) و تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۵۰۳۳ کیلوگرم در هکتار) برتری چشمگیری از نظر عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد (۴۰۰۲ کیلوگرم در هکتار) داشتند (شکل ۳).

شاخص برداشت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ ، اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست و نیز اثر متقابل این دو فاکتور بر شاخص برداشت، در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با مایکوریزا (۲۳/۶۷٪) و عدم تلقیح (۲۵/۸۸٪) تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد به نحوی که شاخص برداشت در تلقیح با میکوریزا در حدود ۹/۳ درصد کمتر از عدم تلقیح بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها، تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نیز بین سطوح مختلف ورمی کمپوست نشان داد، به نحوی که شاخص برداشت در سطح دوم (۲۵/۳۰٪) ۵/۲ درصد بیشتر از سطح اول (۲۴/۰۶٪) بود، ولی تفاوتی با سطح سوم (۲۴/۹۸٪) نداشت (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست دارای اختلاف معنی‌داری بود، به نحوی که شاخص برداشت در تیمارهای شامل سطح عدم تلقیح در سطوح مختلف ورمی کمپوست (به ترتیب ۲۵/۸۳٪، ۲۶/۰۴٪، ۲۵/۷۷٪) در مقایسه با تیمارهای سطح تلقیح مایکوریزایی در سطوح ورمی کمپوست (به ترتیب ۲۲/۲۸٪، ۲۴/۵۶٪، ۲۴/۱۸٪) برتری قابل ملاحظه ای داشت (جدول ۵).

نتایج مندرج در جدول ۴ نشان داد که تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد تأثیر بسیار معنی داری بر شاخص برداشت داشتند. مقایسه میانگین‌ها در بین شاهد و تیمارهای کودهای زیستی، نیز دارای تفاوت معنی‌داری بود، به طوری که تیمار مطلوب کود زیستی شامل تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۲۳٪) دارای شاخص برداشت پایین تری نسبت به تیمار شاهد (۲۴/۷۶٪) بود.

عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۲، عملکرد دانه توسط دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست در سطح یک درصد معنی‌دار گردید اما فاکتور کود فسفات زیستی و اثرات متقابل میان فاکتورها، تأثیر معنی‌داری بر

عملکرد دانه نداشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تلقیح با مایکوریزا (۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) و عدم تلقیح (۹۷۱ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که عملکرد دانه در تلقیح با مایکوریزا در حدود ۸ درصد بیشتر بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که عملکرد دانه در سطح سوم ورمی کمپوست (۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار)، در حدود ۷۰ درصد بیشتر از سطح اول (۷۳۵/۴۰ کیلوگرم در هکتار) و ۲۰ درصد بیشتر از سطح دوم (۱۰۳۹ کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۳).

مطابق نتایج جدول ۴، تیمارهای کودهای زیستی و شاهد دارای تأثیر بسیار معنی داری بر عملکرد دانه بودند. مقایسه میانگین شاهد با تیمارهای کودهای زیستی نیز نشان داد که تیمارهای زیستی حاوی مایکوریزا، سطح دوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۱۲۹۲ کیلوگرم در هکتار) و مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۱۲۸۰ کیلوگرم در هکتار) دارای برتری قابل ملاحظه‌ای از نظر عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (۱۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) بودند (شکل ۴).

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد چتر در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیوژیکی (kg/ha)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg/ha)
		میانگین مربعات (MS)					
تکرار	۲	۳/۴۱۲^{ns}	۱/۴۴۱^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}	۱۱۸۳۷/۸۱۱^{ns}	۰/۸۴۳^{ns}	۱۶۵۴/۹۷۶^{ns}
تلقیح مایکوریزایی	۱	۳۴۰/۰۰۵**	۲۸۶/۰۲۸**	۰/۵۴۲**	۴۶۳۵۲۸۵/۰۵۴**	۶۵/۹۷۱**	۷۷۶۶۴/۶۲۱**
کود فسفات زیستی	۲	۶۵/۰۳۲^{ns}	۳/۱۵۴^{ns}	۰/۰۵۵**	۷۸۱۶۶/۴۴۶*	۰/۱۰۱^{ns}	۲۰۵۷/۷۸۰^{ns}
تلقیح مایکوریزایی× کود فسفات زیستی	۲	۹/۵۱۴^{ns}	۰/۸۳۳^{ns}	۴/۱۶۲**	۲۰۰۹۳/۷۳۸^{ns}	۱/۴۸۸^{ns}	۲۴/۴۶۹^{ns}
ورمی کمپوست	۲	۳۶۵/۸۷۶**	۱۲۶۳/۸۷۴**	۰/۰۱۱^{ns}	۱۳۷۹۴۲۵۰/۹۸۷**	۷/۵۱۲**	۱۲۱۷۰۵۲/۸۶۷**
تلقیح مایکوریزایی × ورمی کمپوست	۲	۲۴/۸۵۹^{ns}	۱/۱۴۳^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۶۲۱۳۸/۵۳۳^{ns}	۶/۱۳۱**	۲۱۵/۶۴۱^{ns}
کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست	۴	۲۸/۲۲۳^{ns}	۱/۲۵۸^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۴۵۶۵۱/۲۴۶^{ns}	۲/۲۴۰^{ns}	۷۵۵/۸۴۴^{ns}
اثر متقابل هر سه فاکتور	۴	۱۹/۳۴۰^{ns}	۰/۳۰۰^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۳۶۰۹۷/۱۷۰^{ns}	۱/۳۶۲^{ns}	۱۷۸/۵۷۰^{ns}
خطای آزمایش	۳۴	۱۲/۰۸۴	۳/۴۲۸	۰/۰۰۹	۲۰۴۸۲/۴۹۴	۰/۹۳۶	۱۷۹۹/۰۴۸

ns ، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی رازیانه در سطوح مختلف تلقیح مایکوریزایی، کود فسفات زیستی و ورمی کمپوست

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد چتر در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg/ha)
تلقیح مایکوریزایی						
عدم تلقیح	۱۰۰/۶ b	۲۶/۴۳ b	۳/۳۳ b	۳۳۹۲ b	۲۵/۸۸ a	۹۷۱ b
تلقیح	۱۰۵/۶ a	۳۱/۰۳ a	۳/۵۳ a	۳۹۷۸ a	۲۳/۶۷ b	۱۰۴۷ a
کود فسفات زیستی						
صفر	۱۰۱/۸ b			۳۶۱۰ b		
۳۰ kg/ha	۱۰۲/۲ b			۳۷۱۲ a		
۶۰ kg/ha	۱۰۵/۳ a			۳۷۳۴ a		
ورمی کمپوست						
صفر	۹۸ b	۲۰/۴۵ c	۲/۸۸ c	۲۷۹۴ c	۲۴/۰۶ b	۷۳۵/۴ c
۵ ton/ha	۱۰۴/۶ a	۲۸/۵۴ b	۳/۶۰ b	۳۷۱۸ b	۲۵/۳۰ a	۱۰۳۹ b
۱۰ ton/ha	۱۰۶/۶ a	۳۷/۲۱ a	۳/۷۹ a	۴۵۴۴ a	۲۴/۹۸ a	۱۲۵۳ a

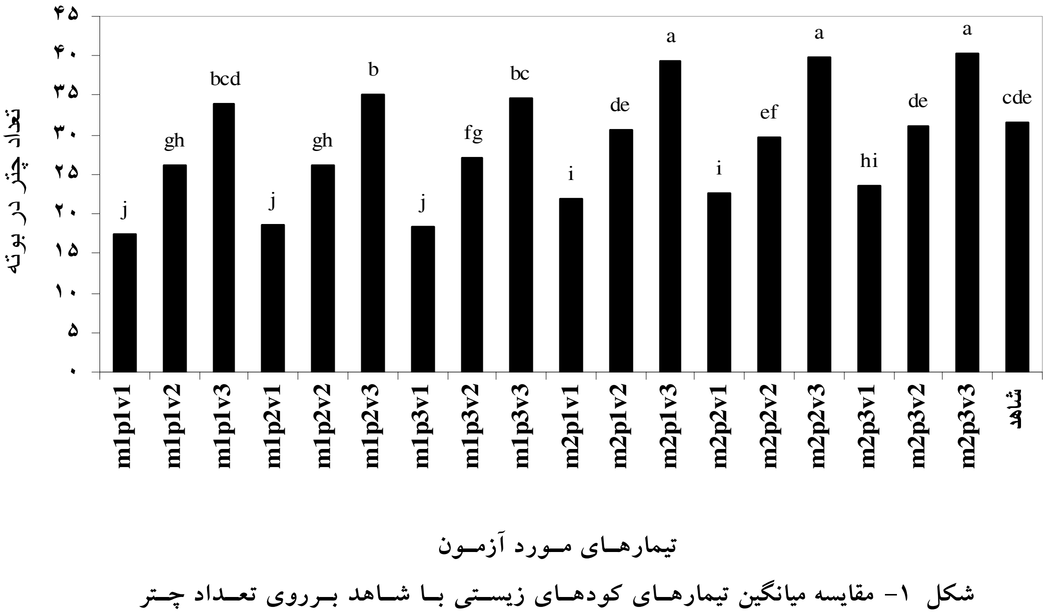
جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد بر عملکرد و اجزاء عملکرد رازیانه

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)					
		ارتفاع بوته (cm)	تعداد چتر در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (kg/ha)
تکرار	۲	۳/۱۴۹ns	۰/۶۸۱ns	۰/۰۱۴ns	۹۶۱۷/۴۲۷ns	۰/۷۹۷ns	۱۳۰۷/۸۲۸ns
تیمار (شاهد و کودهای زیستی)	۱۸	۸۱/۴۹۲**	۱۵۸/۳۶۵**	۰/۵۱۷**	۱۸۴۲۰۰۳/۸۱۲**	۶/۱۶۰**	۱۴۱۲۲۹/۵۱۴**
خطای آزمایشی	۳۶	۱۲/۳۶۱	۳/۶۴۷	۰/۰۱۰	۱۹۵۳۵/۹۷۱	۰/۸۹۲	۱۷۴۴/۰۶۸

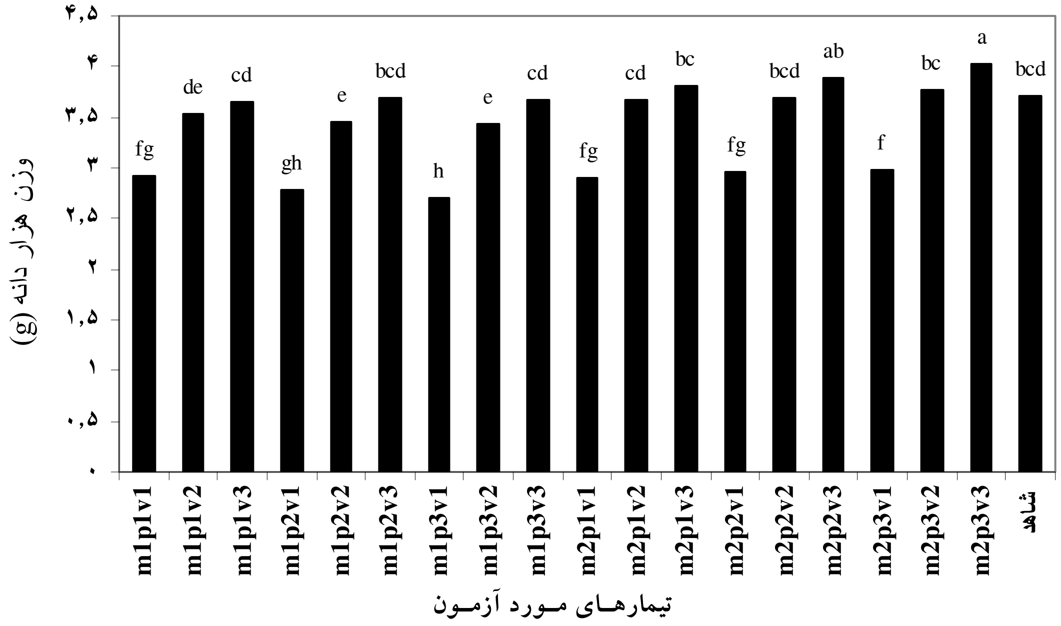
ns ، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و کود فسفات زیستی بر وزن هزار دانه و نیز دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست بر شاخص برداشت

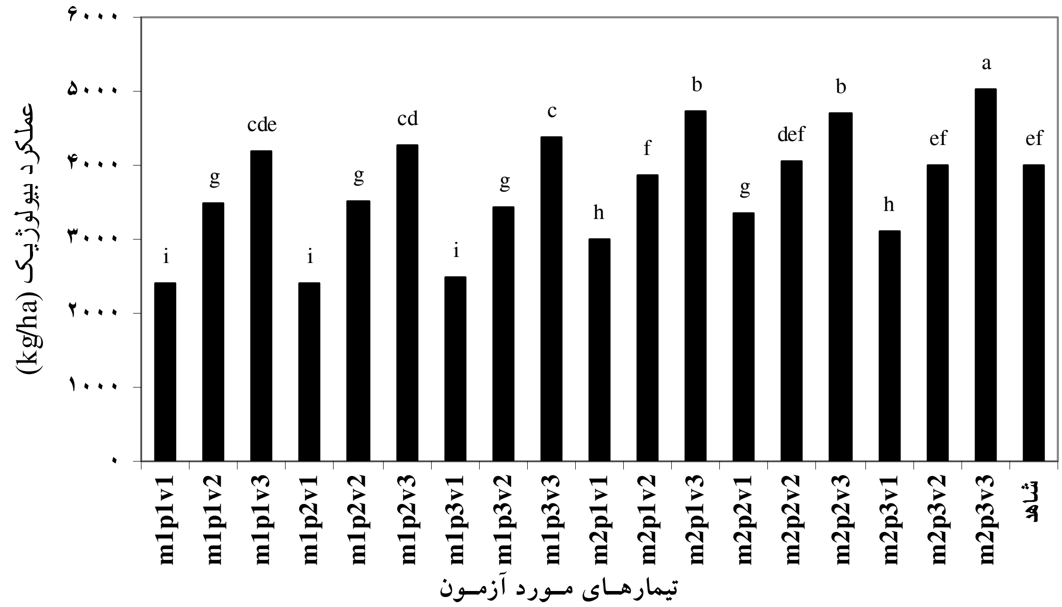
تیمار	وزن هزار دانه (g)	شاخص برداشت (%)
تلقیح مایکوریزایی × کود فسفات زیستی		
عدم تلقیح × صفر	۳/۳۷ c	
عدم تلقیح × ۳۰ kg/ha	۳/۳۲ cd	
عدم تلقیح × ۶۰ kg/ha	۳/۲۸ d	
تلقیح × صفر	۳/۴۷ b	
تلقیح × ۳۰ kg/ha	۳/۵۲ ab	
تلقیح × ۶۰ kg/ha	۳/۵۹ a	
تلقیح مایکوریزایی × ورمی کمپوست		
عدم تلقیح × صفر		۲۵/۸۳ a
عدم تلقیح × ۵ ton/ha		۲۶/۰۴ a
عدم تلقیح × ۱۰ ton/ha		۲۵/۷۷ a
تلقیح × صفر		۲۲/۲۸ c
تلقیح × ۵ ton/ha		۲۴/۵۶ b
تلقیح × ۱۰ ton/ha		۲۴/۱۸ b



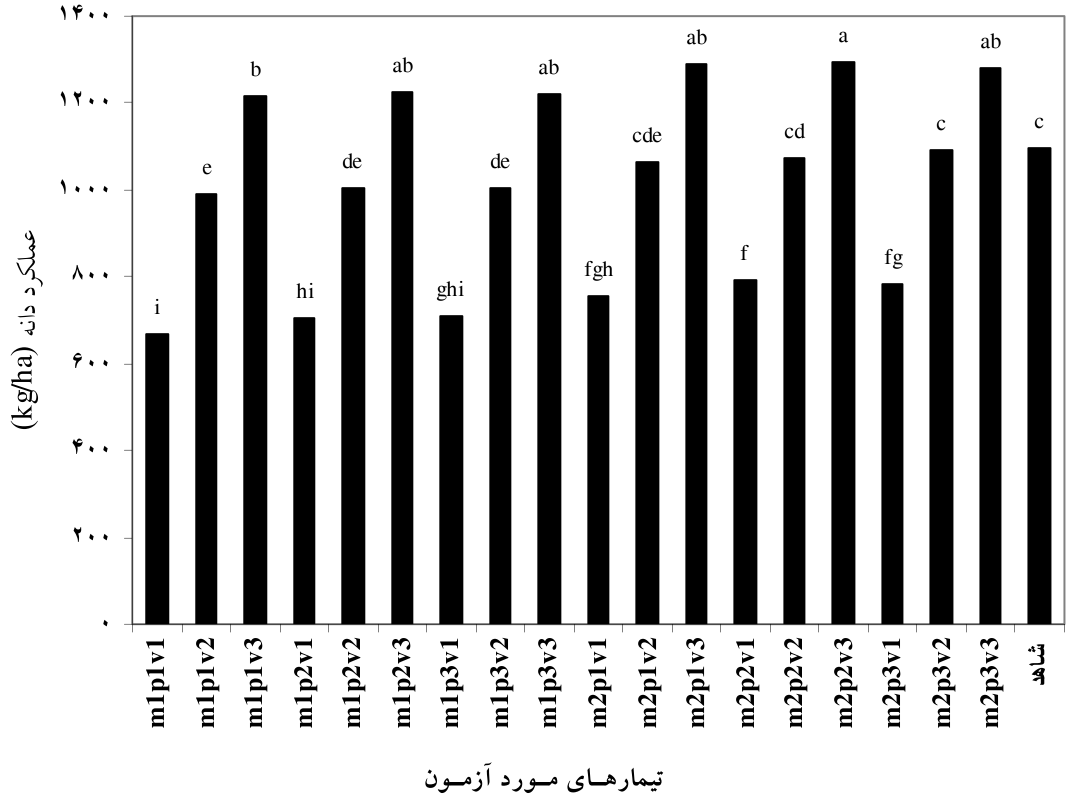
شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای کودهای زیستی با شاهد برروی تعداد چتر در بوته



شکل ۲- مقایسه میـانگین تیمارهـای کودهـای زیسـتی بـا شـاهد بـر روی وزن هزار دانـه



شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارهـای کودهـای زیسـتی بـا شـاهد بـر روی عملکـرد بیولوژیک



شکل ۴- مقایسه میانگین تیمارهـای کودهـای زیسـتی بـا شـاهد بـر روی عملکـرد دانه

بحث

به نظر می رسد که همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشـه رازیانه از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و ایـن امـر موجـب تولیـد فـرآورده بیشتر وبهبود رشد، نظیـر ارتفـاع گیـاه گردیـده اسـت. در رابطه با تـأثیر همزیسـتی مـایکوریزایی بـر ارتفـاع بوتـه، تحقیقی در مورد گیاه دارویی رازیانه انجـام نگرفتـه، امـا نتـایج تحقیقـات Gupta و همکـاران (۲۰۰۲) و Ratti و همکاران (۲۰۰۱) به ترتیب در مورد گیاهان دارویی نعنـاع و علف لیمو و نیز اردکـانی و همکـاران (۱۳۷۹) دربـاره گندم، مؤید این مطلب است. در خصوص اثر کود فسفات زیستی بر ارتفاع بوته، باید گفت که این امر احتمالاً ناشـی از افزایش جذب فسفر و تـأثیر آن بـر روی بهبـود میـزان فتوسنتز و رشد بوته رازیانه بـوده اسـت. نتیجـه پـژوهش Hazarika و همکاران (۲۰۰۰) درباره گیاه چای و Ratti و همکاران (۲۰۰۱) در مورد گیاه دارویی علف لیمـو مبـین همین مطلب است. ورمی کمپوست نیـز از طریـق قـدرت زیـاد جـذب آب و تـدارک مطلـوب عناصـر غـذایی پـر مصرف و کم مصرف در مـورد میـزان فتوسـنتز و تولیـد بیوماس رازیانه تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود ارتفـاع بوته گردید. این موضـوع در نتـایج تحقیقـات Gardezi و همکاران (۲۰۰۰) در مـورد گونـه ای گیـاه فضـای سـبز شـــهری (*Sesbania emerus*) و Hameeda و همکـــاران (۲۰۰۶) در مورد ارزن مروارید قابل مشاهده است.

می‌توان اظهار داشت که همزیستی مایکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیوماس گیاه رازیانه، موجبات تسریع در گلدهی و بهبود تعداد چتر در بوته را فراهم می آورد. این موضوع با نتیجه تحقیق Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. تأثیر ورمی کمپوست نیز بر روی میزان گلدهی و تعداد چتر در رازیانه مثبت ارزیابی می گردد. به عبارتی دیگر مصرف مقادیر مناسب ورمی کمپوست از طریق بهبود فعالیتهای میکرُبی خاک وتولید تنظیم کننده های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی،سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده که این مسأله در نهایت به افزایش گلدهی می انجامد. نتیجه مطالعه Arancon و همکاران (۲۰۰۴) بر ویژگی تعداد گلها در توت فرنگی، مبین همین مطلب است. همچنین، به نظر می‌رسد که تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب تری را برای بهبود فعالیتهای میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو توسط ریشه رازیانه، موجب افزایش رشد و گلدهی (تعداد چتر در بوته) می شوند. تلقیح مایکوریزایی موجب گردیده که در مرحله پرشدن دانه ها، شیره پرورده کافی به دانه ها منتقل شده و سبب بهبود وزن هزار دانه گردد. در همین رابطه، Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) نیز در پژوهشی در مورد گیاه دارویی رازیانه، به نتیجه مشابهی دست یافتند. همچنین، برتری وزن هزار دانه حاصل از مصرف مقادیر بیشتر ورمی کمپوست، ناشی از بهبود میزان فتوسنتز و تولید بیوماس گیاهی بود. در خصوص اثر متقابل بین تلقیح مایکوریزایی و کود فسفات زیستی، به نظر می رسد که بین قارچ مایکوریزا و باکتری حل کننده فسفات موجود در کود فسفات زیستی یک رابطه سینرژیستی وجود داشته که از طریق افزایش جذب عناصر معدنی به ویژه فسفر و میزان فتوسنتز گیاه، می تواند موجب بهبود وزن هزار دانه گردد. گزارش برخی پژوهشگران از جمله Toro و همکاران (۱۹۹۷)، Omar (۱۹۹۸)، Hazarika و همکاران (۲۰۰۰) و Ratti و همکاران (۲۰۰۱) به وجود یک رابطه سینرژیستی بین قارچ مایکوریزا و میکروارگانیزم های حل کننده فسفات اشاره دارد.

در خصوص تأثیر همزیستی مایکوریزایی بر روی عملکرد بیولوژیکی رازیانه، می توان اظهار کرد که این رابطه از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش بیوماس گیاهی و در نهایت عملکرد بیولوژیکی می گردد. در همین زمینه، Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین نتایج تحقیقات Gupta و همکاران (۲۰۰۲) در مورد نعناع و Kapoor و همکاران (۲۰۰۲) در مورد شوید و نوعی زیره موید این مطلب است که همزیستی مایکوریزایی سبب بهبود عملکرد بیولوژیکی در گیاهان دارویی مذکور می گردد. به نظر می رسد که کود فسفات زیستی نیز، به وسیله جذب بیشتر فسفر و افزایش میزان فتوسنتز موجب بهبود عملکرد بیولوژیکی گردد. این موضوع با پژوهش Ratti و همکاران (۲۰۰۱) در مورد گیاه دارویی علف لیمو مطابقت دارد. احتمالاً افزودن ورمی کمپوست به خاک نیز نه تنها تدارک عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک را نیز فراهم کرده است. نتایج تحقیقات Anwar و همکاران (۲۰۰۵) در مورد گیاه دارویی نعناع و Kumar و همکاران (۲۰۰۵)

بر روی سورگوم مؤید این نکته است. همچنین می توان اظهار داشت که تیمارهای مطلوب کودهای زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب تری را برای بهبود فعالیت میکروارگانیزم های مفید در خاک مهیا کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو توسط ریشه رازیانه، موجب ازدیاد رشد و متعاقب آن افزایش بیوماس گیاهی می شوند.

به نظر می رسد که همزیستی مایکوریزایی از طریق بهبود رشد و افزایش عملکرد بیولوژیکی ، موجب کاهش در شاخص برداشت گردیده باشد. همچنین نتایج تحقیق مبین آن است که افزایش مقادیر ورمی کمپوست از طریق تدارک جذب آب و عناصر غذایی، می تواند سبب بهبودبیشتر میزان فتوسنتز و افزایش عملکرد بیولوژیکی گردیده اما موجب افزایش شاخص برداشت نگردد. در رابطه با اثر متقابل بین همزیستی مایکوریزایی و ورمی کمپوست بر روی شاخص برداشت و مشاهده کاهش این شاخص در تیمارهای حاوی تلقیح مایکوریزایی و ورمی کمپوست، می توان چنین اظهار نظر کرد که این امر احتمالا می تواند به افزایش عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای مذکور بدون آنکه این افزایش منجر به بهبود شاخص برداشت آنها گردیده باشد، نسبت داده شود. نتایج پژوهش بیانگر آن است که افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزایی، می تواند ناشی از بهبود اجزاء عملکرد رازیانه بوده باشد. نتایج تحقیقات Kapoor و همکاران (۲۰۰۴) نیز مؤید این مطلب است. افزایش مقادیر ورمی کمپوست نیز، از طریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و تدارک بالای رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر روی افزایش اجزاء عملکرد رازیانه نظیر ارتفاع، تعداد چتر، وزن هزار دانه و بیوماس اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه گردید. این موضوع در نتایج تحقیقات Jat و Ahlawat (۲۰۰۴) بر روی نخود و عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) بر روی ریحان قابل مشاهده است. همچنین برتری تیمارهای مطلوب کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد شیمیایی، مبین آن است که استعمال کودهای زیستی در سیستم های کشاورزی پایدار، ضمن بهبود ساختار و فعالیت میکروارگانیزم های مفید خاک، موجب تدارک مطلوب آب و عناصر غذایی ماکرو و میکرو گردیده که این مسأله به افزایش عملکرد گیاهان در مقایسه با سیستم متداول منجر می گردد (Omar, 2000; Ratti *et al*., 2001).

سپاسگزاری

بدین وسیله از رئیس و کلیه کارکنان ایستگاه تحقیقات همند آبسرد وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و نیز مؤسسه تحقیقات خاک و آب که صمیمانه ما را در انجام این تحقیق یاری نموده اند، تشکر می کنیم.

منابع مورد استفاده

- اردکانی، م.ر.، مظاهری، د.، مجد، ف. و نورمحمدی، ق.، ۱۳۷۹. بررسی کارآیی میکوریزا و استرپتومایسس در سطوح مختلف فسفر و تأثیر کاربرد آنها بر عملکرد و برخی صفات گندم. مجله علوم زراعی ایران، (۲)۲: ۲۸-۱۷.
- اکبری نیا، ا.، ۱۳۸۲. بررسی عملکرد و ماده مؤثره زنیان در سیستم های کشاورزی متداول، ارگانیک و تلفیقی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- درزی، م.ت.، ۱۳۷۸. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم گیاه بر روی رشد، نمو، عملکرد و مقدار ماده مؤثره گیاه

دارویی رازیانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

- رجالی، ف.، علیزاده، ع.، صالح راستین، ن. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۸۰. تأثیر رابطه همزیستی میکوریزی بر اصلاح روابط آبی گیاه میزبان و افزایش تحمل آن به خشکی. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، ۴۵۷-۴۳۵.
- سماوات، س.، لکزیان، ا. و ضمیرپور، ع.ر.، ۱۳۸۰. تأثیر ورمی کمپوست بر روی شاخص‌های رشد گیاه گوجه‌فرنگی. مجله علوم و صنایع کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، (۲)۱۵: ۸۸-۸۳.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، نورمحمدی، ق.، متین، ا.، قلاوند، ا. و لباسچی، م.ح.، ۱۳۸۱. مقایسه کارآیی انرژی مصرفی در روشهای مختلف حاصلخیزی (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) خاک. پژوهش و سازندگی، ۵۶ و ۵۷: ۹۷-۹۱.
- صالح راستین، ن.، ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، ۵۴-۱.
- عزیزی، م.، لکزیان، ا. و باغانی، م.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر مقادیر متفاوت ورمی کمپوست بر شاخصهای رشد و میزان اسانس ریحان اصلاح شده. خلاصه مقالات دومین همایش گیاهان دارویی، تهران، ۸-۷ بهمن: ۶۲.

- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36(13-14): 1737-1746.
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D., Lee, S. and Welch, C., 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field- grown tomatoes, peppers and strawberries. The 7th International Symposium on Earthworm Ecology, Cardiff. Wales.
- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of Vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D., 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology, 81: 103-108.
- Frahm, A., Bruck, H., Mette, R., Sattelmacher, B., and portieles, J.M., 2002. Effect of vermiculture and N fertilizer application on yield of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) clones. Deutschertropentag, October 9-119 witzenhausen: Challenges to Organic Farming and Sustainable Land Use in the Tropics and Subtropics.
- Gardezi, A.K., Ferrera, R., Acuna, J.L. and saavedra, M.L., 2000. *Sesbania emerus* (Aubi) urban inoculated with Glomus sp. in the presence of vermicompost. Mycorrhiza News, 12(3): 12-15.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and kumar, S., 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81: 77-79.
- Hameeda, B., Rupela, O.P., Reddy, G. and Satyavani, K., 2006. Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). Biology and Fertility of Soils, 43(2): 221-227.
- Hazarika, D.K., Taluk Dar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C. and Deka, P.C., 2000. Influence of vesicular arbascular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizng bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in assam. Symposium no. 12, Assam Agricultural University, Jorhat- Assam, India.
- Jat, R.S. and Ahlawat, I.P.S., 2004. Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agricultural sciences, 74 (7): 359-361.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18 (5): 459-463.

- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.
- Khan, M.M.A., Samiullah, S.H.A. and Afridi, M.M.R.K., 1992. Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. Journal of Plant Nutrition, 15(11): 2505-2515.
- Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S. and Rai, S.K., 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 75 (6): 340-342.
- Omar, S.A., 1998. The role of rock-phosphate-solubilizing fungi and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 14: 211-218.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N. and Gautam, S.P., 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii var. motia* by *rhizobacteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiological Research, 156: 145-149.
- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T. and Vilarino, A., 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil, 205:85-92.
- Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 p.
- Toro, M., Azcon, R. and Barea, J.M., 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology, 63(11): 4408-4412

Effects of Biofertilizers Application on Yield and Yield Components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

M.T. Darzi[1], A. Ghalavand[2], F. Rejali[3] and F. Sefidkon[4]

1- Ph. D student of Agronomy, Tarbiat modarres University, Tehran, Iran
2- Associated professor, Tarbiat modarres University, Tehran, Iran
3- Research Assistant professor, soil and water Research Institute, Tehran, Iran
4- Associated professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers on yield and yield components in fennel, an experiment was conducted at Hamand Research Station in Damavand in 2005. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated), biophosphate fertilizer (0, 30 , 60 kg/ha) and vermicompost (0 , 5 , 10 ton/ha). The experiment design was factorial experiment in the base of randomized complete blocks design with eighteen treatments and three replications. Also, these treatments with a fertilizer control treatment (NPK: 90, 60 and 90 kg/ha) was evaluated using a randomized complete blocks design with nineteen treatments and three replications. The measured traits were plant height, umbel no./plant, 1000 seed weight, biological yield, haevest index and seed yield. Mean comparison was conducted using duncan multiple range test (at 5% level). Results showed that the highest plant height, umbel no./plant, 1000 seed weight, biological yield and seed yield were obtained through mycorrhization but reduced harvest index. Biophosphate fertilizer also showed significant effects on plant height and biological yield. The maximum plant height and biological yield were obtained with consumption of 60 kg/ha from biophosphate fertilizer. The highest plant height, umbel no./plant, 1000 seed weight, biological yield and seed yield were obtained from vermicompost (10 ton/ha). Intractions of two factors of mycorrhizal inoculation and biophosphate fertilizer on 1000 seed weight and mycorrhizal inoculation and vermicompost on harvest index were significant. Comparison of control versus biofertilizer treatments was significant and umbel no./plant, biological yield and seed yield in two treatments of fifteenth (mycorrhizal inoculation-30 kg/ha biophosphate fertilizer-10 ton/ha vermicompost) and eighteenth (mycorrhizal inoculation-60 kg/ha biophosphate fertilizer-10 ton/ha vermicompost) from biofertilizer treatments were higher than that of control. There was a positive and significant correlation between seed yield with plant height, umbel no./plant, 1000 seed weight and biological yield.

Key words: Fennel, biofertilizers, mycorrhiza, biophosphate fertilizer, vermicompost, yield components.