

بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورم کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و
رشد ریشه در گیاه دارویی رازیانه

Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

دورین، امیر قلاوند^۱، فرهاد رجایی^۲

چکیده

دورین، م. ت. ۱. قلاوند و ف. رجایی. بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورم کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و رشد ریشه در گیاه دارویی رازیانه در گجگاه دارویی رازیانه. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱ (۱): ۱-۱۱.

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه با قارچ میکوریزا در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عاملی با استفاده از عامل های قارچ میکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) و ورمی کمپوست (۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار و در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به اجرا در آمد. مقایسه ای نیز بین این تیمارها با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در تلقیح با میکوریزا حاصل شد. کود فسفات زیستی نیز دارای اثر معنی داری بر ویژگی های مورد بررسی بود، به طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته و درصد همزیستی ریشه با کاربرد ۲۰ کیلوگرم از آن و بیشترین عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۲۰ کیلوگرم از آن بدست آمد. بیشترین تعداد چتر در بوته و عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۲۰ تن ورمی کمپوست و نیز بیشترین درصد همزیستی ریشه با کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست حاصل گردید. اثر متقابل هم افزایی و مثبت نیز در بین عوامل مشاهده گردید که می توان به اثر متقابل تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست بر عملکرد بیولوژیک اشاره کرد. مقایسه میانگین ها مبین آن بود که از نظر تعداد چتر در بوته و عملکرد بیولوژیک تیمار کود زیستی شامل تلقیح با میکوریزا، مصرف ۲۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن ورمی کمپوست و نیز از نظر درصد همزیستی ریشه، تیمار کود زیستی ۱۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف ۲۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۲۰ تن ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد داشتند.

واژه های کلیدی: رازیانه، میکوریزا، کود فسفات زیستی، ورم کمپوست، گلدهی، عملکرد بیولوژیک و رشد ریشه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن (مکاتبه کننده)

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نتیجه‌گیری

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی و آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharma, 2002b). کشاورزی با مصرف کودهای زیست‌محیطی با هدف حذف آلودگی در مصرف نهاده‌های کشاورزی راه حل مطلوب جهت غلبه بر مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیست‌محیطی حاوی مواد نگهدارنده ای که متراکم یک چند نوع ارگانیسم خاکریزی و بصورت فرآورده متابولیک موجودات می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه عناصر غذایی مورد نیاز به در یک سیستم کشاورزی نگهدارنده کار می‌رود (Saleh Rastin, 2001) که در این سیستم می‌توان به قارچ‌های میکوریزای (Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و ورم‌کمپوست اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزای دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی دیگر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تاثیر منفی تنش‌های آبی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم کشاورزی پایدار می‌شود (Sharma, 2002a). میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات نیز که عمدتاً از قارچ‌ها و قارچ‌ها می‌باشند با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شود. همچنین بسیاری از آنها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی می‌گردند (Gyaneshwar et al., 2002). ورمی کمپوست نیز با استفاده از کود دامی و غیره (کود دامی و غیره)

در ضمن عبور از دستگاه کوارش این جانوران بوجود می‌آید. ورم‌کمپوست دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نظیر قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004). با توجه به تاکنونی که کشاورزی پایدار بر افزایش حاصلخیزی خاک و پایدارسازی عملکرد، گیاهان دارویی که محصولات گیاهی می‌باشند، برای استفاده محسوب می‌شوند و به سبب رسیدن به در چندین شرایط حداکثر رشد و عملکرد از آنها حاصل گردد (Gupta et al., 2002). از گیاهان دارویی که می‌توان به رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) اشاره کرد که از اسانس حاصل از دانه آن در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Marotti et al., 1993; Khan et al., 1992; Bajaj, 1989; Omidbaigi, 1997). رازیانه در کشور ما ایران پراکندگی وسیعی در مناطق خراسان، تهران، کرمان، مازندران، کردستان، کرمان، گیلان و تبریز دارد و تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری از سطح دریا به طور خودرو رشد می‌کند (Rashed Mohassel and Nezami, 1998). سطح رازیانه در ایران حدود ۱۰۰ هکتار می‌باشد و استان‌های عمده تولیدکننده این محصول شامل همدان، خراسان، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، تهران، کرمان و گلستان هستند (Darzi et al., 2005). با توجه به ارتباط با نقش کودهای زیست‌محیطی بر روی گیاهان دارویی و رازیانه صورت گرفته است. در یک پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نشان دادند که

کولبا و سبب بهبود عملکرد بیولوژیک در گیاه دارو. نعنای گرد (Cabello et al., 2005). آنامالای و همکاران (Annamalai et al., 2004) بهبود معنی دار عملکرد بیولوژیک یک گیاه دارو از ریشه فرفیلون (*Phyllanthus amarus*) در اثر مصرف باکتری ای حل کننده فسفات در مقابل بیمار شاهد بود. در خصوص اثر استفاده از ورم و کمپوست بر روی ورم و گیاهان دارویی، انور و همکاران (Anwar et al., 2005) مشاهده نمودند که مصرف پنج تن در هکتار ورم و کمپوست همراه با کود NPK و نیتروژن و فسفر و پتاسیم و کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارو ریحان (*Ocimum basilicum*) و بیمار شاهد گرد. ورم و کمپوست (Pandey, 2005) در مطالعه خود که روی گیاه دارو درمنه (*Artemisia pallens*) انجام شد، نشان داد که مصرف ورم و کمپوست موجب بهبود عملکرد و افزایش در مقایسه با شاهد گرد. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی گیاه توت فرنگی (*Fragaria ananasa*) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی کمپوست صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست، بطور معنی داری تعداد گلها را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. گزارش کال (Kale et al., 1987) این بود که استعمال ورم و کمپوست از طریق افزایش رشد و افزایش درصد همز و ریشه در گیاه دارو و افزایش در یک پزوهش گلخانه ای که توسط ساینز و همکاران (Sainz et al., 1998) بر روی گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium pratense*) و خیار صورت گرفت، مشخص گردید که مصرف ورم و کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد بیولوژیک در کلونیزاسیون ریشه گرد. در همین رابطه، در مطالعه ای دیگر که روی گیاه جو صورت پذیرفت، مشخص شد که

رازیق قارچ میکوریزا سبب افزایش در تعداد چتر در بوته، بیوماس و درصد همز و ریشه آن گرد. ورنر و پزوهش که توسط سویرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 2006) بر روی گیاهان انجام گرفت، مشخص گردید که همز و ریشه و ریشه گیاه از میکوریزا، باعث افزایش در تعداد گل در بوته در مقابل بیمار و بیمار شاهد گرد. در تحقیق دیگری عنوان گردید که تلقیح گیاه دارو با *Cymbopogon martinii* با گونه ای قارچ میکوریزا (*Glomus aggregatum*) سبب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک و درصد همز و ریشه گرد (Ratti et al., 2001). در همین خصوص طبع مطالعه دیگری بر روی نعنای (*Mentha arvensis*) انجام گرفت، گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعنای با گونه ای قارچ میکوریزای VAM به طور قابل ملاحظه ای عملکرد بیولوژیک و درصد همز و ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد. در پزوهش که روی گیاهان دارو (*Anethum graveolens*) و نوع زیره (*Trachyspermum ammi* Sprague)، انجام شده بود، ملاحظه گردید که کاربرد دو گونه قارچ VAM به طور قابل توجهی درصد همز و ریشه و بیوماس گیاهان مذکور را بهبود بخشید (Kapoor et al., 2002). راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در تحقیق خود بر روی گیاهان مشاهده کردند که کاربرد چندین سوش از باکتری ای حل کننده فسفات، عملکرد بیولوژیک را در مقابل بیمار و بیمار شاهد افزایش داد. پزوهش هازاریکا و همکاران (Hazarika et al., 2000) نیز که بر روی گیاه چای (*Camellia sinensis*) و در شرایط مزرعه ای انجام گرفت، نشان داد که کاربرد یک گونه از باکتری حل کننده فسفات در حضور سنک فسفات موجب افزایش در بیوماس و درصد کلونیزاسیون ریشه گرد. کاربرد یک میکروارگانیزم حل کننده فسفات در یک بستر حاوی ورم و ورم و

کاربرد ورمه کمپوست موجب بهبود چشمک‌آبی در عملکرد بیولوژیک شد (Kumawat et al., 2006). در این پژوهش که روی پایه نخود انجام شد، مشخص گردید که مصرف سه تن در هکتار ورمه کمپوست، باعث افزایش بارز عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد گردید (Jat and Ahlawt, 2004, 2006). گزارش زالر (Zaller, 2007) بیان آن بود که استعمال ورمه کمپوست موجب بهبود معنیه دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد گردید. در مطالعه انجام گرفته روی ارزن مروار (*Pennisetum glaucum*) نیز مشخص شد که استعمال ورمه کمپوست موجب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد گردید (Hameeda et al., 2006).

از آنجا که رویکرد جهانیه در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام های کشاورزی پایدار و بکارگیری روش های آبیاری آنها نظیر کاربرد کودهای زیستی به منظور ارتقاء عملکرد کمپوست و کیفیت گیاهان دارویی هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر قارچ میکوریزا، ورمه کمپوست و کود فسفات زیستی بر عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در طی دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات همنند دماوند وابسته به مؤسسه

تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، به اجرا درآمد. میانگین بارش سالیانه ایستگاه ۱۱۰۰ میلی متری و دمای آن در حدود ۱۵ درجه سانتیگراد می باشد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری نمونه برداری بعمل آمد و مشخص گردید که بافت خاک لومی رسی و pH آن برابر ۵/۵ می باشد (جدول ۱). پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عامل شامل عامل تلقیح با قارچ میکوریزا (M) در دو سطح (عدم تلقیح M1 و تلقیح M2)، عامل کود فسفات زیستی (P) در سه سطح (P1=۰، P2=۱۰ و P3=۳۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل ورمه کمپوست (V) در سه سطح (V1=۰، V2=۱۰ و V3=۳۰ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با هیجده تیمار و سه تکرار انجام گرفت. همچنین، یک کرت به عنوان شاهد کود شیمیایی با مصرف NPK ۱۰۰/۱۰۰/۱۰۰ نتران ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نوع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در هر تکرار قرار داده شد و مقایسه آن با تیمارهای کودهای زیستی نیز در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با نوزده تیمار و سه تکرار صورت گرفت. مایه تلقیح قارچ میکوریزایی VAM بنام *Glomus intraradices* که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. بیمار با قارچ میکوریزا

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physical and chemical soil properties in experimental site

اسیدیت	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیترژن	فسفر	کلسیم	آهن	روی	Cu
pH	EC (ds/m)	O.C (%)	N	P	Ca	Fe	Zn	
Texture					میلی گرم در کیلوگرم	mg/kg		
لومی رسی Loamy-Clay	7.3	0.92	0.70	8.19	16	726	-	-

* Available form of nutrients was measured.

* فرم قابل جذب عناصر غذایی اندازه گیری شد.

بورت تلقیح بذر انجام گرفت به طوری که هر بذر اغشته به مایه تلقیح میکوریزایی در حدود ۰۰۰-۰۰۰ اندام فعال قارچی دریافت کرد. کود فسفات زیستی نیز که مورد تایید مؤسسه مذکور بوده، حاوی سنک فسفات (Rock Phosphate) و یک گونه از باکتری های حل کننده فسفات بنام *Pseudomonas striata* بود که در هر گرم از آن در حدود ۱۰۰۰ باکتری فعال وجود داشت.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست مورد استفاده

اسید بنه	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	کربن آلی O.C (%)	نیتروژن N	P	K	کلسیم Ca	Mg	آهن Fe	Mn	Zn	Cu
pH						میلی گرم در کیلو گرم	mg/kg				
7.5	5.32	10.53	8200	4600	4400	46000	14000	17000	638	124	26

زمین محل انجام آزمایش در چند سال قبل به صورت آیش بود. توجه به شرایط اقلیمی منطقه، عملیات تهیه زمین در اسفند ماه و با مساعد شدن شرایط آب و هوا، انجام گردید. به منظور اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد ۱۰ × ۱۰ متر و با ردیف کاشت لحاظ گردید. فاصله بین کرتها یک متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شدند. کاشت رازیانه و اعمال تیمارهای آزمایشی بعد از مساعد شدن هوا در بهار انجام شد. به همین منظور جهت اعمال تیمارها، در کنار هر خط کاشت، شکاری در سراسر پشته به عمق ۱۰ سانتیمتر ایجاد نموده و کود فسفات زیستی و ورمی کمپوست را در داخل شیار ریخته و به وسیله شن کش روی آن پاش داده شد. کاشت رازیانه در تاریخ ۱۵ فروردین سال ۱۳۹۹ و پس از اینکه بخشی از بذرها مورد نیاز با مایه تلقیح میکوریزایی تلقیح شدند، انجام گردید و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. سپس در مرحله ظهور سومین برگ رشته‌ای، تراکم کاشت براساس صد هزار بوته در هکتار (۱۰ × ۱۰ سانتیمتر) تنظیم گردید. لازم به ذکر است از آنجا که رازیانه یک گیاه چند ساله

نتیجه و بحث

تعداد چتر در بوته

نتیجه حاصل از تجزیه مرکب سال های آزمایش ۱ و ۲ آن بود که تاثیر عوامل تلقیح بکوریزا و ورم کمپوست در سطح یک درصد و عامل کود فسفات ز ۱ در سطح پنج درصد بر تعداد چتر در بوته معنی دار گردید اما اثرات متقابل میان عوامل تاثير داری بر تعداد چتر در بوته نداشتند (جدول ۲). بمارها نشان داد که بین سطوح تلقیح بکوریزا تفاوت قابل توجهی وجود دارد به طوری که تعداد چتر در بوته در تلقیح ۱ بکوریزا (۱/۱) در مقایسه با عدم تلقیح (۰/۰) در حدود ۱۰۰ درصد بیشتر بود (جدول ۲). نتوان استنباط کرد که همزیستی بکوریزا از طریق تثبیت نیتروژن مناسب و افزایش باه رازیانه، موجبات تسهیل در کلدبه و بهبود تعداد چتر در بوته را فراهم آورد. این موضوع با نتایج کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) مطابقت دارد. آنها تعداد چتر بکوریزا در بوته رازیانه بهبود تغذیه بکوریزا به ویژه فسفر و افزایش عملکرد بیولوژیک در بمار بکوریزا نسبت دادند. پژوهش دو ساله که توسط سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 2006) بر روی همزیستی انجام گرفت، نیز مشاهده گردید که همزیستی بکوریزا با بمارها بکوریزا گونه از قارچ بکوریزا افزایش بارز تعداد گل در بوته در مقایسه بمار لرده، افزایش در آب و تغذیه که در اثر همزیستی بکوریزا حاصل گردیده بود، نسبت داده شد. بمارها بیانگر آن بود که میان سطوح مختلف کود فسفات ز ۱ اختلاف معنی داری وجود دارد به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم آن (۱/۱)، در حدود ۱۰۰ درصد بیشتر از سطح اول (۰/۰) گردید (جدول ۲). در رابطه با اثر ورم کمپوست بر تعداد چتر در بوته نتایج نشان دادند که

وزن خشک در داخل اون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد خشک شدند و سپس عملکرد بیولوژیک بر اساس میانگین وزن خشک بوته در هر کرت محاسبه گردید (Akbarinia, 2004; Kapoor et al., 2003). جهت اندازه گیری درصد همزیستی رازیانه بکوریزا، همزمان با برداشت بوته ها، از ریشه های آنها به ویژه ریشه های موین و نازک، برای بر داری بکوریزا استفاده شد. سپس ریشه ها به دقت با آب مقطر شستشو شده و از محلول FAA (Formalin Acetic Acid Alcohol) برای تثبیت ریشه ها استفاده گردید. مراحل رنگ آمیزی ریشه و سپس رنگ آمیزی آنها طبق روش فیلپس و هاب (Philips and Hayman, 1970) صورت گرفت. ابتدا برای بی رنگ کردن ریشه ها از محلول ده درصد KOH مدت ۲۴ ساعت استفاده شد و بعد نمونه ها با آب مقطر شستشو شدند. برای رنگ آمیزی ریشه ها از محلول حاوی ۱/۱ درصد تریان بلو در لاکتو کلسرول استفاده گردید. به منظور همزیستی قارچ بکوریزا با ریشه رازیانه از روش خطوط متقاطع (Gridline Intersect Method) استفاده شد (Giovannetti and Mosse, 1980). بدین صورت که در مورد هر تیمار، ریشه های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتی متری برش داده شدند و به همراه محلول رنگ بر لاکتو کلسرول روی پلیت شیشه ای قرار داده شدند. سپس قطعات ریشه از نظر وجود اندام های قارچی در محل تلاقی خطوط افقی و عمودی کاغذ شطرنجی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد بیان شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده های نتایج هر سال آزمایش و نتایج دو سال آزمایش به صورت تجزیه مرکب داده ها، از نرم افزارهای آماری (SAS, SPSS, MSTAT-c) استفاده گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد.

بن سطوح ورم کمپوست اختلاف معنی داری وجود دارد به نحوی که تعداد چتر در بوته در سطح سوم (۱۰۰۰/۱۰۰) درصد بیشتر از سطح دوم (۱۰۰۰/۱۰۰) و ۱۰۰/۱۰۰ درصد بیشتر از سطح اول (۱۰۰۰۰/۱۰۰) بود (جدول ۱). بر ورم کمپوست نیز زنان کلدهم و تعداد چتر در رازیانه مثبت ارز شد. به عبارت دیگر مصرف مقدار مناسب ورم کمپوست از طریق بهبود فعالی بیولوژیکی خاک و تولید بیومکنده برای رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهم جذب بیشتر عناصر غذا، سبب افزایش زنان فتوسنتز و ماده خشک گیاه گردیده که این مسئله در نهادهای افزایش یافته انجامد. نتیجه مطالعه آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر ورم کمپوست در توت فرنگی و این مطلب است. (Pandey, 2005) در مطالعه خود که روی گیاه دارویی درمنه انجام گرفت، نشان داد که مصرف ورم کمپوست، موجب بهبود قابل ملاحظه کلدهم گیاه در مقایسه با شاهد گردید. در این پژوهش ملاحظه گردید که بکارگیری ورم کمپوست از طریق کنترل آفات و بیماری های خاکی و بهبود واکنش های گیاه در خاک و نیز جذب آب و عناصر غذا، در تحقیقات افزایش رشد و نمو و کلدهم گیاه گردید. در تحقیقات دیگر که توسط روی و سب (Roy and Singh, 2006) انجام شد، مشاهدات بیانگر آن بود که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورم کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش قابل توجه تعداد سنبله در بوته جو گردید. آنها دریافتند که استفاده از ورم کمپوست از طریق بیومکنده میکروارگانیسم های خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی گیاه، موجب این افزایش شد. نتیجه بدست آمده از تجزیه مرکب دو سال ازما را حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد اثر معنی داری بر تعداد چتر در بوته داشتند (جدول ۱). این شاهد و تیمارهای کودهای زیستی نیز دارای تفاوت معنی داری بود به

طوری که دو تیمار کود زیستی و بیوکورتا، کاربرد ۱۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن در هکتار ورم کمپوست (۱۰۰۰/۱۰۰) و تلقیه بیوکورتا، مصرف ۱۰ کیلوگرم کود فسفات زیستی و ۱۰ تن ورم کمپوست (۱۰۰۰/۱۰۰) و ۱۰/۱۰۰ درصد نشان دادند (جدول ۱). تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در تیمار شاهد شیمیایی، به مراتب شریک بیولوژیکی را برای بهبود فعالی بیولوژیکی خاک کردند و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی مصرف و کم مصرف توسط ریشه راز، راز، افزایش رشد و کلدهم (تعداد چتر در بوته) و بیولوژیکی از تحقیقات مرتبط با کشاورزی و بدار که مبتنی بر استفاده از منابع آلی و بیولوژیکی همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی باشد و در آنها مورد تأیید و تأیید قرار گرفته است (Sharma, 2002b; Kapoor et al., 2004; Roy and Singh, 2006) موافقت دارد.

عملکرد بیولوژیک

این مطالعه به مرکب داده های دو سال ازما را آن بود که اثر هر سه عامل به تنها و نیز اثر متقابل دو تیمار بیوکورتا و ورم کمپوست در سطح ۱۰۰۰ درصد بر عملکرد بیولوژیکی معنی دار بودند (جدول ۱). تیمارهای بیوکورتا و ورم کمپوست تفاوت قابل توجهی وجود دارد به نحوی که عملکرد بیولوژیکی در تلقیه بیوکورتا ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱۰/۱۰۰ درصد بیشتر بود (جدول ۱). در خصوص اثر همزیستی بیوکورتا بر روی عملکرد بیولوژیکی راز، بیولوژیکی استنباط کرد که بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش بوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیکی گردید. در همین زمینه، کاپور و همکاران

جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مرکب اثر کودهای زیستی بر صفات راز

Table 3. Summary of combined analysis of variance of effect of biofertilizers on some characteristics in fennel

S. O. V.	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات MS		
			تعداد چتر در بوته Umbrella no./plant	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	درصد همزیستی ریشه Root colonization percent
Year (Y)	سال	1	9671.905 ^{ns}	** 163389436.2	* 232.731
Replication (Y)	تکرار سال	4	1.158	81964.3	10.140
Mycorrhizal Inoculation (M)	تلقیح میکوریزایی	1	** 1198.667	** 20428827.4	** 18084.426
M × Y	تلقیح میکوریزایی × سال	1	** 114.577	** 2175806.8	** 105.495
Phosphate Biofertilizer (P)	کود فسفات زیستی	2	* 28.534	** 714533.0	** 247.980
P × Y	کود فسفات زیستی × سال	2	8.479 ^{ns}	205309.9 ^{ns}	4.154 ^{ns}
M × P	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی	2	2.277 ^{ns}	7585.3 ^{ns}	** 43.518
M × P × Y	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × سال	2	1.239 ^{ns}	17362.6 ^{ns}	0.234 ^{ns}
Vermicompost (V)	ورمی کمپوست	2	** 538.717	** 82267566.9	** 713.565
V × Y	ورمی کمپوست × سال	2	** 537.723	** 14590730.3	5.953 ^{ns}
M × V	تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست	2	5.639 ^{ns}	** 484281.5	18.142 ^{ns}
M × V × Y	تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست × سال	2	0.796 ^{ns}	** 360237.1	0.279 ^{ns}
P × V	کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست	4	2.419 ^{ns}	43320.3 ^{ns}	** 48.852
P × V × Y	کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست × سال	4	0.744 ^{ns}	33565.1 ^{ns}	0.394 ^{ns}
M × P × V	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست	4	0.350 ^{ns}	16111.0 ^{ns}	** 29.098
M × P × V × Y	تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست × سال	4	0.429 ^{ns}	26424.4 ^{ns}	0.671 ^{ns}
Error	خطا	68	6.093	67206.4	6.109

* و **: دارای در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

ns: Non-significant.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.1.7.0]

جدول ۶- تعداد چتر در بوته در اثر کودهای زیستی در سال های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴

Table 6. Means of umbrella no./plant as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

لیمار Treatment	تعداد چتر در بوته Umbrella no./plant		درصد تغییر نسبت به کنترل % Change to control
	2005	2006	
M1P1V1	17.5 j	26.3 h	21.9 f
M1P1V2	26.2 gh	41.4 ef	33.8 d
M1P1V3	34.0 bcd	56.6 bc	45.2 b
M1P2V1	18.7 j	28.3 h	23.5 f
M1P2V2	26.2 gh	42.7 e	34.4 d
M1P2V3	35.2 b	60.6 b	47.9 b
M1P3V1	18.3 j	29.3 h	23.8 f
M1P3V2	27.1 fg	43.7 e	35.4 d
M1P3V3	34.7 bc	61.1 b	47.9 b
M2P1V1	21.9 i	35.2 g	28.6 e
M2P1V2	30.7 de	49.7 d	40.4 c
M2P1V3	39.2 a	67.9 a	53.5 a
M2P2V1	22.7 i	36.5 fg	29.6 e
M2P2V2	29.8 ef	50.4 d	40.1 c
M2P2V3	39.9 a	69.6 a	54.7 a
M2P3V1	23.6 hi	37.4 fg	30.5 e
M2P3V2	31.0 de	51.0 d	41.0 c
M2P3V3	40.2 a	70.3 a	55.2 a
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	31.6 cde	52.2 cd	41.9 c

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

(Omar, 1998) در خصوص اهمیت مصرف بکروارگانیزم های حل کننده فسفات در خاک های انجام شده بود، روشن گردید که کاربرد بکروارگانیزم همراه با سنگ فسفات، ضمن افزایش فسفر و فراهمی مناسب آن برای گندم، موجب بهبود رشد و عملکرد بیولوژیک گیاه و حفظ سلامت خاک، می باشد. (Annamalai et al., 2004) بین بهبود حاصل از عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری های حل کننده فسفات در یک گیاه دارو از خانواده فریون در کابل و همکاران (Cabello et al., 2005) و دفریتاس و همکاران (Defreitas et al., 1997)

وجود دارد به نحوی که عملکرد بیولوژیک در سطح دوم (کیلوگرم در هکتار) در حدود ۱/۱ درصد بیشتر از سطح اول (کیلوگرم در هکتار) گردید (جدول ۶). ممکن است کود فسفات زنجیره جذب فسفر و افزایش میزان فتوسنتز موجب بهبود عملکرد بیولوژیک گیاه موضوع با پژوهش راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) بر روی گیاه دارو مطابق با آنها اظهار داشتند که علاوه بر تأثیر مثبت (که بهبود جذب فسفر می تواند بر روی افزایش وزن خشک گیاه داشته باشد، احتمال آن وجود دارد که باکتری های حل کننده فسفات از هورمون های رشد گیاه در آن مهم دخیل در پژوهش های که توسط

جدول ۴- میانگین عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف کودهای زیستی و اثر متقابل آن‌ها در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

Table 4. Means for biological yield in different levels of biofertilizers and their intractions in 2005 and 2006 cropping seasons.

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (Kg/ha)		
	2005	2006	Mean
تلقیح میکوریزایی Mycorrhizal Inoculation			
M1= non-inoculated	3392 b	5568 b	4480 b
M2= inoculated	3978 a	6722 a	5350 a
کود فسفات زیستی (کیلوگرم در هکتار) Phosphatic Biofertilizer (Kg/ha)			
P1= 0 kg/ha	3610 b	5906 b	4757 b
P2= 30 kg/ha	3712 a	6203 a	4957 a
P3= 60 kg/ha	3734 a	6326 a	5029 a
ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (ton/ha)			
V1= 0 ton/ha	2794 c	3928 c	3361 c
V2= 5 ton/ha	3718 b	6289 b	5003 b
V3= 10 ton/ha	4544 a	8218 a	6380 a
تلقیح میکوریزایی × ورمی کمپوست M × V			
M1V1	2435 f	3334 f	2884 f
M1V2	3470 d	5929 d	4699 d
M1V3	4271 b	7441 b	5856 b
M2V1	3153 e	4522 e	3837 e
M2V2	3965 c	6650 c	5307 c
M2V3	4816 a	8994 a	6904 a

اعداد در هر ستون و برای هر عامل که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

موجبات افزایش رشد اندام هوایی و ارتفاع و تعداد چتر در بوته و متعاقب آن مقادیر ماده خشک را نیز فراهم کرده است. در همه رابطه در پژوهش که با استفاده از مقدار مختلف ورم‌کمپوست روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت، انور و همکاران (Anwar *et al.*, 2005) نشان دادند که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورم‌کمپوست همراه با کود شیمیایی NPK ۱۰۰:۱۰۰:۱۰۰ به‌زیان گیاه و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰۰:۱۰۰:۱۰۰) از عملکرد بیولوژیک گیاه کم می‌گردد. آنها اظهار داشتند که افزودن ورم‌کمپوست به خاک با بهبود پایداری گیاه و تولید بوم‌ژنیم، خاک، گیاه فراهم‌کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد

روی کلزا، نیز به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. در رابطه با اثر ورم‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک گیاه، بن‌ها نشان دهنده آن بود که بین سطوح مصرف ورم‌کمپوست اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به نحوی که عملکرد بیولوژیک گیاه در سطح سوم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در صد بیش از سطح دوم (۱۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). افزودن ورم‌کمپوست به خاک ممکن است گیاه فراهم‌کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فیزیکی گیاه، خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد گیاه

بکیره رو، و تولد، و ماس را فراموش کرده است. (Kumawat et al., 2006) به آن بود که استفاده از ورم کمپوست در گاو، موجب بهبود چشمک عملکرد بیولوژیک گردید، آنها را به مصرف ورم کمپوست و خاک توسط ورم کمپوست و توانایی آن در بهبود جذب عناصر پر مصرف و کم مصرف و نسبت داده است. و همکاران (Sainz et al., 1998) نیز در پژوهش خود روی گیاهان شبدر قرمز و خیار، گزارش کردند که مصرف ورم کمپوست حاصل از ضایعات البومی موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد بیولوژیک در گیاهان، آنها اظهار داشتند که فضولات کرم های خاک، حاوی ورم کمپوست و کم مصرف قابل استفاده فراوان بوده که به بهبود رشد و نمو، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. مطالعات کاوندر و همکاران (Cavender et al., 2003)، آسه و دو و پا (Acevedo and Pire, 2004)، کومار و همکاران (Kumar et al., 2005)، جت و الاوات (Jat and Ahlawat, 2004 and 2006) و همکاران (Hameeda et al., 2006) و زالر (Zaller, 2007) به سبب روی سورگوم دانه ای، خربزه درخت، سورگوم علوفه ای، نخود، ارزن مروارید و کوج گیاهان، به بهبود رشد و نمو، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. اثر متقابل تلقیح بکوریازا × ورم کمپوست نشان داد که به گیاههای مختلف اختلاف معنی داری وجود داشت به نحوی که عملکرد بیولوژیک در گیاههای مختلف بکوریازا در سطوح مختلف مصرف ورم کمپوست (۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با گیاههای مختلف شامل عدم تلقیح بکوریازا در سطوح مختلف مصرف ورم کمپوست (۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ کیلوگرم در هکتار) به طور بارزی افزایش یافته است. (جدول ۱). به عبارت دیگر،

افزایش مقدار ورم کمپوست در تیمارها، که حاوی قارچ میکوریزا می باشند، عملکرد بیولوژیک نسبت به طور کلی داری افزایش یافته است. ورم کمپوست از طریق گیاهان شبدر قرمز و خیار، به بهبود رشد و نمو، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک رازانه گردید. و همکاران (Sainz et al., 1998) بر روی گیاهان شبدر قرمز و خیار، به بهبود رشد و نمو، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک آن شود. و همکاران (Cavender et al., 2003) در پژوهش روی گیاه سورگوم دانه ای، مشاهده نمودند که کاربرد توام میکوریزا و ورم کمپوست موجب افزایش محسوس عملکرد بیولوژیک گردید. آنها اظهار داشتند که این افزایش از اثر مستقیم ورم کمپوست بر درصد همزیستی بکوریازا نبود، بلکه حاصل اثر عناصر غذا، موجود در ورم کمپوست بر روی توسعه و گسترش مستقیم ورم کمپوست شبکه قارچ و تاثیر آن بر تحرک رشد گیاه میزبان بود.

بر اساس نتایج حاصل از ترکیب داده های سال های انجام آزمایش، عملکرد بیولوژیک در اثر تیمارهای مختلف کودی در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۱). و همکاران (Hameeda et al., 2006) نیز شاهد و تیمارهای مطلوب کودهای زیستی تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد به نحوی که عملکرد بیولوژیک در دو تیمار کود زیستی و کود فسفات زیستی و کود فسفات، مصرف ۵ کیلوگرم کود فسفات زیستی و کود فسفات (۵ کیلوگرم در هکتار) و در کود فسفات زیستی، مصرف ۵ کیلوگرم کود فسفات

بقی ایجاد یک محیط کشت مناسب و فراهمی غذا، موجب بهبود رشد و نمو گیاه رازیانه و افزایش عملکرد بیولوژیک آن در مقایسه با بکار شاهد شد. در این باره، تحقیقاتی از محققین در رابطه با مصرف کودهای زیستی و آلی بر بهبود بیوماس گیاهان مختلف انجام شده است (Sainz et al., 1998; Cavender et al., 2003; Akbarinia, 2003).

زیرک و تن ورم (کلوگرام در هکتار) بیولوژیکی در حدود و درصد نسبت به شاهد (کلوگرام در هکتار) داشتند (جدول ۶). در تفصیل، بیولوژیکی می تواند بیان نمود که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به همراه مصرف کلوگرام نیتروژن، ضمن بهبود احتمال افزایش خاک و افزایش باروری آن و نیز اثرات متقابل بیولوژیکی که بین کودهای زیستی و قارچ میکوریزا و ورم و کمپوست ایجاد شد، قادر می باشد از

جدول ۶- عملکرد بیولوژیک در اثر کودهای زیستی در سال های و

Table 6. Means of biological yield as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (Kg/ha)			درصد تغییر نسبت به شاهد %Change to control
	2005	2006	Mean	
M1P1V1	2414 i	3204 j	2808 i	-48.9
M1P1V2	3476 g	5628 h	4552 g	-17.1
M1P1V3	4177 cde	7123 cd	5649 de	+2.8
M1P2V1	2404 i	3380 j	2892 i	-47.4
M1P2V2	3515 g	5986 gh	4750 g	-13.5
M1P2V3	4272 cd	7489 bc	5880 cd	+7.0
M1P3V1	2486 i	3420 j	2952 i	-46.3
M1P3V2	3420 g	6173 fgh	4796 g	-12.7
M1P3V3	4366 c	7712 b	6039 c	+9.9
M2P1V1	3011 h	4345 i	3678 h	-33.0
M2P1V2	3858 f	6397 efg	5127 f	-6.7
M2P1V3	4724 b	8738 a	6731 b	+22.5
M2P2V1	3342 g	4584 i	3963 h	-27.9
M2P2V2	4046 def	6699 def	5372 ef	-2.2
M2P2V3	4691 b	9083 a	6886 ab	+25.3
M2P3V1	3106 h	4638 i	3872 h	-29.5
M2P3V2	3991 ef	6854 de	5422 ef	-1.3
M2P3V3	5033 a	9161 a	7097 a	+29.2
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	4002 ef	6986 cde	5494 e	-

در هر ستون و برای هر عامل، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

در سطح یک درصد بر درصد همزیستی رازیانه دار گرد (جدول ۶). بکارها نشان داد که بین سطوح تلقیح میکوریزا تفاوت قابل توجهی وجود داشت، به طوری که درصد همزیستی

درصد همزیستی رازیانه به مرکب داده های سال های آزمایش و نیز اثر متقابل آن بود که اثر هر سه عامل به تنها و نیز اثر متقابل میکوریزا × کود فسفات زیستی و اثر متقابل هر

و همکاران (Hazarika et al., 2000) روی گیاه چای در سطح ۱۰۰٪ درصدها، پزوهش حاضر مطابقت دارد. آنها مشاهده کردند که کاربرد باکتری *Bacillus polymyxa* در حضور سنک فسفات موجب افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گردید. آنها گزارش کردند در خاکهای اسیدی که سمبک الومبیک و کمبود فسفر وجود دارد، مصرف باکتری ها ضمن بهبود همزیستی باکتریایی و افزایش رشد و نمو آن، در دو مطالعه دیگر که در خصوص کاربرد میکروارگانیسم های حل کننده فسفات روی گیاهان گندم و ماش سبز انجام گرفت، آشکار شد که مصرف باکتری *Bacillus circulans* و باکتری قارچ *Cladosporium herbarum* در حضور سنک فسفات سبب بهبود قابل ملاحظه درصد همزیستی ریشه گیاهان گردید (Singh and Kapoor, 1998). آنها اظهار داشتند که ممکن است تولید هورمون های IAA که توسط باکتری *Bacillus* ها صورت می گیرد، دارای اهمیت باشد که کلونیزاسیون ریشه را بهبود دهد. نشان داد که با سطوح ورمبک کمپوست تفاوت معنی داری وجود دارد به طوری که درصد همزیستی ریشه در سطح دوم (۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از سطح اول (۱۰۰٪) و در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از سطح سوم (۱۰۰٪) بود (جدول ۱). استنباط می شود که عناصر غذایی موجود در ورمبک کمپوست از طریق افزایش رشد ریشه باکتریایی موجب بهبود درصد کلونیزاسیون ریشه باکتریایی شده باشند. موضوع در این زمینه که همکاران (Kale et al., 1987) روی گیاه دارویی *Shivaputra et al.* (2004) مشاهده است. گزارش می دهد که مصرف ورمبک کمپوست تحت شرایط گلخانه ای در گیاه خربزه درختی، سبب بهبود قابل

ریشه در باکتریایی *Glomus fasciculatum* (۱۰۰٪) در حدود ۱۰٪ درصد بیشتر از عدم تلقیح (۱۰۰٪) بود (جدول ۱). توان استنباط کرد که تلقیح باکتریایی، شرایط را برای بهبود درصد همزیستی ریشه در راز فراهم آورد. در همین رابطه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) در مطالعه دیگری با دو گونه قارچ میکوریزی *Glomus fasciculatum* (۱۰۰٪) و *G. macrocarpum* (۱۰۰٪) به طرز چشمگیری بیشتر از تیمار عدم تلقیح (۱۰۰٪) گردید. در پژوهش دیگر گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) نیز نشان دادند که تلقیح باکتریایی از قارچ میکوریزا (*Glomus fasciculatum*) ریشه نعنای، سبب افزایش محسوس درصد همزیستی ریشه گردید. و باقیات راتپ و همکاران (Ratti et al., 2001) و آریاگادا و همکاران (Arriagada et al., 2007) در مطالعه دیگری روی گیاهان دارویی *Arriagada et al.* (2007) و اوکالیتوس (2002) مطلب است. در مطالعه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) روی گیاه و نوعی زیره مین آن بود که تلقیح ریشه این دو گیاه با گونه های باکتریایی، موجب افزایش بارز درصد همزیستی ریشه گردید که به طور مبهم نیزان این در دو گیاه مذکور به ترتیب در حدود ۱۰٪ و ۱۰٪ درصد گردید و این در حالی بود که مقدار آن در تیمار شاهد فقط در حدود دو درصد بود. آن بود که مبلان سطوح کود فسفات زنجیره اختلاف در داری وجود داشت، به طوری که درصد همزیستی ریشه باکتریایی در سطح سوم (۱۰۰٪)، در حدود ۱۰٪ درصد یا بیشتر از سطح اول (۱۰۰٪) و در حدود ۱۰٪ درصد یا بیشتر از سطح دوم (۱۰۰٪) گردید (جدول ۱). کاربرد کود فسفات زنجیره از طریق رها سازی آهسته و مداوم فسفر ممکن است موجب تحریک باکتریایی و متعاقب آن افزایش درصد ریشه رازیانه شده باشد. باقی هازاریکا

جدول ۷- درصد همزیستی ریشه در سطوح مختلف کودهای زیستی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶

Table 7. Means for root colonization percent in different levels of biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons.

تیمار Treatment	درصد همزیستی ریشه Root colonization (%)		
	2005	2006	Mean
تلقیح میکوریزایی Mycorrhizal Inoculation			
M1= non-inoculated	26.77 b	27.73 b	27.25 b
M2= inoculated	50.68 a	55.59 a	53.13 a
کود فسفات زیستی (کیلوگرم در هکتار) Phosphatic Biofertilizer (Kg/ha)			
P1= 0 kg/ha	36.97 b	39.14 c	38.06 c
P2= 30 kg/ha	37.81 b	40.99 b	39.40 b
P3= 60 kg/ha	41.40 a	44.85 a	43.12 a
ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost (ton/ha)			
V1= 0 ton/ha	34.08 b	63.13 c	35.10 c
V2= 5 ton/ha	41.54 a	45.20 a	43.37 a
V3= 10 ton/ha	40.56 a	43.65 b	42.11 b
تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی M × P			
M1P1	24.28 d	24.48 d	24.38 e
M1P2	27.04 c	28.41 c	27.72 d
M1P3	29.00 c	30.31 c	29.65 c
M2P1	49.67 b	53.80 b	51.73 b
M2P2	48.57 b	53.58 b	51.08 b
M2P3	53.79 a	59.39 a	56.59 a
تلقیح میکوریزایی × کود فسفات زیستی × ورمی کمپوست M × P × V			
M1P1V1	17.77 f	17.13 j	17.45 j
M1P1V2	27.47 e	28.43 gh	27.95 h
M1P1V3	27.61 e	27.87 h	27.74 h
M1P2V1	22.16 f	22.49 i	22.32 i
M1P2V2	28.47 e	30.80 gh	29.63 gh
M1P2V3	30.50 e	31.93 gh	31.22 g
M1P3V1	27.97 e	28.27 gh	28.12 gh
M1P3V2	30.07 e	32.43 g	31.25 g
M1P3V3	28.97 e	30.23 gh	29.60 gh
M2P1V1	42.57 d	45.27 f	43.92 f
M2P1V2	53.40 b	58.90 bc	56.15 b
M2P1V3	53.03 b	57.23 bcd	55.13 b c
M2P2V1	46.20 cd	50.21 e	48.20 e
M2P2V2	50.05 bc	55.67 c d	52.86 c d
M2P2V3	49.47 bc	54.87 d	52.17 c d
M2P3V1	47.80 c	53.43 d e	50.62 d e
M2P3V2	59.77 a	64.97 a	62.37 a
M2P3V3	53.81 b	59.77 b	56.79 b

در هر ستون و برای هر تیمار که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشد، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

۱۰۳

بروز اثرات متقابل تشدید کننده و مقلد در بین آنها همراه بود، مهیا کردند و سبب افزایش درصد همزیستی ریشه راز، میکوریزا شدند. از طرف دیگر مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفر محلول، به عنوان یک مانع اصلی در ایجاد همزیستی میکوریزا بشمار رود و از این رو می توان گفت که سبب همزیستی کشاورزی متداول که مبتنی بر مصرف فراوان کودهای شیمیایی هستند غالباً از مزایای میکوریزا محروم می باشد (Sharma, 2002a and b; Kapoor *et al.*, 2004; Gholami, 1999) این دلیل در تیمار شاهد مانع کاهش زیاد درصد همزیستی ریشه به وضوح مشاهده شد.

داده های سال های آزمایش، درصد همزیستی ریشه میکوریزا در تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شاهد در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول 8). میکوریزا شاهد و تیمارهای کودهای زیستی همزیستی میکوریزا قابل توجه بود. به طوری که تیمار کودهای زیستی میکوریزا همزیستی میکوریزا، مصرف کود کرم کود فسفات زیستی و ورمب در هکتار ورمب کمپوست (0/0/100%) همزیستی میکوریزا در حدود 100 درصد، تیمار میکوریزا (0/0/100%) داشت (جدول 8). بنابراین تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقابل میکوریزا تیمار شاهد کود شیمیایی، به مراتب شراکت میکوریزا برای بهبود فعالی میکروبی در خاک که با

جدول 8- درصد همزیستی ریشه در اثر کودهای زیستی در سال های 1385 و 1386

Table 8. Means of root colonization percent as affected by biofertilizers in 2005 and 2006 cropping seasons

تیمار Treatment	درصد همزیستی ریشه Root colonization (%)			درصد تغییر نسبت به تیمار شاهد %Change to control
	2005	2006	Mean	
M1P1V1	17.62 g	17.13 j	17.45 j	+41.5
M1P1V2	27.47 e	28.43 gh	27.95 h	+126.7
M1P1V3	27.61 e	28.87 h	27.74 h	+125.0
M1P2V1	22.16 f	22.49 i	22.32 i	+81.0
M1P2V2	28.47 e	30.80 gh	29.63 gh	+140.3
M1P2V3	30.50 e	31.93 gh	31.22 g	+153.2
M1P3V1	27.97 e	28.27 h	28.12 h	+128.0
M1P3V2	30.07 e	32.43 g	31.25 g	+153.4
M1P3V3	28.97 e	30.23 gh	29.60 h	+140.0
M2P1V1	42.57 d	45.27 f	43.92 f	+256.2
M2P1V2	53.40 b	58.90 bc	56.15 b	+355.4
M2P1V3	53.03 b	57.23 bcd	55.13 bc	+347.1
M2P2V1	46.20 cd	50.21 e	48.20 e	+290.9
M2P2V2	50.05 bc	55.67 cd	52.86 cd	+328.7
M2P2V3	49.47 bc	54.87 d	52.17 d	+323.1
M2P3V1	47.80 c	53.43 de	50.62 de	+310.5
M2P3V2	59.77 a	64.97 a	62.37 a	+405.8
M2P3V3	53.81 b	59.77 b	56.79 b	+360.6
Control (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha)	12.13 h	12.53 k	12.33 k	-

در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5% تفاوت معنی دار ندارند. Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

سیاسگزاری

نکارندگان داشتند، کمال سیاسگزاری و تشکر را دارم. از همکاری و زحمات کارکنان بخش بیولوژی و باغبانی و آب کشور نیز کمال تشکر را دارم.

بله از رئیس و کارکنان ایستگاه تحقیقات همدند دماوند وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور که همکاری بی‌مانه ای در طول اجرای

References

منابع مورد استفاده

- Acevedo, I. C. and R. Pire. 2004. Effects of vermicompost as substrate amendment on the growth of papaya (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29: 274-279.
- Akbarinia, A. 2003. Study on yield and effective substance of ajowan (*Trachyspermum ammi*) under conventional, organic and integrated systems. Ph.D. Thesis in Agronomy. Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres.
- 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. *J. Medicinal and Aromatic Plants Sci*. 26: 21-28.
- Anwar, M., D. D. Patra, S. Chand, K. Alpesh, A. A. Naqvi and S. P. S. Khanuja. 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 Sci. and Plant Analysis*. 36: 1737-1746.
- Arancon, N., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technol*. 93: 145-153.
- Arriagada, C. A., M. A. Herrera and J. A. Ocampo. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globules* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. *J. Environmental Management*. 84: 93-99.
- Bajaj, Y. P. S. 1989. Biotechnology in agriculture and forestry. Vol 7. Medicinal and Aromatic Plants 2. Springer-Verlag Press. 480 pp.
- Cabello, M., G. Irrazabal, A. M. Bucsinszky, M. Saparrat and S. Schalamuk. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*, and a rock- phosphate-solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium. *J. Basic Microbiol*. 45: 182-189.
- Cavender, N. D., R. M. Atiyeh and M. Knee. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia*. 47: 85-89.
- Darzi, M. T., M. T. Hadj Seyed Hadi and N. Yasa. 2005. Effects of sowing date and plant density on seed yield and quality of active substance in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 2: 27-36.
- Defreitas, J. R., M. R. Banerjee and J. J. Germida. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not the phosphorus uptake of canola. *Biol. Fert Soils*. 24: 358-364.

- Gholami, A. 1999.** Evaluating the effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on growth characteristics of corn. Ph.D. Thesis in Agronomy. Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980.** An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84: 489-500.
- Gupta, M. L. and K. K. Janardhanan. 1991.** Mycorrhizal association of *Glomus aggregatum* with palmarosa enhances growth and biomass. *Plant and Soil*. 131: 261-263.
- Gupta, M. L., A. Prasad, M. Ram and S. kumar. 2002.** Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* 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 Technol*. 81: 77-79.
- Gyaneshwar, P., G. Naresh Kumar, L. J. Parekh and P. S. Poole. 2002.** Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*. 245: 83-93.
- Hameeda, B., O. P. Rupela, G. Reddy and K. Satyavani. 2006.** Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Biol. Fert. Soils*. 44: 260-266.
- Hazarika, D. K., N. C. Taluk Dar A. K. Phookan, U. N. Saikia, B. C. Das and P. C. Deka. 2000.** Influence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in Assam. Symposium No. 12, Assam Agricultural University, Jorhat-Assam, India.
- Jat, R. S. and I. P. S. Ahlawat. 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 J. Agric. Sci*. 74: 359-361.
- Jat, R. S. and I. P. S. Ahlawat. 2006.** Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *J. Sustainable Agric*. 28: 41-54.
- Kale, R. D., K. Bano, M. N. Sreenivasa and D. J. Bagyaraj. 1987.** Influence of worm cast on the growth and mycorrhizal colonization of two ornamental plants. *South Indian Horticulture*. 35: 433-437.
- Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. 2002.** *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). *World J. Microbiol. Biotechnol*. 18: 459-463.
- Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. 2004.** Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technol*. 93: 307-311.
- Khan, M. M. A., S. H. A. Samiullah and M. M. R. K. Afridi. 1992.** Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. *J. Plant Nutrition*. 15: 2505-2515.
- Kumar, S., C. R. Rawat, S. Dhar and S. K. Rai. 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 J. Agric. Sci. 75: 340-342.
- Kumar, V. and K. P. Singh. 2001.** Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. Bioresource Technol. 76: 173-175.
- Kumawat, P. D., N. L. Jat and S. S. Yadavi, 2006.** Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agric. Sci. 76: 226-229.
- Marotti, M., V. Dellacecca, R. Piccaglia and E. Giovanelli. 1993.** Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. Acta Horticulture. 331: 63-69.
- 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 J. Microbiol. Biotechnol. 14: 211-218.
- Omidbaigi, R. 1997.** Approaches to production and processing of medicinal plants. Tarrahane Nashr. 424 pp.
- Pandey, R. 2005.** Mangement of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio-organics. Phytoparasitica. 33: 304-308.
- Philips, J. M. and D. S. Hayman. 1970.** Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. 55: 158-161.
- Rashed Mohassel, M. H. and A. Nezami. 1998.** Effects of sowing date and plant density on growth and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in Mashhad climatic condition. Final report of research project, The University of Ferdosi.
- Ratti, N., S. Kumar, H. N. Verma and S. P. Gautam, 2001.** Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbiol. Res. 156: 145-149.
- Roy, D. K. and B. P. Singh. 2006.** Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agron. 51: 40-42.
- Sainz, M. J., M. T. Taboada-Castro and A. Vilarino. 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.
- Saleh Rastin, N. 2001.** Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran. 1-54 pp.
- Sepidkon, F. 2001.** Study of quantitative and qualitative of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oil in different growth stages. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 7: 85-104.
- Sharifi Ashorabadi, E., G. R. Amin, M. Mirza and M. Rezvani. 2002.** Effect of plant nutrition systems (chemical, intermediate and organic systems) on quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Pajouhesh & Sazandegi. 56 and 57: 78-87.
- Sharma, A. K. 2002a.** Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407 pp.
- Sharma, A. K. 2002b.** A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.

- Shivaputra, S. S., C. P. Patil, G. S. K. Swamy and P. B. Patil. 2004.** Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi and vermicompost on drought tolerance in papaya. *Mycorrhiza News*. 16: 12-13.
- Singh, S. and K. K. Kapoor. 1998.** Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. *Mycorrhiza*. 7: 249-253.
- Singh, S. and K. K. Kapoor. 1999.** Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter, yield, nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol. Fert. Soils*. 28: 139-144.
- Subramanian, K. S., P. Santhanakrishnan and P. Balasubramanian. 2006.** Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Sci. Horticulturae*. 107: 245-253.
- Zaller, J. G. 2007.** Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Sci. Horticulturae*. 112: 191-199.

Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

Darzi, M.T.¹, A. Ghalavand² and F. Rejali³

ABSTRACT

Darzi, M.T., A. Ghalavand and F. Rejali. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Iranian Journal of Crop Sciences. 10 (1):88-109.**

In order to study the effect of biofertilizers on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), an experiment was conducted in 2005 and 2006 growing seasons. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated), phosphate biofertilizer (0, 30, 60 Kg/ha) and vermicompost (0, 5, 10 Ton/ha). The treatments were arranged as factorial in a randomized complete blocks design with eighteen treatments and three replications. These treatments together with a chemical fertilizer control treatment (NPK: 90, 60 and 90 Kg/ha) were also evaluated using a randomized complete blocks design with nineteen treatments and three replications. Results showed that the highest umbrella no./plant, biological yield and root colonization percent were obtained with mycorrhiza treatment. Phosphate biofertilizer also showed significant effect on these traits. The maximum umbrella no./plant and root colonization percent were related to the plots with application of 60 Kg/ha of phosphate biofertilizer. The highest biological yield were obtained with application of 30 Kg/ha phosphate biofertilizer. The maximum umbrella no./plant and biological yield were obtained from vermicompost (10 ton/ha). The highest root colonization percent were also obtained with application of five ton/ha vermicompost. There were positive and synergistic interactions between factors. For example, interactions between mycorrhizal inoculation × vermicompost on biological yield. Differences between control and biofertilizer treatments were significant, as umbrella no./plant and biological yield in treatment of inoculation with mycorrhiza, application of 60 kg/ha phosphate biofertilizer and 10 ton/ha vermicompost were higher than control. Root colonization percent in treatment of inoculation with mycorrhiza, application of 60 Kg/ha phosphate biofertilizer and five ton/ha vermicompost was also greater than control.

Key words: Fennel, Mycorrhiza, Phosphate biofertilizer, Vermicompost, Flowering, Biological yield, Root colonization.

Received: December 2007

1- Assistant professor, Islamic Azad University, Roodhen Unit, Roodhen, Iran (Corresponding author)

2- Associate professor, Faculty of Agriculture, The University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran

3- Assistant professor, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran