بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه *(Foeniculum vulgare)*

روح ا.. مرادی، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی، امیر لکزیان[1]

چکیده

به منظور بررسی واکنش عملکرد، اجزای عملکرد، درصد و مقدار اسانس گیاه رازیانه به استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک، آزمایشی بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ کود بیولوژیک و تلفیق های دوگانه آنها به شرح زیر بود : ۱- تیمار شاهد (بدون هیچ تیمار کودی)، ۲- باکتری سودوموناس (گونه *Pseudomonas putida*)، ۳- باکتری ازتوباکتر (گونه *Azotobacter chroococcum*)، ۴- کمپوست، ۵- ورمی کمپوست، ۶- ترکیب سودوموناس و ازتوباکتر، ۷- ترکیب سودوموناس وکمپوست، ۸- ترکیب سودوموناس و ورمی کمپوست، ۹- ترکیب ازتوباکتر و کمپوست، ۱۰- ترکیب ازتوباکتر و ورمی کمپوست، ۱۱- ترکیب کمپوست و ورمی کمپوست. تأثیر این تیمارها بر صفات و ویژگی های ارتفاع، تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چتر، شاخص برداشت، عملکرد دانه در هکتار، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در چترک معنی دار بود و تیمارها از نظر وزن هزار دانه و وزن دانه در چتر اختلاف معنی داری نداشتند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۸۷ سانتیمتر) در تیمار مخلوط ازتوباکتر و کمپوست و تعداد چتر در بوته (۳۰ چتر)، وزن هزار دانه (۴,۳ گرم)، عملکرد بیولوژیکی (۵۴۴۴ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد اسانس (۲۹,۹۸ لیتر در هکتار) و عملکرد دانه (۱۰۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار استفاده توأم از کمپوست و ورمی کمپوست حاصل شد، اما شاخص برداشت و درصد اسانس در مقایسه با شاهد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، سودوموناس، ازتوباکتر، کمپوست، ورمی کمپوست، اسانس.

مقدمه

برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده هایی که جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات محیطی را کاهش دهند ضروری است (۲۵). در ترمیم سیستم‌های کشاورزی باید از هدر رفت نیتروژن را از طریق فرسایش، آبشویی و خروج بقایای گیاهی کاهش داد (۸). تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که از طریق کاهش فرسایش و بهبود خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک می‌توان از کمبود نیتروژن خاک جلوگیری کرد (۲۳). برای بهبود خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک می‌توان از مواد آلی مثل کمپوست و ورمی کمپوست و میکروارگانیسم‌های بهبود دهنده رشد گیاه استفاده نمود (۲۰). در بسیاری موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد(۲۰). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه باعث پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود (۳۷). بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیشترین سازگاری را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود.

باکتری‌های محرک رشد گیاه[1] یا (PGPB) اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (۳). این باکتری‌ها از طرق مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون‌های گیاهی، تولید آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، و اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ‌کش، رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند(۴۰). کودهای بیولوژیک تولیدی شامل انواع گوناگون از باکتری‌ها یا قارچ‌های زنده ای هستند که توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یا حل‌کردن و افزایش جذب فسفات موجود در خاک را دارند (۴۴،۳۸و۴۹). گونه‌های باکتریایی زیادی شناسایی شده اند که عمل تثبیت‌بیولوژیکی نیتروژن را انجام می‌دهند که شامل *Azotobacter* sp.، *Azosprillium* sp، *Beijerinckia* sp و غیره می‌باشد (۱۴و۱۱).

ازتوباکتر یک باکتری آزادزی هوازی است که در خاک یافت می‌شود. آزمایشات زیادی در بررسی اثرات تلقیح ازتوباکتر بر روی گیاهان زراعی انجام شده است (۲۹). نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که در بیشتر موارد زیست توده گیاهی، عملکرد و مقدار نیتروژن موجود در اندام گیاه در شرایط تلقیح با ازتوباکتر بیشتر از شرایط عدم تلقیح بوده است (۲۶و۱۸). *A. chroococcum* متداولترین گونه ازتوباکتر می‌باشد که در اکثر خاک‌های جهان یافت می‌شود (۲۶). مطالعات نشان داد که گونه ی *A. chroococcum* علاوه بر تثبیت ازت چندین نقش دیگر هم از قبیل تولید هورمون‌های گیاهی (۴۲)، تولید موادی که به عنوان قارچ کش بسیاری از بیماری‌ها را بهبود می‌بخشند (۲۹)، تولید دیگر عناصر و شاید افزایش حلالیت فسفات غیر محلول خاک را بر عهده دارد (۲۷).

در بسیاری از مناطق ایران به رغم فراوانی فسفر، مقدار فسفر محلول و قابل جذب کمتر از مقدار لازم برای رشد بهینه است (۲). باکتری‌های حل کننده فسفات[1] (PSB) باعث افزایش حلالیت فسفر غیر محلول خاک و افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک می‌شوند (۴۶) و همچنین نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی فسفره را کاهش می‌دهند (۴۹). بسیاری از مطالعات نشان داد که فسفر جذبی بوسیله گیاهان در هنگام تلقیح با میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط عدم تلقیح داشت (۴۹). میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات همچنین افزایش رشد گیاه را از طریق تولید هورمون‌های گیاهی همانند ایندول استیک اسید (IAA) باعث می‌شوند به این ترتیب که مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب افزایش می‌یابد (۳۹ و ۳۴). باکتری‌های حل کننده فسفات گونه‌های زیادی را شامل می‌شوند که مهمترین آنها عبارتند از *Aeromonas hydrophila*، *Pseudomonas putida*، *Pseudomonas fluorescens*، *Pseudomonas striata*، *Aspergillus awamori*، *Penicillium citrinum* و غیره . توانایی حل کردن فسفات همچنین در باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هم دیده شده است (۳۶). دلیپ و همکاران (۱۳) نشان دادند که تلقیح بذرهای نخود با *Pseudomonas fluorescens* منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهای شاهد شد. همچنین صالح و همکاران (۴۵) نشان دادند که قارچ‌های حل کننده فسفات، فسفات قابل دسترس را به طور معنی‌داری در خاک هایی که با سوپر فسفات تریپل کوددهی شده بودند افزایش دادند.

ورمی کمپوست حاصل یک فرایند نیمه هوازی است که طی تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکزی تولید می‌شود (۷و۱). کرم‌های خاکی با تکه تکه کردن مواد زاید، فعالیت میکروبی و تجزیه مواد آلی را افزایش می‌دهند. بنابراین روی آن قسمت از مواد آلی که اکسایش یافته و تثبیت شده، سبب پدیده هوموسی شدن می‌شوند. در نتیجه این عمل مواد آلی دفعی از روده کرم، با مواد اولیه خود بسیار متفاوت است (۳۳). گلن و همکاران (۲۱) بیان داشتند که استفاده از ورمی کمپوست یک راه جدید و مناسب برای تامین نیاز غذایی گیاه می‌باشد که علاوه بر آن کیفیت خاک را هم بهبود می‌بخشد. در هنگام استفاده از کرم خاکی حتی زه آب خروجی از بستر کرم دارای عناصر غذایی و فاکتورهای رشد بوده و می‌تواند ارزش تغذیه ای برای گیاه داشته باشد (۴). خاک‌های دارای ورمی کمپوست معمولاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری نسبت به خاک‌های اطراف خود دارند (۴). ورمی کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده و به عنوان یک آفت کش قوی زیستی مطرح است (۳۳). ورمی کمپوست از طرفی ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک را نیز افزایش می‌دهد و از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند (۱۹). از طرفی ورمی کمپوست باعث بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود(۱۲).

استفاده ازکمپوست یکی دیگر از راه‌های تأمین

Archive of SID

www.SID.ir

حاصلخیزی خاک می‌باشد. کمپوست‌ها موادی هستند که طی فرایند تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن ساخته می‌شوند (۴۱). استفاده از کمپوست دارای مزایایی چون بهبود ساختمان فیزیکی خاک، کاهش آبشویی و تلفات عناصر غذایی از خاک، آزاد سازی تدریجی و پیوسته عناصر غذایی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و غیره می‌باشد. کمپوست عاری از بذر علف‌های هرز و پاتوژن‌های گیاهی می‌باشد زیرا پروسه کمپوست سازی گرمایی را تولید می کند که پاتوژن‌ها و بذر علف‌های هرز رااز بین می‌برد (۱۶). استفاده از کمپوست یکی از راه‌های کنترل فرسایش خاک و جلوگیری از آلودگی منابع آبی می‌باشد. کمپوست‌ها نسبت به خاک دارای بافت درشت تری هستند و رواناب کمتری تولید می کنند و به فرسایش مقاوم تر می‌باشند. کمپوست‌ها منبع غنی از مواد آلی ترکیب شده با خاک هستند که به جذب و ذخیره رطوبت کمک می کنند و محیطی مطلوب برای رشد ریشه فراهم می‌نمایند (۴۲).

گیاه چند ساله رازیانه یا *Foeniculum vulgare* از مهمترین و پر مصرف ترین گیاهان دارویی خانواده چتریان می‌باشد، که عمدتا به منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می گیرد (۲). سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال ۱۳۷۸، ۱۰۶۶ هکتار بوده است. در حال حاضر در اکثر نقاط جهان، مثلا در جنوب و مرکز اروپا، کشورهای آسیایی (هند، ژاپن و چین) و بسیاری از کشورهای افریقایی همچنین در برزیل و آرژانتین، زمین‌های زراعی وسیعی زیر کشت رازیانه قرار می گیرند (۲). رویکرد روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی و فراورده‌های حاصله از آن نقش این گیاهان را در چرخه اقتصادی جهانی پررنگ تر کرده، بطوریکه مصرف رو به تزاید آنها تنها به کشورهای در حال توسعه محدود نبوده بلکه در کشورهای پیشرفته نیز توسعه فراوانی یافته اند. صرفنظر از ارزش اقتصادی گیاهان دارویی، این گیاهان قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند که تمایل تولید کننده‌ها و مصرف کننده‌ها را به همراه دارد.

با توجه به اهمیت و جایگاه رازیانه به عنوان یک گیاه دارویی، جهت بررسی واکنش‌های رشدی و عملکرد این گیاه به کودهای بیولوژیک و آلی این آزمایش طراحی شد. بنابر این هدف از انجام این آزمایش ارایه روشی جایگزین برای مصرف کودهای شیمیایی در تولید رازیانه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۸۶ در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. آزمایش بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۱ تیمار اجرا شد. تیمارها شامل ۱- تیمار شاهد (بدون هیچگونه تیمار کودی)، ۲- باکتری سودوموناس (گونه *Pseudomonas putida*)، ۳- باکتری ازتوباکتر(گونه *Azotobacter chroococcum*)، ۴- کمپوست، ۵- ورمی کمپوست، ۶- ترکیب سودوموناس و ازتوباکتر، ۷- ترکیب سودوموناس وکمپوست، ۸- ترکیب سودوموناس و ورمی کمپوست، ۹- ترکیب ازتوباکتر و کمپوست، ۱۰- ترکیب ازتوباکتر و ورمی کمپوست،۱۱- ترکیب کمپوست و ورمی کمپوست بود.

زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل آیش بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک به صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش برداشت و جهت تعیین عناصر غذایی پر مصرف و pH به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. همچنین میزان عناصر غذایی کمپوست و ورمی کمپوست مورد استفاده نیز تعیین شد (جدول۱) و بر اساس اطلاعات خاک، کمپوست و ورمی کمپوست به ترتیب با مقادیر ۱۰ و ۷,۵ تن در هکتار و مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست (به میزان نیمی از مقادیر ذکر شده) قبل از کاشت به زمین اضافه و با خاک تا عمق ۱۵سانتیمتر مخلوط شد.

کرت هایی به ابعاد ۳×۴ متر مربع ایجاد شد. در هر کرت ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ cm از یکدیگر ایجاد شده و بذور رازیانه که از توده بومی مشهد انتخاب شده بود به فاصله ۱۵ cm روی ردیف‌ها و عمق ۲-۳ سانتی متر، در اواخر اسفند ماه ۱۳۸۶ کاشته شد. فاصله بین کرت‌ها نیز در هر بلوک ۰,۵ متر در نظر گرفته شد. تلقیح باکتری ازتوباکتر و سودوموناس با بذر رازیانه بصورت استاندارد و به مقدار یک کیلوگرم ماده تلقیحی در هکتار با رعایت شرایط لازم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه و کودهای کمپوست و ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

	بافت	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	EC (دسی زیمنس بر متر مربع)	pH
کمپوست	-	۱/۵درصد	۱/۲درصد	۱/۱درصد	۷/۲	۷/۴
ورمی کمپوست	-	۱/۴درصد	۱/۷درصد	۱/۲درصد	۸/۹	۸/۱
خاک مزرعه	لومی-سیلتی	۱۵.۴ ppm	۱۳.۷ ppm	۱۱۹ppm	۱/۲	۷/۴۷

و قبل از کاشت صورت گرفت. آبیاری بلا فاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یکبار بصورت نشتی صورت گرفت. سبز شدن اولیه گیاه ۲۰-۱۵ روز پس از کاشت صورت گرفت. با رسیدن گیاه به ارتفاع cm ۵ برای حصول تراکم مناسب مزرعه تنک شد. مبارزه با علف هرز توسط وجین دستی در ۳ نوبت انجام گرفت. حدود ۵،۵ ماه پس از کاشت آماده برداشت و نمونه برداری شد. قبل از برداشت تعداد ۵ بوته بطور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی هایی از جمله: وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع ، عملکرد و اجزای عملکرد دانه از قبیل تعداد شاخه‌های اصلی در هر بوته، تعداد شاخه فرعی در هر شاخه اصلی، تعداد چتر در هر بوته، تعداد چترک در هر چتر، تعداد دانه در هر چترک، تعداد دانه در هر چتر، وزن دانه در چتر، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بررسی گردید. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متراز ابتدا ونیم متر از انتهای کرت بعنوان اثر حاشیه ای حذف شد و در سطح ۶ متر مربع باقیمانده عملکرد بیولوژیک (تر و خشک) و عملکرد دانه (اقتصادی) تعیین شد. مقدار ۵۰ گرم از دانه تولید شده در هر کرت بصورت تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر اسانس آن اندازه گیری شد (هر نمونه ابتدا کاملا آسیاب شد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۷۵ میلی لیتر آب به آن اضافه گردید، سپس به مدت ۴ ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد) و درصد، مقدار و عملکرد اسانس تعیین شد. برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش از نرم افزار SAS و رسم نمودار از Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جداول ۲و ۳) بین تیمارها از نظر ارتفاع، تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چتر، شاخص برداشت، عملکرد دانه در هکتار، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس در سطح ۱٪ و وزن دانه در بوته و تعداد دانه در

جدول۲: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مورد بررسی در گیاه رازیانه

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد شاخه اصلی	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد شاخه فرعی	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۴۵/۲۲^{ns}	۰/۳۶۴^{ns}	۲۴/۰۳**	۸/۸۵**	۱۵۹۲/۸**	۶/۳*	۱/۱۹^{ns}	۰/۵۰۸*
تیمار	۱۰	۷۲/۰۱**	۲/۳۶۴**	۷۱/۰۱**	۱۲/۸۹**	۱۲۰۲/۸**	۳/۲*	۸/۸**	۰/۰۷۱^{ns}
خطا	۲۰	۴/۳۱	۰/۳۶۴	۱/۶۹	۰/۹۴۸	۱۹۴/۹	۱/۲	۰/۳۸۲	۰/۰۴۱

** و * به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

جدول۳: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مورد بررسی در گیاه رازیانه

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن دانه در بوته	درصد اسانس	عملکرد اسانس	عملکرد بیولوژیک	وزن دانه در چتر
بلوک	۲	۴۴/۲۵**	۲۹۲۰/۰^{ns}	۳۲/۲۹**	۰/۰۳۳^{ns}	۹/۳^{ns}	۱۱۱۹۹۰۷۰/۸**	۰/۰۰۰۱۹**
تیمار	۱۰	۸/۴۳**	۳۵۲۲۰/۸**	۸۵/۴۳**	۰/۱۳۳^{ns}	۲۲/۶*	۱۷۳۸۷۱۵/۸**	۰/۰۰۰۰۲۶^{ns}
خطا	۲۰	۱/۳۲	۱۷۹۵/۴	۰/۲۰	۰/۰۶۶	۹/۴	۶۳۰۱۲/۳	۰/۰۲۵۳۰۰

** و * به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

چترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت و تیمارها از نظر وزن هزار دانه و وزن دانه در چتر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بدران و سافوات (۹) نیز گزارش کردند تأثیر باکتری‌های بهبود دهنده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه مثبت بود.

ارتفاع

تیمارهای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند بطوریکه تمامی تیمارهای مورد آزمایش باعث افزایش ارتفاع رازیانه نسبت به تیمار شاهد شدند (جداول ۲و۳). با این حال بین کودهای اعمال شده از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴). استفاده از مخلوط کمپوست و ازتوباکتر بیشترین و مخلوط ورمی کمپوست و سودوموناس کمترین تأثیر را بر ارتفاع داشتند. از آنجایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین میزان ارتفاع گیاه است به نظر می‌رسد که تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود در حالیکه میزان مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود. محفوظ و شرف الدین (۳۲) نیز گزارش کردند کودهای آلی باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع گیاه رازیانه شد. برون و بولینگ هام (۱۰) نیز گزارش کردند استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش ارتفاع در گندم و جو می‌شود.

تعداد شاخه اصلی و فرعی

بجز تیمار مخلوط سودوموناس و ازتوباکتر بقیه تیمارها افزایش معنی‌داری را در تعداد شاخه اصلی نسبت به شاهد نشان دادند ، با این حال تعداد شاخه اصلی در تیمار مذکور نیز بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول۴). با توجه به ثابت بودن دیگر شرایط محیطی، احتمالا بدلیل کمبود مواد غذایی تعداد شاخه اصلی در تیمار شاهد کاهش یافته بود، که خود نشان دهنده این حقیقت است که استفاده از کودهای بیولوژیک با تأمین عناصر غذایی باعث افزایش تعداد شاخه جانبی در گیاه رازیانه شد. تیمار استفاده توأم از کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد شاخه اصلی داشت (جدول۴). سینگ و همکاران (۴۷) با بررسی تاثیر ازتوباکتر و کمپوست در نخود، گزارش کردند که استفاده از کودهای بیولوژیک باعث افزایش تعداد شاخه جانبی ماش (*Vigna radiata*) می‌شود. در مورد تعداد شاخه فرعی نتایج مشابه با نتایج مربوط به تعداد شاخه اصلی بود(جدول۴). آتیه و همکاران (۷) گزارش کردند که استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست علاوه بر افزایش غده، تعداد شاخه اصلی و فرعی را در سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) افزایش معنی‌داری داد.

تعداد چتر در بوته

کلیه تیمارها نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌داری در تعداد چتر در بوته شد. تیمار مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین تعداد چتر در بوته را دارا بود (جدول۴). تیمار سودوموناس+ ازتوباکتر کمترین اختلاف را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد (جدول۴)، از آنجایی که بیشترین نقش سودوموناس حل کردن فسفر نامحلول خاک است شاید این بدلیل نیاز کمتر گیاه رازیانه به عنصر فسفر نسبت به نیتروژن برای تولید چتر باشد. محفوظ و شرف الدین (۳۲) گزارش کردند که تعداد چتر در بوته در گیاه رازیانه تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک نسبت به عدم استفاده از این کودها افزایش معنی‌داری یافت. بدران و سفوات (۹) و ال قدبان و همکاران (۱۷) نیز به نتیجه مشابه رسیدند.

تعداد چترک در چتر

تعداد چترک در چتر نیز تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت و کلیه تیمارهای اعمال شده ازنظر این صفت اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دادند (جدول۲). تیمارهای مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست و مخلوط سودوموناس و ازتوباکتر بیشترین تعداد چترک در چتر را به خود اختصاص دادند (جدول۴). در استفاده توأم از سودوموناس و ازتوباکتر دلیل زیاد بودن تعداد چترک‌ها می‌تواند به دلیل کمتر بودن تعداد چتر در بوته باشد که بالطبع چترهای بزرگتری تشکیل شده و تعداد چترک در چترها افزایش یافته بود. حال آنکه تیمار شاهد علی رغم کم بودن تعداد چتر در بوته، بدلیل عدم پتانسیل کودی کافی برای تولید چترهای بزرگ، تعداد چترک در چتر آن باز هم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴: اثر تیمارهای مختلف کودهای بیولوژیک بر صفات مورد مطالعه در گیاه رازیانه

تیمار	ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد شاخه اصلی	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چتر	تعداد دانه در چترک	تعداد شاخه فرعی	وزن هزار دانه(گرم)	شاخص برداشت	وزن دانه در بوته (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	وزن دانه در چترک(گرم)
کمپوست	۸۲/۹۳^{a}	۶/۳۳^{abc}	۱۹/۰۰^{a}	۱۷/۰۰^{abc}	۲۵۳/۳۳^{ab}	۱۵/۰۰^{ab}	۹/۶۷^{ab}	۶/۰۴	۲۲/۸۳^{ab}	۱۹/۱۸^{a}	۳۸۱۸/۹^{a}	۰/۰۶۰
ورمی کمپوست	۸۱/۵۸^{a}	۶/۳۳^{abc}	۲۱/۰۰^{a}	۱۸/۶۳^{a}	۲۴۶/۳۳^{ab}	۱۵/۰۰^{ab}	۱۰/۶۷^{ab}	۳/۹۱	۲۲/۹۸^{ab}	۲۰/۱۲^{a}	۳۸۵۳/۰^{a}	۰/۰۵۸
ازتوباکتر	۸۵/۲۵^{a}	۷/۰۰^{abcd}	۲۳/۶۷^{ab}	۱۸/۳۳^{ab}	۲۵۵/۳۳^{ab}	۱۴/۰۰^{ab}	۱۱/۶۷^{ab}	۳/۸۲	۲۱/۰۸^{ab}	۲۴/۸۶^{a}	۴۵۹۸/۷^{ab}	۰/۰۵۴
سودوموناس	۸۳/۶۷^{a}	۶/۰۰^{bc}	۱۹/۰۰^{a}	۱۷/۳۳^{abc}	۲۴۶/۶۷^{ab}	۱۴/۳۳^{ab}	۹/۳۳^{ab}	۳/۹۱	۲۳/۱۷^{ab}	۱۸/۰۸^{a}	۳۶۹۶/۸^{a}	۰/۰۵۶
کمپوست + ورمی کمپوست	۸۶/۲۵^{a}	۸/۰۰^{a}	۳۰/۰۰^{a}	۱۸/۶۷^{a}	۲۴۶/۳۳^{ab}	۱۲/۳۳^{ab}	۱۴/۰۰^{ab}	۴/۱۱	۲۰/۱۴^{b}	۲۷/۸۱^{a}	۵۴۴۴/۰^{a}	۰/۰۵۲
کمپوست + ازتوباکتر	۸۶/۸۳^{a}	۷/۳۳^{abc}	۲۵/۶۷^{a}	۱۷/۳۳^{abc}	۲۵۱/۳۳^{ab}	۱۴/۳۳^{ab}	۱۱/۶۷^{ab}	۳/۹۷	۲۱/۴۸^{ab}	۲۴/۸۰^{a}	۴۶۷۸/۶^{ab}	۰/۰۵۷
کمپوست + سودوموناس	۸۱/۷۵^{a}	۶/۶۷^{bcde}	۲۱/۶۶^{ab}	۱۷/۳۳^{abc}	۲۴۸/۳۳^{ab}	۱۴/۳۳^{ab}	۱۰/۶۷^{ab}	۳/۸۹	۲۲/۲۳^{ab}	۲۰/۵۰^{a}	۴۱۰۶/۹^{ab}	۰/۰۵۶
ورمی کمپوست + ازتوباکتر	۸۵/۳۳^{a}	۷/۶۷^{ab}	۲۶/۶۶^{a}	۱۸/۳۳^{a}	۲۵۲/۶۷^{ab}	۱۳/۶۷^{ab}	۱۲/۳۳^{ab}	۳/۹۸	۲۱/۲۹^{ab}	۲۶/۰۵^{a}	۴۸۵۵/۷^{a}	۰/۰۵۵
ورمی کمپوست + سودوموناس	۷۹/۵۸^{a}	۷/۰۰^{abcd}	۲۲^{ab}	۱۸/۳۳^{abc}	۲۵۴/۶۷^{ab}	۱۳/۳۳^{ab}	۱۱/۰۰^{ab}	۳/۸۴	۲۱/۸۴^{ab}	۲۱/۱۴^{a}	۴۳۴۸/۷^{ab}	۰/۰۵۱
سودوموناس + ازتوباکتر	۸۲/۵۰^{a}	۵/۶۷^{c}	۱۷/۳۳^{a}	۱۸/۶۷^{a}	۲۶۶/۳۳^{a}	۱۴/۶۷^{ab}	۹/۳۳^{ab}	۳/۶۸	۲۱/۹۸^{ab}	۱۷/۱۱^{a}	۳۲۸۹/۹^{b}	۰/۰۵۳
شاهد	۶۸/۵۸^{b}	۵/۰۰^{c}	۱۲/۳۳^{b}	۱۱/۳۳^{d}	۱۸۷/۶۷^{b}	۱۶/۳۳^{a}	۷/۶۷^{b}	۳/۵۷	۲۵/۷۷^{a}	۷/۹۸^{b}	۲۷۲۹/۷^{b}	۰/۰۵۹

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی داری نمی باشند.
ستون هایی که اعداد آنها فاقد حرف می‌باشد، بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود ندارد.

کمتر از دیگر تیمارهای مورد مطالعه بود (جدول۴). سفوات و بردان (۹) نیز تأثیر مثبت کودهای بیولوژیک را بر روی تعداد چترک در چتر رازیانه تأیید کردند و گزارش کردند با افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر در رازیانه کاهش می‌یابد. گما و ابوعلی (۲۲) گزارش کردند تعداد چترک در چتر در رازیانه تحت تأثیر کمپوست و باکتری حل کننده فسفات افزایش یافت.

تعداد دانه در چتر و چترک

از نظر تعداد دانه در چتر تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ولی بین تیمارهای کودی اعمال شده بجز تیمار استفاده از مخلوط سودوموناس و ازتوباکتر اختلاف بقیه تیمارهای کودی معنی دار نبود و تقریباً تمامی آنها اثر یکسانی بر تعداد دانه در چتر داشتند (جدول۴). همچنین تیمارهای مورد آزمایش از نظر تعداد دانه در چترک نیز در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. جالب آن بود که تیمار شاهد دارای بیشترین تعداد دانه در چترک بود و دلیل آن تعداد چترک کمتر تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارها بود که باعث تشکیل چترک‌های بزرگتر و تعداد دانه بیشتر در آنها شده بود. تیمار استفاده توأم از کمپوست و ورمی کمپوست دارای کمترین تعداد دانه در چترک بود و دلیل آن تعداد زیاد چترک و بالطبع آن کوچکتر بودن چترک‌ها بود (جدول۴).

وزن دانه در چترک و وزن هزار دانه

از نظر وزن دانه در چتر بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴). این نتیجه عکس نتایج گما و ابوعلی (۲۲) بود، آنها گزارش کردند که کمپوست و سودوموناس باعث افزایش وزن دانه در چتر رازیانه شد. وزن هزار دانه نیز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول۴). جیبال و کوپوسوامی (۲۴) به نقل از شرما و همکاران (سال ۱۹۷۱) که اثر ازتوباکتر و باکتری‌های حل کننده فسفات روی برنج را بررسی کردند، گزارش کردند که استفاده از این تیمارهای کودی باعث افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه برنج نسبت به تیمار نبود کود شد. کوندا و گور (۲۸) نیز بیان کردند استفاده از کودهای بیولوژیک وزن هزار دانه را در گندم افزایش معنی‌داری دادند. شاید به دلیل کوچک بودن بذر رازیانه نسبت به گندم و برنج اثرات افزایش وزن هزار دانه چندان محسوس نبود.

شاخص برداشت

از نظر شاخص برداشت نیز بین تیمارهای کودی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. شاخص برداشت در تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارها درست عکس عملکرد بیولوژیک و اقتصادی بود (جدول۴). به دلیل کم بودن عملکرد بیولوژیک تیمار شاهد در مقایسه با دیگر تیمارها، شاخص برداشت در این تیمار بیشتر از دیگر تیمارها بود. در استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست به علت

Archive of SID

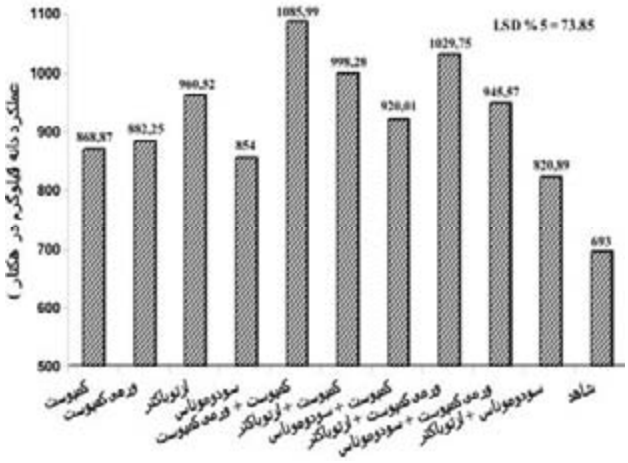
www.SID.ir

افزایش مقدار کاه و کلش گیاه و اندازه بزرگتر بوته‌ها شاخص برداشت کاهش یافت (جدول۴).

وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک و اقتصادی

تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری را از نظر وزن دانه در بوته با تیمار شاهد نشان دادند بطوریکه وزن دانه در بوته در تیمار مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست ۷۱,۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. بقیه تیمارها هم افزایش چشم گیری در وزن دانه در بوته نسبت به شاهد نشان دادند (جدول۴). عملکرد بیولوژیک نیز تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول۳) و استفاده از کودهای اعمال شده باعث افزایش چشم گیری درعملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (جدول۴).

عملکرد اقتصادی نیز به شدت از تیمارهای اعمال شده تأثیر پذیرفت و تمامی تیمارهای استفاده شده نسبت به تیمار عدم استفاده از هیچ نوع کود آلی و بیولوژیکی افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل۱). در بین تیمارها، استفاده توأم از کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین تأثیر را بر عملکرد رازیانه گذاشت و نسبت به شاهد ۵۳ درصد افزایش عملکرد را موجب شد (شکل۱). تحقیقات زیادی نشان دهنده تاثیر مثبت استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک بر افزایش عملکرد گیاه می‌باشند (۱۶، ۳۰، ۴۳، ۴۴ و ۴۸). نکته جالب توجه این است که استفاده از ازتوباکتر و سودوموناس به تنهایی به ترتیب افزایشی معادل ۳۸ و ۲۳ درصد در عملکرد رازیانه نسبت به تیمار شاهد داشته و حال آنکه استفاده از مخلوط سودوموناس و ازتوباکتر تنها ۱۹ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد را نشان می‌دهد (شکل۱). استفاده از مخلوط ازتوباکتر و سودوموناس به ترتیب ۱۷ و ۴ درصد کاهش عملکرد نسبت به استفاده ی جداگانه از ازتوباکتر و سودوموناس را باعث شد. این امر می‌تواند به دلیل رقابت سودوموناس و ازتوباکتر بر سر استقرار و مواد غذایی و یا تأثیر منفی (اثر آنتاگونیستی) آنها بر همدیگر به دلیل ترشح مواد بازدارنده خاص باشد که البته نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. این در حالی است که در بسیاری از تحقیقات انجام گرفته نشان داده شد که استفاده همزمان از باکتری‌های حل کننده فسفات و ازتوباکتر باعث افزایش



شکل۱: عملکرد دانه رازیانه (کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده

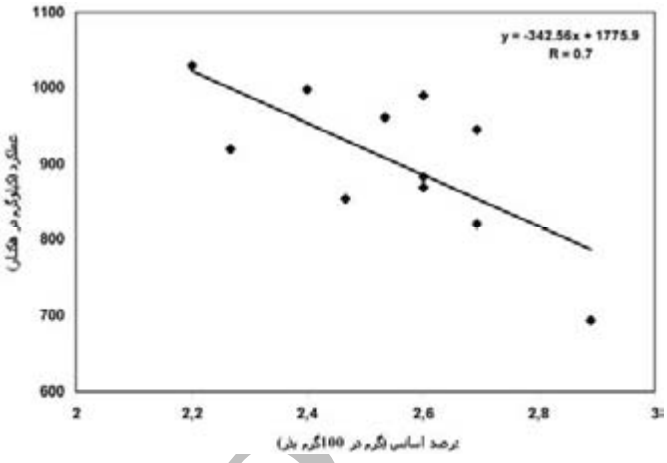
بیشتر عملکرد نسبت به حالت کاربرد جداگانه آنها شد (۱۳، ۲۶، ۲۷، ۳۴ و ۳۸) . بنظر می‌رسد شرایط اکولوژیکی زمین مورد استفاده، دور آبیاری، نوع واریته گیاه و ترشحات ریشه آن، شرایط تلقیح و خصوصیات خاک بر روی اثرات ترکیبی این دوباکتری تأثیر متفاوتی داشته است.

درصد و عملکرد اسانس

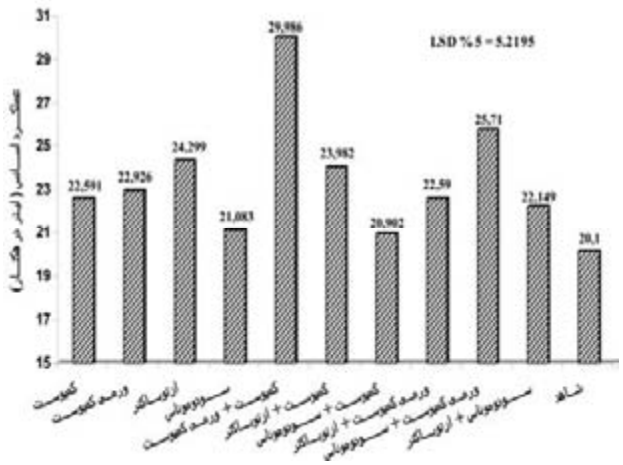
درصد اسانس بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳ و شکل ۳). با این حال تیمار شاهد دارای بیشترین درصد اسانس بود و تیمار مخلوط ورمی کمپوست و ازتوباکتر از کمترین درصد اسانس برخوردار بود (شکل۳). با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که بین عملکرد و درصد اسانس دانه در گیاه رازیانه یک رابطه عکس وجود دارد. یعنی هرچه عملکرد دانه در هکتار افزایش می‌یابد از درصد اسانس دانه کاسته می‌شود. تیمار شاهد با داشتن کمترین عملکرد دانه در هکتار دارای بیشترین درصد اسانس دانه بود (شکل۲). البته نکته قابل توجه اینجاست که تیمار استفاده توأم کمپوست و ورمی کمپوست با وجود بیشترین عملکرد دانه، دارای درصد اسانس بالایی بود (شکل ۳) و نشانه تاثیر مثبت کمپوست و ورمی کمپوست بر تجمع اسانس دانه رازیانه بود که نتایج محفوظ و شرف الدین (۳۲) نیز این نکته را تأیید کرده اند. دیگر تحقیقات (۶، ۹ و ۷) نیز گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش درصد اسانس در گیاهان

Archive of SID

www.SID.ir



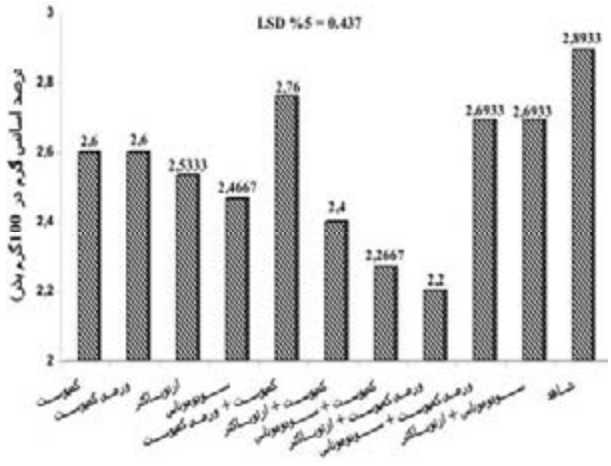
شکل۲: رابطه‌ی بین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و درصد اسانس دانه گیاه رازیانه



شکل۴: عملکرد اسانس رازیانه (لیتر در هکتار) تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده

دارویی می‌شوند. منا و همکاران (۳۶) گزارش کردند که استفاده از کمپوست بر روی افزایش میزان اسانس گیاه رازیانه موثرتر از کود شیمیای بوده است و با افزایش مقدار کمپوست اعمالی درصد اسانس بهبود می‌یابد.

عملکرد اسانس نیز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت و استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس نسبت به شاهد نشان داد (شکل۴). به عنوان مثال تیمار استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست عملکرد اسانس را معادل ۴۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. دلیل این افزایش، عملکرد دانه و



شکل۳: درصد اسانس دانه رازیانه (میلی لیتر در ۱۰۰ گرم بذر) تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده

درصد اسانس بالاتر این تیمار نسبت به دیگر تیمارها بود. منا و همکاران (۳۶) نیز گزارش کردند که کودهای آلی سبب افزایش عملکرد اسانس رازیانه می‌شود. آزمایشات دیگر نیز اثر کودهای بیولوژیک را بر اسانس گیاهان دارویی و رازیانه گزارش کرده اند (۹،۶، ۲۲، ۳۲ و ۳۴).

نتیجه گیری

این تحقیق به خوبی تاثیر مثبت استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست و میکروارگانیسم‌های بهبود دهنده رشد گیاه را روی عملکرد، اجزای عملکرد، درصد ومقدار اسانس رازیانه نشان داد و در این بین استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین تاثیر را در افزایش ویژگی‌های فوق داشت. این تیمارها بدون کوچکترین صدمات و مخاطرات محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی می‌تواند نیازهای غذایی گیاه را تا حدود زیادی برطرف کند و باعث استقرار بهتر میکروارگانیسم‌های خاکزی برای تناوب‌های بعدی می‌شود. حال می‌توان با بکارگیری گونه‌های دیگر از میکروارگانیسم‌ها و مقادیر دیگری از کمپوست و ورمی کمپوست نتایج امیدوارکننده تری بدست آورد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- حق پرست تنها، م. ۱۳۷۲. خاکزیان و خاک های زراعی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ص ۹۸-۸۳.

۲- درزی، م. ت. ، و م. ر. حاج سید هادی. ۱۳۸۱. بررسی مسایل زراعی و اکولوژیکی دو گیاه بابونه و رازیانه. مجله زیتون. ۱۵۲: ۴۹-۴۳.

۳- صالح راستین، ن .۱۳۸۰ . کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار .مجله علوم خاک وآ ب، ویژه نامه کودهای بیولوژیک.۲۳: ۲۳-۱۹.

۴- محبوب خمامی، ع. ۱۳۸۳. اثر کود بیولوژیکی مایع به صورت اسپری برگی بر تغذیه و شاخص های رشد دیفن باخیا و آگلونما. پژوهشنامه علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ۱: ۱۸۸- ۱۸۴.

۵- میر سهیل، م.، م. ر. غلامی. ۱۳۸۷. ورمی کمپوست و طریقه تولید آن.مجله زیتون. ۱۸۶: ۴۴-۴۳.

6-Amin, I.S. 1997. Effect of bio-and chemical fertilization on growth and production of *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Carum carvi* plants. Annals Agric. Sci. Moshtohor. 35: 2327-2334.

7-Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 579–590.

8-Badejo, M.A. 1998. Agroecological restoration of savanna ecosystems. Ecol. Eng. 10: 209–219.

9-Badran, F.S. and M.S. Safwat. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian J. Agric. Res., 82: 247-256.

10-Brown, M.E. and S.K. Burlingham. 1968. Production of plant growth substances by *Azotobacter chroococcum*. J. Gen. Microbiol. 53: 135–144.

11-Cakmakc¸ R., F. Kantar and F. Sahin. 2001. Effect of N2-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. J. Plant Nutr. Soil Sci. 164: 527–531.

12-Dash, M.C. and U.C. Petra. 1979. Wormcast production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India. Rev. Ecol. Biol. Sol. 16: 79–83.

13-Dileep Kumar, S. B., I. Berggren and A. M. Martensson. 2001. Potential for improving pea production by coinoculation with Fluorescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. Plant and Soil. 229: 25-34.

14-Dobereiner, J. 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economic contributions. Soil Biol. Biochem. 29: 771–774.

15-Edwards, C.A. and N.Q. Arancon. 2004. Interactions among organic atter, earthworms and microorganisms in promoting plant rowth. CRC Press, Boca Raton, FL. 11: 327–376.

16-Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. Agron. J. 94: 128–135.

17-El-Ghadban E.A.E., M.N. Shalan and T.A.T. Abdel-Latif. 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Egyptian J. Agric. Res., 84: 977-992.

18-Emtiazi, G., A. Naderi and Z. Etemadifar. 2004. Effect of Nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. Adv. Food Sci. 26: 56–58.

19-Galli, E., U. Tomati, A. Grappelli and G. Di Lena. 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in Agaricus bisporus. Biol. Fertil. Soils. 9:290–291.

20-Ghost, B.C. and R. Bhat. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut. 102: 123– 126.

21-Glenn, R.D., B.C. Mallesh, B. Kubra and D.J. Bagyaraj. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biology and Biochemistry. 24: 1317–1320.

22-Gomaa A.O. and H.E. Abou-Aly. 2001. Efficiency of bioferitlization in the presence of both inorganic and organic fertilizers on growth, yield and chemical constituents of anise plant (*Pimpinella anisum* L.). Proc. 5th Arabian Hort. Conf. Ismailia, Egypt, Zagazeg Univ. Press, Egypt. 12: 24-28,

23-Hartemink, A.E. 2005. Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: a review. Adv. Agron. 86: 227–253.

24-Jeyabal, A. and G. Kuppuswamy. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy. 15: 153–170.

25-Kızılkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (Triticum aestivum) inoculated with Azotobacter chroococcum strains. Ecological engineering. 3 3: 150–156.

26-Kumar, V., R.K. Behl and N. Narula. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter*

Archive of SID

www.SID.ir

chroococcum in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. Microb. Res. 156: 87–93.
27-Kumar, V. and N. Narula. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. Biol. Fertil. Soil. 27: 301–305.
28-Kundu, B.S. and A.C. Gaur. 1980. Estabilshment of nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. Plant Soil. 57: 223–230.
29-Lakshminarayana, K. 1993. Influence of *Azotobacter* on nutrition of plant and crop productivity. Proc. Indian. Nat. Sci. Acad. 59: 303–308.
30-Lewis A.L, L.O. Dominguez and O.S. Munoz. 1995. Effect of time and method of *Azotobacter chroococcum* application on the cultivation of garlic (*Allium sativum* L.) cv. Vietnamita. Int. Am. Soc. Tropical Hort. 39: 27-32.
31-Magdoff, F.R. and J.F. Amadon. 1980. Yield trends and soil chemical changes resulting from N and manure application to continuous applied with N- than P-based strategy. Annual or bien- corn. Agron. J. 72:161–164.
32-Mahfouz, S.A. and M.A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophysics. 21: 361-366.
33-Martin, J. P., J. H. Black and R. M. Hawthorne. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. Bioresource Technology. 75: 175– 180.
34-Mehnaz, S. and G. Lazarovits. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida, Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under green house conditions. Microbial Ecology. 51: 326–335.
35-Miknova, O. and J. Kubat. 1999. The practical use of the P-solubilizing activity of *Rhizobium* strains. Rostl. Vyr. 45: 421-424.
36-Mona, Y., A.M. Kandil and M.F. Swaefy Hend. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. Biological Sciences. 4 : 34-39.
37-Murty, M.G. and, J.K. Ladha. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil. 108: 281–285.
38-Narula, N., V. Kumar, R.K. Behl, A. Deubel, A. Gransee and W. Merbach. 2000. Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163: 393–398.
39-Patten, C.L. and B.R. Glick. 2002. Role of Pseudomonas putida indole acetic acid in development of the host plant root system. Applied Environmental Microbiology. 68: 3795–3801.
40-Rai, S.N. and A.C. Gaur. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-Uptake of wheat crop. Plant and Soil. 109:131-134.
41-Rantala, P. R., K. Vaajasaari, R. Juvonen, E. Schultz, A. Joutti and R. Makela-Kurtto. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. Water Science Technology. 40: 187–194.
42-Remus, R., S. Ruppel, H.J. Jacob, ch. Hecht-Buchholz and W. Merbach. 2000. Colonization behaviour of two enterobacterial strains on cereals. Biol. Fertil. Soils. 30: 550–557.
43-Rodriguez, C.E.A., A.G. Gonzales, J.R. Lopez, C.A. Di Ciacco, B.J.C. Pacheco and J.L. Parada. 1996. Response of fieldgrown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. Soils Fertil. 59: 796-800.
44-Sahu, S.N. and B.B. Jana. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecol. Eng. 15: 27–39.
45-Salih, H. M., A. I. Yahya, R. A. Abdul and B. H. Munam. 1989. Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or superphosphate as affected by phosphate-dissolving fungi. Plant and Soil. 120: 181-185.
46-Seilsepour, M., E. Baniani and M. Kianirad. 2002. Effect of phosphate solubilizing microorganism (PSM) in reducing the rate of phosphate fertilizers application to cotton crop. Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization Salamanca University, 16-19 July. Salamanca, Spain.
47-Singh, S. and K.K. Kapoor. 1998. Effects of inoculation of phosphatesolubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycorrhiza. 7: 249–253.
48-Vesquez, P., G. Holguin, M.E. Puente, A. Lopez-Cortes and Y. Bashan. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils. 30: 460–468.
49-Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255: 571–586.

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel)

R. Moradi, P. Rezvani Moghaddam, M. Nasiri Mahallati, A. Lakzian[1]

Abstract

In order to evaluate the effects of different organic and biological fertilizers on seed yield, yield components and essential oil content of Fennel an experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications. The experimental treatments were 4 biological fertilizers and all combinations (1- control (without any fertilizer), 2- bacterial strain *Pseudomonas putida*, 3- bacterial strain *Azotobacter chroococcum*, 4- compost, 5- vermicompost, 6- *Ps. putida* + *A. chroococcum*, 7- *Ps. putida* + compost, 8- *Ps. putida* + vermicompost, 9- *A. chroococcum* + compost, 10- *A. chroococcum* + vermicompost, 11- compost + vermicompost. There were significant differences between different treatment in terms of plant height, number of main and lateral branch per plant, number of umbelest per umbel, number of seed per umbel, harvest index, seed yield, biological yield, essential oil yield, seed weight per plant and number of seed per umbelest. The differences between different treatments were not significant in terms of 1000-seed weight and seed weight per umbel. Result also indicated that the highest plant height (86.83 cm) was obtained in *A. chroococcum* + vermicompost treatment. Compost + vermicompost treatment had the highest umbel per plant (30 umbel), 1000-seed weight (4.3 g), biological yield (5444 kg/ha), essential oil yield (29.98 L/ha) and seed yield (1059 kg/ha) compared with other treatments. The highest and the lowest harvest index were observed in control and vermicompost + Azotobacter treatments, respectively.

Key words: *Foeniculum vulgare*, *Pseudomonas putida*, *Azotobacter chroococcum*, compost, vermicompost, essential oils.

1- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Archive of SID

www.SID.ir