نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، ص. ۳۳-۲۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 25, No. 1, Spring 2011, P. 25-33
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

روح الله مرادی[۱] - مهدی نصیری محلاتی[۲] - پرویز رضوانی مقدم[۳*] - امیر لکزیان[۴] - عزیزالله نژادعلی[۵]

تاریخ دریافت:۸۸/۳/۲۳
تاریخ پذیرش:۸۹/۲/۷

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی 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. کلیه تیمارهای مورد آزمایش از نظر درصد و عملکرد اسانس و میزان آنتول، لیمونن، فنکون و استراگول موجود در اسانس اختلاف معنی داری نشان دادند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیشترین و کمترین درصد اسانس به ترتیب در تیمارهای شاهد (۲/۹) و ورمی کمپوست+ازتوباکتر (۲/۲) حاصل شد. بیشترین عملکرد اسانس (۲۹/۹ لیتر در هکتار) و میزان آنتول در اسانس (۶۹/۷٪) و کمترین میزان لیمونن (۴/۸۴٪)، فنکون (۶/۱۴٪) و استراگول (۲/۷۸٪) در اسانس در تیمار مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست بدست آمد. کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده عملکرد و درصد آنتول را نسبت به تیمار شاهد بصورت معنی داری افزایش دادند. بیشترین میزان لیمونن، فنکون و استراگول موجود در اسانس و کمترین میزان آنتول در تیمار شاهد حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: رازیانه، آنتول، ازتوباکتر، استراگول، سودوموناس، لیمونن، فنکون، کمپوست، ورمی کمپوست

مقدمه

امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک گسترش چشمگیری یافته است (۵). در بسیاری موارد کاربرد کود های شیمیایی باعث آلودگی های محیطی و صدمات اکولوژیکی می شود که خود هزینه تولید را افزایش می دهد (۱۱). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه به پایداری سیستم های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود (۲۰). با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارایی نهاده ها را نیز افزایش داد. امروزه زراعت ارگانیک مطرح می شود که در آن علاوه بر کمیت تولید به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می شود (۱۱).

در نظام های کشاورزی پایدار کاربرد کود های زیستی از اهمیت ویژه ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار برخوردار است (۱۸). اصطلاح کودهای زیستی منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی و کود سبز اطلاق نمی شود، بلکه باکتری ها و قارچ ها به ویژه باکتریهای محرک رشد گیاه یا اصطلاحا (PGPB)[۶] و مواد حاصل از فعالیت آنها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می گردند (۱). این گروه از باکتری ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماریزا، با تولید هورمون های تنظیم کننده رشد گیاه عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می دهند (۲۵). همچنین با توجه به تاثیر افزایندگی بر رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها اصطلاحا باکتری های محرک عملکرد نامیده می شوند (۲۵). از بین باکتری های محرک رشد گیاه می توان به ازتوباکتر(*Azotobacter spp*) و سودوموناس (*Pseudomonas spp*) اشاره کرد که در این

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)
۴- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشیار گروه شیمی، دانشگاه پیام نور مشهد

6- Plant Growth Promoting Bacteria

میان*Azotobacter chroococcum* متداولترین گونه ازتوباکتر می باشد و در اکثر خاک های جهان یافت می شود (۱۵). *Pseudomonas putida* باعث افزایش حلالیت فسفر غیر محلول خاک و افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس می شود (۲۳) و همچنین نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی فسفر را کاهش می دهد (۲۷).

ورمی کمپوست نیز نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم های خاکی است که دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب می باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مفید می باشد (۱). استفاده ازکمپوست یکی دیگر از راه های تأمین حاصلخیزی خاک می باشد. کمپوست ها موادی هستند که طی فرایند تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم ها در حضور اکسیژن ساخته می شوند (۲۱). 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 می باشد (۲۱).

گیاه چند ساله رازیانه (*Foeniculum vulgare*) از مهمترین و پر مصرف ترین گیاهان دارویی خانواده چتریان می باشد، که عمدتا به منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت قرار می گیرد (۳). سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال ۱۳۷۸، ۱۰۶۶ هکتار بوده است (۳). مهمترین ترکیب اسانس گیاه رازیانه را آنتول تشکیل می دهد که نقشی تعیین کننده در کیفیت اسانس آن دارد (۱۲). از دیگر ترکیبات مهم موجود در این گیاه می توان به آنتول، فنکون، استراگول، لیمونن و متیل کاویکول اشاره کرد (۲).

آزمایشات متعدد نشان داده است که کاربرد کودهای بیولوژیک باعث تغییر در میزان ترکیبات اسانس گیاهان مختلف می شود (۲، ۹، ۱۲و۱۶). به عنوان مثال انوار و همکاران (۸) با بررسی اثر ورمی کمپوست روی گیاه ریحان مشاهده کردند که ورمی کمپوست علاوه بر اینکه مقدار اسانس این گیاه را افزایش داد باعث افزایش میزان لینالول و متیل کاویکول موجود در اسانس شد. تانو وهمکاران (۲۶) گزارش کردند که استفاده از کمپوست باعث افزایش میزان اسانس گیاه *Cymbopogon winterianus* می شود. درزی و همکاران (۲) گزارش کردند که استفاده ازمیکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی باعث افزایش اسانس گیاه رازیانه شد و در عوض میزان فنکون و لیمونن موجود در اسانس به علت افزایش میزان آنتول آن کاهش یافت. کاپور و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که استفاده از میکوریزا و کود فسفات زیستی باعث افزایش میزان آنتول در اسانس گیاه رازیانه شد.

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

مواد و روش ها

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 بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و۱۱ 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 نیاز کودی رازیانه و 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 ردیف ها و عمق ۳-۲ سانتی متر، در اواخر اسفند ماه ۱۳۸۶ کاشته شد. فاصله بین کرت ها نیز در هر بلوک ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. تلقیح باکتری ازتوباکتر و سودوموناس با بذر رازیانه قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب، سپس بذرها درون کیسه های پلاستیکی جداگانه قرار داده شد. برای تسهیل در چسبیدن مایه تلقیح با بذرها، از مقداری شکر حل شده در آب گرم (۱۰ گرم شکر در ۱۰۰گرم آب) استفاده شد. پس از اطمینان از خیس شدن بذور توسط محلول آب و شکر،

مایه تلقیح به بذرها اضافه و به خوبی مخلوط شد. سپس بذرها درون پاکت های جداگانه منتقل شد و جهت خشک شدن به مدت دو ساعت در همان محل (سایه) قرار گرفتند. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یکبار بصورت نشتی انجام شد. سبز شدن اولیه گیاه ۲۰-۱۵ روز پس از کاشت صورت گرفت. با رسیدن گیاه به ارتفاع ۵ cm 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 های مورد نظر اندازه گیری شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم 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 با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس آن اندازه گیری شد. به این منظور 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 پس از رطوبت زدایی آب آن توسط سولفات سدیم، درصد، مقدار و عملکرد اسانس تعیین شد. جهت تعیین درصد دقیق ترکیبات موجود دراسانس نظیر آنتول، فنکون، لیمونن و استراگول از دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف های بدست آمده از طریق مقایسه با طیف های جرمی ترکیب های استاندارد شناسایی شدند و سپس با استفاده از محاسبه شاخص های بازداری (RI) و با تزریق هیدروکربن های نرمال مورد تایید قرار گرفتند. درصد هر یک از ترکیبات نیز با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از GC با روش Area Normalization بدست آمد (۲).

برای تجزیه و تحلیل آماری داده های آزمایش از نرم افزار SAS و برای رسم نمودار از Excel استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس بین تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۲ و شکل ۱). با این حال تیمار شاهد دارای بیشترین درصد اسانس بود و تیمار مخلوط ورمی کمپوست و ازتوباکتر از کمترین درصد اسانس برخوردار بود (شکل۱). عملکرد اسانس نیز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت و استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک افزایش معنی داری را در عملکرد اسانس نسبت به شاهد نشان داد (شکل۲). 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 درصد اسانس بالاتر این تیمار نسبت به دیگر تیمارها بود. درزی و همکاران (۲) گزارش کردند که ورمی کمپوست باعث افزایش درصد اسانس رازیانه شد و با افزایش مقدار ورمی کمپوست میزان اسانس نیز افزایش نشان داد. کاپور و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که کودهای آلی سبب افزایش عملکرد اسانس رازیانه می شود. آزمایشات دیگر نیز اثر کودهای بیولوژیک را بر اسانس گیاهان دارویی و رازیانه گزارش کرده اند (۷، ۱۰ و ۱۸).

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

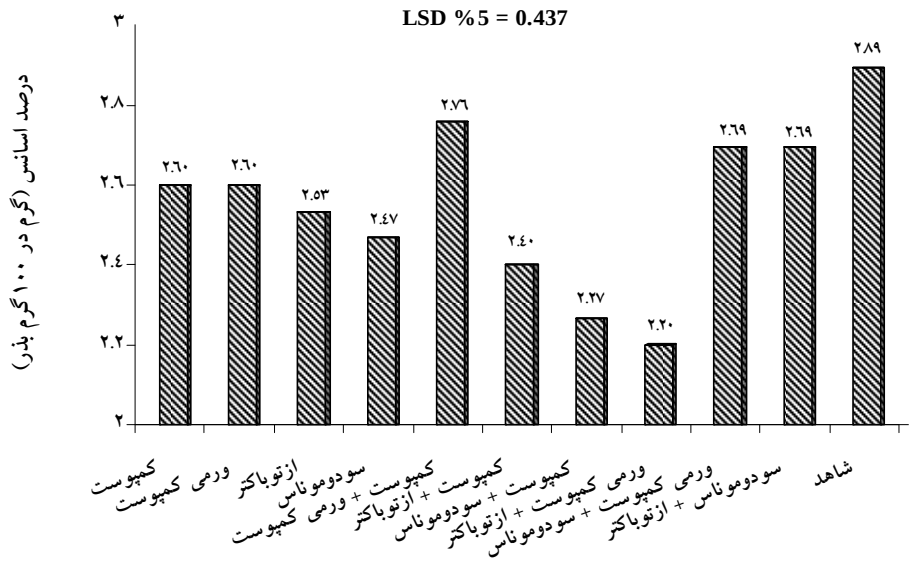
	بافت	نیتروژن(٪)	فسفر(٪)	پتاسیم(٪)	EC (دسی زیمنس بر متر مربع)	pH
کمپوست	-	۱/۵	۱/۲	۱/۱	۷/۲	۷/۴
ورمی کمپوست	-	۱/۴	۱/۷	۱/۲	۸/۹	۸/۱
خاک مزرعه	لومی-سیلتی	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۲	۱/۲	۷/۴۷

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس داده های صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مورد بررسی در گیاه رازیانه

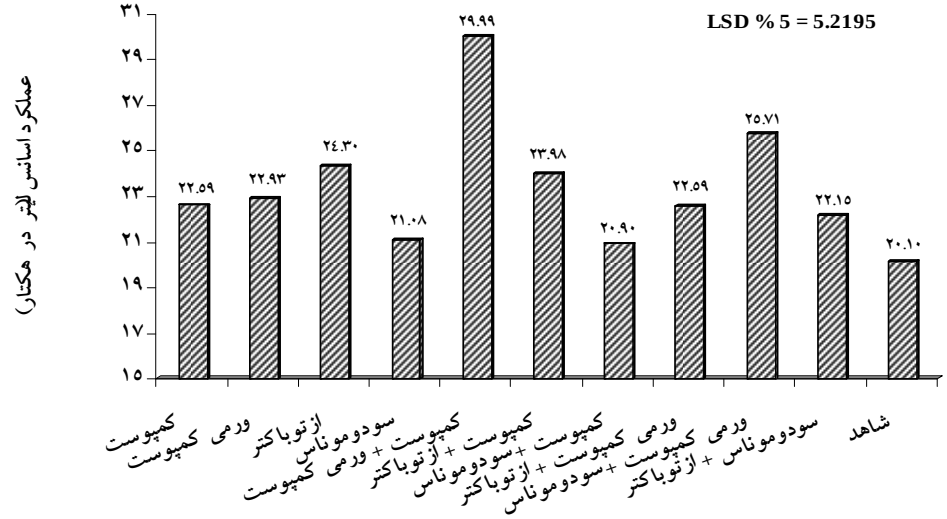
		میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد اسانس	عملکرد اسانس	میزان آنتول در اسانس	میزان فنکون در اسانس	میزان لیمونن در اسانس	میزان استراگول در اسانس
بلوک	۲	۰/۰۳۳^{ns}	۹/۳^{ns}	۶۰/۹۹**	۷/۷۰**	۲/۱۴**	۱/۰۷**
تیمار	۱۰	۰/۱۳۲^{ns}	۲۲/۶*	۹۸/۷۵**	۳/۴۴**	۸/۱۶**	۰/۱۲**
خطا	۲۰	۰/۰۶۶	۹/۴	۰/۳۲۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱

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

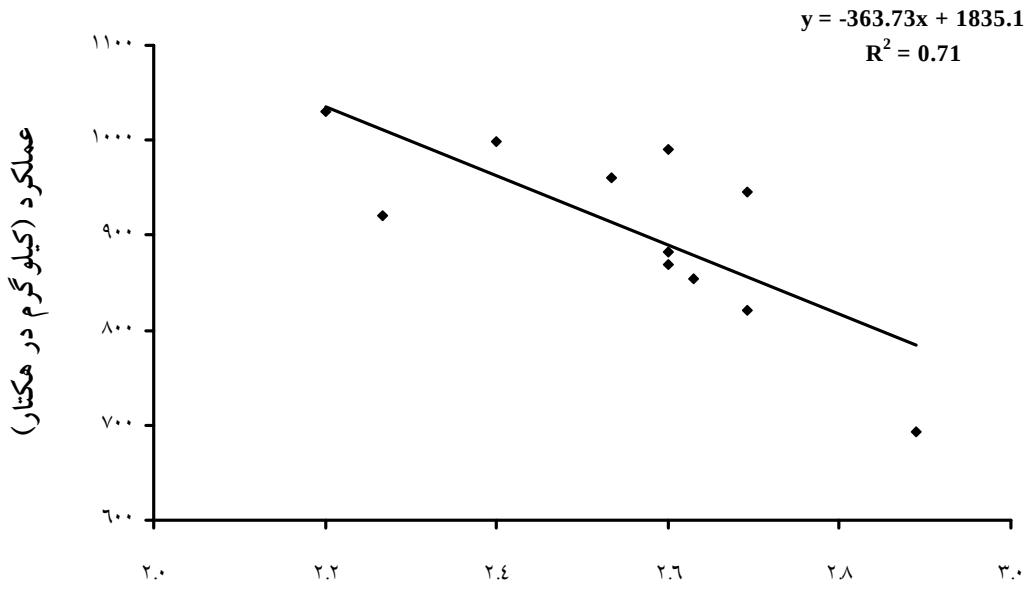
با توجه به شکل ۳ مشاهده می شود کـه بـین عملکـرد و درصـد اسانس دانه در گیاه رازیانه یک همبـستگی منفـی وجـود دارد. یعنـی هرچه عملکرد دانه در هکتار افزایش می یابد از درصـد اسـانس دانـه کاسته می شود. تیمار شاهد با داشتن کمترین عملکرد دانـه در هکتـار دارای بیشترین درصد اسانس دانه بود (شکل۳). از آنجا که اسانس هـا جزئی از متابولیت هـای ثانویـه‌ی گیـاهی هـستند و گیـاه معمـولا در هنگام دریافت تنش محیطی میزان متابولیت هـای ثانویـه را در انـدام خود افزایش می دهد (۱۳)، تیمار شاهد بدلیل اینکه بـا تـنش کمبـود مواد غذایی مواجه بود، میزان اسانس در بذر آن افـزایش یافـت. البتـه نکته قابل توجه اینجاست که تیمار اسـتفاده تـوأم کمپوسـت و ورمـی کمپوست با وجود بیشترین عملکرد دانه، دارای درصد اسـانس بـالایی بود (شکل ۱) و نشانه تاثیر مثبت کمپوست و ورمی کمپوست بر تجمع اسانس دانه رازیانه بود. تحقیقات زیادی (۷، ۹ و۱۰) نیزگزارش کردنـد که استفاده از کودهای آلی باعث افـزایش درصـد اسـانس در گیاهـان دارویی می شوند. درزی و همکاران (۲) گزارش کردند کـه اسـتفاده از کمپوست بر روی افزایش میزان اسانس گیـاه رازیانـه مـوثرتر از کـود شیمیای بوده است و با افزایش مقدار کمپوست اعمالی درصد اسـانس بهبود می یابد.



شکل۱- درصد اسانس دانه رازیانه (گرم در ۱۰۰ گرم بذر) تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده



شکل۲- عملکرد اسانس رازیانه (لیتر در هکتار) تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده



شکل۳- رابطه‌ی بین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و درصد اسانس دانه گیاه رازیانه

میزان آنتول در اسانس

نتایج بدست آمده نشان داد که میزان آنتول موجود در اسانس نسبت به کلیه تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی داری نشان داد (جدول۲). بطوریکه میزان آنتول موجود در اسانس تحت تاثیر کلیه تیمارهای کودی مورد آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری نشان داد (جدول۳). از بین تیمارهای کودی اعمال شده، تیمار استفاده توام از کمپوست و ورمی کپوست بیشترین و سودوموناس کمترین درصد آنتول اسانس را باعث شدند و استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست نسبت به شاهد ۲۷ درصد میزان آنتول را افزایش داد (جدول۳). حتی استفاده از باکتری حل کننده فسفات (سودوموناس) که کمترین تاثیر را در افزایش میزان آنتول اسانس نسبت به شاهد داشت، حدود ۴/۵ درصد باعث افزایش میزان این ترکیب شد (جدول۳). در بحث تولید گیاهان دارویی، ارزش واقعی به کیفیت محصول یعنی میزان ماده موثره مربوط می شود (۱۲و۱۴) و با توجه به نتایج آزمایش مشاهده می شود که اعمال تیمارهای کودی با افزایش میزان آنتول موجود اسانس گیاه رازیانه که مهمترین ماده موثره آن می باشد (۲، ۸ و ۱۲) باعث بهبود کیفیت اسانس این گیاه شد. درزی و همکاران (۲) نیز گزارش کردند استفاده از کودهای زیستی باعث بهبود میزان آنتول اسانس و در نتیجه کیفیت اسانس گیاه رازیانه شد. ایشان بیان کردند که تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار کود شیمیایی، به مراتب شرایط مناسبتری برای بهبود فعالیت های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده و ضمن فراهم نمودن مطلوب عناصر معدنی ماکرو و میکرو برای رازیانه، باعث افزایش کیفیت اسانس این گیاه شد.

کمپوست و ورمی کمپوست غنی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف بوده و با آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی که متناسب با مرحله رشدی گیاه می باشد (۶ و ۲۱) باعث افزایش میزان آنتول موجود در اسانس گیاه رازیانه شده و در نتیجه کیفیت اسانس این گیاه را بهبود بخشید. انوار و همکاران (۸) گزارش کردند که مصرف ورمی کمپوست در رشد گیاه ریحان میزان لینالول و متیل کاویکول موجود در اسانس این گیاه را افزایش داد که خود باعث بهبود کیفیت اسانس آن شد. مطالعات نشان داد که گونه ی *A. chroococcum* علاوه بر تثبیت ازت چندین نقش دیگر هم از قبیل تولید هورمون های گیاهی، تولید موادی که به عنوان قارچ کش بسیاری از بیماری ها را بهبود می بخشند (۱۷)، تولید دیگر عناصر و شاید افزایش حلالیت فسفات غیر محلول خاک را بر عهده دارد (۱۶). که به نظر می رسد این ویژگی ها باعث بهبود رشد، عملکرد و کیفیت اسانس گیاه رازیانه نسبت به زمان عدم تلقیح با این باکتری شد. از آنجایی که باکتری‌های حل کننده فسفات باعث افزایش حلالیت فسفر غیر محلول خاک و افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک می شوند (۲۳)، روشن است که باکتری سودوموناس با ایجاد شرایط غذایی مناسب نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش میزان آنتول موجود در اسانس گیاه رازیانه شد.

همانطور که مشاهده می شود (جدول۳) هنگامی که از کودهای بیولوژیک به صورت تلفیقی استفاده شد، درصد آنتول در اسانس و کیفیت آن افزایش یافت. مثلا زمانی که از ترکیب کمپوست و سودوموناس استفاده شد، نسبت به زمانی که کمپوست و سودوموناس به تنهایی بکار برده شدند به ترتیب ۴/۵ و ۸/۶ درصد میزان آنتول موجود در اسانس رازیانه افزایش یافت (جدول۳).

جدول۳- اثر تیمارهای مختلف کودهای بیولوژیک بر میزان ترکیبات موجود در اسانس گیاه رازیانه

تیمار	میزان آنتول در اسانس (درصد)	میزان فنکون در اسانس (درصد)	میزان لیمونن در اسانس (درصد)	میزان استراگول در اسانس (درصد)
کمپوست	۵۵/۶۹^{f}	۸/۹۴^{b}	۷/۸۲^{c}	۳/۱۹^{d}
ورمی کمپوست	۵۶/۱۹^{f}	۸/۱۸^{c}	۷/۲۳^{d}	۳/۱۷^{d}
ازتوباکتر	۶۴/۰۱^{b}	۷/۴۶^{e}	۵/۷۹^{g}	۳/۰۲^{g}
سودوموناس	۵۳/۱۸^{g}	۹/۰۶^{b}	۸/۶۵^{b}	۳/۲۷^{c}
کمپوست + ورمی کمپوست	۶۹/۷۳^{a}	۶/۱۴^{f}	۴/۸۴^{i}	۲/۷۸^{i}
کمپوست+ ازتوباکتر	۶۴/۷۵^{b}	۷/۶۳^{e}	۵/۵۵^{h}	۲/۹۳^{h}
کمپوست + سودوموناس	۵۸/۱۹^{d}	۸/۰۴^{c}	۶/۸۳^{Ef}	۳/۱۲^{e}
ورمی کمپوست + ازتوباکتر	۶۴/۸۸^{b}	۷/۵۷^{e}	۵/۴۷^{h}	۲/۸۰^{i}
ورمی کمپوست + سودوموناس	۵۹/۲۰^{c}	۷/۹۰^{e}	۶/۶۳^{f}	۳/۰۸^{f}
سودوموناس + ازتوباکتر	۵۷/۱۹^{e}	۸/۸۰^{b}	۶/۹۳^{e}	۳/۳۱^{b}
شاهد	۵۰/۸۳^{h}	۱۰/۲۵^{a}	۱۰/۶۱^{a}	۳/۳۸^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی داری نمی باشند.

راتی و همکاران (۲۲) بیان کردند که باکتری های بهبود دهنده رشد گیاه از طریق ایجاد اثرهای هم افزایی و تشدید کننده بین خود قادرند موجب افزایش میزان اسانس در دانه شوند.

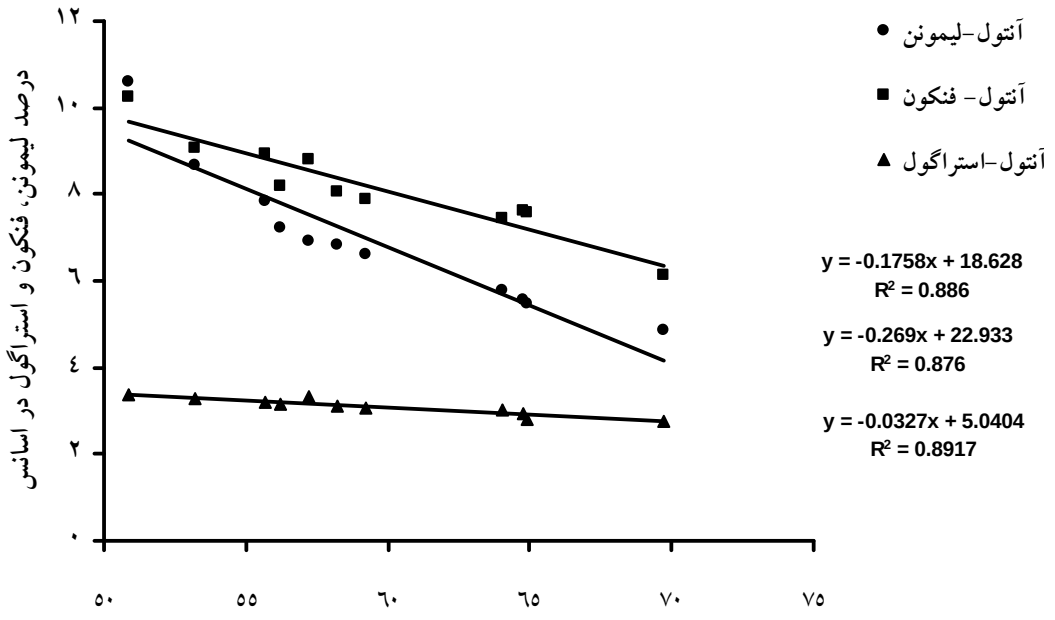
میزان فنکون در اسانس

کلیه تیمارهای مورد آزمایش در مورد این صفت اختلاف معنی داری را نشان دادند (جدول۲) و استفاده از کودهای زیستی در تمامی موارد کاهش معنی داری را در میزان فنکون موجود در اسانس نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول۳). تیمار شاهد و کمپوست+ ورمی کمپوست به ترتیب بیشترین (۱۰/۲۵ درصد) و کمترین (۶/۱۴ درصد) میزان فنکون را شامل بودند (جدول۳). با بررسی همبستگی بین آنتول و فنکون (شکل۴) مشاهده شد که با افزایش میزان آنتول میزان فنکون در اسانس کاهش یافت، چون آنتول اصلی ترین ترکیب اسانس رازیانه است (۲، ۸و ۱۲) و در این تحقیق بین ۵۰ تا ۷۰ درصد اسانس را به خود اختصاص داد، با افزایشی که در میزان آنتول موجود در اسانس، با اعمال تیمارهای کودی مشاهده شد، قابل انتظار بود که ما شاهد کاهش برخی دیگر از ترکیبات اسانس از قبیل فنکون نسبت به تیمار شاهد باشیم. گزارشات دیگری هم تایید کرده اند که استفاده از کودهای زیستی با افزایش آنتول باعث کاهش میزان فنکون موجود در اسانس رازیانه می شوند (۲، ۵ و ۱۳). اکبری نیا و همکاران (۱) نیز گزارش کردند که با اعمال کود دامی جهت رشد گیاه دارویی زنیان، درصد تیمول اسانس این گیاه افزایش و بالطبع آن میزان پاراسیمن کاهش یافت. انوار و همکاران (۸) نیز در رابطه با تاثیر ورمی کمپوست بر میزان ترکیبات اسانس ریحان مشاهده کردند که افزایش برخی ترکیبات باعث کاهش دیگر ترکیبات موجود دراسانس این گیاه شد.

استفاده از ترکیب دوگانه کلیه تیمارها نسبت به کاربرد مجزا آنها کاهش معنی داری را در میزان فنکون نشان داد (جدول۳). به عنوان مثال هنگامی که باکتری حل کننده فسفات به صورت مجزا استفاده شد، نسبت به زمانی که با دیگر کودهای زیستی اعمال شد اختلاف کمتری با شاهد نشان داد (جدول۳).

میزان لیمونن در اسانس

تیمارهای مورد آزمایش تأثیر معنی داری بر میزان لیمونن داشتند بطوریکه تمامی تیمارهای مورد آزمایش باعث کاهش این صفت نسبت به تیمار شاهد شدند (جداول ۲و۳). استفاده توام از کمپوست و ورمی کمپوست میزان لیمونن را ۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (جدول۳). حتی کاربرد سودوموناس که کمترین اختلاف را از نظر میزان لیمونن را با شاهد داشت، نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۵ درصد میزان لیمونن موجود در اسانس رازیانه را کاهش داد (جدول۳). همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود با افزایش میزان آنتول در اسانس، درصد لیمونن در آن کاهش می یابد. درزی و همکاران (۲) با مطالعه اثر کودهای زیستی بر ترکیبات اسانس رازیانه گزارش کردند که کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و تلفیق آنها با افزایش در میزان آنتول باعث کاهش میزان لیمونن در اسانس این گیاه شد.



شکل٤- رابطه‌ی بین آنتول و دیگر ترکیبات (لیمونن، فنکون و استراگول) موجود در اسانس دانه گیاه رازیانه

تیمارهای کودی اعمالی از طرفی فراهمی عناصر غذایی گیاه رازیانه را افزایش داده و از سوی دیگر با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت میزان آنتول را افزایش داد، که این افزایش در میزان آنتول باعث کاهش در میزان لیمونن شد. راتی و همکاران (۲۲) با بررسی تاثیر باکتری حل کننده فسفات *Bacillus polymyxa* بر روی گیاه دارویی علف لیمو، نشان دادند که این باکتری با افزایش میزان ژرانیول در اسانس، باعث کاهش چندین ترکیب دیگر موجود در اسانس شد.

استفاده از ترکیب تیمارهای مورد آزمایش نسبت به کاربرد جداگانه آنها، میزان لیمونن موجود در اسانس را مقایسه با تیمار شاهد کاهش بیشتری داد (جدول۳). روشن است که تلفیق کودهای بیولوژیک با ایجاد شرایط مناسب تر برای رشد گیاه رازیانه، باعث افزایش میزان آنتول موجود در اسانس شده که خود باعث کاهش میزان لیمونن شد. درزی و همکاران (مقاله۲۳) بیان کردند که با افزایش سطوح ورمی کمپوست میزان لیمونن در اسانس گیاه رازیانه کاهش یافت، بطوریکه گزارش کردند میزان لیمونن در سطح دوم ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) نسبت به سطح اول آن (۵ تن در هکتار) هشت درصد کاهش یافت.

میزان استراگول در اسانس

میزان استراگول در اسانس نسبت به کلیه تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول۲). بین تمامی تیمارهای کودی (بجز تیمارهای کمپوست و ورمی کمپوست) اختلاف معنی داری وجود داشت و کلیه آنها میزان استراگول را نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول۳). در مورد این صفت نیز کودهای بیولوژیک اعمالی با بهبود شرایط رشدی برای گیاه رازیانه و افزایش میزان آنتول آن که بیشترین سهم را در بین ترکیبات آن نشان داد، باعث کاهش میزان استراگول در اسانس این گیاه شد و همانطور که در شکل ۴ دیده می شود بین میزان آنتول و استراگول همبستگی منفی وجود دارد. البته باید خاطر نشان کرد که دامنه تغییرات میزان استراگول (۲/۸ تا۳/۸) نسبت به آنتول، فنکون و لیمونن کمتر بود (جدول۳). از آنجایی که اسانس ها ترکیباتی ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آنها (ایزوترپنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی متیل آلیل پیروفسفات (DMAPP)، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مثل نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می باشد (۲). پس می توان نتیجه گرفت که تیمارهای کودی مورد آزمایش با بهبود میزان نیتروژن و فسفر نسبت به شاهد باعث بهبود میزان آنتول آن شده که افزایش در میزان این ترکیب باعث کاهش دیگر ترکیبات از قبیل استراگول شد.

از بین تیمارهای کودی مورد آزمایش، تیمار سودوموناس+ازتوباکتر و کمپوست+ورمی کمپوست به ترتیب کمترین و بیشترین تاثیر را در کاهش میزان استراگول داشتند. بنظر می رسد 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، هنگامی که با هم بکار برده شدند، میزان آنتول، فنکون و استراگول در اسانس، کمترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد (جدول۳).

نتیجه گیری

انجام این تحقیق به خوبی تاثیر مثبت استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست و میکروارگانیسم های بهبود دهنده رشد گیاه را روی کمیت و کیفیت اسانس گیاه رازیانه نشان داد و در این بین استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست بیشترین تاثیر را در افزایش ویژگی های فوق داشت. این تیمارها بدون کوچکترین صدمات و مخاطرات محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی می تواند نیازهای غذایی گیاه را تا حدود زیادی برطرف کنند و باعث استقرار بهتر میکروارگانیسم های خاکزی برای تناوب های بعدی شوند. حال می توان با بکارگیری گونه های دیگر از میکروارگانیسم ها و مقادیر دیگری از کمپوست و ورمی کمپوست نتایج امیدوارکننده تری بدست آورد.

منابع

۱- اکبری نیا ا.، قلاوند ا.، سفیدکن ف.، رضایی م.ب. و شریفی عاشور آبادی ا. ۱۳۸۲. بررسی تاثیرکودهای شیمیایی، دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه دارویی زنیان. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی.۶۱: ۴۱-۳۲.

۲- درزی م.ت.، قلاوند ا.، سفیدکن ف. و رجالی ف. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴: ۴۱۳-۳۹۶.

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

۴- حمیدی آ.، قلاوند ا.، دهقان شعار م.، ملکوتی م.ج.، اصغر زاده ا. و چوکان ر. ۱۳۸۴. اثرات کاربرد باکتری های محرک رشد (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه ای. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۰: ۲۲-۱۶.

۵- شریفی عاشوری آبادی ا. ۱۳۷۷. بررسی حاصلخیزی خاک در اکوسیستم های زراعی. پایان نامه دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، صفحه ۲۸۴.

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

7- 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.

8- 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: 1737-1746.

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

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

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

12- Gross M., Friedman J., Dudai N., Larkov O., Cohen Y., and Bar E. 2002. Biosynthesis of estragole and t-anethole in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. vulgare) chemotypes. Changes in SAM: phenylpropene o-methyltranferase activities during development. Plant Science, 163: 1047-1053.

13- 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.

14- 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: 2505-2515.

15- Kumar V., Behl R.K., and Narula N. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. Microb. Res. 156: 87–93.

16- Kumar V., and Narula N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. Biol. Fertil. Soil. 27: 301–305.

17- Lakshminarayana K. 1993. Influence of *Azotobacter* on nutrition of plant and crop productivity. Proc. Indian. Nat. Sci. Acad. 59: 303–308.

18- Mehnaz S., and Lazarovits G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under green house conditions. Microbial Ecology. 51: 326–335.

19- Mordy A., and Aly A. 2001. Fennel swollen base yield and quality as affected by variety and source of nitrogen fertilizer. Scientia Horticulturae Journal. 88: 191-202.
20- Murty M.G., and Ladha J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil. 108: 281–285.
21- Rantala P.R., Vaajasaari K., Juvonen R., Schultz E., Joutti A., and Makela-Kurtto R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. Water Science Technology. 40: 187–194.
22- 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.
23- Seilsepour M., Baniani E., and Kianirad M. 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.
24- Sharma A.K. 2003. Biofertilizer for sustainable agriculture. Agriobios, India.
25- Sturz A.V., and Christie B.R. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone. Soil and Tillage Research, 72: 107-123.
26- Tanu A., Prakash A., and Adholeya A. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of Cymbopogon winterianus and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. Bioresource Technology. 92: 311–319.
27- Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255: 571–586.