نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۱۲-۱۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 105-112

بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر برخی صفات کمّی و مقدار اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

پرویز رضوانی مقدم[1*]، افسانه امین غفوری[2]، سارا بخشائی [2] و لیلا جعفری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۸

چکیده

باکتری‌های محرک رشد گیاه و کودهای آلی از روش‌های مختلف از جمله افزایش میزان جذب و دسترسی به آب و عناصر غذایی می‌توانند رشد گیاه را بهبود بخشند. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کود بیولوژیک نیتراژین، کود بیولوژیک نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات، کود بیولوژیک ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، حل کننده فسفات+ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین، نیتراژین+ نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست و شاهد (بدون کود) بود. با توجه به دارا بودن دو چین، اطلاعات با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان تجزیه شد. چین‌های مختلف به‌عنوان کرت‌های فرعی و تیمارهای کودی به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد. اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک و عملیات تلقیح بذرها با کودهای بیولوژیک با بذر قبل از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، درصد ساقه، سرشاخه گلدار، عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس بین تیمارهای مختلف در هر دو چین تفاوت معنی‌داری داشت. تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست و شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته (۵۱/۰۱ و ۳۲/۰۸ سانتی‌متر)، درصد ساقه (۴۷/۸۰ و ۱۷/۱۰ درصد)، درصد سرشاخه گل‌دار (۶۶/۰۵ و ۳۸/۵۵ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۶۷۳۰/۵ و ۲۱۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی می‌تواند در بهبود خصوصیات کمّی و کیفی مرزه مؤثر باشند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، نیتراژین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

امروزه استفاده از انواع کودهای زیستی[3]، به خصوص در خاک-های فقیر از عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ کیفیت خاک در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. کود زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با انبوه یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک-زی می‌باشد که به منظور تأمین عناصر غذایی و افزایش تحریک رشد گیاهان استفاده می‌شوند (Vessey, 2003).

این ریزموجودات از طریق افزایش میزان جذب و دسترسی به عناصر غذایی (Kartikeyan et al., 2008)، کنترل زیستی (Walsh et al., 2001)، تولید هورمون‌ها، کاهش سطح تولید اتیلن در گیاه و ایجاد مقاومت سیستمیک (Van Loon et al., 1998) رشد گیاه را بهبود می‌دهند.

نتایج یافته‌ها حاکی از بهبود کمّیت و کیفیت محصول تحت تأثیر کودهای بیولوژیک می‌باشد. بهبود تولید کمّی و کیفی گیاهان دارویی از جمله رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) (Kapoor et al., 2004)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (Shaalan, 2005)، افسنطین (*Artemisia absinthium* L.) (Kapoor et al., 2007) در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک در برخی منابع گزارش شده است. دلیل این امر پیچیده است و می‌توان آن را به اثرات متقابل گیاه و ریز موجودات، انتقال سیگنال توسط ریز موجودات و پاسخ‌های دفاعی گیاه

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استاد، دانشجویان دکترای رشته بوم شناسی قطب علمی گیاهان ویژه، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و مربی گروه باغبانی دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Biofertilizer

نسبت داد (Kartikeyan et al., 2008).

عبدالجواد و همکاران (Abd El-Gawad et al., 2008) نیز گزارش کردند که تیمار ترکیبی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین بیشترین وزن خشک را تشکیل دادند. آن‌ها بیان کردند که این افزایش عملکرد به دلیل توانایی این باکتری‌ها در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر است که نتایج ساریگ و همکاران (Sarig et al., 1984) نیز مؤید این مطلب بود.

گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) از خانواده نعناعیان است و به صورت بوته‌ای رشد می‌کند (Zargari, 1989). گیاهی است دارای گل‌های متعدد با اندازه ۱/۵ میلی‌متر همچنین برگ‌ها به صورت نیزه‌ای شکل و دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشند (Omidbeigi, 2000). مرزه گیاهی است معطر که اثرات مختلفی مانند درمان دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و اسهال دارد (Vesquez et al., 2000). همچنین از این گیاه در مواد غذایی به عنوان طعم‌دهنده استفاده شده است (Sharaf-Eldin , 2007 & Mahfouz). این گیاه در بررسی‌های آزمایشگاهی اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانت، خواب‌آور و ضداسپاسم نشان داده است (Ratti et al., 2001). به علاوه، به دلیل وجود مواد معطر در گیاه جهت مصارف غذایی، تهیه نوشیدنی‌ها، مصارف صنعتی و همچنین به واسطه خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی به میزان زیادی همواره مورد توجه قرار گرفته است (Abdul-Jaleel et al., 2007; Chen, 2006; Sahin et al., 2003).

بررسی‌های آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2005) نشان دادند که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیرات مثبتی که بر روی فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید در خاک می‌گذارد امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را فراهم می‌سازد. نتیجه پژوهش عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) هم بیان‌گر آن بود که مصرف سطوح مختلف ورمی کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی، سبب بهبود میزان اسانس در گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) می شود.

استفاده از کودهای آلی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد نمود (Belde et al., 2000). در بررسی کاربرد *ازتوباکتر* در رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.)، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن تر گیاه و خشک گیاه و نیز درصد اسانس در مقایسه با شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan et al., 2008). آزاز و همکاران (Azzaz et al., 2009) در رازیانه مشاهده کردند که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی بیشترین تعداد شاخه را در گیاه ایجاد کرد. تلان و همکاران (Thelan et al., 2004) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه رازیانه در شرایط استفاده از *ازتوباکتر* نسبت به شاهد افزایش یافت. اگامبردیوا و همکاران (Egamberdiyeva al., 2003) اظهار داشتند که تلقیح با سویه‌های مختلف *سودوموناس* و برخی دیگر از انواع باکتری می‌تواند رشد ریشه را در گندم (*Triticum asetivum* L.) تا ۲۰ درصد و ارتفاع گیاه را تا ۵۳ درصد افزایش دهد. تأثیر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر نمو ریشه می‌تواند وزن گیاه و ریشه، عملکرد دانه و راندمان جذب نیتروژن را در گیاهان افزایش دهد (Dobbelaere et al., 2002).

با در نظر گرفتن اهمیت و جایگاه گیاه مرزه به عنوان یک گیاه دارویی مهم، این آزمایش به منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی، این گیاه دارویی در واکنش به مصرف انواع کودهای بیولوژیک و آلی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمار های این آزمایش شامل کود بیولوژیک نیتراژین، کود بیولوژیک نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات، کود بیولوژیک ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ ورمی-کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، حل کننده فسفات+ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ ورمی-کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین، نیتراژین+ نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست و شاهد (بدون کود) بود. قبل از اجرای طرح از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تعیین شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست نیز تعیین شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از پیاده کردن نقشه طرح و انجام عملیات خاک‌ورزی کرت-هایی با مساحت ۳×۲/۵ متر مربع ایجاد و در داخل هر کرت پنج ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. ورمی‌کمپوست ۱۵تن در هکتارنیز به کرت‌های مربوطه اضافه شد و تا عمق پنج سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. کشت در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله کاشت پنج سانتی‌متر روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی-متری خاک انجام گرفت. به‌منظور سهولت در کاشت بذرهای ریز این گیاه دارویی، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. برای اعمال تیمارهای آزمایش، در زمان کاشت کود بیولوژیک مایع نیتراژین به میزان دو لیتر در هکتار و کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات به میزان ۱۵۰ گرم در هکتار به‌خوبی با بذر آغشته کرده و پس از تلقیح اقدام به خشک نمودن کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی،

علف‌کش آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد. آبیاری به روش لوله-ای و با دور آبیاری هفت روز انجام شد. برداشت هر چین مرزه در مرحله ۱۰ درصد گلدهی انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌هایی از وزن خشک، ارتفاع، درصد سرشاخه گلدار و درصد ساقه تعیین شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و یک بوته از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سطح باقی مانده عملکرد بیولوژیک تعیین شد. سپس مقدار ۵۰۰ گرم از توده نهایی از هر کرت برداشت و پس از توزین و به‌منظور حفظ کمّیت و کیفیت اسانس گیاه، نمونه‌های مذکور در دمای اتاق و در سایه خشک شدند و سپس برای تعیین درصد اسانس به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور استخراج اسانس از اندام‌های هوایی خشک شده، از روش تقطیر با بخار توسط دستگاه کلونجر استفاده شد. پس از سه ساعت اسانس گیری، اسانس حاصل به رنگ زرد روشن بود، جمع‌آوری و با سولفات سدیم بدون آب رطوبت‌زدایی شده و در ظروف شیشه‌ای در بسته در یخچال با دمای چهار درجه‌سانتی گراد نگهداری شد.

با توجه به دارا بودن دو چین در طول آزمایش، اطلاعات با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان توسط نرم‌افزار SAS 9.1 (Amirabadi et al. 2012) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. در این راستا، چین‌های مختلف به عنوان کرت‌های فرعی و تیمارهای کودی به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

چین اول

ارتفاع بوته: اثر کود های آلی بر ارتفاع مرزه معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار ورمی‌کمپوست با ۵۵/۵۸ سانتی‌متر و شاهد با ۳۸/۰۸ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). اختلاف ارتفاع بوته در بین چین‌های مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۱). چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از مواد آلی و باکتری‌های تحریک‌کننده رشد، باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه شد که این امر با تحریک رشد گیاه و افزایش طول میانگره در نهایت باعث افزایش ارتفاع گیاه مرزه شده است. به‌نظر می‌رسد از آنجا که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین ارتفاع گیاه است، شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود، در حالی‌که تیمارهای کود آلی و بیولوژیک با تحریک رشد گیاه و تأمین تدریجی عناصر غذایی باعث افزایش طول میانگره و در نهایت، باعث افزایش ارتفاع گیاه مرزه شده است. شالان (Shaalan, 2005 a) در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) نشان دادند که ارتفاع گیاه با کاربرد باکتری حل کننده فسفات و نیز سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت. ارانا (Earanna, 2007) در گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* L.) نشان داد که با کاربرد کودهای بیولوژیک *آسپرژیلوس*، *گلدموس*، *ازتوباکتر* و *سودوموناس* ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد افزایش یافت.

تعداد شاخه جانبی: تیمارهای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی داشتند ($p\leq۰/۰۵$)، (جدول ۳). به‌طوریکه بیشترین تعداد شاخه جانبی در اثر تیمار ترکیبی نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست با ۲۴/۳۳ شاخه جانبی بدست آمد و کمترین تعداد شاخه در شاهد با ۱۰/۳۳ شاخه جانبی مشاهده شد (جدول ۴). اثر چین بر تعداد شاخه جانبی در بوته معنی‌دار نبود، ولی در مقایسه بین چین‌ها، چین دوم بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته را به خود اختصاص داد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of experimental soil before planting

بافت خاک Soil texture	پتاسیم (ppm) K (ppm)	فسفر (ppm) P (ppm)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH
Silty loam	120	11	0.07	1.1	7.76

جدول ۲- مشخصات ورمی کمپوست مورد استفاده در این آزمایش

Table 2- Characteristics of vermicompost used in the experiment

ورمی‌کمپوست Vermicompost	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
	1.5	1.5	1.2	1.2	8.2

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه‌گیری

Table 3- Analysis of variance (Mean of Square) for measurement traits

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	درصد سرشاخه گلدار browse	درصد ساقه Stem	درصد اسانس Essensial oil	عملکرد بیولوژیک Biological yield
کود Manure	7	351.97**	118.99**	584.31**	706.78 *	1.09**	116931953.55**
چین Harvest	1	50 . 90 ns	0.18 ns	0.62 ns	310.08*	8.88*	1459309.65 ns
کود × چین Manure × Cut	7	42.63 ns	7.73*	7.44*	9.46*	0.08*	778509.65*
بلوک Block	2	8.08**	2.27*	102.67 ns	77.69*	0.35**	1590275.54*
بلوک × کود Manure × Cut	14	18.11	2.24	13.98	17.92	0.099	76758.05
بلوک*چین Block × Harvest	2	22/88	58/56	77/53	567/17	0/102	992697/44
خطای آزمایش Error	14	15.83	3.96	8.51	11.73	0.06	645400.6
کل Total	47		–	–	–	–	–

ns بی معنی، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns are significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

به‌نظر می‌رسد که بیشتر بودن تعداد شاخه جانبی در بوته در چین دوم به دلیل این باشد که در چین اول فقط یک ساقه اصلی وجود داشته ولی پس از برداشت چین اول شاخه‌های جانبی تشکیل شد. به عبارت دیگر با برداشت چین اول گیاه دوباره شروع به رشد کرده و شاخه‌های جانبی بیشتری تولید می‌کند. ماهشواری و همکاران (Mahshawari & et al., 2000) نیز در یک بررسی روی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) گزارش کردند که کود شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر صفات رشدی گیاه اثر معنی‌داری داشت.

درصد ساقه و سرشاخه‌های گل‌دار: کودهای آلی تأثیر معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) را بر درصد ساقه و سر شاخه گل‌دار مرزه داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین درصد ساقه و سرشاخه گل‌دار در تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین و ورمی‌کمپوست به ترتیب با ۴۷/۸۰ و۶۶/۰۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). از آنجا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است، لذا به نظر می‌رسد احتمالاً ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک (Singer et al, 2007) باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد مرزه شده است. منابع متعددی به نقش مثبت ورمی‌کمپوست در ذخیره آب اشاره کرده‌اند (Gutiérrez-et al., 2000; Atiyeh Miceli et al., 2008).

باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک نیز از طریق ترشح هورمون‌های مختلف گیاهی می‌توانند بر نفوذپذیری سلول‌های ریشه، مقاومت روزنه‌ای و به‌طور کلی بر روابط آبی و رشد عمومی گیاه اثر بگذارند، افزایش ۴۰ درصدی سطح برگ و وزن خشک گیاهان زراعی و بهبود خصوصیات رشد گیاهان زینتی، تحت تأثیر افزودن ۲۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست به بستر کشت آن‌ها گزارش شده است (Scott, 1988). وجود انواع ریزموجودات در کودهای بیولوژیک از طریق تولید موادی همانند ایندول استیک اسید[1] باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند و مراحل اولیه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند در نتیجه ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب را افزایش می‌دهند (Patten & Glick, 2002) که منجر به افزایش درصد ساقه و سر شاخه‌های گل‌دار شده است.

درصد اسانس: کودهای آلی تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) را بردرصد اسانس مرزه داشتند (جدول ۳). و از این نظر تیمار ترکیبی نیتراژین، حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست بیشترین و شاهد کمترین اثر را بر درصد اسانس داشتند (جدول ۴). در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر کودهای بیولوژیک می‌توان اظهار داشت از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این‌رو، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کود بیولوژیک نیتراژین از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه مرزه، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شدند. این موضوع با نتیجه تحقیق کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) مطابقت دارد. در همین خصوص در مطالعه دیگری که روی گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* L.) انجام گرفت، راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات درصد ژورافیول موجود در اسانس را به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش داد. آن‌ها دریافتند که این باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش جذب آب و عناصر پر مصرف در بهبود میزان اسانس مؤثر بود. قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) اثر کودهای بیولوژیک را بر درصد اسانس گیاه دارویی مرزنجوش بسیار بهتر از کودهای شیمیایی گزارش نمودند. محفوظ و شرف‌الدین (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک *ازتوباکتر*، *سودوموناس* و *آزوسپیریلوم* روی گیاه رازیانه بیان کردند که اعمال این تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد بذر و اسانس آن شد.

عملکرد بیولوژیک

اثر کودهای آلی بر عملکرد بیولوژیک معنی دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین و ورمی‌کمپوست با ۶۷۳۰/۵ کیلوگرم در هکتار و شاهد ۲۱۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی (Kartikeyan et al., 2008)، سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه مرزه شد. در همین خصوص سانچز و همکاران (Sanchez et al., 2008) نیز در پژوهش خود مشاهده نمودند که مصرف ورمی کمپوست در گیاه دارویی بارهنگ (*Plantago major* L.) سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در این گیاه شد.

1- Indol Acetic Acid (IAA)

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر چین و تلقیح با کود بیولوژیک بر صفات مورد بررسی گیاه دارویی مرزه

Table 4- Means comparison of some measured characters of *Satureja hortensis* affected by different harvests and biofertilizer

عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس Essensial oil (%)	درصد ساقه Stem (%)	درصد سرشاخه گل‌دار No. of branches per plant	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	
						چین Harvest
4339.39^{a}	2.34^{a}	32.36^{b}	54.33^{a}	16.30^{a}	43.73^{a}	چین اول First harvest
3990.59^{a}	1.48^{b}	37.44^{a}	54.55^{a}	17.12^{a}	45.79^{a}	چین دوم Second cut
						کود زیستی Biofertilizer
4045.8^{bc}	1.70^{c}	22.92^{f}	43.49^{af}	12.16^{gf}	37.25^{ef}	نیتروکسین Nitroxin
3237.8^{cd}	1.93^{bc}	33.34^{d}	54.34^{de}	15.83^{de}	39.66^{de}	حل کننده فسفات Phosphate solubilizing
4756.0^{b}	2.12^{abc}	41.48^{bc}	64.12^{bc}	17.83^{c}	55.58^{a}	ورمی‌کمپوست Vermicompost
4226.7^{bc}	2.00^{abc}	39.06^{dc}	57.90^{dc}	16.66^{de}	43.83^{cd}	نیتروکسین+ورمی‌کمپوست Nitroxin+Vermicompost
3167.0^{cd}	1.98^{abc}	29.98^{e}	49.77^{e}	14e^{f}	47.91^{bc}	نیتروکسین+حل کننده فسفات Phosphate solublizing+Nitroxin
4994.1^{b}	2.19^{ab}	45.52^{ab}	64.25^{ab}	20^{b}	51.01^{ab}	ورمی‌کمپوست+حل کننده فسفات Vermicompost+Phosphate solublizing
6730.5^{a}	2.37^{a}	47.80^{a}	66.05^{a}	24.33 ^{a}	49.75^{b}	نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ورمی‌کمپوست Nitroxin +Phosphate solublizing+Vermicompost
2149.4^{d}	0.97^{d}	17.10^{g}	38.55^{g}	101.33 ^{g}	33.08^{f}	شاهد (بدون کود زیستی یا شیمیایی) Control (Without Biofertilizer and fertilizer)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

* Means in each column, following the same letter (s) are not significantly different at the 5% level of probability.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که استفاده از ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی، به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه، تأثیر مثبتی داشت. با توجه به ضرورت تولید این قبیل گیاهان در نظام‌های زراعی از یک طرف و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده، به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار در تولید گیاهان دارویی مد نظر قرار گیرد.

منابع

1- Abd El-Gawad, A.M. 2008. Employment of bio-organic agriculture technology for *Zea mays* cultivation in some desert soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 553-565

2- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas Fluorescens* L. enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B; Biointerfaces 60: 7-11.

3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzeger, J.D., and Lee, S. 2005. Effect of vermicompost on growth and marketable fruits of field–grown tomato, peppers and strawberries. Bioresource Technology 47: 731-735.

4- Amirabadi, M., Seifi, M., Rejali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the concentration of macroelements in forage mays (*Zea mays* L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and Azotobacter chroococcum under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 4(1): 33-40.

5- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D. 2000. Arthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8: 215-223.

6- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)

7- Azzaz, N.A., Hassan, E., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3:579-587.

8- Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

9- Belde, M., Matteis, A., Sprengle, B., Albrecht, B., and Hurle, H. 2000. Long- term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. In: proceeding 20 German Conference on weed Biology and Weed Control 17: 291-301.

10- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer and biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 6-20. Thailand. 11pp.

11- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y., and Vanderleyden, J. 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils 36: 284–297.

12- Earanna, N. 2007. Response of *Stevia rebeudiana* of biofertilizers. Karnataka Journal of Agriculture and Science. 20(3):616-617.

13- Egamberdiyeva, D.D., Juraeva, S., Poberejskaya, O., Myachina, P., Teryuhova, L., Seydalieva, and Aliev, A. 2003. Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. 26th Southern Conservation Tillage Conference.

14- Egball, B. 2002. Soil properties as influence by phosphorus and nitrogen- based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128-135.

15- Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biology 10: 381-387.

16- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant-growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41: 109–117.

17- 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.

18- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorhiza and phosphorus application on artemisinin concenteration in *Artemisia annua* L. Mycoriza 17: 581-587.
19- Kartikeyan, B. C., Abdul Jaleel, G. M., Lakshmanan A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces 62: 143-145.
20- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.
21- Mahshawari, S.K., Sharmi, R.K., and Gangrade, S.K. 2000. Performance of isabgol or blond psyllium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizer in shallow black oil. Indiana Gournal of Agronomy 45: 443-446.
22- Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23- Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants (III). Astanghods Razavi Publisher, Mashhad, Iran. 283 pp. (In Persian)
24- Patten, C.L., and Glick, B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of the host plant root system. Applied Environmental Microbiology 68: 3795-3801.
25- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol Research 156:145- 149.
26- Sahin. F., Karaman, İ., Gulluce Oğutcu, M., Şengul, H., and Adıguzel, M. 2003. Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L. Journal of Ethnopharmacology 87: 61-65.
27- Sahu, S.N., and Gana, B.B. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecological Engineering Journal 15:27-39.
28- Sanchez, G.E., Carballo, G.C., and Romos, G.S. R. 2008.Influence of organic manures and biofertilizers on the Quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolota* L. Revista cubana de plants. Medicinales 13:12-15.
29- Sarig, S., Kapulnik, Y., Nur, I., and Okon, Y. 1984. Response of non-irrigated *Sorghum bicolor* to *Azospirillum* inoculation. Experimantal Agricalture. 20: 59-66.
30- Scott, M.A. 1988. The use of worm -digested animal wastes as a supplement to peat in leas composts for hardy nursery stocks. p. 221-229. In: Edwards, C.A., and Neuhayser, E. (eds.) Earthworm in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, Netherlands.
31- Shaalan, M.N. 2005 a. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Recearch 83:271.
32- Shaalan, M.N. 2005 b. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agriculture Research 83: 811-828.
33- Singer, W.J., Sally, S.D., and Meek, D.W. 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99: 80-87.
34- Thelan, S.K., Thakral, K.K., and Nandal, J.K. 2004. Effect of *Azotobacter* on plant growth and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare*). Haryana Journal of Horticulture Science 33: 277-288.
35- van Loon, L.C., Bakker, P., and Pieterse, C.M.J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Annual Review of Phytopathology 36: 453–483.
36- Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.
37- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571–586.
38- Walsh, U.F., Morrissey, J.P., and O'Gara, F. 2001. Pseudomonas for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. Current Opinion in Biotechnology 12: 289–295.
39- Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Tehran University Publisher, Tehran, Iran 894 pp. (In Persian)