تأثیر کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست غنی شده با کود شیمیایی و کود شیمیایی بر برخی شاخص‌های بیولوژیک کیفیت خاک در ریزوسفر ریحان (*Ocimum basilicum*)

حمید دهقان منشادی[۱*]، محمدعلی بهمنیار[۱]، سروش سالک گیلانی[۱] و امیر لکزیان[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۱۴)

چکیده

شاخص‌های بیولوژیکی به‌علت وابستگی به موجودات زنده خاک از ارکان کیفیت خاک محسوب می‌شوند. به منظور بررسی آثار کاربرد کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست غنی شده با کود شیمیایی و کود شیمیایی بر تغییرات کربن آلی، تنفس میکروبی، بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره‌آز خاک، در ریزوسفر گیاه دارویی ریحان، تحقیقی به‌صورت اسپلیت پلات با بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار در سال ۱۳۸۵ آغاز گردید. فاکتور اصلی در شش سطح کودی، ۲۰ و ۴۰ تن کمپوست غنی شده ، ۲۰ و ۴۰ تن ورمی‌کمپوست غنی شده در هکتار، کود شیمیایی و تیمار شاهد (بدون مصرف کود آلی و شیمیایی) و فاکتور فرعی نیز سال‌های کوددهی (دو (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، سه (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸) و چهار سال (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست در کلیه سطوح، باعث افزایش میزان کربن آلی خاک، تنفس میکروبی، بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره‌آز نسبت به تیمار شاهد شد ($P<0/05$)، اما روند افزایش در بین تیمارها مشابه نبود. بیشترین میزان کربن آلی، تنفس میکروبی، بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره‌آز در تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست غنی شده با چهار سال مصرف پیاپی مشاهده شد. در سطوح بالای مصرف کمپوست، روند کاهشی در فعالیت آنزیم اوره آز دیده شد.

واژه‌های کلیدی: کود شیمیایی، کودهای آلی، تنفس میکروبی خاک، بیوماس میکروبی، آنزیم اوره‌آز

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار و مربی علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشیار علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: dehghan63m@yahoo.com

مقدمه

در چند دهه اخیر مصرف کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب بروز مشکلات زیست محیطی، از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و تأثیر منفی بر خصوصیات بیولوژیک خاک‌ها گردیده است (۵ و ۳۶). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف کاهش در مصرف کودهای شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات می‌باشد. این کودهای زیستی با افزایش ماده آلی خاک، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده، هم‌چنین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و میکروارگانیسم‌ها را تأمین می‌نمایند (۳). مارینا‌ری و همکاران (۲۱) نیز دریافتند در پایان فرآیند تولید، کمپوست‌ها حاوی جمعیت زیادی از میکروارگانیسم‌ها هستند و بنابراین با مصرف کمپوست علاوه بر افزودن مواد آلی و عناصر غذایی در خاک، موجودات زنده نیز به خاک وارد می‌شوند. برخی از پارامترهای میکروبیولوژیک خاک از جمله بیوماس میکروبی، تنفس پایه و فعالیت آنزیمی به عنوان شاخص‌های بیولوژیک کیفیت خاک پیشنهاد شده‌اند (۱۵ و ۲۳)، زیرا به سادگی قابل اندازه گیری و حساس به تغییرات محیطی و مدیریتی خاک هستند. فعالیت‌های آنزیمی تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک قرار دارند و تا حد زیادی نشانگر فعالیت میکروبی خاک می‌باشند (۱۶).

تنفس خاک ناشی از تجزیه مواد آلی است (بقایای محصولات برداشت شده کشاورزی). این فعالیت بیولوژیک خاک متشکل از تعداد بیشماری از فعالیت‌های انفرادی است. تشکیل CO_2 آخرین مرحله معدنی شدن کربن می‌باشد (۸) و می‌تواند شاخص بسیار مناسبی از جمعیت میکروارگانیسم‌ها در خاک باشد. کاربرد اصلاح کننده‌ها در خاک غالباً تنفس میکروبی را تحریک می‌کند (۲۱). بیوماس خاک به عنوان یک عامل مهم در کنترل فعالیت کلی بیولوژیکی خاک مورد توجه است. بیوماس میکروبی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد زیرا از طرفی هم بیوماس میکروبی شاخصی از تغییر و تبدیل ماده آلی خاک است و هم منبع و مخزن عناصر مانند کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌باشد. در واقع بیوماس میکروبی مرکز و کانون اغلب فعالیت‌های بیولوژیک در خاک است (۹). بروکن و همکاران (۱۰) در مورد تأثیر تغییرات فصلی و کاربرد کمپوست بر تنفس و کربن بیوماس میکروبی خاک مطالعه‌ای انجام دادند و اظهار داشتند که با افزایش درجه حرارت و به‌کار بردن کمپوست میزان تنفس و کربن بیوماس میکروبی خاک افزایش می‌یابد. مارکوت و همکاران (۲۰) در بررسی کمپوست زباله شهری بر فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک نشان دادند که در سال اول مصرف کمپوست زباله شهری، فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک در هنگام خوشه‌دهی جو نسبت به سایر دوره‌ها و شاهد بیشتر بوده است. ضمناً بسیاری از مطالعات ثابت کرده‌اند که افزایش مقدار ماده آلی خاک در نتیجه کاربرد کودهای آلی می‌تواند دسترسی آلاینده‌ها و فلزات سنگین را کاهش دهد (۱۹ و ۳۶).

مصرف طولانی مدت کودهای شیمیایی می‌تواند جامعه میکروبی را تحت تأثیر قرار داده و در جهت کاهش فعالیت میکروبی گام بردارد (۱۲ و ۲۲). هرچند بعضی مطالعات نشان داده است که کودهای شیمیایی، میزان کربن و نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت میکروبی را در خاک افزایش می‌دهند (۱۷). تجادا و گونزالز (۳۴) بیان کردند که عموماً افزایش در کربن بیوماس میکروبی، به اثرات مثبت کودهای آلی (کمپوست) در خاک مربوط می‌شود. هم‌چنین مواد ساده و قابل دسترسی که کودهای آلی در اختیار قرار می‌دهند باعث تحریک فعالیت میکروبی و آنزیمی در خاک می‌گردد. با توجه به این که در سال‌های اخیر مصرف کودهای شیمیایی و آلی افزایش یافته و نقش آنها بر شاخص‌های کیفیت خاک کمتر بررسی شده است. بنابراین در این تحقیق، مطالعه آثار کودهای شیمیایی و تلفیق آنها با کودهای آلی بر میزان تغییرات کربن آلی، تنفس و بیوماس میکروبی و هم‌چنین فعالیت آنزیم اوره‌آز در خاک تحت کشت گیاه ریحان در شرایط مزرعه، صورت می‌پذیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۸۵ به‌صورت طرح اسپلیت پلات با بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. این مزرعه در عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و میانگین ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا واقع شده است. فاکتور اصلی در شش سطح کودی شامل کمپوست ۲۰ ($C_{20}F_{50}$) و ۴۰ ($C_{40}F_{50}$) تن، ورمی کمپوست ۲۰ ($V_{20}F_{50}$) و ۴۰ ($V_{40}F_{50}$) تن در هکتار غنی شده با ۵۰٪ کود شیمیایی، تیمار کود شیمیایی (F) و تیمار شاهد (بدون مصرف کودهای آلی و شیمیایی) به خاک اضافه گردید. کمپوست مورد استفاده، کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست از ۵۰٪ کود گاوی و ۵۰٪ تفاله چغندر، از کارخانه‌های اصفهان تهیه شد. کودهای شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق براساس آزمون خاک شامل ۱۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود که یک سوم کود اوره، تمام کود فسفر و نصف کود پتاس قبل از کاشت و نصف دیگر کود پتاسه و دو سوم کود اوره در دو مرحله به‌صورت کود سرک مصرف شد.

فاکتور فرعی سال‌های کوددهی، نیز در سه تیمار زمانی T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸) لحاظ گردید. قبل از اجرای طرح، از خاک مزرعه و هم‌چنین کمپوست و ورمی‌کمپوست مورد استفاده نمونه‌برداری و میزان هدایت الکتریکی (EC) و pH نمونه‌های خاک به‌ترتیب در گل اشباع و عصاره اشباع به‌وسیله روش‌های معمول (۲۵) و کربن آلی، هدایت الکتریکی و pH کودهای الی نیز به روش احیایی (۱) اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (۳۸)، نیتروژن کل خاک کودهای آلی به روش کجلدال (۳۸)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۲۸) و پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (۳۸) تعیین گردید (جدول ۱).

در مرحله رویشی گیاه ریحان (دو هفته بعد از کاشت) در سال ۱۳۸۸ از تمامی تیمارهای با کاربرد دو، سه و چهار ساله، به مقدار لازم از خاک اطراف سیستم ریشه‌ای از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری برداشت و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، حدود یک گرم از آن خاک برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز به روش طباطبایی (۳۳) مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور، ۵ گرم خاک با ۰/۲ میلی‌لیتر تولوئن تیمار شد و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی متیل آمینو متان pH=۹) و ۱ میلی‌لیتر اوره به‌عنوان سوبسترا، به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون گردید، آنگاه ۳۵ میلی‌لیتر محلول $KCl - Ag_2SO_4$ (۲/۵ مولار نسبت به KCl و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به Ag_2SO_4) به آن افزوده شد. سپس محلول به‌وسیله کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید. مقدار آمونیوم آزاد شده در محلول، به روش رنگ‌سنجی تعیین، و پس از کم کردن مقدار آمونیوم در تیمار شاهد، برحسب میلی‌گرم آمونیوم آزاد شده به ازای هر گرم خاک در دو ساعت انکوباسیون ($mgNH_4^+ - Ng^{-1}Soil2ha^{-1}$) گزارش شد. برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی، مقدار ۵۰ گرم خاک (۲ mm >) را به رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت زراعی رسانده و در مجاورت ۱۰ سی‌سی NaOH ۰/۲۵ نرمال در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در ظروف کاملاً بسته نگهداری شد.

میزان دی‌اکسید کربن حاصل از تنفس میکروبی، از طریق تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده تعیین و برحسب میلی‌گرم CO_2 آزاد شده بر کیلوگرم خاک بر ساعت محاسبه گردید (۷). برای اندازه‌گیری بیوماس میکروبی خاک از روش جنکینسون و پاولسون (۱۸) استفاده شد. کربن توده زنده میکروبی از اختلاف تنفس میکروبی بین خاک تدخین شده با کلروفرم و خاک تدخین نشده در طی ۱۰ روز انکوباسیون به‌دست آمد. کربن آلی کل با استفاده از بی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ اندازه‌گیری شد(۱۱). در پایان، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، مقایسه

جدول۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، کمپوست و ورمی کمپوست استفاده شده

	بافت خاک	کربن آلی	نیتروژن کل(TN)	pH	هدایت الکتریکیEC	فسفر قابل جذب	پتاسیم(K)
		(درصد)			(دسی زیمنس بر متر)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
خاک	سیلت لومی	۱/۹	۰/۱۶	۷/۸	۱/۸۴	۲۱/۸۷	۳۵۸/۷۸
کمپوست	–	۲۲/۶۳	۱/۵۱	۷/۴۱	۲/۵	۴۰۱۲/۳۵	۲۶۵۳/۲
ورمی کمپوست	–	۲۱	۱/۶۶	۷/۵	۳/۱	۵۳۶۰/۴۸	۱۱۷۰

میانگین داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P< ۰/۰۵$ محاسبه گردید.

نتایج و بحث

کربن آلی

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر اثرات معنی‌دار سطوح تیمارهای کودی مذکور و سال و اثر متقابل بین این دو فاکتور بر میزان کربن آلی خاک می‌باشد. بالاترین مقدار کربن آلی در تیمار $V_{۴۰}F_{۵۰}$ در سطح سوم ($T_۳$) (۳/۲۴٪) مشاهده شد. در کلیه تیمارهای دریافت‌کننده کود، مستقل از سطح و دفعات کاربرد، میزان کربن آلی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد ولی افزایش کربن آلی در تیمار کود شیمیایی کمتر بود (شکل ۱). هم‌چنین با افزایش دفعات کاربرد (سال‌های مصرف) و مقادیر کودهای زیستی در هر یک از سطوح، افزایش در کربن آلی خاک دیده شد (شکل ۱). الیویرا و همکاران (۲۷) و بروکن و همکاران (۱۰) نشان دادند که کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست، مقدار کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد. کمترین مقدار کربن آلی بعد از تیمار شاهد در تیمار کود شیمیایی دیده شد و سال‌های کاربرد کود شیمیایی نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان کربن آلی داشت (شکل ۱). به نظر می‌رسد که بخش کربن فعال موجود در کودهای آلی، پس از افزوده شدن به خاک تجزیه گردیده و هم‌چنین بخشی از کربن موجود در این کود به ذخایر کربن در خاک پیوسته و باعث افزایش سطح ماده آلی خاک شد (۲ و ۳۴).

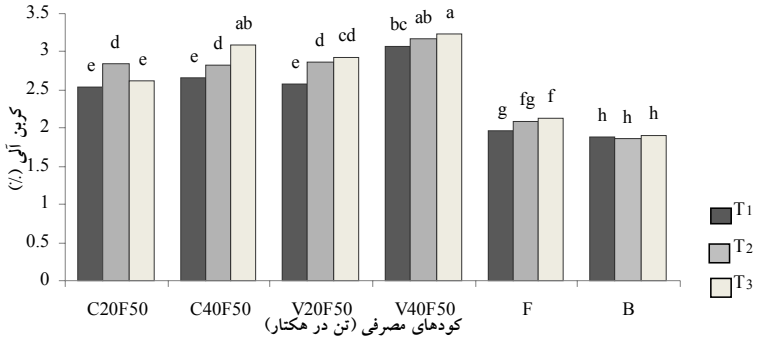
تنفس میکروبی خاک

تیمارهای کودی، سال‌های مصرف و اثر متقابل سال و کود در سطح پنج درصد بر میزان تنفس میکروبی خاک تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار تنفس میکروبی خاک به ترتیب در تیمار شاهد (۶/۱۲) و در تیمار $V_{۴۰}F_{۵۰}$ در چهار سال مصرف ($T_۴$) (۲۳/۸۹ میلی‌گرم کربن بر کیلوگرم خاک) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد افزودن کمپوست و ورمی‌کمپوست غنی شده با کود شیمیایی به خاک افزایش چشمگیر تنفس میکروبی به‌ترتیب، به میزان حدود ۲/۲۴ و ۳/۹ برابر را به همراه داشت. وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف حاکی از آن است که کیفیت ماده آلی اضافه شده به خاک، نقش بسیار مهمی در سرعت تجزیه و تنفس میکروبی دارد (۳۱). تیمارهای کود شیمیایی بعد از شاهد کمترین مقدار تنفس میکروبی را نشان دادند (جدول ۳). ژانگ و کای (۴۰) در مقایسه اثر کودهای آلی و شیمیایی دریافتند که کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی به‌طور مستقیم و به مقدار زیاد بر شاخص‌های میکروبی تأثیر دارند. بررسی آثار تجمعی کمپوست و ورمی‌کمپوست غنی شده روی تنفس میکروبی نشان داد که با افزایش سطح مصرف آنها از ۲۰ به ۴۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری بین دو سطح وجود دارد که این اختلاف در تیمارهای ورمی‌کمپوست غنی شده بیش از کمپوست غنی شده بود (جدول ۳). اختلاف در میزان تنفس میکروبی در بین تیمارها می‌تواند ناشی از میزان آلاینده‌های موجود در کمپوست و ورمی‌کمپوست و یا ناشی از میزان کربن آلی در آنها باشد (۱۳). هم‌چنین ورمی‌کمپوست‌ها دارای

جدول۲. تجزیه واریانس خصوصیات خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کربن آلی	تنفس میکروبی	بیوماس میکروبی	آنزیم اوره آز
کود مصرفی	۵	۲/۲۴**	۲۹۶/۳۱**	۸۸/۵۳**	۱۴۸/۹۹**
خطای a	۱۰	۰/۰۰۷	۴/۱۹	۰/۲۶۵	۰/۱۶۴
سال‌های مصرف	۲	۱/۱۹**	۲۹/۰۲**	۶۷/۱۹*	۲۳/۹۶**
اثر سال× کود مصرفی	۱۰	۰/۰۳**	۱۴/۴۱**	۵/۰۱**	۱۲/۰۳**
خطای b	۲۴	۰/۰۰۷	۱/۱۱	۰/۲۷۷	۰/۱۵۷

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار



شکل ۱. تأثیر سطوح و دفعات کاربرد کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر کربن آلی خاک (%)

*: ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)

$C_{20}F_{50}$: ۲۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $C_{40}F_{50}$: ۴۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{20}F_{50}$: ۲۰ تن ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{40}F_{50}$: ۴۰ تن ورمی کمپوست +۵۰ درصد کود شیمیایی در هکتار، F: کود شیمیایی و B: شاهد

آنزیم‌ها، هورمون‌های رشد و جمعیت میکروبی بالاتری می‌باشند، که نسبت به کمپوست‌ها برتری دارند (۲).

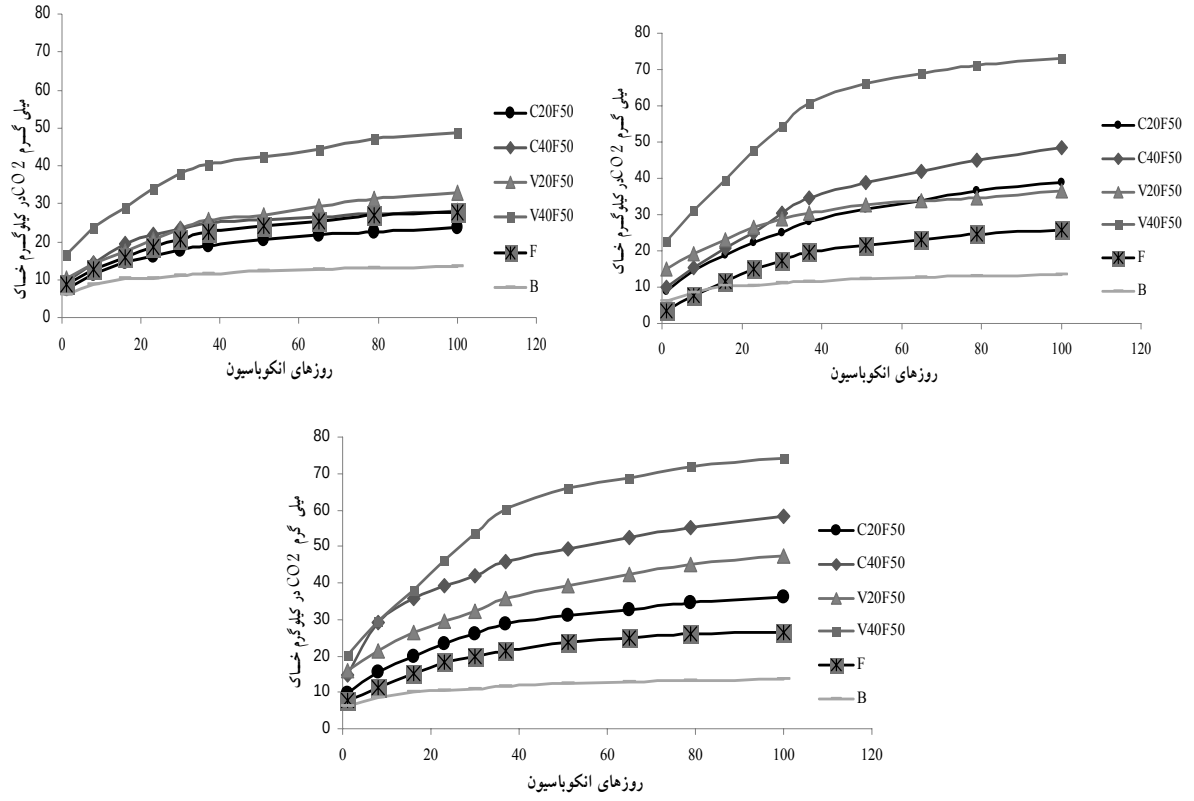
شکل ۲ اثر سطوح مختلف کمپوست و ورمی‌کمپوست بر روند تنفس میکروبی خاک را نشان می‌دهد. در ابتدا سرعت تولید CO_2 در خاک‌های تیمار شده بسیار سریع بود به‌طوری‌که حدوداً ۵۰٪ از کل کربن آزاد شده از این خاک‌ها طی ۲۰ روز اول متصاعد گردید. با گذشت زمان و در پایان دوره انکوباسیون میزان تنفس کاهش یافت که می‌تواند به علت کاهش میزان کربن آلی باشد که با مصرف میکروارگانیسم‌ها میزان آن در کودها کاهش می‌یابد (۲۶). بیشترین مقدار CO_2 آزاد شده در طول مدت ۱۰۰ روز انکوباسیون از خاک های تیمار شده در سه دوره T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب به میزان ۴۸/۷۸، ۷۳/۰۸ و ۷۴/۲۱ میلی‌گرم کربن بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد. افزایش مقدار تنفس میکروبی با افزایش سال کاربرد به علت آثار تجمعی این مواد اصلاح‌کننده و کودهای آلی در خاک با افزایش سال کاربرد است. تجدا و همکاران (۳۵) مطالعه‌ای انجام دادند که در آن به بررسی اثر سطوح کاربرد و دوره‌های کوددهی با ورمی‌کمپوست و کمپوست حاصل از چغندر بر

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های تنفس و بیوماس میکروبی در تیمارهای مختلف کودی

	تنفس میکروبی			بیوماس میکروبی		
تیمار	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
B	۶/۶۵^{h}	۶/۱۲^{h}	۶/۷۷^{h}	۶/۳۴^{j}	۶/۸۲^{j}	۶/۴۷^{j}
$C_{20}F_{50}$	۸/۳۵^{fg}	۱۰/۰۷^{ef}	۱۰/۲۲^{ef}	۱۰/۸۷^{gh}	۱۲/۲۵^{ef}	۱۵/۰۷^{c}
$C_{40}F_{50}$	۹/۳۵^{ef}	۱۱/۳۰^{e}	۱۳/۷۵^{d}	۱۱/۵۶^{fg}	۱۳/۵۷^{d}	۱۶/۹۸^{b}
$V_{20}F_{50}$	۱۰/۶۳^{e}	۱۴/۶۷^{cd}	۱۵/۹۵^{bc}	۱۰/۴۶^{hi}	۱۲/۹۱^{de}	۱۵/۵۵^{c}
$V_{40}F_{50}$	۱۴/۵۳^{cd}	۱۹/۸۳^{b}	۲۳/۸۹^{a}	۱۱/۶۶^{fg}	۱۴/۷۵^{c}	۱۸/۴۵^{a}
F	۹/۹۰^{ef}	۱۰/۴۱^{ef}	۱۲/۵۲^{de}	۹/۵۶^{i}	۱۰/۲۹^{hi}	۱۱/۱۵^{gh}

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)
$C_{20}F_{50}$: ۲۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $C_{40}F_{50}$: ۴۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{20}F_{50}$: ۲۰ تن ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{40}F_{50}$: ۴۰ تن ورمی کمپوست +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار، F: کود شیمیایی، B: شاهد



شکل ۲. اثر سطوح مختلف کمپوست و ورمی کمپوست بر روند تنفس میکروبی خاک (میلی‌گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک)

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)
$C_{20}F_{50}$: ۲۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $C_{40}F_{50}$: ۴۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{20}F_{50}$: ۲۰ تن ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{40}F_{50}$: ۴۰ تن ورمی کمپوست +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار، F: کود شیمیایی، B: شاهد

میزان تنفس خاک و هم‌چنین بر فعالیت آنزیمی پرداختند که نتایج آنها نیز نشان داد که که با افزایش سطوح و دوره‌های کوددهی، افزایش معنی‌داری در تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی نسبت به شاهد دیده شد.

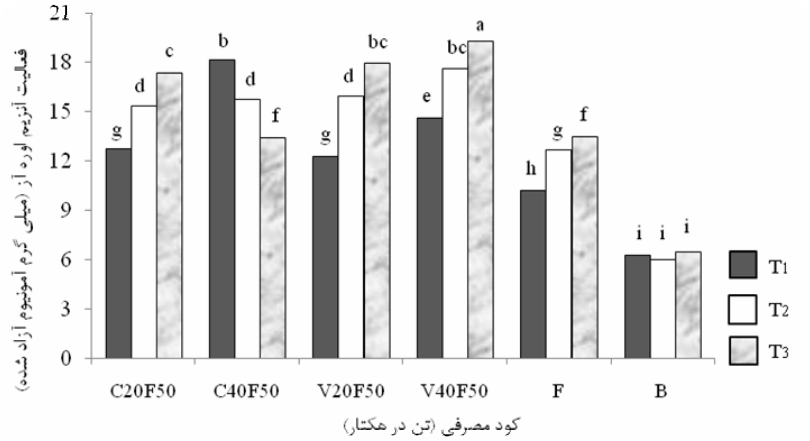
کربن بیوماس میکروبی

تیمارهای کودی و اثر متقابل سال و کود در سطح یک درصد و سال‌های کاربرد کود در سطح پنج درصد بر میزان کربن بیوماس میکروبی خاک تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار کربن بیوماس میکروبی خاک به ترتیب در تیمار شاهد (۶/۳۴) و در تیمار $V_{۴۰}F_{۵۰}$ در چهار سال کاربرد ($T_۳$) (۱۸/۴۵میلی‌گرم کربن بر کیلوگرم خاک) مشاهده شد (جدول ۳). لذا افزودن کمپوست و ورمی‌کمپوست به خاک افزایش چشمگیر کربن بیوماس میکروبی به میزان، ۲/۶۷ و ۲/۹۱ برابر را به همراه داشت. افزایش کربن بیوماس میکروبی در نتیجه کاربرد کودهای آلی بدلیل تأمین بستر مناسب برای میکروبیوتای خاک است که فعالیت آنها را تحریک می‌کند و باعث افزایش فعالیت آنزیمی خاک می‌شود (۱۴). ورمی‌کمپوست در اکثر تیمارها مقادیر بالاتری از کربن بیوماس میکروبی را نسبت به کمپوست تولید کرد. در همه تیمارها با افزایش سطوح از ۲۰ به ۴۰ تن، و هم‌چنین با افزایش سال‌های کاربرد از دو به چهار سال، میزان کربن بیوماس میکروبی روند افزایشی را داشت که برای مثال این میزان افزایش برای ۴۰ تن ورمی‌کمپوست غنی شده برابر ۵۸/۳۲ درصد بود (جدول ۳). زمان و همکاران (۳۹) نیز گزارش کردند که مقادیر بالاتر نیتروژن، کربن و کربن آلی محلول با مصرف کمپوست زباله شهری نقش مثبتی در افزایش کربن بیوماس میکروبی خاک دارد.

آنزیم اوره‌آز

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای کودی، سال‌های مصرف و اثر متقابل سال و کود بر میزان آنزیم اوره‌آز خاک تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است. کمترین و بیشترین مقدار فعالیت آنزیمی به ترتیب در تیمار شاهد (۶/۰۰) و تیمار $V_{۴۰}F_{۵۰}$ در سطح سوم($T_۳$) (۱۹/۳۳) برحسب میلی‌گرم آمونیوم آزاد شده مشاهده شد (شکل ۳). در تیمارهای کود شیمیایی نیز افزایش مشاهده شد ولی نسبت به بقیه تیمارها ناچیز بود (جدول ۳). پروسی و همکاران (۲۹) نشان دادند که پس از مصرف ۷۵ تن کمپوست زباله شهری در هکتار در خاک فعالیت آنزیم فسفودی استراز، آلکالین فسفو منواستراز، آریل سولفاتاز، دآمیناز، اوره‌آز و پروتئاز به طور معنی‌داری افزایش نشان داد و تحریک فعالیت آنزیمی سه ماه پس از مصرف کمپوست زباله شهری دیده شد. در مطالعه‌ای که ون جون و همکاران (۳۷) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تأثیر کودهای آلی روی میزان فعالیت آنزیم دهیدروژناز بیش از کودهای شیمیایی می‌باشد. در کلیه تیمارهای دریافت‌کننده کود، مستقل از سطح و دفعات کاربرد، فعالیت آنزیم اوره‌آز نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳). در میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز در مقادیر پایین مصرف کمپوست ($C_{۲۰}F_{۵۰}$) با افزایش دوره کاربرد، روند افزایشی و در مقادیر بالای مصرف کمپوست ($C_{۴۰}F_{۵۰}$)، روند کاهشی مشاهده شد (شکل ۳) که این میزان کاهش برای آنزیم اوره‌آز ۳۵/۳۶ درصد مشاهده شد که احتمالاً می‌تواند به‌دلیل وجود غلظت بالای فلزات سنگین و آلاینده‌های دیگر در مقادیر بالای کمپوست زباله شهری باشد که برای میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیم‌ها ممانعت ایجاد می‌کنند. ولی در تیمارهای ورمی‌کمپوست روند متفاوت بود و در کلیه سطوح روند افزایشی نشان داد (شکل ۳) که با مشاهدات آلبیج و همکاران (۶) مطابقت دارد.

ورمی‌کمپوست‌ها دارای آنزیم‌ها و هورمون های رشد می‌باشند، بنابراین نسبت به کمپوست‌های معمولی برترند که می‌تواند دلیلی بر روند افزایشی فعالیت آنزیمی در تیمارهای ورمی‌کمپوست باشد (۲). فعالیت آنزیم اوره‌آز در همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳) که می‌تواند به دلیل افزایش میزان ماده آلی خاک و وجود عناصر



شکل ۳. تأثیر سطوح و دفعات کاربرد کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز

*: ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

T_1 : دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)

$C_{20}F_{50}$: ۲۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $C_{40}F_{50}$: ۴۰ تن کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{20}F_{50}$: ۲۰ تن ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $V_{40}F_{50}$: ۴۰ تن ورمی کمپوست +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار، B: شاهد

جدول۴. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

	کربن آلی	تنفس میکروبی	بیوماس میکروبی	آنزیم اوره‌آز
کربن آلی	۱			
تنفس میکروبی	+۰/۸۱۷**	۱		
بیوماس میکروبی	+۰/۸۴۹**	+۰/۷۱۹**	۱	
آنزیم اوره‌آز	+۰/۸۱۸**	+۰/۶۵۲**	+۰/۸۳۹**	۱

* و**: به ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار (براساس آزمون دانکن) هستند.

تغذیه‌ای در آن باشد که موجب افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌ها گردیده است (۲۴ و ۳۰). بین همه فاکتورهای اندازه‌گیری شده، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد به‌دست آمد که می‌تواند به دلیل وابستگی جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها به مواد آلی و تغذیه‌ای باشد. بین همه صفات با کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی دیده شد که وابستگی فاکتورها را به کربن آلی خاک نشان می‌دهد. در بین فاکتورها بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار، بین مواد آلی و کربن بیوماس میکروبی (r=۰/۸۴۹) مشاهده شد (جدول ۴) که با نتایج محققین دیگر مشابهت داشت (۸ و ۳۹).

نتیجه‌گیری

کاربرد سطوح مختلف کمپوست و ورمی‌کمپوست غنی‌شده با کودهای شیمیایی به خاک، به مراتب بیش از کود شیمیایی موجب افزایش میزان کربن آلی، تنفس میکروبی، کربن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره‌آز شد. در اکثر پارامترها، بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده به تیمار

ورمی‌کمپوست غنی شده با بالاترین مقدار مصرف (۴۰ تن در هکتار) اختصاص داشت. هم‌چنین، با افزایش تعداد سال‌های کاربرد کود از ۲ به ۴ سال، مقدار اندازه‌گیری شده فعالیت آنزیم اوره‌آز، در مقادیر پایین مصرف کمپوست ($C_{۲۰}F_{۵۰}$) روند افزایشی و در مقادیر بالای مصرف کمپوست ($C_{۴۰}F_{۵۰}$) روند کاهشی نشان داد. ولی در کلیه تیمارهای ورمی‌کمپوست روند افزایشی مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد ورمی‌کمپوست غنی شده تأثیر بهتری نسبت به کمپوست و کودهای شیمیایی بر فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک دارد.

منابع مورد استفاده

۱. احیائی، م. ع. و ع. ا، بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۶. *شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک*. جلد دوم، نشریه شماره ۱۰۲۴، مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲. ریگی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی گلخانه‌ای تأثیر سه نوع ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و برنج. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۳. صالح راستین، ن. ۱۳۸۱. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در کشاورزی پایدار. تألیف و گردآوری برای تولید کودهای بیولوژیک در ایران. صفحات ۱-۵۴.

۴. گیلانی، س. س.، ف. نوربخش، م. افیونی و ی. رضایی‌نژاد. ۱۳۸۳. تأثیر افزودن لجن فاضلاب بر شدت نیریفیکاسیون و جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه ذرت. مجله آب و فاضلاب ۵۲:۲۰-۳۰.

5. ملکوتی، م. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. انتشارات معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی- وزارت کشاورزی، کرج.

6. Albiach, R., R. Canet, F. Pomares, and F. Ingelmo. 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. Bioresour. Technol. 77: 109-114.

7. Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Soil Microbiology and Biochemistry. Academic press., London.

8. Anderson, T. 2004. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. Agriculture, Ecosystems and Environ. 98: 285-293.

9. Azam, F., M. Yousaf, F. Hussain and K.A. Malik. 1989. Determination of biomass in some agricultural soils of Punjab, Pakistan. Plant Soil 113: 223-228.

10. Borken, W., A. Muhs and F. Beese. 2002. Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. Soil Biol. and Biochem. 34: 403–412.

11. Chapman, H. D. and P. F. Praff. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. University of California, Divi. Agric. Sci. 29: 142-149.

12. Chu, H.Y., X.G. Lin, F. Takeshi and S. Morimoto. 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. Soil Biol. and Biochem. 39: 2971–2976.

13. Deng, S.P. and M. A. Tabatabai. 1995. Cellulase activity of soils: effects of trace elements. Soil Biol. and Biochem. 27: 977-979.

14. Fierer, N., J.P. Schimel and P.A. Holden. 2003. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. Soil Biol. and Biochem. 35: 167–176.

15. Filip, Z. 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically related biological parameters. Agric. Ecosys. and Environ. 88 (2): 169–174.

16. Gianfreda, L. and J.M. Bollag. 1996. Influence of Soil Natural and Anthropogenic Factors on Enzyme Activity in Soil. Soil Biochemistry vol. 9. Marcel Dekker, New York.

17. Goyal, S., K. Chander, M.C. Mundra and K.K. Kapoor, 1999. Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. Biol. and Fertil of Soils 29: 196–200.

18. Jenkinson, D. S. and D. S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. Soil Biol and Biochem. 8: 209-213.
19. Madrid, F., R. Lopez and F. Cabrera. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. Agric. Ecosys. and Environ. 119: 249–256.
20. Marcote, I., T. Hernandez, C. Garcia, and A. Polo. 2001. Influence one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. Bioresour. Technol. 79: 147–154.
21. Marinari, S., G. Masciandaro, B. Ceccanti and S. Grego. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresour. Technol. 72: 9-17.
22. Marschner, P., E. Kandeler and B. Marschner. 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. Soil Biol. and Biochem. 35: 453–461.
23. Moreno, J.L., C. Garcia, L. Landi, L. Falchini, G. Pietramellara and P. Nannipieri. 2001. The ecological dose value (ed50) for assessing Cd toxicity on ATP content and dehydrogenase and urease activities of soil. Soil Biol. and Biochem. 33: 483–489.
24. Neble, S., V. Calvert, J.L. Petil and C. Steven. 2007. Dynamics of phosphatase activities in a cork oak litter (*Quercus suber* L.) following sewage sludge application. Soil Biol. and Biochem. 39: 2735–2742.
25. Nelson, D. W. and L. P. sommers, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In:* Page, A. L. (Ed.), Methods of Analysis. Amer. Soc. of Agron. 2: 539-579.
26. Nziguheba, G., R. Merckx and C.A. Palm. 2005. Carbon and nitrogen dynamics in a phosphorus-deficient soil amended with organic residues and fertilizers in western Kenya. Biol. and Fertil. Soils 41: 240–248.
27. Oliviera, F.C., M.E. Mattiazzo, C. R. Marciano and R. Rossetto. 2002. Organic carbon, electrical conductivity, pH and CEC changes in a Dystrophic Yellow Latisol, 2: 505-519.
28. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1990. Phosphorus. PP. 403-431. *In:* page A. L., Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed., Agron. Monoger, ASA, Madison, WI.
29. Perucci, P. 1990. Effect of the addition of municipal solid-waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. Biol. and Fertil. Soils. 10: 221–226.
30. Perucci, P. 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. Biol. and Fertil. Soils. 14: 54–60.
31. Schomberg, H.H. and J.L. Steiner. 1997. Estimating crop residue decomposition coefficients using substrate-induced respiration. Soil Biol. and Biochem. 29: 1089-1097.
32. Sharma, A.K. 2002. A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.
33. Tabatabai, M. A. 1982. Soil enzymes. PP: 539-579. *in:* A. C. page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
34. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Res. 91: 186–198.
35. Tejada, M., A.M. Garcia-Martinez and J. Parrado. 2009. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. Catena 77: 238–247.
36. Van Herwijnen, R., T.R. Hutchings, A. Al-Tabbaa, A.J. Moffat, M.L. Johns and S. K. Ouki. 2007. Remediation of metal contaminated soil with mineral-amended composts. Environ. Pollut. 150: 347–354
37. Wenjun, X., Z. Jianmin, W. Huoyan, C. Xiaoqin, L. Zhaohua, Y. Junbao and C. Xiaobing. 2009. Short-term effects of copper, cadmium and cypermethrin on dehydrogenase activity and microbial functional diversity in soils after long-term mineral or organic fertilization, Agriculture, Ecosys. and Environ. 129: 450–456.
38. Westerman, R.E.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed., SSSA, Madison, Wisconsin, SSSA.
39. Zaman, M., M. Matsushima, S. Chang, K. Inubushi, L. Nguyen, S. Goto, O.F. Kanek and T. Yoneyama. 2004. Nitrogen mineralization, N2O production and soil microbiological prosperities as affected by long-term application of sewage sludge composts. Biol. and Fertil. Soils 40: 101 – 109.
40. Zhong, W.H. and Z. C. Cai. 2007. Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. Appl. Soil Ecol. 36: 84–91.

Effect of Application of Compost and Vermicompost Enriched with Chemical Fertilizer and Manure on Some Biological Indicators of Soil Quality of Basil (*Ocimum basilicum*) Rhizosphere

H. Dehghan-Menshadi[1]*, M. A. Bahmanyar[1], S. Salek Gilani[1] and A. Lakzian[2]

(Received : Mar. 10-2011 ; Accepted : Nov. 4-2012)

Abstract

Biological indicators are considered soil quality elements, due to their dependence on soil organisms. In order to investigate The effect of compost and vermicompost enriched by chemical fertilizers and manure on soil organic carbon, microbial respiration, and enzymes activity in basil plant's rhizosphere, a field experiment was conducted as a split-plot design with randomized complete blocks and three replications in 2006. The main plot involved six levels of fertilizer including: 20 and 40 tons of compost enriched, 20 and 40 tons of vermicompost enriched per hectare, chemical fertilizer and control without fertilizer and sub-plot, and period of application (two, three and four years). The results showed that application of compost and vermicompost at all levels increased soil organic carbon (OC) and soil microbial respiration, microbial biomass and urease activity compared to the controls ($p<0.05$), but increasing trend among the treatments was not similar. The maximum amounts of OC, soil microbial respiration and enzyme activity were observed in 40 tons of vermicompost enriched with chemical fertilizer ha^{-1} with four years of application. In high levels of compost application, the urease activity was decreased.

Keywords: Chemical fertilizers, Organic fertilizers, Soil microbial respiration, Microbial biomass, Urease activity.

1. Former MSc. Student, Assoc. Prof. and Instructor of Soil Sci., Respectively, Sari Agric. and Natur. Resour. Univ., Sari, Iran.
2. Assoc. Prof. of Soil Sci., College of Agric., Ferdowsi Univ. of Mashhad, Mashhad, Iran.
*: Corresponding Author, Email: dehghan63m@yahoo.com