جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد
مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد ۲۵ / شماره ۱ / ۱۳۹۰

ارزیابی میزان فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی و تغییر بعضی خصوصیات شیمیایی در خاک تیمار شده با کمپوست و ورمی‌کمپوست تحت کشت ذرت

سیده رقیه احمدپور[۱]*، محمد علی بهمنیار، سروش سالک گیلانی و اکبر فرقانی
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ samaneh.ahmadpor@yahoo.com
دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ mabahmanyar@gmail.com
مربی دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری؛ soroosh1352@yahoo.com
استادیار دانشگاه گیلان؛ forghani@guilan.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی وضعیت برخی خصوصیات شیمیایی خاک و میزان فعالیت دو آنزیم اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در اثر کاربرد کودهای آلی تحقیقی در سال ۱۳۸۷ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی تیمار کودی (T_1= شاهد، T_2= کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره به ترتیب ۱۰۰، ۱۲۰، و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، T_3= کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T_4= ورمی‌کمپوست ۲۰ تن در هکتار ، T_5= کمپوست ۴۰ تن در هکتار، T_6= ورمی‌کمپوست ۴۰ تن در هکتار) و فاکتور فرعی سال کوددهی: یکسال کوددهی (سال ۸۵)، دو سال کوددهی (سال ۸۵ و ۸۶)، سه سال کوددهی (سال ۸۵ ، ۸۶ و ۸۷) بود. کود آلی و شیمیایی در زمان کاشت مصرف شدند و دو ماه پس از کاشت ذرت از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری از سطح خاک نمونه‌برداری صورت پذیرفت. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، میزان ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در خاک اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که با به کارگیری کمپوست زباله شهری و ورمی‌کمپوست میزان فعالیت آنزیم اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی افزایش یافت و با افزایش مقدار مصرف، فعالیت آنزیم‌ها تشدید یافت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز به ترتیب در تیمار ورمی-کمپوست ۴۰ تن در هکتار (۱۱۴/۰۰mgN-NH_3^+-g^{-1}. soil $2hr^{-1}$) و (۳۳۶۶/۶۷µgPNP. g^{-1}soil hr^{-1}) و کمترین میزان فعالیت در تیمار شاهد (۳۵/۷۹mgN-NH_3^+-g^{-1}. soil $2hr^{-1}$) و (۱۱۴۴/۹۰ µgPNP. g^{-1}soil hr^{-1}) مشاهده گردید. با افزایش سطوح و دفعات مصرف کودهای آلی بر میزان ماده آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب افزوده شده، و بیشترین میزان آنها در تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار که سه سال متوالی کود استفاده شده بود، مشاهده گردید. همچنین تفاوت معنی‌داری بین سالهای کوددهی از نظر فعالیت آنزیمی و خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری شده، مشاهده گردید، بیشترین فعالیت آنزیم ها و خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری شده در تیمارهای کودی که سه سال مستمر کود بکاررفته شد، مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: کمپوست زباله شهری، ورمی‌کمپوست، اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی

مقدمه

به علت افزایش مواد زائد روی کره زمین، انسانها به فکر چاره‌ای برای از بین بردن آنها می‌باشند. یکی از روشهای موثر خنثی نمودن اثرات نامطلوب زباله‌ها و دیگر بقایای گیاهی، تبدیل به کمپوست و استفادهٔ مجدد از آنها

---

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: ساری، ساختمان علوم خاک دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی

* دریافت: خرداد ۱۳۸۸ و پذیرش: آذر ۱۳۹۰

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

به عنوان کود آلی در زمین‌های کشاورزی است (طالب، ۱۳۷۲ و عمرانی، ۱۳۶۳). در دنیا از کودهای کمپوست به طور موفقیت‌آمیزی در تولید تعداد زیادی از محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. با عرضه این کود آلی علاوه بر ارتقاء شرایط فیزیکی و حاصلخیزی خاک، شرایط بیولوژیکی خاک نیز تأمین می‌گردد (اقبال، ۲۰۰۲و رابین و همکاران، ۲۰۰۱ و جیگلیوتی و همکاران، ۱۹۹۶). به هر حال اگر از زباله‌ها استفاده صحیح شود می‌توان تا حدی کمبود کودهای شیمیایی را در کشاورزی جبران نمود (زرین کفش، ۱۳۷۶).

ورمی‌کمپوست با بکارگیری کرم‌های کمپوستی متفاوتی تشکیل می‌شود که عمده‌ترین آنها ایسنیا فوتیدا[1] می‌باشد. مدفوع کرم با ترشحات مخاطی دیواره روده و میکروبها مخلوط می‌گردد، این ترشحات باعث افزایش ثبات و قوام مدفوع می‌شود که به عنوان ورمی کمپوست مورد استفاده قرار می‌گیرند. سطح مواد مغذی در ورمی-کمپوست نسبت به مواد اصلی مانند کمپوست که از روشهای دیگری بدست می‌آیند بالاتر خواهد بود. سهم ورمی‌کمپوست در تأمین عناصر کم مصرف گیاهان بیش از عناصر غذایی پر مصرف شامل NPK می‌باشد. جدای از این ویژگی خاصیت تحریک رشد گیاهان توسط ورمی-کمپوست، افزایش جذب مواد مغذی، رشد و تولید محصولات زراعی و باغی، متأثر از ترشحات کرمهای خاکی و دیگر میکروبهایی است که با مدفوع کرم ترکیب شده‌اند (علیخانی و ثوابقی، ۱۳۸۵).

رز و همکاران (۲۰۰۳) طبق آزمایشی در خاکهای مدیترانه‌ای، تأثیر دو نوع ماده آلی تازه و کمپوست را بر خصوصیات میکروبی خاک بررسی نمودند. نتایج حاصل از تحقیقات آنها نشان داد که خاک غنی شده با ماده آلی کمپوست نسبت به خاک شاهد و خاک غنی شده با ماده آلی تازه، در میزان تنفس پایه، بیومس میکروبی و فعالیت آنزیمی افزایش معنی‌داری نشان داد. این محققین افزایش فوق را بدلیل بالا رفتن فعالیتهای میکروبیولوژیکی خاک، افزایش در تعداد میکروارگانیسم‌ها و فعالیت میکروبی دانستند. نوربخش و همکاران (۱۳۸۰) اثر پودر یونجه را بر فعالیت آنزیم اوره‌آز مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که با ورود کربن آلی از طریق پودر یونجه، فعالیت اوره‌آز ۸۰/۸ درصد افزایش یافت. در ادامه همین تحقیق با بررسی خاکهای شنی و عاری از مواد آلی، فعالیت آنزیم اوره‌آز بسیار پایین گزارش شده است. زیرا تثبیت آنزیم اوره‌آز توسط رس یا ماده آلی وجود ندارد و احتمال اینکه کود اوره اضافه شده بدون هیدرولیز از بین برود زیاد است. فرقانی (۱۳۸۲) تأثیر ۴ نوع ماده آلی کود دامی، کمپوست شهری، برگهای گیاه *Glyricidia* و *Pongmia* به مدت ۹۰ روز در آزمایش گلدانی به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی را ۳۰ روز پس از آزمایش مشاهده نمود. این افزایش فعالیت را به دلیل منابع کربن قابل تجزیه سریع و افزایش فسفر و نیتروژن آلی قابل دسترس دانست. در تحقیقی دیگر افزایش کود سبز چغندر قند به نسبت ۱ : ۲ به خاک (۱ برابر کود سبز چغندر قند و ۲ برابر خاک) فعالیت آنزیم اوره‌آز و بتا گلوکسیداز به ترتیب به میزان ۹۵/۵ درصد و ۹۸/۴ درصد افزایش یافت. همچنین این محققین با ترکیب کمپوست چغندر با کمپوست کتان به این نتیجه رسیدند که فعالیت آنزیم اوره‌آز و پروتئاز به ترتیب ۹۸/۲ و ۸۶/۸ درصد افزایش یافت (تجدا و همکاران، ۲۰۰۷).

با اضافه نمودن ۱ : ۵ ورمی‌کمپوست به خاک (۱ برابر ورمی‌کمپوست و ۵ برابر خاک) فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و پروتئاز به طور معنی‌داری افزایش یافت (لیانگ و همکاران ۲۰۰۳) . ساها و همکاران (۲۰۰۸) اعلام نمودند که با اضافه کردن ۳ نوع کود آلی، فضولات دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست فعالیت فسفاتاز اسیدی افزایش یافت و افزایش فسفاتاز اسیدی در کاربرد کود ورمی-کمپوست بیشتر نشان داده شده است (ساها و همکاران، ۲۰۰۸). با افزایش کاه برنج، فضولات خوک، کاه برنج به همراه فضولات خوک میزان فعالیت فسفاتاز قلیایی به ترتیب ۲۱۹، ۲۸۱ و ۲۷۴ درصد افزایش یافته است (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳).

محققین اظهار داشتند که میزان فعالیت آنزیمی در ورمی‌کمپوست بیشتر از کمپوست می‌باشد (سابلر و همکاران، ۱۹۹۸). ورمی‌کمپوست‌ها دارای آنزیمها و هورمون‌های رشد می‌باشند، بنابراین نسبت به کمپوست‌های معمولی برتری دارند (ریگی، ۱۳۸۲). ورمی‌کمپوست حاوی مقادیر زیادی اسید هومیک می‌باشد (سن سی و همکاران، ۲۰۰۵ و ماسکیاندارو، ۱۹۹۷ و آتیه و همکاران، ۲۰۰۰). در آزمایش دیگری گزارش شده که میزان نیتروژن معدنی در کرت‌های آزمایشی ورمی-کمپوست‌دار بیشتر از کرت‌های شاهد بود و این بیانگر معدنی شدن مواد آلی در اثر افزایش فعالیت میکروبی است (کال و همکاران، ۱۹۹۲).

گزارشات متعددی در زمینه تأثیر مثبت انواع کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان وجود دارد. گزارش شده است که کمپوست تولید شده از کودهای دامی و

---

[1] *Eisenia Fotida*

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

بقایای گیاهی به مدت ۶ سال پس از مصرف عملکرد آفتابگردان را افزایش داده است (هویتینک، ۱۹۹۴). تأثیر سه تیمار شامل کمپوست حاصل از بقایای کشاورزی، بدون کمپوست و کود شیمیایی که ارزش تغذیه‌ای معادل کمپوست مصرفی را داشته است در یک تناوب شش ساله گندم، ذرت و چغندر قند نشان داد که تیمار کمپوست بهتر از بقیه تیمارها عمل کرده است (بالدنی، ۱۹۹۶).

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر سطوح و دفعات مختلف کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست و همچنین کود شیمیایی بر میزان مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در خاک تحت کشت ذرت می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض شمالی ´۱۳،°۵۳ و طول شرقی ´۴۲،°۳۶ صورت پذیرفت. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶ متر و دارای آب و هوای معتدل می‌باشد. خصوصیات خاک مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

این آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمار کودی اعمال شده و به صورت T_1= شاهد، T_2= کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره به ترتیب ۱۰۰، ۱۲۰، و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، T_3= کمپوست ۲۰ تن در هکتار، T_4= ورمی-کمپوست ۲۰ تن در هکتار ، T_5= کمپوست ۴۰ تن در هکتار، T_6= ورمی‌کمپوست ۴۰ تن در هکتار و فاکتور فرعی شامل سال کوددهی: یکسال کوددهی (سال ۸۵)، دو سال کوددهی (۸۵ و ۸۶)، سه سال کوددهی (۸۵، ۸۶ و ۸۷) اعمال گردید. اولین کوددهی در بهار سال ۸۵ به این صورت که تمام کرت ۴×۹ متری کود داده شد. در سال ۸۶ کرت‌ها به دو قسمت با ابعاد ۴×۶ و۴×۳ متر تقسیم شدند. برای دومین کوددهی فقط به کرت ۴×۶ متری کود داده شد و قسمت کوچکتر کودی دریافت نکرد. در سال ۸۷ کرت با ابعاد ۴×۶ متر به ۲ کرت با ابعاد ۴×۳ متر تقسیم شد و فقط به یکی از این کرتها کود داده شد. ویژگیهای کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست در جدول ۲ آمده است.

در سال ۸۷، ۶۰ روز پس از کوددهی و کاشت ذرت (کوددهی و کاشت در یک زمان) از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری انجام شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و هوا خشک شدن (به مدت یک هفته در محیط آزمایشگاه) نمونه‌های خاک به طور جداگانه کوبیده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. سپس فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی ابتدا به میزان یک گرم خاک توزین شد و سپس ۰/۲۵ میلی‌لیتر تولوئن و ۴ میلی‌لیتر بافر فسفات با (pH= ۱۱) و یک میلی‌لیتر از محلول سوبسترای پارانیتروفنل به آن افزوده شد و نمونه‌ها برای یک ساعت در دمای ۱±۳۷ درجه سانتیگراد در انکوباسیون قرار گرفتند. بعد از آن محلول به وسیله کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شد، ۴ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار و یک میلی‌لیتر کلرید کلسیم ۰/۵ مولار برای اتمام یافتن فعالیت انزیمی بدان افزوده شده و کاملاً تکان داده شد. نمونه‌ها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند و به صورت میکروگرم پارانیتروفنل بر گرم خاک خشک در یک ساعت انکوباسیون ($\mu gPNP.\ g^{-1}Soil\ hr^{-1}$) محاسبه گردید (طباطبائی و همکاران، ۱۹۶۹).

برای تعیین فعالیت آنزیم اوره‌آز ابتدا ۵ گرم خاک با ۰/۲ میلی‌لیتر محلول اوره تیمار شده، و پس از افزودن ۹ میلی‌لیتر بافر تریس (تریس هیدروکسی متیل آمینومتان pH= ۹)، به مدت دوساعت در دمای ۱±۳۷ درجه سانتیگراد انکوباسیون شده، 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. مقدار آمونیوم آزاد شده در سوسپانسیون موجود، به روش رنگ‌سنجی تعیین، و پس از کم کردن مقدار آمونیوم در تیمار شاهد، بر حسب میلی‌گرم آمونیوم آزاد شده به ازای هر گرم خاک در دو ساعت انکوباسیون ($mg\ N\text{-}NH_3^+\ g^{-1}\ soil\ 2ha^{-1}$) گزارش گردید (طباطبائی، ۱۹۸۲). لازم به یادآوری است که این واحد معمول‌ترین واحد گزارش فعالیت آمیدوهیدرولازها است (فرانکبرگرو همکاران، ۱۹۹۳). مقدار نیتروژن کل خاک بعد از هضم با استفاده از اسید سولفوریک و کاتالیزور، به روش کجلدال (جولیوس و همکاران، ۱۹۱۰)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران (۱۹۵۴) و ماده آلی خاک نیز به روش نلسون و سومنر (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم‌افزار SAS و MSTATC محاسبه گردید.

نتایج

فعالیت آنزیم اوره‌آز

سال کوددهی، تیمار کودی و همچنین اثر متقابل سال کوددهی × تیمار کودی در سطح ۰/۰۱ بر فعالیت آنزیم اوره‌آز معنی‌دار شد (جدول ۳). میزان فعالیت این آنزیم از تیمار شاهد تا تیمار T_6 یک روند افزایشی و معنی‌داری را طی نموده و حدود سه برابر گشته است (جدول ۴). کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده

می‌شود که برابر با ($۳۵/۷۹$ $mgN\text{-}NH_3^+g^{-1}.\ Soil\ 2hr^{-1}$) و بیشترین مقدار آن ($۱۱۴/۰۰$ $mgN\text{-}NH_3^+\text{-}g^{-1}.\ Soil\ 2hr^{-1}$) در تیماری که سه سال متوالی ۴۰ تن ورمی‌کمپوست دریافت نموده، بدست آمد. در تیمارهایی که فقط کود شیمیایی دریافت نمودند با افزایش مصرف کود شیمیایی در سالهای متوالی فعالیت آنزیم اوره‌آز کاهش یافته است (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزودن کود شیمیایی بدون ماده آلی مانع فعالیت آنزیم اوره‌آز گردید، به طوری که در تیماری که فقط یک بار کود شیمیایی دریافت نموده فعالیت آنزیم اوره‌آز افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهایی که دو و سه سال کود شیمیایی دریافت نمودند، نشان داد. در تیمارهای ۲۰ تن در هکتار از هر دو کود آلی که با افزایش سال کوددهی، فعالیت آنزیم اوره‌آز افزوده یافت. ولی در تیمار ۲۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار افزایش فعالیت اوره‌آز بیشتر بوده است. در تیمارهای ۴۰ تن کمپوست در هکتار که سه سال متوالی کود خورده و تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار دو و سه سال متوالی کودخورده، فعالیت آنزیم اوره‌آز تفاوت معنی‌داری نشان داد که افزایش آن بدلیل بالا بودن میزان نیتروژن کل و ماده آلی در این تیمارها نسبت به سایر تیمارها می‌باشد (جدول ۵).

فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی

فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی تحت تأثیر سال کوددهی و تیمار کودی قرار گرفت و همچنین اثر متقابل سال کوددهی و تیمار کودی بر میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی معنی‌دار شد (جدول ۳).

فعالیت این آنزیم در تیمار T_6 نسبت به تیمار شاهد بیشتر از سه برابرشده است. فعالیت این آنزیم از تیمار شاهد تا تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار روند افزایشی داشته و این روند در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشد. تعداد دفعات کوددهی به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی را تغییر داده، به طوری که بیشترین مقدار در تیمار سه سال کود خورده مشاهده شد (جدول ۴). کمترین مقدار فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در تیمار شاهد ($\mu gPNP.\ g^{-1}Soil\ hr^{-1}$) ($۱۱۴۴/۹۰$ $\mu gPNP.\ g^{-1}Soil\ hr^{-1}$) و بیشترین مقدار آن ($۳۶۱۶/۶۷$) در تیماری که سه سال متوالی ۴۰ تن ورمی-کمپوست دریافت نموده مشاهده گردید. در تیمار کود شیمیایی با افزایش سال کوددهی میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی کاهش معنی‌دار نشان داد. در سطح ۲۰ و ۴۰ تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار با افزایش سال کوددهی نیز افزایش معنی‌دار آنزیم فسفاتاز قلیایی مشاهده شد. با افزوده شدن میزان ماده آلی تیمارهای ورمی-کمپوست نسبت به تیمارهای کمپوست در هر دو سطح، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی نیز در تیمارهای ورمی-کمپوست بیشتر شد و به بیشترین میزان خود در تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار با مصرف سه سال متوالی رسیده است (جدول ۵).

ماده آلی

تیمار کودی و سال کوددهی بر میزان ماده آلی خاک تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ماده آلی خاک از تیمار شاهد تا تیمار T_6 افزایش معنی‌داری یافته و به جز تیمار کود شیمیایی که کود آلی دریافت نکرده، بقیه تیمارهایی که کمپوست و ورمی‌کمپوست دریافت نمودند از نظر ماده آلی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. افزایش دفعات کوددهی نیز باعث افزایش ماده آلی خاک گردید (جدول ۴). کمترین و بیشترین مقدار ماده آلی خاک ۱/۰۶ و ۷/۱۸ درصد به ترتیب در تیمار شاهد و در تیماری که سه سال متوالی ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار دریافت نمود، مشاهده گردید (جدول ۵). در هر سه سال کوددهی با کود شیمیایی ماده آلی خاک با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در تیمار ۲۰ تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار، با افزایش کوددهی، میزان ماده آلی نیز افزایش یافت، ولی فقط در تیمارهایی که سه سال متوالی ۲۰ تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار دریافت کرده بود ماده آلی خاک افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. چنین به نظر می‌رسد که با گذشت زمان کوددهی، بخش تجزیه‌پذیر کود آلی تجزیه شده و تنها بخش مقاوم به تجزیه باقی می‌ماند که این بخش قادر نبود اختلاف معنی‌داری بین تیمارهایی که یک یا دو سال ۲۰ تن کمپوست یا ورمی‌کمپوست در هکتار دریافت کرده‌اند، ایجاد نماید. تیمارهایی که ۲۰ تن در هکتار کمپوست و ورمی‌کمپوست دریافت نمودند در هر سه سال کوددهی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۵). در سطح ۴۰ تن کود آلی در هکتار که در سال اول و دوم، بین تیمارهای کمپوست و ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. اما در همین سطح در سال سوم کوددهی تفاوت معنی‌دار بین کود کمپوست و ورمی‌کمپوست مشاهده می‌شود. میزان ماده آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست به ترتیب در سطح ۴۰ تن در هکتار سه سال کودخورده به ترتیب ۵/۵۴ و ۷/۱۸ درصد بوده است (جدول ۵). در کوددهی بین سطوح ۲۰ و ۴۰ تن کمپوست و ورمی-کمپوست در هکتار اختلاف معنی‌دار مشاهده شده است. تجدید ذخایر ماده آلی خاک بوسیله کودهای آلی اضافه شده باعث حفظ اختلاف ماده آلی در بین تیمارهای ۲۰ و

۴۰ تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار شده است. در این تحقیق نیز بیشترین مقدار ماده آلی در تیمار ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار که سه بار کود خورده اندازه‌گیری شد (جدول ۵).

نیتروژن کل و فسفر قابل جذب

الگوی تأثیرپذیری نیتروژن مانند مواد آلی بوده است. در این بررسی تیمار کودی و سال کوددهی بر میزان نیتروژن کل تأثیر معنی‌داری داشته و همچنین اثر متقابل کود در سال کوددهی نیز اثر معنی‌داری بر میزان نیتروژن کل نشان داده شده است (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای اعمال شده نشان می‌دهد در میزان نیتروژن کل سایر تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. میزان نیتروژن کل در تیمار T_6 تقریباً دو برابر تیمار شاهد گردید. میزان نیتروژن کل به شدت تحت تأثیر سال کوددهی قرار گرفت، به طوری که با افزایش سال کوددهی میزان نیتروژن بطرز معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۴). کمترین مقدار نیتروژن (۰/۴۴ درصد) در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن ۰/۹۱ در تیماری که سه سال متوالی ۴۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار دریافت نمود مشاهده گردید (جدول ۵). به جز تیمار ۴۰ تن در هکتار کمپوست و ورمی‌کمپوست که سه سال متوالی کودخورده‌اند، بین سایر تیمارها با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در میزان نیتروژن کل وجود ندارد. به نظر می‌رسد پس از گذشت بیش از ۱ یا ۲ سال از آخرین کوددهی، بخش نیتروژن قابل معدنی شدن[1] خارج شده و یا به وسیله گیاه جذب و یا آبشویی گردیده است. یا میزان نیتروژن در تیمارهای ۲۰ تن در هکتار در هر دو کود آلی در هر سه بار کوددهی آنقدر نبوده که بتواند تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد بوجود آورد. در تیمارهای کود شیمیایی نیز میزان نیتروژن کل با تیمار شاهد معنی‌دار نبود. دلیل غیر معنی‌داری آن را با تیمار شاهد می‌توان شستشو و هدر رفت سریع کود اوره در طول آبیاری مزرعه و ریزش باران در ۶۰ روز پس از کوددهی دانست (جدول ۵). در اینجا نیز افزایش میزان نیتروژن کل را در تیمارهای ورمی-کمپوست مشاهده می‌کنیم، ولی این افزایش در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار نبوده است.

میزان فسفر قابل جذب خاک نیز تحت تأثیر سال کودی و نوع تیمار کودی قرار گرفت که هر دو مورد اثر معنی‌داری بر میزان فسفر قابل جذب در خاک داشته‌اند (جدول ۳). میزان فسفر قابل جذب خاک با کودهای آلی مصرفی افزایش یافته، به طوری که بین تیمار شاهد تا تیمار T_6 افزایش معنی‌داری مشاهده گردید. میزان فسفر قابل جذب خاک تحت تأثیر سال کوددهی قرار گرفته، به طوری که با افزایش سال کوددهی میزان فسفر قابل جذب بطرز معنی‌داری افزایش یافته است، ولی بین سال دوم و سوم کوددهی تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۴). کمترین مقدار فسفر (۲۹/۸۵ میلی‌گرم در گیلوگرم خاک) در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن (۷۰/۲۶ میلی‌گرم در گیلوگرم خاک) در تیماری که سه سال متوالی ۴۰ تن در هکتار ورمی-کمپوست مصرف شد، مشاهده گردید. در هر سه سال کوددهی در هر سطح کودی تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد مشاهده شده است. در همه تیمارها اعم از کود آلی و شیمیایی افزایش میزان فسفر قابل جذب با افزایش سال کوددهی مشاهده می‌شود. بیشترین میزان فسفر قابل جذب در تیمار ورمی‌کمپوست سه بار کود خورده مشاهده می‌شود. میزان عناصر غذایی موجود در ورمی‌کمپوست اغلب بیشتر از کمپوست می‌باشد.

همبستگی شاخص‌های مورد مطالعه

عملکرد گیاه ذرت با فعالیت آنزیم اوره‌آز ، فسفاتاز قلیایی، ماده آلی، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب همبستگی مثبت و معنی داری (به ترتیب r=۰/۵۳، r=۰/۶۹، r=۰/۴۷، r=۰/۸۲ و r=۰/۶۳) در سطح ۰/۰۱ درصد نشان داده است. همبستگی مثبت عملکرد گیاه ذرت با ماده آلی نشاندهنده این است که با افزایش ماده آلی میزان عناصر غذایی نظیر نیتروژن و فسفر در خاک فزونی یافته (جدول ۴) و موجب افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، افزایش فعالیت زیستی و بالا رفتن فعالیت آنزیمی گردید (جدول ۶). لذا کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست موجب افزایش محصول دانه و رشد گیاه ذرت گردید (مامو و همکاران ۱۹۹۹، و متهان، ۲۰۰۰).

هریسون (۱۹۸۷) در تحقیقات خود گزارش نمود که فراهمی عناصر غذایی فسفر و نیتروژن از شکل آلی به شکل معدنی، جذب آنها را برای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌نماید و با در دسترس بودن عناصر غذایی در خاک برای گیاه ذرت، افزایش عملکرد این گیاه را به همراه خواهد داشت. لذا در مطالعه حاضر، با توجه به افزایش فعالیت آنزیمی در تیمارهایی که کود آلی دریافت نمودند، میزان کربن قابل تجزیه افزایش یافته و شرایط برای افزایش جمعیت میکروبی فراهم شد و این جمعیت سطح بالاتری از فعالیت آنزیم اوره‌آز را ایجاد کرده است. ضمناً بین شاخص‌های ماده آلی و فعالیت آنزیم اوره‌آز همبستگی معنی داری ملاحظه گردید (جدول ۵). حضور کربن آلی بیشتر در خاک، علاوه بر آن که امکان فعالیت میکروب‌ها را در خاک فراهم می‌کند، جذب

[1]. Mineralizable Nitrogen

ملکول‌های آنزیم را روی سطح کلوئیدهای آلی فراهم و باعث می‌شود که ملکول‌های آنزیم به صورت برون سلولی به فعالیت خود ادامه دهند. حضور مولکولهای آنزیم روی سطح کلوئیدهای آلی باعث تداوم تأثیر و حفاظت آنها در مقابل صدمات ناشی از فعالیت پروتئازهای خاک می‌شود (نانی‌پیری و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین بین فعالیت آنزیمی اوره‌آز و شاخص‌های شیمیایی، عملکرد گیاه ذرت و فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. ارتباط خطی که بین فعالیت آنزیمی و ماده آلی وجود دارد حاکی از آن است که با افزایش مواد آلی، جمعیت میکروبی در خاک افزایش و متقابلاً سنتز این آنزیم نیز افزایش یافته است.

وجود ارتباط بالا و معنی‌دار بین آنزیم فسفاتاز قلیایی با ماده آلی (r= ۰/۶۲) مکانیسم‌های عنوان شده در آنزیم اوره‌آز را تقویت می‌نماید. همچنین آنزیم فسفاتاز قلیایی با شاخص‌های دیگر شیمیایی نظیر نیتروژن کل و فسفر قابل جذب همبستگی معنی‌داری (به ترتیب برابر با r=۰/۷۳ و r=۰/۵۶) در سطح ۰/۰۱ نشان داد. حضور ترکیبات آلی بیشتر در خاک منجربه افزایش مقدار ترکیبات استری فسفات و در نتیجه، باعث القای تولید آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک می‌شود (طباطبائی، ۲۰۰۳). باید توجه داشت که ماده آلی مقدار زیادی از بستر مورد نیاز آنزیم فسفاتاز قلیایی را دارا می‌باشد (هالمجکو و همکاران، ۱۹۸۴).

رفتارهای مشابه این دو آنزیم مورد مطالعه، حکایت از آن دارد که عوامل کنترل کننده این آنزیم‌ها در خاک مشابه می‌باشند. از آنجا که آنزیم‌های فوق هر یک مسئول انجام فرآیند هیدرولیز آنزیمی بخشی از ترکیبات آلی هستند افزایش هر کدام از آنها حاکی از آن است که جمعیت میکروبی خاک با دریافت کود آلی از سطح فعالیت بالاتری برخوردار شده و امکان سنتز مقادیر بیشتر آنزیم‌های فوق فرآهم آمده است. چنین به نظر می‌رسد که کود آلی تنوع عملکرد زیستی خاک را افزایش داده است و این افزایش در هیدرولیز آنزیمی ترکیبات آلی در دو چرخه نیتروژن و فسفر به خوبی رویت گردید (حجتی و همکاران ۱۳۸۵).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزودن کمپوست و ورمی‌کمپوست به عنوان کود آلی باعث افزایش عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی گشته است و این روند با افزایش سطوح و دفعات کوددهی فزونی یافت. به طوری که در سطوح ۴۰ تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار بیشترین میزان عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی مشاهده گردید. لی فید و همکاران (۲۰۰۲)، گزارش نمودند با افزایش کمپوست به زمین کشاورزی میزان کربن آلی و نیتروژن افزایش می‌یابد. ودرحالی که دومینگوئز و همکاران (۱۹۹۷)، گزارش نمودند که ترکیبات موجود در ورمی-کمپوست ۴۰ تا ۶۰ درصد بیش از کمپوست است (دومینگوئز و همکاران، ۱۹۹۷). کاربرد این کودهای آلی، افزایش ماده آلی خاک را همراه داشته و موجب بهبود افزایش فعالیت آنزیمی گردیده است. فرقانی (۱۳۸۲) با افزودن ماده آلی به خاک مشاهده نمود که فعالیت فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز در خاک‌هایی که ماده آلی بالاتری دارند افزوده شده و دلیل آن را به افزایش سوبسترای مورد نیاز این آنزیم بیان نمود.

در تیماری که یک یا دو سال از آخرین زمان مصرف کود آلی گذشته، بدلیل وجود آثار باقیمانده مواد آلی ضمن بالا بردن مقدار ماده آلی خاک، میزان نیتروژن کل و فسفر قابل جذب نیز افزایش یافته و بعلاوه فعالیت آنزیمی نیز تحت تأثیر قرار گرفت. تأثیر سطوح کودی متفاوت بر ویژگی‌های مورد بررسی، بخوبی بیانگر این مطلب است که در سطوح مختلف کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست اثرات متفاوتی از خود بر جای گذاشته‌اند. به بیان دیگر عامل سطح و دفعات کوددهی بخوبی توانسته است تمایز ایجاد شده در شاخص‌های اندازه‌گیری شده را منعکس کند. همچنین ورمی‌کمپوست اثر مثبت بالاتری نسبت به کمپوست در خاک داشته و علاوه بر بالا بردن فعالیت آنزیمی خاک، عملکرد را افزایش داده است.

محققین نیز نشان دادند که میزان اسید هومیک و کربن آلی در ورمی‌کمپوست بیشتر از کمپوست می‌باشد (سن سی و همکاران، ۲۰۰۵، ماسکیاندارو و همکاران، ۱۹۹۷ و آتیه و همکاران، ۲۰۰۰). و همچنین گزارش شده که میزان فسفر در کمپوست ۰/۳۵ می‌باشد، در مقابل میزان فسفر در ورمی‌کمپوست به ۰/۴۷ افزایش یافته است (علیخانی و ثوابقی، ۱۳۸۵).

ضمناً با توجه به نتایج آنالیز کودهای آلی و خاک منطقه به خاطر پایین بودن عناصر سنگین در خاک، کمپوست و ورمی‌کمپوست و همچنین pH قلیایی خاک منطقه مورد مطالعه، تأثیر سویی ناشی از عناصر سنگین بر فعالیت آنزیمی مشاهده نشد. دیگر نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از کودهای آلی کمپوست و ورمی‌کمپوست فعالیت آنزیمی خاک را بیشتر از تیمارهای کود شیمیایی افزایش می‌دهد (جدول ۵).

لذا افزودن این کودهای آلی در خاک این منطقه نه تنها باعث کاهش کیفیت خاک نگردیده، بلکه فعالیت آنزیمی که یکی از مهمترین شاخص‌های سلامت و کیفیت

خاک است را افزایش داده است. با توجه به این نتایج می‌توان بیان نمود که کود آلی ورمی‌کمپوست اثر بهتری بر خاک نهاده و افزایش سال کوددهی باعث بهبود سلامت و کیفیت خاک گردیده است. برخلاف اینکه بعضی کودهای آلی دارای آلودگی‌هایی هستند که خاک را دچار آن نموده و میکروارگانیسم‌های خاک از بین می‌برند. ولی در آزمایش فوق به این نتایج رسیدیم که این دو نوع کود آلی و تعداد دفعات کوددهی نه تنها کیفیت خاک را از بین نبرده بلکه ماده آلی، عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی خاک را افزوده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک قبل از آزمایش

عمق سانتیمتر	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسید یته	بافت	مواد آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	نسبت C/N	فسفر	پتاسیم	منگنز	مس	روی	آهن	کروم	نیکل	کادمیوم	سرب
							قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)									
۲۰-۰	۱/۱۷	۷/۵۲	رسی سیلتی	۱/۶	۰/۱۵	۹/۵۷	۸/۷۸	۲۰۹/۷۴	۰/۳	۵	۱	۵۸	۰/۰۱	۲/۴	۰/۰۷۴	۲/۷۹

جدول۲- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

خصوصیات	واحد	کمپوست	ورمی‌کمپوست
pH	-	۸/۳	۷/۴
EC	$dS.m^{-1}$	۲/۵	۳/۲
کربن آلی	درصد	۱۱/۳	۱۳/۰
نیتروژن کل	درصد	۱/۲	۱/۵
نسبت C/N	-	۹/۵	۸/۷
فسفر قابل جذب	mg/kg Soil	۳۷۰۰	۳۹۸۴
پتاسیم قابل جذب	"	۴۵۶۷	۴۹۸۷
کلسیم محلول	meq/lit	۱۹/۰	۲۱/۰
منیزیم محلول	meq/lit	۹/۰	۱۲/۰
آهن قابل جذب	mg/kg Soil	۲۱۷/۹	۱۵۲/۴
روی "	"	۱۷۰/۵	۱۷۳/۰
مس "	"	۱۷/۰	۲۲/۱
منگنز "	"	۳۵/۷	۳۲/۳
کادمیوم "	"	۰/۴	۰/۱
سرب "	"	۷/۳	۰/۸
کروم "	"	۱/۱	۵/۰
نیکل "	"	۳/۸	۰/۷

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه

	اوره‌آز $mgN\text{-}NH_3^+\text{-}g^{-1}.\ Soil\ 2hr^{-1}$	فسفاتاز قلیایی $\mu gPNP.\ g^{-1}Soil\ h^{-1}$	ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب mg/Kg
تیمار					
T_1	۳۵/۷۹c	۱۱۴۴/۹۰d	۱/۰۶d	۰/۴۴d	۲۹/۸۵d
T_2	۳۸/۹۵c	۱۵۷۰/۰۰c	۱/۲۱d	۰/۵۸c	۵۳/۲۵c
T_3	۵۵/۶۷b	۱۸۸۶/۷۰bc	۱/۶۸c	۰/۵۸c	۵۳/۴۰c
T_4	۶۲/۷۸b	۲۲۱۴/۴۰b	۲/۰۳c	۰/۶۱c	۶۳/۸۲b
T_5	۹۴/۳۴a	۲۵۹۲/۲۰a	۳/۶۵b	۰/۷۲b	۶۵/۴۳ab
T_6	۱۰۱/۴۹a	۲۹۵۱/۲۰a	۴/۸۳a	۰/۷۹a	۷۰/۲۶a
سال کوددهی					
Y_1	۵۶/۴۸c	۱۵۳۲/۰۰b	۱/۶۵b	۰/۵۴c	۵۲/۹۲b
Y_2	۶۶/۶۹b	۲۱۴۰/۸۰ab	۲/۰۲b	۰/۵۸b	۵۵/۰۸ab
Y_3	۷۱/۳۴a	۲۵۰۶/۹۰a	۳/۵۶a	۰/۷۴a	۵۹/۱۰a

**، * و ns به ترتیب معنی بودن در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌داری.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در تیمارهای مختلف کودی و سالهای متفاوت مصرف

منابع تغییرات	df	اوره‌آز	فسفاتاز قلیایی	میانگین مربعات		
				ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب
تکرار	۲	۵۴ ۲/ ۶۸۰*	۳۸۰۸۵۴/۵۸۰	۰/۲۱۰	۰/۰۰۵*	۲۲۵/۱۷۰**
سال کوددهی	۲	۱۰۴۱/۰۶۰**	۴۳۶۵۲۴۹/۱۳۰**	۱۸/۴۸۰**	۰/۲۱۰**	۲۳۶/۸۲۰**
خطا	۴	۱۶/۹۶۰	۵۲۳۲۵۸/۹۱۰*	۰/۲۹۰	۰/۰۰۲*	۳۸/۹۸۰
کود	۵	۶۸۶۸/۷۱۰**	۳۹۷۶۱۳۴/۰۷۰**	۲۰/۳۴۰ **	۰/۱۵۰**	/۶۷۰** ۱۸۹۲
کود × سال کوددهی	۱۰	۳۵۶/۹۸۰**	۵۵۲۹۱۷/۶۷۰**	۲/۱۰۰ **	۰/۰۲۰**	۵۳/۶۰۰
خطا کل	۳۰	۷/۷۲۰	۳۸۵/۰۷۰	۰/۴۶۰	۰/۰۴۰	۶/۰۲۰
%CV	–	۱۱/۹۰۰	۱۸/۷۰۰	۱۹/۰۸۰	۶/۱۳۰	۱۰/۰۸۰

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

T_1 تا T_6 در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شد.

Y_1: یک سال کوددهی Y_2: دو سال کوددهی Y_3:سه سال کوددهی

جدول ۵- اثر متقابل کمپوست و ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات شیمیایی و فعالیت آنزیمی

تیمار کودی	اوره‌آز $mg\ N\text{-}NH_3^+.\ g^{-1}Soil\ 2hr^{-1}$	فسفاتاز قلیایی $\mu gPNP.\ g^{-1}Soil\ hr^{-1}$	درصد ماده آلی	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (mg/Kg)
T_1	۳۵/۷۹hi	۱۱۴۴/۹۰m	۱/۰۶e	۰/۴۴c	۲۹/۸۵k
T_2-1	۴۵/۰۰g	۱۶۵۶/۶۷i	۱/۰۲e	۰/۴۸bc	۶۸/۲۰bc
T_2-2	۳۹/۵۰h	۱۴۹۶/۶۷k	۱/۲۱e	۰/۵۱bc	۵۶/۳۴gh
T_2-3	۳۲/۳۴i	۱۵۵۶/۶۷i	۱/۳۲e	۰/۷۴abc	۷۱/۷۴b
T_3-1	۴۸/۸۴g	۱۰۶۳/۳۴n	۱/۰۴e	۰/۴۸bc	۴۸/۵۰j
T_3-2	۵۵/۱۷f	۲۰۵۰/۰۰g	۱/۳۴e	۰/۴۹bc	۵۲/۵۰hij
T_3-3	۶۳/۰۰e	۲۵۴۶/۶۷e	۲/۶۷d	۰/۷۵abc	۵۸/۷۴fg

T_4-1	۵۶/۵۰f	۱۳۵۰/۳۴l	۱/۰۷e	۰/۵۰bc	۵۰/۵۷ij
T_4-2	۶۲/۳۴e	۲۳۷۶/۶۷f	۱/۴۷e	۰/۵۴ abc	۶۳/۲۷de
T_4-3	۶۹/۵۰d	۲۹۳۳/۳۴c	۳/۵۶cd	۰/۷۹abc	۵۴/۷۷ghi
T_5-1	۷۴/۰۰cd	۱۶۹۳/۳۴i	۲/۶۴d	۰/۶۳ abc	۶۰/۶۴ef
T_5-2	۹۵/۳۴b	۲۷۶۰/۰۰d	۲/۷۷d	۰/۶۸abc	۶۳/۲۷de
T_5-3	۱۱۳/۶۷a	۳۳۲۳/۳۴b	۵/۵۴b	۰/۸۵ab	۶۷/۵۴bcd
T_6-1	۷۸/۰۰c	۱۹۴۲/۰۰h	۳/۱۶cd	۰/۷۲abc	۶۴/۶۷cde
T_6-2	۱۱۲/۴۷a	۲۹۶۱/۶۷c	۴/۱۳c	۰/۷۵abc	۶۹/۳۷b
T_6-3	۱۱۴/۰۰a	۳۶۱۶/۶۷a	۷/۱۸a	۰/۹۱a	۷۶/۷۴a

*- میانگین‌هایی که در یک ستون حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح ۰/۰۵ آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

T_1 تا T_6 در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده شد.

۱: یک سال کود خورده ۲: دو سال متوالی کود خورده ۳: سه سال متوالی کود خورده

جدول ۶- روابط همبستگی شاخص‌های مورد مطالعه

ردیف	شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	فعالیت اوره‌آز	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	فعالیت فسفاتاز قلیایی	۰/۷۹**	۱	۱	۱	۱	۱
۳	ماده آلی	۰/۶۸**	۰/۶۲**	۱	۱	۱	۱
۴	درصد نیتروژن کل	۰/۷۴**	۰/۷۳**	۰/۷۱**	۱	۱	۱
۵	فسفر قابل جذب	۰/۵۳**	۰/۵۶**	۰/۵۲**	۰/۶۹**	۱	۱
۶	عملکرد	۰/۵۳**	۰/۶۹**	۰/۴۷**	۰/۸۲**	۰/۶۳**	۱

**-نشان‌دهنده معنی‌دار شدن در سطح ۰/۰۱ می‌باشد.

فهرست منابع:

۱. حجتی، س.، ف. نوربخش و ک. خاوازی. ۱۳۸۵. تأثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک، فعالیت آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰، شماره ۱.ص ۹۳-۸۴.

۲. ریگی، م. ۱۳۸۲. ارزیابی گلخانه‌ای تأثیر سه نوع ورمی‌کمپوست و نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و برنج. پایان-نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز. ۱۵۹ صفحه.

۳. زرین کفش، م. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک و تولید. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۴. طالب، ن. ۱۳۷۲. شناخت و بررسی فرآیندهای کمپوست. دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

۵. طالب، ن. ۱۳۷۲. بهینه سازی فرآیند تخمیر در کمپوست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران مهندسی محیط زیست. دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۳۰ صفحه.

۶. علیخانی، ح.ع.، ثوابقی.، غ. ر. ۱۳۸۵. تولید ورمی‌کمپوست برای کشاورزی پایدار. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی. ۲۶۷ صفحه.

۷. عمرانی، ق.، ۱۳۶۳. دفن بهداشتی زباله. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۸. فرقانی، الف. ۱۳۸۲. مطالعه تغییرات بیوشیمیایی و خصوصیات هومیک و فولویک اسید خاکهای مختلف تیمار شده با مواد آلی مختلف. هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ص ۱۵. رشت ۱۲-۹ شهریور.

۹. نوربخش، ف.، ش. حاج رسولیها و گ. امتیازی. ۱۳۸۰. تأثیر برخی از ویژگیهای خاک بر فعالیت آنزیم اوره‌آز در شماری از خاکهای استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۵ (۳): ۹۵-۱۰۶.

10. Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., Metzger, J. D. 2000. Influence of earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. J.

84: 7-14.
11. Baldoni, g., 1996. The influence of compost and sewage sludge on agriculture crops In: De Bertoldi et al. (Edits). The Science of Composting. Blackie Press, London. Pp: 430-438.
12. Dominguez, J., Edvards C. A. and Suber, S. 1997. Effects of sewage sludge application method on corn production. Commun. Soil Scince. Plant Anal. J. 23: 1705-1715.
13. Eghball, B., 2002. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen-based manure and compost application: Corn production and soil phosphorus. Soil Science. J. 63 : 895-901.
14. Frankenberger, Jr., W. T. and Dick, W. A . 1993. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. Soil Science Society of America Journal. J. 47: 945-951.
15. Gigliotti, G., D. Businelli, P. L. Giusquiani. 1996. Trace metals uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost amended soil. Agriculture, Ecosystems and Environment. J. 58 : 199-206.
16. Halemejko, G. Z., and Chrost, R. J. 1984. The roles of phosphatases in phosphorus mineralization during decomposition of lake phytoplankton blooms. Hydrobiology. J. 101: 489-502.
17. Harrison, A. F. 1987. Soil Organic Phosphorus. C.A.B. International United Kingdom. 257.
18. Hoitiink, H. A. J., Rose, M and Zondag R. L. 1994. Properties of material available for formulation of high-quality container media. The Ohio State University, Extension Research Bulletin, Ornamental Plants, SC 154. Columbus, OH.
19. Julius, B., Cohen, T. 1910. Practical organic chemistry, Kjeldal method to measure nitrogen. 315-318.
20. Kale, R. D., Malesh, B. C., Bano, K and Bagyarai, D. J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biological & Biochemistry. J. 24(12): 1317-1320.
21. Leifeld, J., Siebert, S., Kogel-Knabner, I. 2002. Changes in the chemical composition of soil organic matter after application of compost. European journal of Soil Science. J. 53 (2): 299-311.
22. Liang, Y., Yang, Y., Yang, Ch., Shen, Q., Zhou, J., and Yang, L. 2003. Soil enzymatic activity and growth rice and barley as influenced by organic manure in an anthropogenic soil. Geoderma. J. 115: 149-160.
23. Mamo, M., Rosen, C. G and Halbach, T. R. 1999. Nitrogen availability and leaching form soil amended with municipal solid wast compost. Journal of Environment. J. 28(4): 1074-1082.
24. Mathan, K. K. 2000. Impact of biological wastes on soil physical properties and yield of maize and finger millet. Madras Agriculture Journal. J. 87(10-12): 618-620.
25. Masciandro, G. 1997. Soil agro-ecological management: fertilizing and vermicompost treatments. Bioresource Technology. J. 59 (2/3): 199-206.
26. Nannipieri, P., Segui, P., and Fusi, P. 1996. Humus and enzyme activity. P 293-327, In: Piccolo, A. (ed.), Humic substances in terrestrial ecosystems. Elsevier, Amesterdam.
27. Nelson, D. W., and Sommers, L. P. 1982. Total carbon, organic carbon. American Society Agronomy, Madison, WI, 539-579.
28. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watenabe, F. S., and Dean, L. A1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Cirs. 939. USA.
29. Robin, A., Szmidt, R. A. K and Dickson, W. 2001. Use of compost in agriculture,

Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland. PP: 324-336.

30. Ros, M., Hernandez, M. T and Garcia, C. 2003. Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. Soil Biology & Biochemistry. J. 35: 463-469.
31. Saha, S., Mina, B. L., Gopinath, K. A., Kundu, S and Gupta, H. S. 2008. Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. Bioresource Technology. J. 99: 1750-1757.
32. Senesi, N., Brunetti, G and Plaza, C. 2005. Quality of organic amendment and effects on Soil organic matter, with special emphasis on humic substances: a review of general aspects and most recent findings of the Bari group. In: Yang, J. E., Sa, T. M., Kim, J. J. (Eds.), Application of the Emerging Soil Researches to the Conservation of Agricultural Ecosystems. Korean Society of Soil Science and Fertilizer, Korean Society of Agriculture and Environment, Rural Development Administration Seoul, Korea. Pp: 95-129.
33. Subler, S., Edward, C. A and Metzger, J. D. 1998. Comparing vermicompost and compost. Biocycle. J. 39: 63-68.
34. Tabatabai, M. A. 1982. Soil enzymes. PP. 539-579. IN: A. C. page (Ed.). Methods of soil analysis.Part 2. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
35. Tabatabai, M. A. 2003. Enzymes: past, present and future. Second international conference on enzyme in the environment: Activity, Ecology and Application. Prague, Czech Republic. 14-17.
36. Tabatabai, M. A., and Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil Biology and Biochemistry. J. 1: 301-307.
37. Tejada, M., Gonzales, J. L., Garcia-martinez, A. M and Parrado, J. 2007. Application of a green manure and composted with bett vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. Bioresource Technology. J. 3: 212-220.