نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۱۱۳-۱۰۴

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 104-113

تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کوددهی بر تودهٔ زنده میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک در زراعت آفتابگردان

خسرو محمدی[1*]- غلامرضا حیدری[2]- محسن جواهری[3]- مجید آقاعلیخانی[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش:۹۰/۸/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف کوددهی و خاک‌ورزی بر توده زنده میکروبی، فعالیت آنزیمی خاک و صفات زراعی آفتابگردان، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در شهرستان سنندج اجرا گردید. روش‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی متداول (T_1)، خاک‌ورزی حداقل (T_2) و سیستم بدون خاک‌ورزی (T_3) به‌عنوان عامل اصلی و روش‌های کوددهی شامل کاربرد ۱۵ تن کود دامی در هکتار (N_1)، ۱۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار (N_2)، کود شیمیایی شامل ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_3)، ۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی (N_4)، ۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی + ۲۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + ۷۵ کیلوگرم اوره + ۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_5) و تیمار شاهد (N_6)، به‌عنوان سطوح عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد بیشترین تعداد باکتری ($۱۰۹/۱ \times ۱۰^۶$) در هر گرم خاک خشک، در سیستم بدون خاک‌ورزی وجود داشت. همچنین کاربرد همزمان کود دامی و کمپوست، تعداد باکتری و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، فسفاتاز، کاتالاز و سلولاز را افزایش داد. کود شیمیایی نیز به‌طور معنی‌داری فعالیت کلیه آنزیم‌های مورد مطالعه را کاهش داد. فعالیت فسفاتاز اسیدی (۵۱ درصد)، قلیایی (۲۷ درصد) و سلولاز (۸۳ درصد) در تیمار بدون خاک‌ورزی افزایش آماری معنی‌داری نسبت به سیستم خاک‌ورزی متداول داشت. بالاترین عملکرد دانه و روغن در تیمار N_5 تولید گردید. خاک‌ورزی حداقل نیز بیشترین عملکرد دانه (۳۲۰۱ کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت.

واژه های کلیدی: بدون خاک‌ورزی، جامعهٔ میکروبی خاک، روغن، کمپوست، کود دامی

مقدمه

یکی از مهمترین ارکان سلامت خاک در بوم نظام‌های کشاورزی، وجود و فعالیت جامعهٔ میکروبی خاک می‌باشد (۲۴). ریزجانداران خاک به‌عنوان بخش زنده آن، کمتر از یک درصد حجم خاک را به خود اختصاص می‌دهند. فعالیت متابولیکی ریزجانداران خاک برای تداوم چرخه مواد آلی ضروری است. فعالیت‌های متابولیکی با توجه به ترکیب گونه‌های میکروبی تعیین می‌گردد. با وجود این، میزان ماده آلی خاک بر فعالیت متابولیکی آنها تأثیر چشمگیری دارد (۲۵). در مطالعات اخیر سودمندی‌های فراوانی را به ریزجانداران خاک نسبت داده‌اند. تجزیه ماده آلی و تغییر و تبدیل عناصر غذایی به شکل‌های قابل دسترس توسط ریزجانداران خاکی، کمک در تهیه زمین زراعی مرغوب و حاصل‌خیز، افزایش رشد محصول و کنترل عوامل بیماری‌زا و افزایش تولید محصولات کشاورزی، از مهم‌ترین این موارد می‌باشد (۹ و ۱۱). آفتابگردان با نام علمی (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد.

نحوه تغذیه آفتابگردان یکی از عوامل تأثیر گذار بر درصد روغن می‌باشد (۳۱). استفاده از کودهای شیمیایی معدنی سریع‌ترین راه برای تأمین عناصر غذایی می‌باشد؛ اما هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک، نگران کننده می‌باشد. استفاده از منابع گیاهی و حیوانی قابل تجدید می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک و مواد آلی خاک و سلامت اکوسیستم داشته باشد. ماندگاری و پویایی موجودات خاک‌زی، مانند هر موجود

۱و۳- استادیار و مربی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج
(*- نویسنده مسئول: Email: kh.mohammadi@modares.ac.ir)
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

زنده دیگر به تأمین غذای مناسب و کافی بستگی دارد (۵ و ۱۱). این غذا برای اکثریت قریب به اتفاق موجودات مذکور، انواع مواد آلی است که مصرف‌کننده‌ها و تجزیه‌کننده‌ها، کربن و انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های حیاتی خود را از این مواد تأمین می‌نمایند. کاربرد نهاده‌هایی از قبیل کود دامی و کمپوست، می‌تواند علاوه بر بهبود ساختار فیزیکی خاک، با افزایش سطح ماده آلی خاک به بهبود شرایط بیولوژیک خاک نیز منجر گردد (۵). چرخهٔ مواد آلی توسط آنزیم‌های ویژه‌ای کاتالیز می‌گردد. این آنزیم‌ها توسط ریزجانداران خاک تولید می‌شوند و به‌صورت داخل یا خارج سلولی عمل می‌نمایند. تجادا و همکاران (۳۹) نشان دادند که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش جامعه میکروبی خاک و افزایش فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، بتا گلوکوزیداز، فسفاتاز و دهیدروژناز می‌گردد.

خاک‌ورزی نیز یکی از عواملی است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم فعالیت جامعهٔ میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زیر و رو کردن خاک می‌تواند باعث از بین رفتن جمعیت و فعالیت جامعه میکروبی خاک گردد. رایت و همکاران (۴۲) در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد سیستم کم خاک‌ورزی باعث بهبود درصد کربن آلی خاک و افزایش جامعه میکروبی خاک می‌گردد. کارکردهای متعددی برای سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی گزارش شده است که از مهمترین آنها می‌توان به حفظ پوشش گیاهی در سطح خاک، افزایش ماده آلی، کاهش رواناب و فرسایش، افزایش نفوذپذیری آب اشاره نمود که مجموع این عوامل می‌تواند باعث افزایش فعالیت جامعه میکروبی خاک گردد (۴۰ و ۴۱).

تعیین چگونگی جایگزینی کودهای آلی به جای نهاده‌های شیمیایی و ترویج سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی، می‌تواند گام مهمی در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار باشد. تعیین ترکیبی از کودهای آلی در تغذیه آفتابگردان، در کنار بررسی امکان کاربرد سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی می‌تواند باعث کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، افزایش فعالیت جامعه میکروبی خاک، تنوع زیستی و بهبود وضعیت ماده آلی و در نهایت سلامت خاک گردد. هدف اصلی اجرای این تحقیق نیز تعیین بهترین سیستم مدیریتی خاک‌ورزی و کود دهی در جهت کسب بیشترین کیفیت محصول و حداکثر کارایی ریزجاندارن خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت یک آزمایش مزرعه‌ای به مدت یک سال زراعی در شهرستان سنندج انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح، شامل خاک‌ورزی متداول (شخم در عمق ۳۰ سانتی‌متری به همراه لولر و دو بار دیسک) (T_1)، خاک‌ورزی حداقل (شخم در عمق ۱۵ سانتی‌متری، همراه یک بار دیسک) (T_2) و سیستم بدون خاک‌ورزی (کاشت در بقایای محصول قبلی بدون شخم) (T_3) به‌عنوان عامل اصلی در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. روش‌های کود دهی در شش سطح، شامل ۱۵ تن کود دامی در هکتار (N_1)، ۱۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار (N_2)، کود شیمیایی شامل ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_3)، ۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی (N_4)، ۵ تن کمپوست زباله شهری + ۱۰ تن کود دامی + ۲۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل + ۷۵ کیلو گرم اوره + ۲۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (N_5) و تیمار شاهد (بدون مصرف کود) (N_6)، به‌عنوان سطوح عامل فرعی تعیین گردید. بذر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) رقم آذرگل با فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بین بوته‌ها روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر، در خطوطی به طول ۱۵ متر، در تاریخ ۲۵ فروردین کشت گردید. مبارزه با علف‌های هرز توسط نیروی کارگری و به‌صورت دستی انجام شد. به‌منظور آگاهی از وضعیت عناصر غذایی در واحدهای آزمایشی و توصیه کودی، قبل از کاشت از خاک نمونه‌برداری به عمل آمد و در آزمایشگاه تجزیه خاک و آب استان کردستان آنالیز گردید (جدول ۱). در این آنالیز نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (۷)، فسفر قابل جذب به روش اولسن و همکاران (۲۹)، بافت خاک بر اساس روش هیدرومتر (۴۴)، EC و pH عصاره اشباع خاک بر اساس روش اسمیت و دوران (۳۴) و پتاسیم قابل جذب با استفاده از عصاره‌گیر استات آمونیوم و بر اساس روش کارتر (۱۰) اندازه‌گیری شد. کود شیمیایی از اداره جهاد کشاورزی و کمپوست از سازمان بازیافت زباله شهرداری سنندج تهیه شد. کمپوست و کود دامی مورد استفاده، قبل از مصرف بر اساس روش کارتنی و مولن (۱۲) تجزیه گردید (جدول ۲). برای اندازه‌گیری صفات مربوط به فعالیت میکروبیولوژیک خاک، در هر نمونه برداری ۵۰۰ گرم خاک ریزوسفر از هر کرت فرعی در هر تکرار برداشت گردید. پس از جدا نمودن ریشه‌ها، نمونه‌ها ابتدا از الک پنج میلی‌متری عبور داده شدند و پس از حذف بقایا، این بار از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند.

برای تعیین تعداد جمعیت میکروبی، از روش شمارش با استفاده از میکروسکوپ فلورسنس استفاده گردید (۲۲). بدین منظور از محلول نهایی مقدار ۱۰ میکرولیتر برداشته و بر لام قرار داده شد و با نوک سوزن به‌طور یکنواخت پخش گردید. لام دارای دایره متحد المرکز با سطح مشخص (یک سانتی‌متر مربع) بود. سپس پنج میلی‌لیتر محلول آکریدین نارنجی، جهت رنگ‌آمیزی باکتری‌ها به لام اضافه شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه قبل از کاشت

بافت خاک	EC (dS/m)	pH	شن	سیلت	رس	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
			(درصد)				$mg\ kg^{-1}$	
لوم رسی	۰/۸۵	۷/۴	۲۸	۴۳	۲۹	۰/۵۶	۷/۴	۲۳۸

جدول ۲- نتایج تجزیه کود دامی و کمپوست مورد استفاده از لحاظ عناصر موجود در آن

	pH	C/N	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	روی	مس
			درصد				$mg\ kg^{-1}$			
کود دامی	۷/۶	۲۷:۱	۰/۱۸	۰/۶۹	۰/۳۹	۰/۶۳	۶۴۵	۹۶۷	۴/۳	۳۹
کمپوست	۷/۳	۱۶:۱	۰/۲۳	۱/۴	۱/۴۲	۱/۶۱	۱۷۵۸	۱۸۴۴	۱۱	۱۵۱

پس از خشک شدن لام‌ها، تعداد باکتری‌ها که بر اثر رنگ آمیزی درخشان شده بودند با میکروسکوپ فلورسانس با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر، شمارش شدند. در نهایت تعداد باکتری در هر گرم خاک خشک از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$\text{تعداد باکتری} = \frac{BF \times 10^4 \times DF}{AF} \quad (۱)$$

در رابطه فوق BF نشان‌دهنده تعداد باکتری شمارش شده در روی لام، DF فاکتور رقت (۱۵۰) و AF نیز نشان‌دهنده مساحت یک میدان میکروسکوپی روی لام بود. برای اندازه‌گیری کربن زیست توده میکروبی از روش تدخین - استخراج (۳۵) استفاده گردید. در این روش نمونه‌های خاک با کلروفرم تدخین شدند و با محلول سولفات پتاسیم عصاره‌گیری شد. در نهایت، کربن آلی عصاره تعیین گردید و از طریق رابطه زیر، کربن زیست توده میکروبی تعیین گردید.

$$\text{کربن میکروبی} = \frac{S - C}{0.35} \quad (۲)$$

در رابطه فوق S نشان دهنده میلی‌گرم کربن آلی در صد گرم خاک خشک تدخین شده و C نشان دهنده میلی‌گرم کربن آلی در صد گرم خاک خشک تدخین نشده (شاهد) بود. فعالیت آنزیم اوره‌آز به روش کاندلر و گربر (۲۱)، فعالیت فسفاتاز اسیدی و قلیایی به روش طباطبایی و برمنر (۳۶)، فعالیت کاتالاز به روش جین و همکاران (۲۰) و فعالیت سلولاز به روش مارتینز و همکارن (۲۶) تعیین گردید. در پایان فصل، عملکرد دانه در تمام واحدهای آزمایشی در سطحی معادل سه مترمربع اندازه‌گیری شد. محتوی روغن دانه با استفاده از روش استاندارد سوکسله و به کمک حلال متانول- کلروفرم بر اساس استانداردهای AOAC (۴) تعیین گردید. برای سهولت در محاسبه‌های ریاضی، داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها در صفحه‌های گسترده برنامه Excel ثبت شدند و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق روش تجزیه واریانس (PROC ANOVA)، از برنامه آماری SAS استفاده شد (۳۲). مقایسه میانگین‌های صفات به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

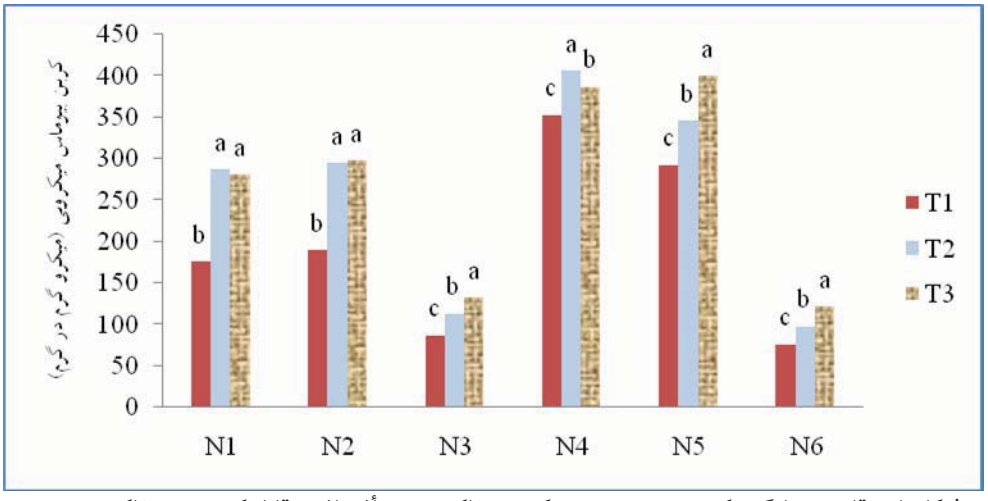
تعداد جمعیت و کربن زیست توده میکروبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که خاک‌ورزی و کوددهی تأثیر معنی‌داری بر تعداد باکتری و کربن زیست توده میکروبی خاک داشتند. اثر متقابل خاک‌ورزی × کوددهی نیز تاثیر معنی‌داری بر کربن زیست توده میکروبی خاک داشت. در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین تعداد باکتری ($۱۰۹/۱ \times ۱۰^۶$) در هر گرم خاک خشک در سیستم بدون خاک‌ورزی وجود داشت (جدول ۴). در این سیستم وجود بقایای گیاهان مختلف در خاک باعث افزایش کربن آلی خاک می‌گردد و در کنار آن عدم تخریب و دست‌کاری خاک، شرایط را برای توسعه جامعه میکروبی خاک بهبود می‌بخشد (۲۷). مقایسه کودهای پایه نشان داد که بیشترین تعداد باکتری در تیمار (N_4)، که کود دامی و کمپوست به‌صورت همزمان بکار رفته بود، مشاهده گردید. به نظر می‌رسد افزایش ماده آلی ناشی از کاربرد کود دامی و کمپوست، عامل اصلی افزایش تعداد جامعه میکروبی خاک باشد. در مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار (N_4) و (N_5) از نظر تعداد باکتری وجود نداشت. یعنی اضافه نمودن کود شیمیایی به منابع آلی تأثیر منفی بر تعداد جامعه میکروبی ایجاد ننموده است؛ البته افزایش بیش از حد کودهای شیمیایی اثرات منفی در بر خواهد داشت. لیما و همکاران (۲۳) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی باعث تأمین نیاز کربن و نیتروژن جامعه میکروبی خاک می‌گردد. باتاچاریا و همکاران (۵) نیز افزایش تعداد جامعه میکروبی را بر اثر کاربرد هم‌زمان کود آلی و شیمیایی گزارش نمودند. در بررسی اثر متقابل خاک‌ورزی × کوددهی بر کربن زیست توده میکروبی مشاهده شد که بیشترین میزان این صفت (۴۰۶/۷ میکروگرم) در تیمار T_2N_4 ایجاد گردید (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس مقادیر صفات جامعه میکروبی خاک تحت تأثیر کوددهی و خاک‌ورزی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		کربن زیست توده میکروبی	تعداد باکتری	اوره‌آز	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز قلیایی	کاتالاز	سلولاز	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۱۴۳/۴*	۸۵۳ ns	۶/۳۱**	۰/۲ ns	۵۱۱ ns	۳۴/۱**	۰/۰۶۶ns	۵۵۳ ns	۸۳ ns	۳۲۱ ns
خاک‌ورزی	۲	۳۱۲/۴**	۱۵۷/۷**	۲۷/۱**	۵۳/۷۳**	۲۳۹۰۲۰۱**	۹۰۷/۱**	۱/۸۹*	۲۹۵۲۲۳**	۱۷/۷ ns	۵۶۶۳۱**
خطای a	۴	۴۲/۸	۲۳/۱	۰/۲۷	۱/۸	۱۵۱۵۲	۲۲/۷	۰/۲۳	۳۲۴۵۳	۲۰۳/۱	۲۶۴۳
کوددهی	۵	۱۲۳۴/۸**	۷۲۴/۴**	۱۰/۰۴**	۷۷/۹**	۱۰۹۰۶۵**	۳۶/۷۴**	۰/۶۶**	۱۵۴۳۶۶**	۲۱۴/۴**	۵۳۲۶۳**
کوددهی × خاک‌ورزی	۱۰	۳۴۲/۸**	۳/۸ ns	ns ۰/۰۸۱	۷/۰۷ ns	۷۱۸۷*	۶/۸۱ ns	۰/۰۲ ns	۷۲۸۲ ns	۳/۵ ns	۲۳۴۲ ns
خطا	۳۰	۱۶/۴	۶/۴	۰/۰۶۵	۸/۲	۲۲۰۰	۴/۶۵	۰/۰۶۵	۴۳۲۱	۱۲/۴	۱۲۳۴

** ، * و ns به‌ترتیب نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین کربن زیست توده میکروبی خاک تحت تأثیر اثر متقابل کوددهی و خاک‌ورزی

(T1 خاک‌ورزی متداول، T2 خاک‌ورزی حداقل و T3 سیستم بدون خاک‌ورزی) و (N1 کود دامی، N2 کمپوست، N3 کود شیمیایی، N4 کمپوست + کود دامی، N5 کمپوست + کود دامی + کود شیمیایی و N6 تیمار شاهد).

یافته‌های باتاچاریا و همکاران (۵) نیز نشان داد کاربرد کمپوست زباله شهری و کود گاوی باعث افزایش کربن زیست توده میکروبی خاک می‌گردد. آنان بهبود شرایط فیزیکی خاک بر اثر افزایش ماده آلی خاک را عامل اصلی این افزایش عنوان نمودند. جرم مخصوص ظاهری خاک در سیستم کم خاک‌ورزی کاهش می‌یابد (۲). در اثر کاربرد نهاده‌های آلی نیز جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک توسط لی و همکاران (۲۲)، به‌عنوان یکی از دلایل افزایش فعالیت و کربن میکروبی خاک گزارش گردیده است؛ زیرا کاهش جرم مخصوص ظاهری باعث افزایش رشد ریشه و ترشحات آن می‌گردد و به تحریک فعالیت ریزجانداران منجر می‌شود. بنابراین افزودن مواد آلی به خاک در سیستم کم خاک‌ورزی، کربن زیست توده میکروبی را افزایش داد. از سویی دیگر، وجود کود دامی و کمپوست باعث افزایش کربن محلول در آب و نیتروژن قابل معدنی شدن خاک می‌گردد. باتاچاریا و همکاران (۵) همبستگی مثبتی بین این دو فاکتور و کربن بیوماس میکروبی خاک گزارش کردند. همچنین یافته‌های کاررا و همکاران (۹) نشان داد کاربرد هم‌زمان کود سبز (به‌عنوان گیاه پوششی)، کمپوست و کود شیمیایی، باعث افزایش تنفس و کربن زیست توده میکروبی خاک می‌گردد.

فعالیت آنزیمی

فعالیت همه آنزیم‌های مورد مطالعه تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و کوددهی قرار گرفت (جدول ۳). در مقایسه میانگین سیستم‌های کوددهی مشخص شد که بیشترین فعالیت آنزیمی در تیمار N_4 که کود دامی و کمپوست به‌صورت هم‌زمان بکار رفته بود

ایجاد گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی، با بهبود ساختمان خاک و افزایش ماده آلی خاک باعث فراهم شدن شرایط برای جامعه میکروبی خاک گردیده و فعالیت آنزیمی آنها افزایش می‌یابد.

مارتینز و همکاران (۲۶) افزایش ثبات و استقرار جامعه میکروبی، بر اثر افزایش میزان هوموس ناشی از کاربرد کودهای آلی را عامل افزایش فعالیت آنزیمی معرفی نمودند. در این آزمایش همبستگی بالایی (جدول ۵) بین کربن زیست توده میکروبی با فعالیت اوره‌آز، فسفاتاز اسیدی و قلیایی مشاهده گردید. با این وجود، بین فعالیت کاتالاز و سلولاز با کربن زیست توده میکروبی همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید. افزایش فعالیت آنزیمی خاک بر اثر کاربرد کودهای آلی در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (۲۶). یافته‌های گیوسکیانی و همکاران (۱۶) نیز نشان داد که با افزایش میزان مصرف کمپوست، فعالیت آنزیمی خاک به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. در مقایسه کاربرد کود دامی با کمپوست مشخص شد که فعالیت اوره‌آز، کاتالاز و سلولاز در خاک تیمار شده با کمپوست به‌طور معنی‌داری بیشتر از کود دامی بود. کود شیمیایی نیز به‌طور معنی‌داری فعالیت همه آنزیم‌های مورد مطالعه را کاهش داد. کاربرد سوپر فسفات تریپل باعث فراهمی فسفر قابل جذب در ریزوسفر گردید و فعالیت فسفاتاز در خاک کاهش یافت. بین همه تیمارهای کودی، فعالیت اوره‌آز در تیمار N3 دارای کمترین میزان بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاربرد اوره به‌عنوان کود شیمیایی باعث فراهمی NH_4 در ریزوسفر می‌گردد و این عامل باعث کاهش و توقف فعالیت اوره‌آز می‌شود. پتانسیل اکسایش- کاهش خاک و pH می‌تواند بر فعالیت آنزیمی خاک تأثیرگذار باشد. کاربرد کود دامی و کمپوست باعث افزایش حالت احیا و pH خاک می‌گردد. یافته‌های نایاک و همکاران (۲۸) نیز نشان داد که در مقایسه با کودهای آلی، کاربرد کودهای شیمیایی باعث کاهش pH خاک و تأثیر منفی بر فعالیت آنزیمی و جامعه میکروبی خاک می‌گردد.

مقایسه میانگین سیستم‌های خاک‌ورزی نشان داد که فعالیت فسفاتاز اسیدی و قلیایی و سلولاز در سیستم بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌داری نسبت به سایر سیستم‌های خاک‌ورزی دارد. اما تفاوت معنی‌داری برای فعالیت کاتالاز و اوره‌آز بین سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی مشاهده نشد (جدول ۴). یافته‌های جین و همکاران (۲۰) نیز نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش فعالیت آنزیمی خاک می‌گردد. دسترسی بیشتر جامعه میکروبی به آب، بر اثر کاهش تبخیر در سیستم بدون خاک‌ورزی، یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش فعالیت آنزیمی خاک می‌باشد. علاوه بر این عمل، خاک‌ورزی با تخریب آشیان‌های اکولوژیک جامعه میکروبی باعث کاهش فعالیت و تعداد جامعه میکروبی می‌گردد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که خاک‌ورزی و منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد (جدول ۳). در مقایسه میانگین روش‌های کوددهی مشخص شد تیمار N_5 به‌طور معنی‌داری بالاترین عملکرد دانه را نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ۶). در توجیه این مطلب می‌توان اظهار داشت که به موازات رفع نیاز فسفر و نیتروژن گیاه توسط کود شیمیایی، اضافه نمودن کود دامی و کمپوست باعث فراهمی عناصر کم‌مصرف و کربن آلی برای گیاه گردید. ارهارت و هارتل (۱۳) نیز نشان دادند که استفاده از کمپوست باعث افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه می‌گردد.

جدول ٤- مقایسه میانگین (± خطای استاندارد) صفات جامعه میکروبی در هر گرم خاک خشک تحت تأثیر سطوح کوددهی و خاک‌ورزی

تیمارها	تعداد باکتری ($\times 10^6$)	کربن میکروبی	اوره‌آز	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز قلیایی	کاتالاز	سلولاز
	(میکروگرم در گرم خاک خشک)						
خاک ورزی							
خاک‌ورزی متداول (T1)	۵۳/۱±۸ c	۱۷۸/۵±۳۳ b	۲۷/۵±۸ b	۱۹۸/۱±۲۲ c	۲۴۹۴/۱±۵۶ c	۲۲/۷±۲ b	۳۴/۸±۹ c
خاک‌ورزی حداقل (T2)	۹۹/۷±۱۱ b	۲۲۷/۴±۱۶ a	۴۵/۹±۴ a	۲۴۸/۹±۴ b	۲۷۶۵/۲±۱۰۱ b	۶۱/۲±۴ a	۵۱/۹±۱۱ b
بدون خاک‌ورزی (T3)	۱۰۹/۱±۹ a	۲۲۲/۶±۱۴ a	۴۶/۹±۵ a	۲۹۹/۴±۱۷ a	۳۱۸۹/۳±۱۷۶ a	۶۷/۶±۵ a	۶۳/۷±۳ a
کود دهی							
کود دامی (N1)	۷۲/۳±۱۲ c	۱۹۸/۴±۸ c	۴۹/۸±۲ b	۲۶۹/۴±۶ b	۲۸۸۷/۳±۴۴ b	۴۸/۲±۱ b	۵۳/۱±۳ b
کمپوست (N2)	۹۲/۴±۷ b	۲۰۲/۶±۷ c	۴۵/۲±۳ a	۲۶۹/۸±۶ b	۲۹۰۱/۴±۳۵ b	۴۹/۹±۳ b	۵۴/۳±۷ b
کود شیمیایی (N3)	۴۶/۷±۱۷ d	۱۱۶/۳±۱ d	۲۷/۸±۱ c	۲۵۸/۱±۵ c	۲۵۷۸/۳±۱۰۰ c	۴۳/۲±۴ d	۴۳/۸±۶ c
دامی + کمپوست (N4)	۱۴۴/۹±۲۱ a	۲۴۹/۶±۴ b	۴۹/۸±۲ a	۳۲۶/۹±۱۲ a	۳۲۱۴/۴±۲۴۳ a	۸۳/۲±۱۲ a	۶۸/۸±۱۱ a
شیمیایی+دامی+کمپوست (N5)	۱۴۳/۱±۱۹ a	۳۹۱/۲±۲۶ a	۳۹/۳±۴ b	۲۶۷/۲±۷ b	۲۷۵۸/۱±۴۴ b	۵۴/۶±۳ c	۵۴/۱±۵ b
شاهد (N6)	۲۶/۷±۴ e	۹۹/۳±۱۲ e	۲۸/۹±۶ c	۱۰۱/۸±۱۷ d	۲۵۵۸/۲±۶۹ c	۲۴/۳±۴ e	۲۶/۸±۵ d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

جدول ۵- ضریب همبستگی (r) بین فعالیت آنزیمی و کربن زیست توده جامعه میکروبی خاک (n=54)

	کربن زیست توده میکروبی	اوره آز	فسفاتاز اسیدی	فسفاتاز قلیایی	کاتالاز	سلولاز	عملکرد دانه	درصد روغن
کربن زیست توده میکروبی	۱							
اوره آز	۰/۸۱۲**	۱						
فسفاتاز اسیدی	۰/۷۲۳**	۰/۵۲۳*	۱					
فسفاتاز قلیایی	۰/۸۸۹**	۰/۲۶۹ ns	۰/۶۹۰**	۱				
کاتالاز	۰/۲۱۲ ns	۰/۲۲۷ ns	۰/۶۸۶**	۰/۶۵۴*	۱			
سلولاز	۰/۴۲۲ ns	۰/۱۷۱ ns	۰/۴۵۶*	۰/۷۶۹**	۰/۰۹۶ ns	۱		
عملکرد دانه	۰/۶۵۷**	۰/۴۷۸ ns	۰/۵۰۵*	۰/۸۷۶**	۰/۱۲۳ ns	۰/۲۰۲ ns	۱	
درصد روغن	۰/۳۲۱ ns	۰/۸۷۶**	۰/۱۲۳ ns	۰/۰۸۹ ns	۰/۱۰۱ ns	۰/۲۱۱ ns	۰/۲۳۴ ns	۱

** ، * و ns به‌ترتیب نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

از طرف دیگر کمپوست مورد استفاده در این آزمایش، حاوی درصد گوگرد (S) نسبتاً بالایی بود. گوگرد از عناصری است که عملکرد دانه نسبت به آن عکس العمل مثبت نشان می‌دهد (۴۳). عملکرد دانه در کاربرد همزمان کود دامی و کمپوست (N_4) اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد کود شیمیایی (N_3) نداشت. اضافه نمودن کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی، با بهبود خواص فیزیکی خاک شرایط مناسبی را برای رشد جامعه میکروبی و توسعه ریشه فراهم می‌نمایند (۱ و ۳۰). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده شد، کاربرد همزمان کود دامی و کمپوست فعالیت فسفاتاز را افزایش داد. فعالیت فسفاتاز باعث آزادسازی فسفر از ترکیبات فسفردار خاک می‌گردد. یافته‌های طرفدار و مارچنر (۳۷) نشان داد که در اثر فعالیت فسفاتاز، دسترسی به فسفات آلی خاک توسط گیاه افزایش می‌یابد. افزایش دسترسی به فسفر نیز می‌تواند یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه معرفی گردد.

با مقایسه میانگین بین تیمارهای خاک‌ورزی ملاحظه می‌شود که بیشترین عملکرد دانه (۳۲۰۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار خاک‌ورزی حداقل (T_2) حاصل گردید (جدول ۶). سیستم خاک‌ورزی متداول عملکرد دانه بیشتری نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی ایجاد نمود؛ هرچند این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

کاهش عملکرد در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی حداقل، ناشی از افزایش شاخص مخروطی و فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه می‌باشد (۲)؛ این فشردگی به کاهش تراکم طول ریشه منجر می‌گردد.

جدول ٦- مقایسهٔ میانگین (± خطای استاندارد) عملکرد دانه و روغن آفتابگردان تحت تأثیر سطوح کوددهی و خاک‌ورزی

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
خاک ورزی			
خاک‌ورزی متداول (T1)	۲۴۸۷±۱۲۳ b	۴۴/۱±۱ a	۱۱۵۲/۱±۹۴ b
خاک‌ورزی حداقل (T2)	۳۲۰۲±۳۳۴ a	۴۴/۱±۲ a	۱۴۰۴/۸±۸۹ a
بدون خاک‌ورزی (T3)	۲۳۷۰±۲۰۰ b	۴۴/۰±۱ a	۱۰۵۸/۱±۹۷ b
کود دهی			
کود دامی (N1)	۲۰۱۰±۴۵۶ c	۴۵/۳±۲ a	۱۰۰۰/۳±۲۳ c
کمپوست (N2)	۲۲۰۵±۷۶۵ c	۴۵/۲±۱ a	۱۰۰۷/۸±۹۹ c
کود شیمیایی (N3)	۳۶۰۰±۱۱۱ b	۴۳/۱±۱ b	۱۵۶۲±۳۳ b
دامی + کمپوست (N4)	۳۵۹۱±۷۸ b	۴۴/۸±۱ ab	۱۵۹۱/۹±۴۹ b
شیمیایی+دامی+کمپوست (N5)	۳۷۷۱±۵۳ a	۴۲/۹±۲ b	۱۶۴۲/۷±۲۳ a
شاهد (N6)	۹۴۰±۳۲۹ d	۴۳/۰±۱ b	۴۲۹/۵±۸۹ d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

این لایه سخت رشد ریشه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ریشه نمی‌تواند آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را به‌خوبی جذب نماید. یافته‌های شلینگر (۳۳) نشان می‌دهد که استفاده از سیستم بدون خاک‌ورزی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد گندم، یولاف و جو می‌گردد. کاهش استقرار و رشد اولیه گیاهچه (۳)، تأخیر در استقرار و مواجه شدن با گرمای آخر فصل (۱۴)، افزایش تراکم علف‌های هرز (۸) و تغییر خواص فیزیکی خاک (۱۷)، از دیگر دلایلی است که توسط محققان مختلف برای کاهش عملکرد دانه در سیستم بدون خاک‌ورزی گزارش شده است.

اما تارکلسون و همکاران (۳۸) نشان دادند که در کشت بدون خاک‌ورزی، با توجه به آشفتگی کمتر خاک، فعالیت آنزیمی خاک افزایش می‌یابد؛ در نتیجه آزاد سازی عناصری مانند فسفر از ترکیبات آلی افزایش می‌یابد. فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نیز افزایش می‌یابد و در طولانی مدت باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. کاربرد سیستم بدون خاک‌ورزی نیاز به ادوات خاص برای کاشت دارد که امکانات آن در کشور ما کمتر وجود دارد. در خاک‌ورزی حداقل، به دلیل ماهیت آن در مقایسه با خاک‌ورزی متداول به نیروی کشش و انرژی کمتری نیاز است و علاوه بر فراهم کردن شرایط مناسب برای افزایش عملکرد، باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، زمان آماده سازی زمین، کنترل فرسایش و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک نیز می‌گردد (۱۷).

روغن دانه

نتایج نشان داد که منابع مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن و عملکرد روغن دانه داشتند؛ اما خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن در تیمار (N_1) و (N_2) و بیشترین عملکرد روغن در تیمار (N_5) حاصل گردید. در تیمار N_5 کاربرد کود دامی و کمپوست در کنار کودهای شیمیایی باعث کاهش درصد روغن در این تیمار گردید. به نظر می‌رسد افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه در این زمینه تأثیرگذار باشد؛ ولی به‌دلیل داشتن بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن این تیمار در واحد سطح از سایر تیمارهای آزمایش بیشتر گردید. گزارش‌های متعددی در مورد کاهش درصد روغن دانه با افزایش نیتروژن وجود دارد (۶ و ۱۹). در این مطالعه نیز همبستگی بالایی (۰/۷۸) بین درصد روغن و نیتروژن دانه مشاهده گردید. بر اثر مصرف زیاد کودهای نیتروژن‌دار، دسترسی به کربوهیدرات‌ها برای سنتز روغن کاهش می‌یابد و در مقابل، سنتز پروتئین افزایش می‌یابد. سنتز اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب هر دو نیازمند ترکیبات کربنی ناشی از تجزیه کربوهیدرات‌ها می‌باشد و چون محتوی کربوهیدرات پروتئین‌ها کمتر از روغن می‌باشد، افزایش نیتروژن باعث کاهش سنتز روغن می‌گردد (۳۱). کاربرد کود دامی و کمپوست به‌صورت منفرد، باعث افزایش درصد روغن دانه گردید؛ ولی عملکرد روغن را افزایش معنی‌داری نداد (جدول ۶). با توجه به این‌که میزان روغن دانه یکی از مهم‌ترین صفات کیفی دانه محسوب می‌گردد، بنابراین می‌توان اظهار داشت که کاربرد کودهای آلی باعث افزایش کیفیت دانه آفتابگردان گردیده است. در مقایسه میانگین سیستم‌های خاک‌ورزی مشخص شد که به دلیل عملکرد بالای دانه در تیمار T_2، بیشترین عملکرد روغن نیز در این تیمار حاصل گردید.

نتیجه‌گیری

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان اظهار داشت که بیشترین افزایش و بهبود در عملکرد دانه و روغن در تیمارهای T_2 و N_5 که در آن کمپوست، کود دامی و شیمیایی به‌طور هم‌زمان در سیستم خاک‌ورزی حداقل مورد استفاده قرار گرفته بود، حاصل گردید. با توجه به همبستگی مثبت برخی صفات جمعیت میکروبی خاک و عملکرد دانه (جدول ۵) به نظر می‌رسد فراهم نمودن شرایط برای توسعه فعالیت ریزجانداران خاک سودمندی‌های اقتصادی را در بر خواهد داشت. در بررسی خواص جامعه میکروبی خاک، تیمارهای T_3 و N_4 به‌عنوان تیمار برتر شناخته شدند و کاربرد کودهای شیمیایی فعالیت جامعه میکروبی را کاهش داد. با توجه به این که تیمارهای مذکور باعث تولید عملکرد کمی و کیفی مطلوبی (در حد بهینه) شده بودند، می‌توان آنها را به‌عنوان تیمار برتر آزمایش معرفی نمود.

منابع

۱- محمدی خ.، کلامیان س.، و نوری ف. ۱۳۸۶. استفاده از ضایعات محصولات کشاورزی به عنوان کمپوست و تأثیر آن بر عملکرد ارقام گندم. سومین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. صفحات ۲۲۴-۲۱۹.

۲- محمدی خ.، نبی اللهی ک.، آقاعلیخانی م. و خرمالی ف. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر روش‌های مختلف شخم بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم دیم. پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۶(۴): ۹۱-۷۷.

۳- همت ا. ۱۳۷۵. بررسی روش‌های کاشت و آماده سازی بستر بذر بر جوانه زنی گندم آبی. دانش کشاورزی، ۲۷(۴): ۶۸-۵۵.

4- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, Virgina, USA.
5- Bhattacharyya P., Chakrabarti K., and Chakraborty A. 2005. Microbial biomass and enzyme activities in submerged rice soil amended with municipal solid waste compost and decomposed cow manure. Chemosphere, 60: 310-318.
6- Bilsborrow P.E., Evans E.L., and Zhano F.J. 1993. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate content of autumn sown oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculture Science, 10: 219-224.
7- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen - total. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, pp. 595-624.
8- Camara K.M., Payne W.A., and Rasmussen P.E. 2003. Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. Agronomy Journal, 95: 828-835.
9- Carrera L.M., Buyer J.S., Vinyard B., Abdul-Baki A.A., Sikora L.J., and Teasdale J.R. 2007. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. Applied Soil Ecology, 37: 247-255.
10- Carter M.R. 1993. Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publisher.
11- Chu H., Lin X., Fujii T., Morimoto S., Yagi K., and Zhang J. 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2971-2976.
12- Courtney R.G., and Mullen G.L. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology, 99: 2913-2918.
13- Erhart E., and Hartl W. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. European Journal of Soil Biology, 39: 149-156.
14- Farooq U., Sharif M., and Erenstein O. 2007. Adoption and impacts of zero tillage in the rice-wheat zone of irrigated Punjab, Pakistan. Research Report. CIMMYT India & RWC, New Delhi, India.
15- Garcia C., Hernandez T., Costa F., Ceccanti B., and Masciandro G. 1993. The dehydrogenase activity of soils and ecological marker in processes of perturbed system regeneration. In: XI International Symposium Environmental Biogeochemistry, Salamanca, Spain, pp. 89-100.
16- Giusquiani P.L., Gigliotti G., and Businelli D. 1994. Long-term effects of heavy metals from composted municipal waste on some enzyme activities in a cultivated soil. Biology and Fertility of Soils, 17: 257-262.
17- Hammel J.E. 1995. Long-term tillage and crop rotation effects on winter production in northern Idaho. Agronomy Journal, 87: 16-22.
18- Hati K.M., Mandal K.G., Misra A.K., Ghosh P.K., and Bandyopadhyay K.K. 2006. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. Bioresource Technology, 97: 2182-2188.
19- Hocking P.J., Kirkegaard J.A., Angus J.F., Bernardi A., and Mason L.M. 2002. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments III. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen uptake by plants and on soil nitrogen extraction. Field Crops Research, 79, 153-172.
20- Jin K., Sleutel S., Buchan D., De Neve S., Cai D.X., Gabriels D., and Jin J.Y. 2009. Changes of soil enzyme activities under different tillage practices in the Chinese Loess Plateau. Soil and Tillage Research, 104: 115-120.
21- Kandeler E., and Gerber H. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biology and Fertility of Soils, 6: 68-72.
22- Li C.H., Ma B.L., and Zhang T.Q. 2002. Soil bulk density effects on soil microbial populations and enzyme activities during the growth of maize (*Zea mays* L.) planted in large pots under field exposure. Canadian Journal of Soil Science, 82: 147-154.
23- Lima J.D., Mosquim P.R., and DaMatta F.M. 1999. Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Phaseolus vulgaris* as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. Photosynthetica, 37: 113-121.
24- Liu B., Gumpertz M.L., Hu S., and Ristaino J.B. 2007. Long-term effects of organic and synthetic soil fertility amendments on soil microbial communities and the development of southern blight. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2302-2316.
25- Lupwayi N.Z., Brandt S.A., Harker K.N., O'Donovan J.T., Clayton G.W., and Turkington T.K. 2010. Contrasting soil microbial responses to fertilizers and herbicides in a canola-barley rotation. Soil Biology and Biochemistry, 54: 1-8.
26- Martı´nez V.A., Acosta-Mercado D., Sotomayor-Ramirez D., and CruzRodrıguez L. 2008. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. Applied Soil Ecology, 38: 249-260.
27- Moore J.M., Klose S., and Tabatabai M.A. 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. Biology and Fertility of Soils, 31: 200-210.
28- Nayak D.R., Babu Y.J., Adhya T.K. 2007. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeric Endoaquept planted to rice under flooded condition. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1897-1906.
29- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by

extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agric. Washington DC, Circular 939.
30- Oue´draogo E., Mando A., and Zombre´ N.P. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment, 84: 259-266.
31- Rathke G.W., Christen O., and Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research, 94: 103-113.
32- SAS Institute. 2003. The SAS system for windows. Release 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
33- Schillinger W.F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. Crop Science, 45: 2636-2643.
34- Smith J.L., and Doran J.W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In Methods for Assessing Soil Quality, SSSA special publication, 49: 169-185.
35- Sparling G.P., and West A.W. 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration. Soil Biology and Biochemistry, 20: 337-343.
36- Tabatabai M.A., and Bremner J.M. 1969. Use of p-nitrophenol phosphate in assay of soil phosphatase activity. Soil Biology and Biochemistry, 1: 301-307.
37- Tarafdar J.C., and Marschner H. 1994. Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil Biology and Biochemistry, 26: 387-395.
38- Tarkalson D.D., Hergertb G.W., and Cassman K.G. 2006. Long-term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dryland winter wheat-sorghum/corn-fallow rotation in the Great Plains. Agronomy Journal, 98:26-33.
39- Tejada M., Gonzalez J.L., and Garcia-Martınez A.M. 2008. Parrado Application of a green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. Bioresource Technology, 9: 4949-4957.
40- Unger P.W. 1991. Organic matter, nutrient, and pH distribution in no and conventional-tillage semiarid soils. Agronomy Journal, 83: 186-189.
41- Wiese A.F., Harman W.L., Bean B.W., and Salisbury C.D. 1994. Effectiveness and economics of dryland conservation tillage systems in the Southern Great Plains. Agronomy Journal, 86: 725- 730.
42- Wright A.L., Dou F., and Hons F.M. 2007. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas. Agriculture, Ecosystems and Environment journal, 121:736-744.
43- Zhao F.J., Bilsborrow P.E., and McGrath S.P. 1997. Nitrogen to sulfur ratio in rape-seed and in rapeseed protein and its use in diagnosing sulfur deficiency. Journal of Plant Nutrition, 20: 549-558.
44- Zobeck T.M. 2004. Rapid soil particle size analyses using laser diffraction. Applied Engineering Agriculture, 20: 633-639.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 1, Mar-Apr 2012, p. 104-113

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۱، ص. ۱۱۳-۱۰۴

The Effect of Tillage and Fertilization Systems on Soil Microbial Biomass and Enzyme Activity in Sunflower Production

Kh. Mohammadi[1*]- Gh. Heidari[2] – M. Javaheri[3]- M. Aghaalikhani[4]

Received: 1-2-2011
Accepted: 6-11-2011

Abstract

In order to evaluate the effects of fertilization and tillage methods on soil microbial community and sunflower yield, a field experiment was carried out in Sanandaj. The experimental design was a split plot with three replications. Main plots consisted of no tillage (T_1), minimum tillage (T_2) and conventional tillage (T_3). Six methods of fertilization including (N1): 15 t FYM ha^{-1}; (N2): 10 t compost ha^{-1}; (N3): 75 kg triple super phosphate ha^{-1} + 150 kg Urea ha^{-1} + 50 kg Sulfate potassium; (N4): 10 t FYM ha^{-1} + 5 t compost ha^{-1}, (N5): 10 t FYM ha^{-1} + 5 t compost ha^{-1} + 25 kg triple super phosphate ha^{-1}+75 kg Urea ha^{-1} + 25 kg Sulfate potassium and (N_6): control were arranged in sub plots. Results showed that the maximum number of bacteria (109.1×10^6) in dry soil was obtained from the no tillage system. Also, co application of farmyard manure and compost increased bacteria number and phosphatase, urease, catalase, and cellulases activities. All soil enzyme activities decreased significantly with application of chemical fertilizers. The activity of phosphatase (acid and alkaline) and cellulase tended to be higher in the no tillage treatment compared to conventional tillage (51, 27 and 83 % respectively). The significantly highest grain yield and oil yield were detected in N_5 treatment. The highest grain yield (3701 kg/ha) was produced in minimum tillage system.

Keywords: No-tillage, Soil microbial community, Compost, Farmyard manure

1,3- Assistant Professor and Instructor of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Sanandaj Branch, Islamic Azad University
(*- Corresponding Author Email: kh.mohammadi@modares.ac.ir)
2- Assistant Professor of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj
4- Assistant Professor of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran