نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۳۶-۱۲۷

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 127-136

تأثیر منبع و مقدار نیتروژن بر روند فعالیت آنزیمی یک خاک آهکی تحت کشت ذرت علوفه‌ای

میترا فریدونی ناغانی[۱*]- فائز رئیسی[۲] – سیف اله فلاح[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۴
تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۸

چکیده

اضافه کردن کودهای آلی و شیمیایی به عنوان مواد اصلاحی برای بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک ممکن است فعالیت میکروبی و آنزیمی خاک را تحت تأثیر قرار دهد. این مطالعه به اثر سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود مرغی و اوره بر روند فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، الکالین فسفاتاز و ساکاراز یک خاک آهکی با بافت لوم رسی در طی دوره رشد ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط مزرعه می‌پردازد. تیمارهای این آزمایش شامل، شاهد (عدم مصرف کود)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بودند. فعالیت آنزیم اوره‌آز، الکالین فسفاتاز و ساکاراز طی پنج مرحله مختلف به فاصله زمانی ۲۰ روز یک‌بار پس از اعمال تیمارها در طول رشد گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد فعالیت آنزیم اوره‌آز، الکالین فسفاتاز و ساکاراز در همه تیمارهای کودی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود) افزایش معنی‌دار یافت. همچنین سطوح کودی و زمان نیز اثر معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بر فعالیت آنزیمی خاک داشتند. نتایج این آزمایش همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۵۸^{**}$) بین عملکرد ذرت با فعالیت آنزیم اوره‌آز نشان داد، درحالی که همبستگی بین عملکرد ذرت و فعالیت الکالین فسفاتاز و ساکاراز مشاهده نشد. به طور کلی نتایج نشان داد کود مرغی به دلیل تحریک فعالیت میکروبی ناشی از کربن قابل تجزیه در آن، در افزایش فعالیت آنزیمی خاک مؤثرتر از کود اوره عمل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کود مرغی، کود اوره، اوره‌آز، الکالین فسفاتاز، ساکاراز

مقدمه

تأمین غذای جمعیت در حال رشد و افزایش مصرف محصولات کشاورزی، مستلزم تولید بیشتر محصولات و افزایش تولید در واحد سطح بر اثر بهبود حاصلخیزی و باروری خاک می‌باشد. یکی از روش‌های بهبود حاصلخیزی خاک کاربرد مستمر انواع کودها می‌باشد. کودهای آلی و غیر آلی از رایج‌ترین مواد اصلاحی هستند که برای بهبود کیفیت خاک و عملکرد محصولات به‌کار می‌روند (۲۳) و علاوه بر حفظ امنیت غذایی، سبب بهبود کیفیت غذایی نیز می‌گردند. با این حال، در سیستم کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی در اولویت قرار دارد، زیرا کودهای شیمیایی دارای معایب متعددی هستند. از آنجا که جهت تهیه آنها از انرژی فسیلی و منابع معدنی استفاده می‌شود که هر دو از منابع غیرتجدید شونده می‌باشند، برای توسعه کشاورزی پایدار باید مصرف این نوع کودها کاهش یابد (۱۴). همچنین مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در مناطق خشک منجر به افزایش غلظت نمک در خاک می‌شود، که خود عامل مهمی در مسمومیت ریشه گیاه محسوب می‌گردد. علاوه بر این، مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، انرژی مصرف شده برای تولید آنها و اثرات سوئی که بر چرخه‌های زیستی دارند تجدید در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است. به همین دلیل استفاده از کودهای آلی به دلیل مزایای نسبتاً زیاد این کودها امری کاملاً اجتناب‌ناپذیر است. معمولاً کاربرد این کودها در درازمدت بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، که برای پایداری آن لازم است را به همراه دارد (۵).

از آنجا که کوددهی یکی از عملیات مدیریتی است که به سرعت ویژگی‌های میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و خواص بیولوژیکی و بیودینامیکی به تغییر شرایط خاک حساس‌تر هستند، از

۱و۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد
(* - نویسنده مسئول: Email: fereidoonimitra@gmail.com)
۳- استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد

این‌رو، بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی که اثر مدیریت اراضی و عملیات کشاورزی را در سلامتی آن منعکس کنند، ضروری است (۱۰). در بین این شاخص‌ها، آنزیم‌ها به تغییر در مدیریت خاک و عملیات زراعی بسیار سریع‌تر از دیگر عوامل واکنش نشان می‌دهند و بنابراین شاخص‌های مفیدتری برای بررسی تغییرات بیولوژیکی هستند (۲۲). این ماکرومولکول‌ها نقش حیاتی در فرآیندهای میکروبی و بیوشیمیایی خاک نظیر جریان و انتقال مواد بین اجزاء مختلف اکوسیستم، پاک‌سازی آلاینده‌ها در محیط، تجزیه مواد آلی، چرخه عناصر غذایی خاک و تغییرات جهانی اقلیم (۶) ایفا می‌کنند. به همین دلیل فعالیت آنزیمی خاک از شاخص‌های مهم کیفیت آن به شمار می‌آید (۱۹).

نتایج اغلب مطالعات نشان می‌دهد که مصرف کودهای آلی و شیمیایی اغلب بهبود ویژگی‌های بیولوژیکی خاک را به همراه دارد، ولی میزان اثر آنها به نوع و ترکیب کود و یا چگونگی مصرف آنها و وضعیت خاک بستگی دارد. برای مثال ونگ و همکاران (۲۴) طی آزمایشی اثر سطوح مختلف کود نیتروژنه و فسفره را بر خصوصیات میکروبیولوژیکی در کشت اکالیپتوس مورد مطالعه قرار دادند. افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز، اسید فسفاتاز و ساکاراز در تیمارهای حاوی کود نیتروژنه مشاهده شد. بلاگوداتسکی و ریچتر (۳) نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، الکالین فسفاتاز و بتا-گلوکوسیداز را در حضور مواد آلی گزارش کردند. گزارش حجتی و نوربخش (۱۰) نیز حاکی از افزایش فعالیت الکالین فسفاتاز، آریل سولفاتاز و بتا-گلوکوسیداز در خاک‌های تیمار شده با کود گاوی بود. گارگ و باهل (۸) نیز در یک آزمایش مزرعه‌ای اثر کود مرغی، کود دامی، کود سبز، بقایای محصولات را بر قابلیت دسترسی فسفر و فعالیت الکالین فسفاتاز تحت کشت ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد مقدار فسفر قابل دسترس و فعالیت الکالین فسفاتاز به ترتیب در تیمار کود مرغی، کود دامی، کود سبز و بقایای گیاهی بیشترین مقدار را داشت. مندال و همکاران (۱۳) نیز اثر کاربرد طولانی مدت کودهای آلی و غیر آلی را طی مرحله فیزیولوژیکی رشد گندم بر فعالیت آنزیم فسفاتاز مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد در تیمار حاوی کود دامی بیشترین فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز مشاهده شد. این اثر به دلیل افزایش فعالیت میکروبی و شاید تنوع باکتری‌های حل کننده فسفات بر اثر ورود کود باشد. آنها بیان کردند که فعالیت آنزیمی تحت تأثیر تیمارهای طولانی مدت کودهای آلی و غیر آلی و نیز مرحله فیزیولوژیکی رشد گیاه قرار می‌گیرد. همچنین باتاچاریا و همکاران (۲) طی آزمایشی اثر کود گاوی تجزیه شده، کمپوست زباله‌های شهری، به تنهایی و همراه با کود اوره را بر خصوصیات میکروبی و فعالیت برخی آنزیم‌ها از جمله اوره‌آز در خاک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که فعالیت آنزیم اوره‌آز در حضور تیمار تلفیقی کود گاوی تجزیه شده و اوره بیشترین مقدار را داشت.

علیرغم نتایج منتشر شده در منابع علمی، به نظر می‌رسد اثر مقادیر مختلف کود مرغی و شیمیایی بر فعالیت میکروبی و آنزیم‌های خاک به ویژه در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک ایران (با ماده آلی و نیتروژن پائین) هنوز به‌طور کامل مورد مقایسه قرار نگرفته است. از این‌رو این پژوهش، با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود مرغی و اوره بر فعالیت آنزیمی یک خاک آهکی تحت کشت ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۸۷ تحت کشت ذرت (*Zea mays* L.) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای کودی شامل شاهد (عدم مصرف کود)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی و اوره، در کرت‌های اصلی و مراحل نمونه‌برداری در کرت‌های فرعی بودند. جهت فراهم نمودن بستر مناسب ابتدا زمین مورد نظر را شخم زده و سپس دوبار دیسک عمود برهم انجام شد. پس از عملیات تکمیلی، کود مرغی و اوره بطور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش گردید و بلافاصله توسط دیسک با خاک اختلاط داده شد و کاشت گیاه در اوایل خرداد انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی با کربن آلی ۰/۳۶ درصد و اسیدیته ۸/۴ و کود مرغی مورد استفاده دارای pH=۸/۲۱، قابلیت هدایت الکتریکی ۱/۱۴ $dS\ m^{-1}$، کربن آلی ۳۶/۸ درصد، ازت کل ۲/۶ درصد و ۱/۷ درصد فسفر بود. برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر به کمک آگر به فاصله زمانی ۲۰ روز یک‌بار از عمق ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد، به این صورت که از هر پشته یک نمونه به صورت تصادفی انتخاب سپس نمونه‌ها ترکیب شده و یک نمونه مرکب از هر پلات انتخاب گردید. این نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس فعالیت آنزیم اوره‌آز (۲۰)، الکالین فسفاتاز (۷) و ساکاراز (۱۸) طی پنج مرحله مختلف به فاصله زمانی ۲۰ روز یک‌بار در طول رشد گیاه اندازه‌گیری و بر اساس وزن آون خشک خاک بیان شد. برای اندازه‌گیری عملکرد ذرت نیز از وزن علوفه تر برحسب کیلوگرم در هکتار استفاده شد. تجزیه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۸ انجام گردید و در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، برای تفکیک میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

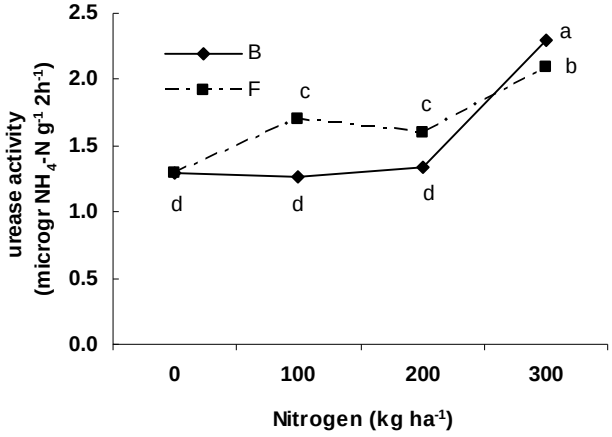
نتایج و بحث

آنزیم اوره‌آز

همان‌طوری که در جدول ۱ نشان داده شده است، تیمار کودی اثر بسیار معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) بر فعالیت آنزیم اوره‌آز داشته است، همچنین اثر متقابل تیمار کودی و زمان بر فعالیت آنزیم اوره‌آز معنی‌دار شده است. با توجه به جدول ۲ فعالیت آنزیم اوره‌آز روند

نزولی در طول زمان داشته است اما در آخرین مرحله (بعد از برداشت گیاهان) فعالیت آن افزایش یافته است، به‌طوری که بیشترین فعالیت این آنزیم در این مرحله مشاهده شده است. در اولین مرحله اندازه‌گیری فعالیت آنزیم اوره‌آز (تقریباً ۳۰ روز بعد از کشت گیاهان)، بیشترین فعالیت به ترتیب در سطح سوم و دوم کود اوره و سطح سوم کود مرغی مشاهده شده است و تفاوت معنی‌دار بین این دو تیمار مشاهده نشد و در تیمار شاهد کمترین فعالیت وجود داشت، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن کود (اوره و مرغی) به خاک جمعیت و فعالیت میکروبی افزایش می‌یابد، از این‌رو فعالیت آنزیم اوره‌آز نیز افزایش یافته است. به‌طور کلی سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی به ترتیب باعث افزایش٪۲/۲، ٪۵/۲ و ٪۸۳/۸، و افزودن ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره نیز باعث افزایش ٪۳۴/۸، ٪۲۵/۴، ٪۶۳/۵ در فعالیت آنزیم نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۱). کانچکریمث و سینگ (۱۲) نیز افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز را در حضور مقادیر مختلف کود آلی و شیمیایی (NPK) گزارش کردند. احتمالاً ورود کربن، نیتروژن و سایر مواد غذایی از طریق کود، باعث تحریک فعالیت میکروبی و افزایش فعالیت آنزیمی می‌شود. از آنجایی که میکروب‌های خاکزی منشأ این آنزیم هستند، هر گونه تغییر در رشد و فعالیت این موجودات ناشی از عرضه کافی سوبسترا، ممکن است سنتز و تولید اوره‌آز را افزایش دهد. بیشترین فعالیت آنزیم اوره‌آز در سطح سوم کود مرغی مشاهده شد اما سطح اول و دوم کود مرغی همانند تیمار شاهد عمل کرده‌اند و در این دو سطح، تأثیر کود اوره بر فعالیت آنزیم بیشتر بوده است. به‌طوری که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است در سطح اول و دوم کود اوره فعالیت اوره‌آز بالاتر از شاهد و سطح اول و دوم کود مرغی بود.

در سطح اول و دوم کود مرغی مقدار سوبسترای آنزیم اوره‌آز پائین بوده است. در واقع سنتز و تولید آنزیم صورت گرفته است ولی آنزیم به دلیل محدویت سوبسترا غیر فعال بوده است. اصولاً فعالیت بالای میکروبی الزاماً همیشه با افزایش فعالیت آنزیمی همراه نیست و چنانچه محدودیت سوبسترای آنزیمی در خاک وجود داشته باشد، فعالیت آنزیم ارتقا نمی‌یابد.



(شکل ۱)- میانگین فعالیت آنزیم اوره‌آز در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B)

نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ می‌باشند ($LSD_{./.۵}$=۰/۱۹۷)

(جدول ۱)- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی، زمان و اثرات متقابل آنها بر فعالیت آنزیم اوره‌آز (Urease)، الکالین فسفاتاز (ALP) و ساکاراز (Saccharase) (اعداد جدول آماره F هستند)

منابع تغییرات	درجه آزادی	Urease	ALP	Saccharase
تکرار	۳	۰/۶۴ n.s	۱/۷ n.s	۲ n.s
تیمار کودی (a)	۶	۲۴/۸***	۳۳***	۱۲/۸***
زمان (b)	۴	۱۶۱***	۷۱۰***	۸۵۵***
کود * زمان	۲۴	۸/۳***	۶/۸***	۲۲۴۹۸/۸***
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۲/۲	۱۲/۲	۱۱/۷

***=P<۰/۰۰۱، n.s غیر معنی‌دار

ونگ و همکاران (۲۴) نیز افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز را در حضور مقادیر مختلف کود اوره در مقایسه با تیمار شاهد گزارش کردند. آنها بیان کردند که فعالیت این آنزیم با افزایش سطوح کود اوره افزایش می‌یابد، زیرا اوره سوبسترای لازم و اصلی برای فعالیت کاتالیزوری این آنزیم به شمار می‌آید. به‌طور کلی تأثیر کود اوره بر افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز بیش از کود مرغی است. بنابراین افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز در حضور کود اوره ممکن است ناشی از اثر محرک آن بر فعالیت این آنزیم باشد (۲). زمان نیز تأثیر معنی‌دار بر فعالیت این آنزیم داشته است (جدول ۱). در مرحله اول (۳۰ روز بعد از کشت) نسبت به سه مرحله دیگر بیشترین فعالیت آنزیم مشاهده شده است. طی ۹۰ روز اول رشد گیاه، فعالیت اوره‌آز پیوسته کاهش یافت ولی بیشترین فعالیت این آنزیم در مرحله پنجم یعنی بعد از برداشت گیاه مشاهده شد. اگرچه گیاه نیز منشأ اوره‌آز خاک محسوب می‌شود ولی احتمالاً کاهش ترشح برخی ترکیبات یا اسیدهای آلی محرک فعالیت میکروبی از ریشه با افزایش رشد گیاه (۹)، عامل کاهش فعالیت این آنزیم است. برداشت گیاه باعث افزایش فعالیت اوره‌آز گردیده است که می‌تواند ناشی از تحریک و افزایش فعالیت میکروبی بدلیل شروع تجزیه ریشه‌های نازک و جوان (Fine roots) که معمولاً از سرعت بالایی برخوردار هستند، و متعاقب آن تولید و سنتز این آنزیم باشد.

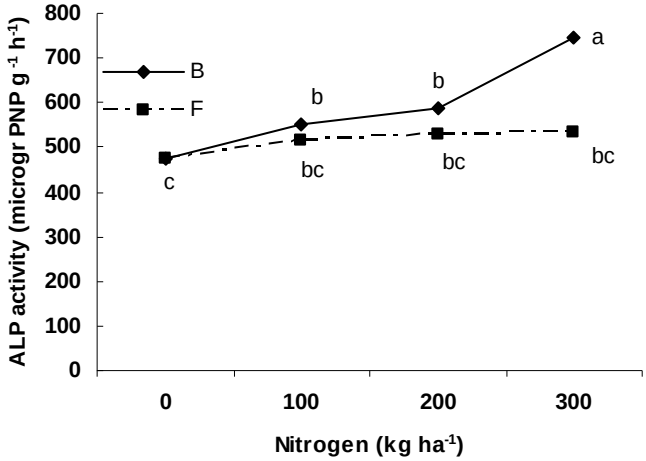
آنزیم الکالین فسفاتاز

این آنزیم هیدرولیز ترکیبات آلی فسفردار به یون‌های فسفات قابل جذب برای گیاه را به عهده دارد. بنابراین، یکی از آنزیم‌های مهم در چرخه فسفر خاک به شمار می‌آید و معمولاً در خاک‌ها با اسیدیته بالا فراوان و فعال‌تر است (۲۱). فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر کوددهی قرار گرفت (جدول ۱)، اثرات متقابل تیمار کودی و زمان نیز بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار شده است (جدول ۱ و ۳). در اولین مرحله اندازه‌گیری، فعالیت آنزیم در سطوح مختلف کود تفاوت قابل توجهی نشان نداد، اما در مرحله دوم (۵۰ روز پس از کشت گیاهان) در بین سطوح مختلف کود، بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم به ترتیب در سطح سوم کود مرغی و سطح اول کود اوره مشاهده شد که سطح اول کود اوره تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد نشان نداد. به‌طور کلی تأثیر کود مرغی در افزایش فعالیت آنزیمی در این مرحله بیش از کود اوره بود. ۷۰ روز بعد از کشت گیاهان (مرحله سوم)، فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز نسبت به مرحله قبل کاهش یافت، اما مانند مرحله قبل تأثیر کود مرغی بر افزایش فعالیت این آنزیم محسوس‌تر بود. در چهارمین مرحله اندازه‌گیری (۹۰ روز پس از کشت) افزایش جزئی در فعالیت آنزیم مشاهده گردید. اما در این مرحله تأثیر کود اوره بر فعالیت آنزیم بسیار ناچیز بوده است به‌طوری که بین سطوح مختلف کود اوره و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. برخلاف اوره‌آز، کمترین فعالیت این آنزیم در آخرین مرحله (بعد از برداشت گیاهان) مشاهده شد ممکن است در آخرین مرحله آنزیم تولید شده ولی توسط کلوئیدهای رسی یا هوموسی خاک جذب سطحی شده باشد. تغییر عوامل میکرواقلیمی مانند دما و رطوبت سطحی خاک بعد از برداشت و ... نیز می‌تواند بر روند فعالیت آنزیم مؤثر باشد. در این مرحله به استثنای سطح سوم کود مرغی که بیشترین فعالیت آنزیمی را دارا بوده است، بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد نشان ندادند. به‌طور کلی تیمار کودی فعالیت این آنزیم را تحت تأثیر قرار داد، به گونه‌ای که فعالیت آن با به کار بردن کود اوره و مرغی در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافته است. اما تأثیر کود مرغی بیش از کود اوره بود (شکل ۲). این نتیجه با گزارشات کانچکریمث و سینگ (۱۲) نیز مطابقت دارد.

افزایش سطوح کود مرغی باعث افزایش فعالیت آنزیم شده است. به‌طوری که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی باعث افزایش ۱/۵ برابری فعالیت آنزیم در مقایسه با تیمار شاهد شده است. سطح اول و دوم کود مرغی نیز باعث افزایش فعالیت این آنزیم شدند اما تفاوت معنی‌دار با سطوح کود اوره نشان ندادند. افزایش فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز در تیمار کود اوره نیز مشاهده شد اما فاقد تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد بود در واقع ممکن است در تیمار کود اوره سوبسترا (فسفر آلی) عامل محدود کننده باشد، به نظر می‌رسد فسفر آلی خاک به عنوان عامل محدود کننده عمل کرده است. روس و همکاران (۱۶) نیز اثر متفاوت مواد آلی مختلف را بر روند تغییرات آنزیم‌های دهیدروژناز، بتاگلوکوسیداز و پروتئاز در یک خاک نیمه خشک گزارش کردند.

به‌طور کلی کود اوره تأثیر بسزایی بر فعالیت این آنزیم نداشته است. برخی پژوهشگران نیز بیشترین فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز را در تیمار کود دامی وکمترین مقدار را در تیمار شاهد مشاهده کردند (۴). همچنین حجتی و نوربخش (۱۰) افزایش فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز را در حضور کود گاوی در مقایسه با کود شیمیایی و تیمار شاهد گزارش کردند. افزایش فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز در حضور کود مرغی را می‌توان ناشی از ترکیبات به سهولت قابل تجزیه مانند سلولز، افزایش کربن آلی محلول و افزایش فعالیت میکروبی دانست (۸)، از آنجا که فعالیت آنزیم با میزان کربن آلی محلول همبستگی دارد، لذا با افزایش سطوح کود مرغی میزان کربن آلی محلول نیز افزایش یافته که افزایش فعالیت آنزیم را به همراه دارد.

همچنین اضافه کردن مواد آلی به خاک باعث فراهم کردن کربن و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم می‌شود. مواد آلی همچنین نقش مهمی در حفظ آنزیم‌ها از ایموبلیزه شدن توسط کانی‌های رسی یا ترکیبات هوموسی ایفا می‌کنند (۱۱). از طرف دیگر، افزودن کود مرغی سبب افزایش ترکیبات آلی فسفردار در خاک می‌گردد، که سوبسترای اصلی برای عمل کاتالیزوری فسفاتاز محسوب می‌شود.



(شکل ۲)- میانگین فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B)

نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ می‌باشند ($LSD_{./.۵}$=۷۶)

(جدول ۲)- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای کودی و زمان بر فعالیت آنزیم اوره‌آز (اعداد جدول mean± SD می‌باشند)

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (روز)				
		مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
مرغی	۱۰۰	۱/۱±۰/۲۳^{Cb}	۱±۰/۰۲^{CDb}	۰/۹۶±۰/۱۹^{Bb}	۰/۸۱±۰/۳۳^{ABb}	۲/۶±۰/۶۰^{Ba}
	۲۰۰	۱/۶±۰/۲۷^{BCb}	۱/۵±۰/۳۶^{BCb}	۰/۷۸±۰/۱۰^{BCc}	۰/۲۶±۰/۱۰^{Cd}	۲/۵±۰/۱۵^{Ba}
	۳۰۰	۳/۱±۰/۸۵^{Aa}	۲/۱±۰/۴۶^{ABb}	۱/۸±۰/۴۶^{Abc}	۱/۳±۰/۴۰^{Ac}	۳/۲±۰/۴۵^{Aa}
میانگین		۱/۹±۰/۴۵	۱/۵±۰/۲۸	۱/۲±۰/۲۵	۰/۷۹±۰/۲۸	۲/۸±۰/۴
اوره	۱۰۰	۲±۰/۵۰^{Bb}	۱/۲±۰/۲۰^{CDc}	۱/۹±۰/۰۳^{Ab}	۰/۲۶±۰/۰۸^{Cd}	۳/۱±۰/۲۴^{Aa}
	۲۰۰	۳±۰/۲۹^{Aa}	۱/۳±۰/۰۹^{CDb}	۰/۱۶±۰/۰۴^{Dd}	۰/۳۹±۰/۱۰^{BCc}	۳/۱±۰/۶۰^{Aa}
	۳۰۰	۳/۳±۰/۶۳^{Aa}	۲/۱±۰/۳۵^{Ab}	۲/۱±۰/۳۶^{Ab}	۰/۴۵±۰/۱۲^{BCc}	۲/۳±۰/۵۱^{Bb}
میانگین		۲/۸±۰/۴۷	۱/۵±۰/۲۱	۱/۴±۰/۲۲	۰/۳۷±۰/۱۰	۲/۸±۱/۹
شاهد	۰	۱/۴۲±۰/۳۶^{Cb}	۰/۸۹±۰/۰۶^{Dbc}	۰/۴±۰/۱۳^{CDc}	۰/۶۷±۰/۲۰^{BCc}	۲/۹±۰/۰۴^{ABa}
میانگین		۲/۲±۰/۴۵^{b}	۱/۴±۰/۲۲^{c}	۱/۱۵±۰/۱۹^{d}	۰/۵۹±۰/۱۹^{e}	۲/۸±۰/۳۷^{a}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪۵ می‌باشند ($LSD_{./.۵}$=۰/۵۱) و میانگین‌ها با $LSD_{./.۵}$=۰/۱۹۳ مقایسه شدند.

به دلیل این‌که آنزیم الکالین فسفاتاز از نوع آنزیم‌های عادتی خاک به شمار می‌آید، بنابراین انتظار می‌رود که فعالیت کاتالیزوری آنزیم بر اثر مصرف کود مرغی افزایش یابد (۱). کود مرغی مصرف شده حاوی ۱/۷ درصد فسفر بود و بنابراین افزودن فسفر آلی از طریق کود مرغی فعالیت کاتالیزوری آنزیم را به حداکثر رسانده است.

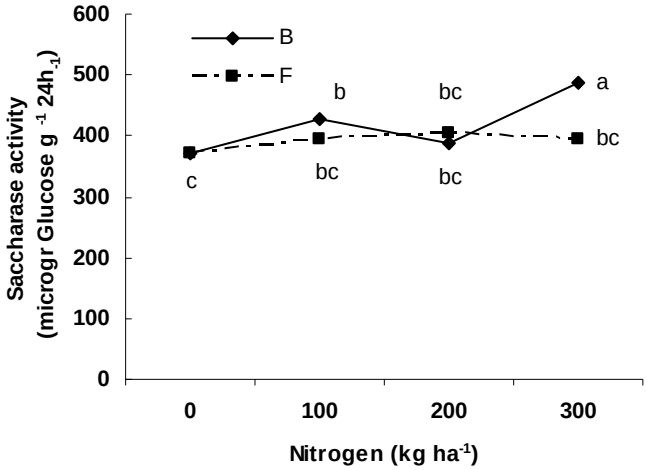
زمان نیز اثر معنی‌دار بر فعالیت این آنزیم در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی و اوره داشته است (جدول ۱). بر خلاف اوره‌آز، فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز روند مشخصی در طول زمان نشان نداد، به‌طوری که بیشترین فعالیت آنزیم به ترتیب در مرحله دوم، اول، چهارم، سوم و پنجم مشاهده شد.

با گذشت زمان و تجزیه مواد آلی، فعالیت و تنوع میکروبی نیز کاهش یافته، در نتیجه فعالیت آنزیم کاهش می‌یابد به‌طوری که در آخرین مرحله اندازه‌گیری، کمترین فعالیت آنزیم فسفاتاز مشاهده شده است، همچنین روند نامنظم در فعالیت آنزیم ممکن است ناشی از بلوغ فیزیولوژیکی گیاه، ترشحات مختلف ریشه، تغییر فسفر آلی خاک و ... باشد.

آنزیم ساکاراز

داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر تیمار کودی و اثر متقابل آن با زمان بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار است. ۳۰ روز پس از کشت گیاهان، فعالیت این آنزیم در خاک تیمار شده با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره حداکثر فعالیت را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (جدول ۴). در بین سطوح مختلف کود مرغی نیز بیشترین فعالیت آنزیم در سطح سوم این کود مشاهده شد و تفاوت معنی‌دار با دو سطح دیگر نشان داد. اما به‌طور میانگین در اولین مرحله، در تیمار کود مرغی بیشترین (۶۴۹) و در تیمار کود اوره کمترین (۵۷۴) فعالیت آنزیم مشاهده شد.

میانگین فعالیت آنزیم در مرحله دوم (۵۰ روز بعد از کشت) نسبت به مرحله قبل افزایش نشان داد اما تفاوت معنی‌دار بین آنها مشاهده نشد. در این مرحله نیز بیشترین فعالیت آنزیم در تیمار کود مرغی و سطح سوم آن مشاهده شد، همچنین تأثیر کود اوره بیش از تیمار شاهد بوده است. ۷۰ و ۹۰ روز بعد از کشت گیاهان فعالیت آنزیم نسبت به دو مرحله قبل کاهش معنی‌دار نشان داد، اما تأثیر کود اوره و مرغی بر فعالیت آنزیم ساکاراز یکسان بود و تفاوت معنی‌دار بین آنها مشاهده نشد. در آخرین مرحله اندازه‌گیری (بعد از برداشت گیاهان)، فعالیت آنزیم نسبت به مرحله قبل افزایش معنی‌دار نشان داد. در این مرحله تأثیر کود اوره بر فعالیت آنزیم بیش از کود مرغی بوده است. اما میانگین تیمارها (شکل ۳) در طول زمان نشان داده است که تأثیر کود مرغی بیش از کود اوره بوده است، به‌طوری که افزایش کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم ساکاراز در مقایسه با تیمار شاهد شده است. ساها و همکاران (۱۷) نتایج مشابهی را در خاک‌های تیمار شده با کود مرغی گزارش کردند.



(شکل ۳)- میانگین فعالیت آنزیم ساکاراز در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B)

نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ می‌باشند ($LSD_{./.۵}$=۹۴/۱)

(جدول ۳)- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای کودی و زمان بر فعالیت آنزیم الکالین فسفاتاز (اعداد جدول mean± SD می‌باشند)

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (روز)				
		مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
مرغی	۱۰۰	۶۲۵±۸۱/۱ ^{Bb}	۱۰۵۱±۲۰۰ ^{BCa}	۳۲۳±۱۰/۲ ^{ABCc}	۵۳۱±۱۱۶ ^{Bb}	۲۲۶±۱۶/۳ ^{Bd}
	۲۰۰	۷۱۷±۵۱/۴ ^{Ab}	۱۰۲۹±۱۷/۶ ^{BCa}	۴۱۰±۱۳/۶ ^{Ad}	۵۱۲±۵۲ ^{Bc}	۲۶۶±۵۴/۷ ^{Be}
	۳۰۰	۷۵۴±۹۳/۴ ^{Ab}	۱۵۰۴±۱۴۶ ^{Aa}	۳۸۴±۱۱/۷ ^{ABc}	۶۵۶±۲۱/۸ ^{Ab}	۴۴۰±۷۷/۱ ^{Ac}
میانگین		۶۹۹±۷۵/۳	۱۱۹۵±۱۲۱	۳۷۲±۱۱/۸	۵۶۶±۶۳/۳	۳۱۱±۴۹
اوره	۱۰۰	۷۵۷±۱۴۹ ^{Ab}	۹۷۵±۱۸۲ ^{Ca}	۳۰۳±۵۲/۵ ^{BCcd}	۳۳۵±۱۵/۷ ^{Cc}	۲۱۲±۱۲/۵ ^{Bd}
	۲۰۰	۷۷۶±۱۲۰ ^{Ab}	۱۱۲۵±۱۲۰ ^{Ba}	۳۰۲±۶۳/۸ ^{BCc}	۲۴۳±۲۵/۷ ^{Ccd}	۲۰۰±۶/۵ ^{Bd}
	۳۰۰	۷۰۱±۱۰۵ ^{ABb}	۱۰۴۱±۹/۳ ^{BCa}	۳۲۹±۵۳/۸ ^{ABCc}	۳۲۲±۴۶/۲ ^{Cc}	۲۸۲±۱۷/۵ ^{Bc}
میانگین		۷۴۵±۱۲۵	۱۰۴۷±۱۰۴	۳۱۱±۵۶/۷	۳۰۰±۲۹/۲	۲۳۱±۱۲/۲
شاهد	۰	۶۲۶±۴۰/۸ ^{Bb}	۹۹۷±۵۲/۵ ^{Ca}	۲۷۳±۵/۳ ^{Cc}	۲۶۵±۳۰ ^{Cc}	۲۰۱±۱۵/۶ ^{Bc}
میانگین		۷۰۸±۹۱/۵ ^{b}	۱۱۰۳±۱۰۴ ^{a}	۳۳۲±۳۰/۱ ^{d}	۴۰۹±۴۳/۹ ^{c}	۲۶۱±۲۸/۶ ^{e}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪۵ می‌باشند ($LSD_{./.۵}$=۹۶/۸) و میانگین‌ها با $LSD_{./.۵}$=۳۶/۶ مقایسه شدند.

داده‌های جدول ۱ اثر معنی‌دار زمان را بر فعالیت این آنزیم نشان می‌دهد. فعالیت آنزیم ساکاراز روند مشخصی در طول زمان نشان نداد. به‌طوری که بیشترین فعالیت آنزیم به ترتیب در مرحله دوم، اول، سوم، پنجم و چهارم مشاهده شده است. این آنزیم در هیدرولیز ترکیبات کربن‌دار نقش مهم دارد و افزودن مواد اصلاحی غنی از ساکارز و کربن سهل الوصل مانند کود مرغی سبب تحریک و افزایش فعالیت آن می‌شود (۱۵).

همبستگی بین فعالیت‌های آنزیمی و عملکرد ذرت

بررسی همبستگی‌ها حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین فعالیت آنزیم‌ها با یکدیگر بود (جدول ۵). به طوری که آنزیم الکالین فسفاتاز همبستگی معنی‌دار (**r=۰/۵۹) با اوره‌آز و ساکاراز (***r=۰/۷۰) نشان داد. همچنین فعالیت آنزیم اوره‌آز با فعالیت آنزیم ساکاراز همبستگی معنی‌دار (*r=۰/۴۶) نشان داد. هو و کائو (۱۱) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت آنزیم اوره‌آز و الکالین فسفاتاز مشاهده کردند (**r=۰/۹۲). علاوه بر این همبستگی بین عملکرد ذرت با فعالیت آنزیم اوره‌آز (**r=۰/۵۸) مثبت و معنی‌دار بود. در حالی‌که عملکرد با فعالیت دو آنزیم دیگر همبستگی معنی‌دار نداشت. همبستگی بین فعالیت آنزیمی با عملکرد شاید به دلیل فراهم کردن مواد غذایی ضروری موجود در کود از طریق فرآیندهای آنزیمی باشد، زیرا کودهای آلی با فراهم کردن مواد غذایی از طریق فرآیندهای آنزیمی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (۱۰). بنابراین، فعالیت اوره‌آز در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی و غیر آلی شاخص مناسبی برای ارزیابی عملکرد ذرت در خاک مورد آزمایش می‌باشد.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد افزودن کود مرغی و اوره باعث افزایش فعالیت آنزیم اوره‌آز (۳۰ تا ۴۰ درصد)، الکالین فسفاتاز (۱۲ تا ۳۳ درصد) و ساکاراز (۹ تا ۲۰ درصد) در مقایسه با خاک شاهد شد، و با افزایش سطوح کودی فعالیت آنزیمی خاک نیز روند افزایشی نشان داد. از طرفی مقایسه کود اوره با مرغی نشان می‌دهد که کود مرغی تأثیر بیشتری بر فعالیت آنزیم‌های الکالین فسفاتاز (۱۹ درصد افزایش) و ساکاراز (۹ درصد افزایش) دارد، در حالی که فعالیت اوره‌آز در تیمارهای کود اوره ۸ درصد بیشتر از تیمارهای کود مرغی بود. بنابراین با مصرف کودهای مرغی و اوره می‌توان شرایط بیولوژیکی خاک و در نتیجه پتانسیل تولید اراضی را بهبود بخشید. نتایج این تحقیق از وجود همبستگی قوی بین فعالیت اوره‌آز و عملکرد گیاه ذرت در خاک‌های تیمار شده با کودهای مرغی و اوره دلالت دارد. از این‌رو با مصرف کود به ویژه کود مرغی فعالیت آنزیمی خاک و در نتیجه عملکرد گیاه در خاک‌های آهکی خشک و نیمه خشک در دراز مدت بهبود می‌یابد.

(جدول ٤)- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای کودی و زمان بر فعالیت آنزیم ساکاراز (اعداد جدول mean± SD می‌باشند)

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (روز)				
		مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
مرغی	۱۰۰	۶۲۶±۷۳/۵^{Cb}	^{Aa}۷۷۰±۶۰/۳	۵۲۷±۱۹/۷^{BCc}	۶۷/۳±۱۴/۵^{Be}	۱۵۲±۷/۹^{Bd}
	۲۰۰	۶۰۸±۸۲/۴^{Ca}	۵۹۷±۴/۹^{Cab}	۵۳۳±۲۷/۲^{BCb}	۳۶/۴±۱۰/۹^{Bd}	۱۶۸±۲/۶^{ABc}
	۳۰۰	۷۱۴±۱۳۹^{ABb}	۸۱۴±۸۸/۸^{Aa}	۵۳۵±۲۱/۳^{Bc}	۱۴۲±۶/۲۰^{Ae}	۲۲۴±۴/۶^{Ad}
میانگین		۶۴۹±۹۸/۳	۷۲۷±۵۱	۵۳۲±۲۲/۸	۸۱/۹±۱۰/۵	۱۸۱±۵
اوره	۱۰۰	۷۴۵±۲۰^{Aa}	۵۶۷±۷۷/۳^{Cb}	۴۶۵±۱۳/۲^{Cc}	۳۱/۷±۷/۴^{Be}	۱۵۴±۱۱/۲^{Bd}
	۲۰۰	۵۰۱±۱۳۱^{Db}	۶۲۸±۶۰/۱^{Ca}	۶۴۰±۱۷/۷^{Aa}	۶۵/۸±۶/۳^{Bd}	۱۹۵±۱۴/۶^{ABc}
	۳۰۰	۴۷۷±۷۴/۲^{Db}	۶۰۴±۱۰۴^{Ca}	۵۶۹±۸۳/۲^{Ba}	۸۷/۱±۱۵/۲^{ABd}	۲۳۰±۱۵/۱^{Ac}
میانگین		۵۷۴±۷۵/۱	۶۰۰±۸۰/۵	۵۵۸±۳۸	۶۱/۵±۹/۶	۱۹۳±۱۳/۶
شاهد	۰	۶۶۳±۳۶/۱^{BCa}	۴۶۸±۲۱/۸^{Db}	۵۱۹±۵۲/۹^{BCb}	۵۳/۷±۱/۹^{Bd}	۱۴۵±۹/۶^{Bc}
میانگین		۶۱۹±۷۹/۵^{a}	۶۳۶±۵۹/۶^{a}	۵۴۱±۳۳/۶^{b}	۶۹±۸/۹^{d}	۱۸۱±۹/۴^{c}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند (LSD.٪۵=۶۷/۴) و میانگین‌ها با LSD.٪۵=۲۵/۵ مقایسه شدند.

(جدول ۵)- ضرائب همبستگی بین فعالیت‌های آنزیمی و عملکرد ذرت (n=۲۸)

	Urease	ALP	Saccharase	Yield

Urease	۱/۰۰			
ALP	۰/۵۹***	۱/۰۰		
Saccharase	۰/۴۶*	۰/۷۰***	۱/۰۰	
Yield	۰/۵۸**	۰/۲۷ n.s	۰/۳۴ n.s	۱/۰۰

*= $P<$۰/۰۵، **= $P<$ ۰/۰۱، ***= $P<$۰/۰۰۱، n.s غیر معنی‌دار

منابع

1- Alef A., and Nannipieri P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academics Press. UK.
2- 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.
3- Blagodatsky S.A., and Richter O. 1998. Microbial growth in soil and nitrogen turnover: A theoretical model considering the activity state of microorganisms. Soil Biology and Biochemistry, 30:1743-1755.
4- Bohem L., Langer U., and Bohem F. 2005. Microbial biomass, enzyme activities and microbial community structure in two European long-term field experiments. Agriculture, Ecosystems and Environment, 109:141-152.
5- Bullock L.R., Brosius M., Evanylo G.K., and J.B. Ristaino. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. Applied Soil Ecology, 19:147-160.
6- Burns R.G. 1978. Enzymes activity in soil: Some theorical considerations. In: R. G. Burns (ed). Soil Enzymes. London. Academic Press. pp 295-340.
7- Eivazi F., and Tabatabai M.A. 1977. Phosphatases in soils. Soil Biology and Biochemistry, 9:167-172.
8- Garg S., and Bahl G.S. 2008. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. Bioresource Technology, 99:5773-5777.
9- Grayston S.J., Vaughan D., and Jones D. 1996. Rhizosphere carbon flow in tree, in comparison with annual plants: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability. Applied Soil Ecology. 5: 29-56.
10- Hojjati S., and Norbakhsh F. 2006. Enzyme activities and microbial biomass carbon in a soil amended with organic and inorganic fertilizers. Journal of Agronomy, 5:563-579.
11- Hu C., and Cao Z. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World Journal of Agricultural Sciences, 1:63-70.
12- Kanchikerimath M., and Singh D. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize–wheat–cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India. Agriculture, Ecosystems and Environment, 86:155-162.
13- Mandal A., Patra A.K., Singh D., Swarup A., and Masto R.E. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stage. Bioresource Technology. 98: 3585-3592.
14- Pimentel D., and Dazhong W. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production. In: C. R. Carroll, J. H. Vandermeer and P. M. Rosset (eds). Agroecoloy. McGraww-Hill Publisher. New York.
15- Ross D.J. 1987. Assays of invertase in acidic soils. Influence of buffers. Plant and Soil. 97: 285-289.
16- Ross M., Hernandez M.T., and García C. 2003. Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. Soil Biology and Biochemistry, 35:463-469.
17- Saha S., Prakash V., Kundu S., Kumar N., and Lal Mina B. 2008. Soil enzymatic activity as affected by long term application of farm yard manure and mineral fertilizer under a rainfed soybean-wheat system in N-W Himalaya. European Journal of Soil Biology. 44:309-315.
18- Schinner F., and V. Mersi. 1990. Xylanase-CM cellulase and invertase activity in soil: an improved method. Soil Biology and Biochemistry. 22: 511-515.
19- Schloter, M., Dilly O., and Munch J.C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. Agriculture, Ecosystems and Environment. 98: 255-262.
20- Tabatabai M.A., and Bremner J.M. 1972. Assay of urease activity in soil. Soil Biology and Biochemistry. 4: 479-487.
21- Tabatabai M.A. 1994. Soil enzymes. In: Weaver, R. W., J. S. Angel and P. S. Bottomley (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Soil Science Society of American Journal. Madison, WI. 775-833.
22- Tejada M., Gonzalez J.L., Garcia-Martinez A.M., and Parrado J. 2008. Effects of different green manures on soil

biological properties and maize yield. Bioresource Technology, 99:1758-1767.

23- Verma S., and Sharma P.K. 2007. Effect of long-term manuring and fertilizers on carbon pools, soil structure, and sustainability under different cropping systems in wet-temperate zone of northwest Himalayas. Biology and Fertility of Soils, 44:235-240.

24- Wang Q.K., Wang S.L., and Liu Y.X. 2008. Responses to N and P fertilization in a young *Eucalyptus dunnii* plantation: microbial properties, enzyme activities and dissolved organic matter. Applied Soil Ecology, 40:484-490.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 127-136

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۳۶-۱۲۷

The effect of nitrogen source and level on the trend of enzymatic activity in a calcareous soil cultivated with forage maize

M. Fereidooni Naghani[1*] – F. Raiesi[2] – S. Fallah[3]

Abstract

The addition of manures and chemical fertilizers as soil amendments for the improvement of soil fertility and quality could affect the seasonal changes in the activity of soil microbes and enzymes. This study aimed at investigating the effect of different levels of nitrogen from broiler litter and urea sources on the trend of urease, alkaline phosphatase and saccharase activities in a clay loam calcareous soil cultivated with maize (*Zea Mays* L.) under field conditions. The treatments were a control (no fertilizer and broiler litter), 100, 200, 300 kg N ha^{-1} from broiler litter and 100, 200, 300 kg N ha^{-1} from urea, using a split-plot experiment arranged in a completely randomized block design with four replications. The activity of soil enzymes was monitored at five different stages after treatments imposition with 20-day intervals during the growth period. Results of this research show that the activity of urease, alkaline phosphatase and saccharase in broiler litter- and urea- treated soils were significantly greater than that in the control soil (no broiler litter and urea added). The level of broiler litter and urea fertilizers and time had a significant effect (P<0.05) on soil enzyme activities. The result of the current study also indicated a positive, significant correlation (r=0.58***) between urease activity and maize yield, whereas maize yield had no correlation with alkaline phosphatase and saccharase activities. In summary, results illustrate that broiler litter is more effective in increasing the activity of soil enzymes than urea, due in large part to the stimulation of microbial activities resulted from labile carbon in broiler litter.

Key words: Broiler litter, Urea fertilizer, Urease, Alkaline phosphatase, Saccharase

1 ,2, 3 - MSc. Student, Associate Prof. and Assistant Prof., respectively Faculty, of Agriculture, University of Shahrekord
(* - Corresponding author Email: fereidoonimitra@gmail.com)