اثر مقادیر مختلف لجن فاضلاب
بر معدنی شدن خالص نیتروژن در خاک

فرشید نوربخش*

(دریافت۸۲/٤/۱٦ پذیرش۸۲/۸/۱٤)

چکیده

کودهای آلی، از جمله لجن فاضلاب را می‌توان از منابع مهم تأمین عناصر غذایی برای گیاهان محسوب نمود. نیتروژن که پرمصرف‌ترین عنصر غذایی گیاهان است، در همه این کودها به شکل آلی وجود داشته و پس از ورود به خاک در اثر فرایندهای میکروبی و تحت تأثیر آنزیم‌های برون سلولی از شکل آلی به شکل معدنی تبدیل می‌شود. هدف از این مطالعه، مقایسه معدنی شدن خالص نیتروژن در اثر کاربرد کودهای آلی لجن فاضلاب، کود گوسفندی، کود کمپوست و برگ سنجد است. به این منظور دو سطح ۱ و ۲/۵ درصد از کودهای نامبرده به خاک افزوده شد و پس از ۲۰ هفته انکوباسیون در دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد در ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری رطوبت، نیتروژن معدنی شده اندازه‌گیری گردید. یک تیمار شاهد (بدون افزودن کود) برای تعیین نیتروژن معدنی شده حاصل از کودها در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که معدنی شدن خالص نیتروژن در تمامی کودها و سطوح به کار رفته، از تیمار شاهد بیشتر است. در هیچ‌یک از تیمارها ایموبیلیزاسیون خالص نیتروژن مشاهده نشد. در بین تیمارهای دریافت کننده کود، تیمار ۲/۵ درصد لجن فاضلاب، بیشترین (۳۳۲/۹mg/kg) و تیمار یک درصد کمپوست، کمترین (۱۸۷/۱mg/kg) معدنی شدن خالص را به همراه داشتند. نیتروژن معدنی شده از برگ‌های سنجد و کود گوسفندی حد واسط لجن فاضلاب و کود کمپوست برآورد شد. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان داد که به طور متوسط ۵۳ درصد از نیتروژن موجود در لجن فاضلاب در مدت ۲۰ هفته انکوباسیون از شکل آلی به معدنی تبدیل می‌شود، حال آنکه این میزان برای کود کمپوست ۲۹ درصد است و سایر کودها نیز در این طیف قرار می‌گیرند. به نظر می‌رسد کود لجن فاضلاب بسیار غنی و حاوی نیتروژن در دسترس فراوان است.

واژه‌های کلیدی : کودهای آلی، نیتروژن معدنی شده، ایموبیلیزاسیون.

Effects of Sewage Sludge on Net Nitrogen Mineralization in Soil

Nourbakhsh, F.
Assist. Prof., College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract

Organic fertilizers, including sewage sludge, are considerable sources of plant nutrients. Nitrogen mineralization is an enzyme mediated process being undertaken by soil microbial populations. This study was conducted to investigate the effects of some organic fertilizers (sewage sludge, sheep manure, municipal solid wastes and oleaster leaves) on net nitrogen mineralization in a calcareous. Two levels of 1% and 2.5% of organic fertilizers in three replications were incorporated to a calcareous soil and moisture was adjusted at 50% water holding capacity. Soils were incubated at 25°C for 20 weeks. A control treatment (without addition of the organic fertilizers) was run to determine the fertilizer induced nitrogen

* استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

mineralization. Results indicated that all treatment had significantly higher net nitrogen mineralization than that of control. Net nitrogen immobilization was not observed. The highest (332.9 mg/kg) and the lowest (187.1 mg/kg) rates of net nitrogen mineralization were observed in 2.5% of sewage and 1% of municipal solid wastes, respectively. The results also indicated that 53% and 29% of fertilizer nitrogen were mineralized during the 20 weeks of incubation form sewage sludge and municipal solid wastes, respectively. Sheep manure and oleaster leaves had intermediate rates of net nitrogen mineralization. It seems that sewage sludge contains higher amounts of total and easily mineralizable nitrogen

مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای آلی به شدت مورد توجه قرار گرفته است. دلایل عمده این توجه را می‌توان به افزایش دانش بشر در باره آلودگی‌های زیست‌محیطی حاصل از کودهای شیمیایی، نیاز انسان و دام به غذای سالم و غیر آلوده و هم‌چنین نیاز بشر به چرخه مواد آلی دانست [۹ و ۱۲]. به علاوه، اندک بودن مقدار مواد آلی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک و نقش و اهمیت مواد آلی در مدیریت پایدار اکوسیستم‌های کشاورزی مناطق خشک، باعث توجه بیش از پیش محققان و کشاورزان به کودهای آلی شده است. در کشور ما درصد مواد آلی در بیش از ۶۰ درصد از اراضی کشاورزی کمتر از یک درصد است [۱]. از سوی دیگر، بیش از ۹۷ درصد از نیتروژن خاک به شکل آلی است و افزودن کودهای آلی با کیفیت مناسب می‌تواند ضمن بهبود شرایط فیزیکی خاک منجر به تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان گردد [۳ و ۱۳]. کودهای مهم آلی که در کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل کودهای دامی، کود سبز، لجن فاضلاب و کود کمپوست می‌باشد.

برای آن که نیتروژن موجود در کودهای آلی به شکل قابل جذب گیاه درآید، لازم است ابتدا به وسیله فرایندهای میکروبی از قالب مولکول‌های آلی آزاد شده و معدنی شود. فرایند معدنی شدن نیتروژن یکی از مهم‌ترین فرایندهای چرخه نیتروژن است که بخشی از آن در خارج از سلول‌های زنده به وسیله آنزیم‌های برون سلولی و بخشی از آن در داخل سلول‌های میکروبی زنده انجام شده و نخستین محصول معدنی نیتروژن‌دار، آمونیوم می‌باشد [۶]. بخش قابل توجهی از آمونیوم آزاد شده در شرایط هوازی به شکل نیترات در می‌آید. مجموع دو شکل آمونیوم و نیترات برای گیاهان قابل جذب می‌باشند [۱۳]. از سوی دیگر، بخشی از نیتروژن معدنی شده در خاک ممکن است مجدداً به وسیله جمعیت فعال میکروبی خاک جذب شده و وارد بیوماس میکروبی گردد. این پدیده که ایموبیلیزاسیون نیتروژن نامیده می‌شود، برخلاف معدنی شدن، از ذخایر نیتروژن معدنی خاک می‌کاهد.در یک دوره زمانی خاص، حاصل جمع دو فرایند فوق، معدنی شدن خالص یا ایموبیلیزاسیون خالص نامیده می‌شود [۷ و ۸].

بالکوم و همکاران [۳] با مطالعه معدنی شدن عناصر غذایی از کمپوست لجن فعال شهری و یک مطالعه مزرعه‌ای نشان دادند علیرغم آن که نسبت کربن به نیتروژن این کود برابر ۲۳/۱ بود لیکن در پایان باعث ایموبیلیزاسیون نیتروژن گردید. باربریکا و همکاران [۲] با بررسی عوامل موثر بر معدنی شدن نیتروژن در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب نشان دادند که عواملی چون درصد نیتروژن کود، دما و طول دوره انکوباسیون با سرعت معدنی شدن نیتروژن همبستگی مثبت و یا نسبت کربن به نیتروژن خاک و کود همبستگی منفی دارد. این محققین نشان دادند که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، بر نتیجه افزودن کودها به خاک مؤثر است. مبارک و همکاران [۸] نشان دادند در شرایط استوایی تنها ۲ هفته پس از اختلاط بقایای ذرت با خاک، ۵۰ درصد نیتروژن موجود در بقایای ذرت از شکل آلی به معدنی تبدیل می‌شود. آیزاک و همکاران [۵] با مطالعه الگوی معدنی شدن نیتروژن از برگ‌های هرس شده هشت نوع درخت مختلف نشان دادند که غلظت نیتروژن اولیه، نسبت‌های کربن به نیتروژن و لیگنین پلی‌فنل‌ها به نیتروژن در این برگ‌ها، با سرعت تجزیه بقایای گیاهی و معدنی شدن نیتروژن همبستگی نشان می‌دهد. به علاوه با افزایش نسبت لیگنین و پلی‌فنل‌ها به نیتروژن نیز سرعت معدنی شدن نیتروژن کاهش می‌یابد. هم‌چنین نشان داده شد که برگ‌های حاصل از هرس برخی درختان قادرند نیتروژن مورد نیاز رشد ذرت در سیستم جنگل زراعی را فراهم آورند. لوپوای و هاک[۷] معدنی

شدن عناصر مختلف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از برگ‌های هرس شده دو درخت سسبانیا و لوسنا را در یک انکوباسیون آزمایشگاهی پنج هفته‌ای مطالعه نموده و نشان دادند که بقایای این گیاهان منابع قابل توجهی برای تأمین نیتروژن، پتاسیم و منیزیم است لیکن بر مقادیر فسفر و کلسیم خاک نمی‌افزاید. هم‌چنین این محققین نشان دادند سرعت معدنی شدن نیتروژن از برگ‌های سسبانیا بیش از لوسنا است و این سرعت با درصد همی سلولز و نسبت همی سلولز به نیتروژن ارتباط منفی دارد. تجدا و همکاران [۱۱] با مقایسه برخی از کودهای آلی سنتی و جدید در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان دادند که سرعت معدنی شدن نیتروژن برای کلیه کودهای آلی در دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد بیش از این سرعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود.

هدف از این مطالعه آزمایشگاهی، تعیین سرعت معدنی شدن نیتروژن در خاک در اثر افزودن مقادیر مختلف لجن فاضلاب در مقایسه با کود گوسفندی، کود کمپوست و برگ‌های گیاه سنجد[1] است.

مواد و روش‌ها

کودهای آلی مورد مطالعه در این آزمایش شامل لجن فاضلاب، کود گوسفندی پوسیده، کود کمپوست زباله شهری و برگ‌های گیاه سنجد می‌باشند. تمامی کودهای آلی فوق ابتدا در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و پس از خرد شدن به وسیله آسیاب از الک یک میلی‌متری عبور داده شد تا از نظر اندازه ذرات وضعیت یکنواختی حاصل شود[۱۰]. نمونه‌های ۱۰۰ گرمی از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان (مزرعه لورک) با دو سطح مختلف شامل ۱ و ۲/۵ درصد از هر یک از انواع کودهای مورد مطالعه، در سه تکرار مخلوط گردید. یک تیمار شاهد نیز در سه تکرار ولی بدون افزودن کود در نظر گرفته شد. نمونه‌ها به ظروف پلی‌اتیلنی منتقل و رطوبت آن‌ها به وسیله آب مقطر در ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری رطوبت تنظیم گردید و آن‌گاه به مدت بیست هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون شد.

[1] Elaeagnus Angustifolia

ظروف مورد نظر دارای درب سوراخ‌دار بودند تا تبادل اکسیژن به خوبی صورت نگیرد و با شرایط به صورت هوازی باقی بماند. در مدت انکوباسیون، هر سه روز یک بار ظروف توزین گردید و کاهش وزن حاصل از تبخیر آب با افزودن آب مقطر جبران شد. در پایان مدت انکوباسیون، نمونه‌ها به وسیله کلرید پتاسیم ۲ نرمال عصاره‌گیری و مقادیر آمونیوم و نیترات موجود در عصاره‌ها به وسیله روش تقطیر با بخار آب اندازه‌گیری گردید و معدنی شدن خالص با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد [۱۰].

$$Nmin=[(Nitrate_f+Ammonium_f)-(Nitrate_i+Ammonium_i)]$$

که در این معادله Nmin معدنی شدن خالص نیتروژن (mg/kg) و $Ammoium_i$ و $Nitrate_f$ به ترتیب مقادیر آمونیوم و نیترات موجود در نمونه‌ها (mg/kg) پس از انکوباسیون و $Ammonium_i$ و $Nitrate_i$ به ترتیب آمونیوم و نیترات موجود در نمونه‌ها (mg/kg) پیش از انکوباسیون می‌باشند. محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های آماری در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به وسیله نرم‌افزار SAS انجام گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات مهم خاک مورد استفاده در این آزمایش (خاک مزرعه لورک)، در جدول ۱ نشان داده شده است. این خاک غیر شور- غیرسدیمی، دارای بافت لوم رسی بوده، روی دشت‌های آبرفتی تراس‌های فوقانی رودخانه زاینده‌رود تشکیل شده و متعلق به گروه بزرگ Typic Haplargid می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه کودهای مورد مطالعه، در جدول ۲ نشان داده شده است. چنان که ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار نیتروژن مربوط به لجن فاضلاب و کمترین مقدار نیتروژن متعلق به کود کمپوست است. پس از لجن فاضلاب، برگ‌های گیاه سنجد دارای بیشترین مقدار نیتروژن است. گیاه سنجد متعلق به خانواده الگناسیا[2] بوده و شواهد فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد این گیاه قادر است با یک اکتینومیست از جنس فرانکیا به روش هم‌زیستی اقدام به تثبیت نیتروژن نماید[۱۳]. بنابراین زیاد

[2] Elaeagnaceae

جدول ۱- برخی خصوصیات مهم خاک مورد مطالعه

خصوصیات		واحد
شن	۳۶	٪
سیلت	۳٤	٪
رس	۳۰	٪
کربنات کلسیم معادل	۱۷/۵	٪
کربن آلی	۱/۱۸	٪
نسبت C/N	۱۱/٤۳	–
نیتروژن کل	۱/۰۳	g/kg
ظرفیت تبادل کاتیونی	۳۹/٤	$cmol_{(+)}/kg$
pH	۷/۸	–
EC_e	۲/٦	dS/m
SAR	۲/۳۲	–

جدول ۲- مقادیر نیتروژن، کربن و نسبت کربن به نیتروژن خاک و کودهای مورد مطالعه

ماده	درصد نیتروژن	درصد کربن	کربن به نیتروژن
خاک	۰/۰٤۲	۰/٤۹	۱۱/۵۹
لجن فاضلاب	۱/۲۵	۱۸/۰۳	۱٤/٤۰
برگ سنجد	۱/۱۹	۳۲/۳۷	۲۷/۲۰
کود گوسفندی	۱/۰۲	۳۵/٤۹	۳٤/۷۹
کمپوست	۰/٦٤	۱٤/٦۳	۲۲/۸٦

جدول ۳- مقایسه میانگین معدنی شدن خالص نیتروژن در تیمارهای مورد مطالعه ($mg\ N\ kg^{-1}$)

تیمار	۱ درصد	۲/۵ درصد
لجن فاضلاب	۲۳۳/٤۱d	۳۲۲/۸۹a
برگ سنجد	۱۹۳f	۲٦۹/۹٦b
کود گوسفندی	۲۱۷/۱d	۲۳٤/٦۸c
کمپوست	۱۸۷/۱f	۲۰۲/٦۱f
شاهد	۱٦٤/۷٦g	–

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند

بودن درصد نیتروژن در برگ‌های این گیاه احتمالاً حاصل تثبیت هم‌زیستی نیتروژن است. برای درک این که چرا برگ‌های سنجد حاوی مقادیر نیتروژن می‌باشند نیاز به بررسی‌های بیشتری است.

لجن فاضلاب در بین کودهای مورد استفاده دارای کمترین نسبت کربن به نیتروژن است (جدول ۲). کم بودن نسبت کربن به نیتروژن باعث افزایش تجزیه‌پذیری کودها شده و سرعت رها سازی نیتروژن را در فرایند معدنی شدن افزایش می‌دهد [۵، ۷ و ۱۱]. بنابراین انتظار می‌رود لجن فاضلاب علاوه بر آن که دارای محتوای نیتروژن بیشتری است (جدول ۲)، سرعت رهاسازی نیتروژن از آن در مقایسه با سایر کودهای آلی نیز بیشتر باشد. این ویژگی

منحصر به فرد ممکن است از یک سو این کود را به یک منبع کود آلی بسیار غنی از نیتروژن تبدیل کرده و از سوی دیگر احتمال وقوع آلودگی نیتراتی را هنگام استفاده از آن افزایش دهد.

در هیچ‌یک از تیمارهای مورد بررسی پس از ۲۰ هفته انکوباسیون ایموبیلیزاسیون خالص مشاهده نشد. با توجه به نسبت کربن به نیتروژن کودها (جدول ۲)، به نظر می‌رسد که این کودها به قدر کافی حاوی نیتروژن بوده‌اند که علاوه بر رفع نیازمندی‌های جمعیت میکروبی به نیتروژن معدنی، بر ذخائر نیتروژن معدنی خاک نیز افزوده‌اند. از سوی دیگر، معمولاً در هفته‌های نخستین انکوباسیون با افزایش ناگهانی جمعیت میکروبی خاک، ممکن است به طور موقت از مقدار نیتروژن خاک کاسته شود [۳ و ۱۳]، لیکن با گذشت زمان و کاهش کربن قابل تجزیه منابع کودی و آنگاه کاهش بیوماس میکروبی، نیتروژن ایموبلیزه شده در بیوماس میکروبی به محیط خاک بازگشته و در اثر فعالیت آنزیم‌های آمیدوهیدرولاز به شکل آمونیوم آزاد می‌گردد [٤]. با توجه به این که در تحقیق حاضر مدت زمان انکوباسیون ۲۰ هفته بوده است، مدت زمان کافی برای خروج نیتروژن از بیوماس میکروبی وجود داشته است. بالکوم و همکاران [۳] نیز گزارش نمودند که ایموبیلیزاسیون خالص نیتروژن در خاک‌های تیمار شده با کود کمپوست تنها در ۵ هفته نخست پس از کوددهی ممکن است اتفاق افتد.

معدنی شدن خالص تمام تیمارهای دریافت کننده کود از تیمار شاهد بیشتر است (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0/05$) نشان می‌دهد که بیشترین معدنی شدن خالص نیتروژن در تیماری مشاهده می‌شود که ۲/۵ درصد لجن فاضلاب دریافت نموده است (جدول ۳). افزون‌تر بودن معدنی شدن خالص این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها، ناشی از آن است که کود لجن فاضلاب در بین کودهای مورد استفاده بیشترین درصد نیتروژن و کمترین نسبت کربن به نیتروژن را به خود اختصاص داده است. افزایش شدید معدنی شدن خالص حاصل از افزودن لجن فاضلاب به وسیله برخی دیگر از محققان نیز گزارش شده است [۲ و ۱۲]. تیمار ۲/۵ درصد برگ سنجد و کود گوسفندی پس از تیمار ۲/۵درصد لجن فاضلاب به ترتیب بیشترین معدنی شدن خالص را داشته‌اند. معدنی شدن خالص نیتروژن حاصل از افزودن برگ‌های سنجد به خاک حتی بیشتر از کود گوسفندی بوده و نشانگر پتانسیل بالای این گیاه به عنوان کود سبز است. درصد نیتروژن در برگ‌های سنجد از کود گوسفندی بیشتر و نسبت کربن به نیتروژن آن از کود گوسفندی کمتر است (جدول ۲).

معدنی شدن خالص نیتروژن حاصل از تیمار ۲/۵درصد کود کمپوست، حتی از تیمار یک درصد لجن فاضلاب و کود گوسفندی نیز کمتر بود که می‌تواند انعکاسی از کم بودن درصد نیتروژن موجود در کمپوست و هم‌چنین پایین بودن تجزیه‌پذیری ترکیبات کمپوست باشد [۳]. در مطالعه حاضر، درصد نیتروژن تجزیه شده هر کود در مدت انکوباسیون محاسبه گردید. برای این منظور، مقادیر معدنی شدن خالص نیتروژن تیمار شاهد از تیمارهای دریافت کننده کود کاسته شد تا مقدار نیتروژنی که اختصاصاً از منبع کود (نه از منبع مواد آلی طبیعی خاک) حاصل می‌شود، به دست آید. سپس مقدار فوق بر کل نیتروژن موجود در هر یک از کودها (جدول ۲) تقسیم شد تا درصدی از کل نیتروژن کود که در مدت انکوباسیون معدنی شده است، به دست آید [۳، ۵ و ۹]. نتایج این محاسبه نشان داد که در حالی که به طور متوسط ۵۳ درصد از نیتروژن کود لجن فاضلاب در ۲۰ هفته انکوباسیون معدنی شده است، تنها ۲۹ درصد از نیتروژن کود کمپوست معدنی شده است. کود گوسفندی و برگ سنجد در این دامنه قرار گرفتند. این محاسبه، فرضیه کمتر بودن تجزیه‌پذیری کود کمپوست را تقویت می‌نماید. از آنجا که کود کمپوست قبل از افزوده شدن به خاک مراحل مقدماتی تجزیه را در زمان کمپوست شدن طی نموده است، به نظر می‌رسد بخش در خور توجهی از نیتروژن قابل معدنی شدن آن پیش از افزوده شدن به خاک معدنی شده است و لذا نیتروژن آلی باقی‌مانده در کود کمپوست پس از افزوده شدن به خاک با سرعت کمتری معدنی می‌شود [۳]. بنابراین اگرچه نسبت کربن به نیتروژن کود کمپوست کمتر از برگ سنجد و کود گوسفندی است، لیکن ترکیبات آلی پایدارتر و مقاوم‌تر آلی که نیتروژن را در برگرفته است، مانع از رهاسازی سریع این عنصر می‌گردد. توریس و همکاران[۱۲] نیز دریافتند که کمترین سرعت تجزیه در

بین کودهای آلی مربوط به موادی است که مرحله کمپوست شدن را طی نموده‌اند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی چنین به نظر می‌رسد که افزودن کودهای آلی مانند لجن فاضلاب، برگ سنجد، کود گوسفندی و کود کمپوست باعث افزایش معدنی شدن خالص نیتروژن شده و از این بین لجن فاضلاب توان بیشتری از خود نشان می‌دهد. هم‌چنین بیشترین و کمترین درصد نیتروژن معدنی شده نسبت به نیتروژن کل موجود در کود آلی اولیه به ترتیب مربوط به لجن فاضلاب و کود کمپوست است که می‌توان آن را به عنوان معیاری از تجزیه‌پذیری کودها در نظر گرفت. چنین به نظر می‌رسد که رهاسازی سریع نیتروژن از کود لجن فاضلاب نسبت به کودهای آلی دیگر آن را به یکی از منابع کودی غنی از نیتروژن در دسترس تبدیل نموده است که به موازات آن لازم است به نیترات فراوان تولید شده از آن به عنوان یکی از خطرات زیست‌محیطی توجه لازم مبذول گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس محمد صدرارحامی، سرکار خانم مهندس الهام جهانیان وسرکار خانم مهندس بنفشه خلیلی که در آزمایشگاه، اینجانب را یاری نمودند تشکر می‌شد. این مطالعه با مساعدت‌های قطب علمی خاک‌شناسی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد که سپاس‌گزاری می‌گردد.

مراجع

۱- کلباسی، م.، (۱۳۷۵). *"وضعیت مواد آلی در خاک‌های ایران و نقش کود کمپوست"*، خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۷، تهران.

2- Barbarika, A., Sikara, L.J., and Colacicco, D., (1985). "*Factors Affecting the Mineralization of Nitrogen in Sewage Sludge Applied to Siols*", Soil Sci. Soc. Am. J., 49:1403-140.

3- Balkcom, K. S., Adams, J.F., Hartzog, D.L. and Woodm, C. W., (2001). "*Mineralization of Composted Municipal Sludge under Field Conditions*", Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 32:1589-1605.

4- Dick, W.A. and Tabatabai, M. A., (1993). "*Significance and Potential Uses of Soil Enzymes*",In :FB. Meeting (Ed.), Soil Microbial Ecology, Application in Agricultute and Environment Management. Marcel Dekker, Inc., New York.

5- Isaac, L., Wood, C. W. and Shannon, A., (2000). "*Decomposition and Nitrogen Release of Pruning from Hedgerow Species Assessed for Alley Cropping in Haiti*", Soil Sci. Soc. Am., J. 92:, 501-511.

6- Loll, M.J. and Bollage, J.M., (1983). "*Protein Transformation in Soil*", Advances in Agron., 36:351-379.

7- Lupwayi, N.Z. and Haque, I., (1998). "*Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from Sesbania and Leucaena Leaves varying in chemical composition*", Soil Biol. Biochem., 30: 337-343.

8- Mubarak, A.R., Rosenani, A. B., Anuar, A.R., and Zauyah, S., (2002). "*Decomposition and Nutrient Release of Maiz Stover and Groundnut Haulm under Tropical Field Conditions of Malaysis*",Commun. Soil Sci. Plant Anal., 33:609-622.

9- Peacock, A. D., Mullen, M.D., Ringelberg, D.B., Tyler, D.D., Hedrick, D.B., Gale, P. M. and Whites, D.C., (2001). "*Soil Microbial Community Responses to Dairy Manure or Ammonium Nitrate Application*", Soil Biol. Biochem., 33:1011-1019.

10- Robertson, G.P., Coleman, D.C., Bledsoe, C.S. and Sollins, P., (1999). "*Standard Soil Methods for Long Term Ecological Researches*", LTER, New York, USA.

11- Tejada, M., Benitez, C. and Gonzalez, J.L., (2002). "*Nitrogen Mineralization in Soil with Conventional and Organomineral Fertilization Practices*", Commun. Soil Sci. Plant Anal., 33:3679-3702.

12- Thuries, L., Pansu, M., Feller, C., Herrmann, J.C. and Remy. J. C., (2001). "*Kinetics of Added Organic Matter Decomposition in a Mediterranean Sandy Soil*", Soil Biol. Biochem., 33:997-1010.

13- Tate, III. R. L., (2000). "*Soil Microbiology*", John Wiley and Sons. Inc., N.Y., USA.