

مدیریت پسماندهای شهری (زباله‌های خانگی) در تولید کمپوست به کمک اسید و یک ترکیب قلیایی کلسیم دار (پسماند صنعت کاغذ)

علی محمدی ترکاشوند

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

m.torkashvand54@yahoo.com , Torkashvand@iaurasht.ac.ir

چکیده

توقف آمونیاک حاصل از تجزیه میکروبی زباله‌های شهری، یکی از مدیریت‌های مهم در تولید کمپوست از این پسماندها است. استفاده از موادی به عنوان اصلاح کننده کمپوست به منظور جلوگیری از تصعید آمونیاک و تبدیل ازت به شکل آلی در فرآیند کمپوست‌سازی سبب بهبود کیفی کمپوست خواهد شد. نظر به تأثیر pH بر فرآیند کمپوست‌سازی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و همچنین تصعید آمونیاک که به pH وابسته است، از تیمارهای اسید سولفوریک نیز به همین منظور استفاده شد. از تیمارهای لجن آهکی کارخانه کاغذ (به عنوان عامل آهکی و دارای یون‌های کلسیم و منیزیم) در مقایسه با تیمارهای اسید سولفوریک، استفاده شد. هر یک از تیمارها با ۲۰ کیلوگرم از توده آلی تهیه شد و در سه تکرار در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، انجام شد. تیمارها شامل شاهد و مقادیر ۲۰ و ۴۰ میلی لیتر اسید سولفوریک؛ و ۲ و ۴ درصد لجن به ازاء هر کیلوگرم زباله تازه بود. تیمارها در فضای آزاد اعمال شدند و هر هفته، دو بار به منظور تهویه، زیر و رو شدند. افزودن آب نیز برای حفظ تقریبی رطوبت انجام شد. پس از ۵۰ روز از شروع فرآیند، مواد آلی هر تیمار کاملاً مخلوط، یک نمونه ۱۰۰ گرمی برداشت و داخل ظروف پلاستیکی کوچک ریخته و درب آن با پوشش نایلونی به منظور جلوگیری از تبادل هوا محکم بسته شد. در این نمونه‌ها، نیتروژن کل خاک به روش کج‌دال، pH و EC در عصاره ۱:۶ (۵ گرم ماده آلی خشک و ۳۰ میلی لیتر آب) و درصد کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون سرد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اسیدسولفوریک و لجن کاغذ اصلاح کننده‌های مفیدی در بهبود خصوصیات کیفی کمپوست هستند که با نگهداری نیتروژن در کمپوست و جلوگیری از هدر روی آن باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن کمپوست می‌شوند. نسبت کربن به ازت در تیمارهای ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک، ۲ و ۴ درصد لجن به ترتیب ۵/۹۶، ۶/۵۱ و ۵/۰۲ درصد است که در مقایسه با شاهد (۱۵/۵۶ درصد) کاهش معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود. البته اسیدسولفوریک در مقدار کمتر (۲۰ میلی لیتر به ازاء هر کیلوگرم زباله تازه) اثر بیشتری در افزایش نیتروژن کل کمپوست داشته است و مقادیر زیاد آن توصیه نمی‌گردد.

واژه‌های کلیدی:

کمپوست زباله‌های شهری، لجن کارخانه کاغذ، اسید سولفوریک، تصعید آمونیاک.

۱- مقدمه

چندین عامل از جمله نسبت کربن به ازت، pH، دما و مقدار تهویه توده آلی بر تصعید آمونیاک در فرآیند کمپوست‌سازی مؤثرند (مائدا و همکاران، ۲۰۰۶). از دست رفتن آمونیاک علاوه بر کاهش ارزش غذایی کمپوست سبب ایجاد بوی بد در فرآیند کمپوست‌سازی می‌شود (هیوکی و کیتامورا، ۲۰۰۰). بنابراین جلوگیری از تصعید آمونیاک و حفظ ازت علاوه بر افزایش ارزش غذایی آن، مشکلات ناشی از بوی بد فرآیند کمپوست‌سازی را نیز کاهش می‌دهد (سایبر و همکاران، ۱۹۹۹). مشکلی که در تهیه کمپوست وجود دارد، از دست رفتن نیتروژن مواد آلی در حین فرآیند کمپوست شدن است. از دست رفتن نیتروژن می‌تواند شدید باشد وقتی موادی با مقدار نیتروژن زیاد تجزیه می‌شوند (کیونگ‌وا و همکاران، ۲۰۰۴). تجزیه مواد نیتروژن دار یعنی پروتئین و اسیدهای آمینه در کمپوست‌سازی سبب تولید آمونیاک می‌شود. تصعید آمونیاک در حین مرحله ترموفیلیک رخ می‌دهد و منجر به تغییر $\frac{C}{N}$ می‌شود (ریچارد، ۱۹۷۶؛ آنجرز، ۱۹۹۲؛ شین و جئونگ، ۱۹۹۶؛ اکیسی و همکاران، ۲۰۰۰). ژیتائو و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشات کمپوست شدن کود مرغی در یک دوره ۷۰ روزه نتیجه گرفتند تصعید آمونیاک مهم‌ترین علت از دست رفتن نیتروژن در کمپوست می‌باشد. از دست رفتن نیتروژن در ۲۱ روز اول، ماکزیمم بود و مقدار آن بعد از ۷۰ روز، به ۱۵٪ اولیه رسیده بود. لینچ و

همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از فنون ایزوتوپ‌های ^{13}C و ^{15}N برای تشخیص دینامیک کربن و نیتروژن در کمپوست سازی نتیجه گرفتند که مقدار کربن، ۸۳/۳ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که از دست رفتن ازت، ۲۸/۴ درصد ازت اولیه بود.

نسبت کربن به ازت در فرآیند کمپوست سازی باید حدود ۳۰ باشد، بنابراین اگر ضایعاتی نظیر چمن اضافه می‌شود، کمی خاک اره و اگر موادی نظیر خاک اره اضافه می‌شود، مقداری کود ازته باید اضافه شود تا با تنظیم صحیح این نسبت، فعالیت موجودات ذره‌بینی دچار وقفه نشود (پای و همکاران، ۱۹۸۴). هیوکی و کیتامورا (۲۰۰۰) طی تحقیقی نتیجه گرفتند که افزودن کمپوست کود گاوی به مزرعه حاوی شلتوک برنج سبب افزایش جذب ازت به وسیله گیاه برنج شده است. کایینگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز نتیجه گرفتند که استفاده از ۲۰٪ از کاه و کلش برنج به همراه کمپوست کود خوک، سبب افزایش میکروارگانیزم‌های کمپوست کننده می‌شود.

در تهیه کمپوست، مطلوب این است که نیتروژن تبدیل به اشکال آلی شده و در کمپوست بماند. ازت آلی برای دوره طولانی‌تری قابل استفاده است و در نتیجه مشکلات شسته شدن ازت به آب زیرزمینی و بوی ناشی از تصعید آن کمتر است (کیونگ‌وا و همکاران، ۲۰۰۴). کیونگ‌وا و همکاران (۲۰۰۴) ضمن بررسی اثرات متقابل اوره و کمپوست در سه خاک با مقادیر مختلف کربن آلی و نیتروژن معدنی نتیجه گرفتند که کمپوست در خاک‌های با کربن آلی کم، منجر به افزایش هیدرولیز اوره می‌شود. کمپوست همچنین با کاهش نیتریفیکاسیون ازت حاصل از اوره، سبب آلی شدن ازت می‌شود. اوره نیز با تأمین ازت معدنی، معدنی شدن کمپوست حاوی ازت زیاد را افزایش داد. نتایج نشان داد که کاربرد کود شیمیایی کارآیی استفاده از کمپوست را با افزایش معدنی شدن کمپوست حاوی ازت را افزایش می‌دهد (در خاک‌های با ازت معدنی کم).

داده‌های تجربی (ناکاساکی و همکاران، ۱۹۹۳) نشان داد که از دست رفتن شدید آمونیاک وقتی رخ می‌دهد که مقادیر pH بالا باشد. از مواد شیمیایی معدنی برای افزایش اسیدیته مخلوط کمپوست به منظور جلوگیری از تصعید آمونیاک استفاده می‌شود (دی برتولوی و همکاران، ۱۹۸۳؛ بارینگتون و همکاران، ۱۹۹۷؛ کایینگ و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش اسید سولفوریک نیز pH اولیه توده در حال کمپوست را به زیر ۷ کاهش داده و منجر به کاهش تصعید آمونیاک شده است، اما روی فرآیند گرم شدن اثر منفی داشته است (بارینگتون و همکاران، ۱۹۹۷). لیانگ و همکاران (۲۰۰۶) از ملاس نیشکر و خرده‌های کاغذ به عنوان دو اصلاح کننده کربنی به منظور جلوگیری از تصعید آمونیاک استفاده نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که افزایش ملاس به عنوان یک منبع سهل‌الوصول کربن، به طور قابل ملاحظه‌ای تصعید آمونیاک را کاهش داده اما خرده‌های کاغذ یعنی سلولز فقط اثر جزئی داشته‌اند. محمدی ترکاشوند (۱۳۸۵) ضمن استفاده از ملاس نیشکر در یک خاک آهکی از لوئیزیان در استان گیلان متوجه شد که افزودن ملاس نیشکر منجر به آلی شدن ازت معدنی خاک شده است.

این تحقیق با هدف ارزیابی اثر اسید سولفوریک به عنوان یک اصلاح کننده اسیدی در بهبود کیفی کمپوست تولید شده از زباله‌های شهری رشت و همچنین اثر لجن آهکی کارخانه کاغذسازی تالش به عنوان یک عامل افزایش دهنده pH و در عین حال یک عامل دارای یون‌های کلسیم و منیزیم طراحی و اجرا شده است.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی امکان جلوگیری از هدر رفت ازت در فرآیند کمپوست‌سازی زباله‌های شهری و افزایش مقدار نیتروژن کل کمپوست به دست آمده، از اصلاح کننده‌های اسیدی (اسید سولفوریک) و کلسیم‌دار (لجن آهکی کارخانه کاغذ) استفاده شد. با هماهنگی‌های به عمل آمده، زباله‌های شهری تازه و فسادپذیر از کارخانه تولید کمپوست رشت واقع در جاده لاکان تهیه و به گلخانه منتقل شد. این زباله‌ها دارای نسبت کربن به ازت ۱۴/۲ بودند. لجن کارخانه کاغذ از کارخانه کاغذ پارس تهیه شد که یک ترکیب آهکی با pH قلیایی است. برخی خصوصیات لجن آهکی کارخانه کاغذ در جدول ۱ دیده می‌شود.

جدول ۱- برخی خصوصیات لجن کارخانه کاغذ

خصوصیت	pH	EC (dS/m)	آهک (%)	کلسیم g/kg	منیزیم g/kg
مقدار	۱۲/۵	۶۵/۰	۳۶/۵	۳۰/۴	۲/۹

هر یک از تیمارها با ۲۰ کیلوگرم از توده مواد آلی (زباله‌های شهری تازه و فسادپذیر) انجام شد. تیمارها عبارتند بودند از:

۱- تیمار شاهد (M_0): تیمار زباله شهری به تنهایی (بدون افزودن اصلاح کننده)

۲- تیمارهای زباله شهری و اسید سولفوریک:

a- تیمار ۲۰ میلی لیتر اسیدسولفوریک 0.1N به ازاء هر کیلوگرم ماده آلی (A_{20}).

b- تیمار ۴۰ میلی لیتر اسیدسولفوریک 0.1N به ازاء هر کیلوگرم ماده آلی (A_{40}).

میزان اسید مصرفی با آب لازم برای رساندن رطوبت توده آلی به ۶۰-۷۰ درصد مخلوط و به مواد آلی اضافه و به طور کامل با آن مخلوط شدند. اضافه نمودن اسید در آغاز فرآیند کمپوست شدن انجام شد.

۳- تیمارهای زباله شهری و لجن کارخانه کاغذ:

a- تیمار دو درصد لجن کارخانه کاغذ (L_2).

b- تیمار چهار درصد لجن کارخانه کاغذ (L_4).

اضافه نمودن لجن کارخانه کاغذ در آغاز فرآیند کمپوست شدن انجام شد.

تیمارها در فضای گلخانه دانشکده کشاورزی اعمال شدند. هر تیمار شامل سه تکرار بود که طرح به صورت کاملاً تصادفی پیاده شد. هر هفته دو بار به منظور تهویه، مواد آلی زیر و رو شدند. افزودن آب نیز برای حفظ تقریبی رطوبت انجام شد. ظهر هر روز دمای نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. بعد از اتمام مرحله کمپوست شدن، نمونه‌ها هوا خشک و آسیاب شدند. نمونه‌های ۵ گرمی کمپوست آسیاب شده، برداشت و به آنها ۳۰ میلی لیتر آب اضافه شد، pH و EC در عصاره این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۶). ماده آلی به روش اکسیداسیون سرد یعنی روش والکلی- بلاک (پای و همکاران، ۱۹۸۴) و ازت کل به روش کج‌لدال اندازه‌گیری شدند (گوس، ۱۹۹۵). تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SPS و مقایسه میانگین تیمارها در سطح آماری ۵ درصد به وسیله آزمون LSD انجام شد.

۳- نتایج و بحث

جدول ۲ دمای توده‌های آلی در تیمارهای مختلف را طی هفت هفته انجام آزمایش نشان می‌دهد. هر عدد، میانگین دمای هفت روز قبل را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که دمای توده‌های آلی در تیمارهای اسید سولفوریک در هفته‌های سوم و چهارم ماکزیمم بوده و در هفته چهارم به حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است. برای تیمارهای لجن آهکی کارخانه کاغذ نیز بیشترین دما در هفته چهارم پس از کمپوست شدن مشاهده می‌شود. افزایش دما به علت فعالیت بیولوژیکی شدید چهار هفته پس از شروع فرآیند کمپوست شدن می‌باشد. تهویه نمونه‌ها نیز در تشدید فعالیت میکروبی مؤثر است. عمدتاً بیشترین هدر روی نیتروژن به صورت گاز آمونیاک در همین مرحله رخ می‌دهد.

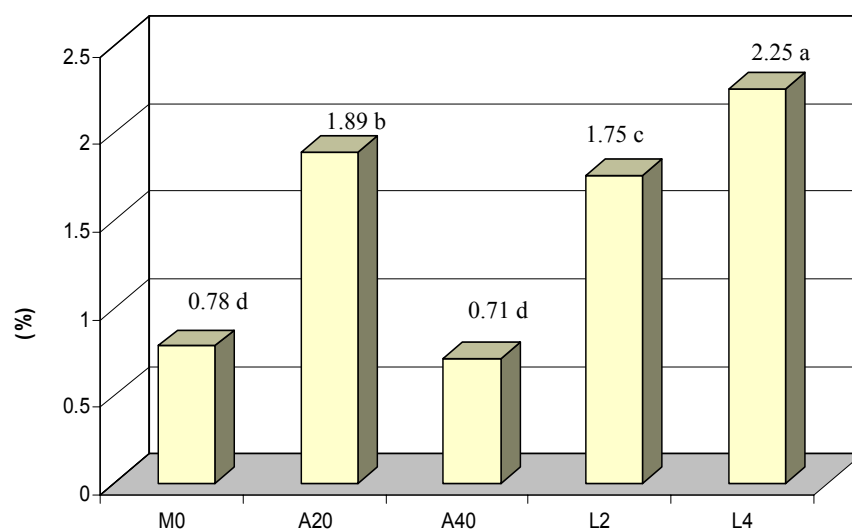
جدول ۲- دمای توده‌های آلی در تیمارهای مختلف طی فرآیند کمپوست شدن در زمان‌های متفاوت

تیمار	زمان پس از شروع فرآیند کمپوست شدن (هفته)					
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم
M_0	۳۲	۳۷	۴۲	۵۱	۴۸	۳۹
A_{20}	۲۷	۳۷	۴۹	۵۲	۴۵	۳۲
A_{40}	۲۹	۳۲	۳۹	۴۲	۳۸	۳۵
L_2	۲۶	۳۶	۴۵	۵۲	۴۰	۳۳
L_4	۲۹	۳۴	۴۷	۵۰	۳۸	۳۲

اثر تیمارهای اسید سولفوریک بر نیتروژن کل کمپوست در نمودار ۱ دیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ۲۰ میلی لیتر اسیدسولفوریک (A_{20}) در هر کیلوگرم ماده خشک آلی باعث افزایش نیتروژن کل کمپوست گردیده است. این افزایش می‌تواند به دلیل کاهش pH توده آلی و جلوگیری از هدر رفت آمونیاک باشد (جدول ۴).

جدول ۳- شمارش هتروتروف‌ها در تیمارهای مختلف طی فرآیند کمپوست شدن (log cfu/g)

زمان پس از شروع فرآیند کمپوست شدن (هفته)							
تیمار	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
M ₀	۶/۱	۷/۴	۸/۲	۹/۴	۹/۳	۸/۰	۶/۰
A ₂₀	۵/۹	۶/۹	۸/۱	۱۰/۱	۱۰/۰	۹/۰	۶/۸
A ₄₀	۶/۲	۶/۴	۸/۲	۸/۶	۷/۹	۷/۶	۷/۱
L ₂	۶/۷	۷/۸	۸/۹	۱۰/۶	۱۰/۱	۸/۱	۷/۳
L ₄	۶/۱	۶/۸	۹/۱	۱۰/۵	۸/۸	۸/۶	۷/۰



نمودار ۱- اثر تیمارهای اسید سولفوریک و لجن آهکی کارخانه کاغذ بر نیتروژن کل کمپوست

اسیدیته محیط یکی از عوامل مؤثر در هدر رفت گازی نیتروژن است (موریساکی و همکاران، ۱۹۸۹). ویتز و کرکمان (۱۹۸۹b) به منظور رسوب آمونیاک و جلوگیری از تصعید آن، از نمک‌های کلسیم و منیزیم استفاده نمودند. آنها علت کاهش تصعید آمونیاک را کاهش قلیائیت توده آلی پس از رسوب آمونیاک دانستند. رسوب آمونیاک و کاهش pH محیط یکی از راه‌های جلوگیری از تصعید آمونیاک و نگه‌داری آن در کمپوست حاصله است (جنونگ و کیم، ۲۰۰۱). داده‌های تجربی (فره‌نی و همکاران، ۱۹۸۳؛ ناکاساکی و همکاران، ۱۹۹۳) نشان داد وقتی pH بالا است، از دست رفتن آمونیاک شدید است. مواد شیمیایی معدنی که اسیدیته مخلوط کمپوست را افزایش می‌دهند از تصعید آمونیاک جلوگیری می‌کنند (کاری و همکاران، ۱۹۹۸؛ اکی‌نسی و همکاران، ۲۰۰۰؛ کیتوم و همکاران، ۱۹۹۹). مقدار نیتروژن کل در تیمار ۴۰ میلی لیتر اسید سولفوریک در هر کیلوگرم ماده خشک آلی کاسته شده است. به نظر می‌رسد در این تیمار، اثر اسیدیته بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها مهم‌تر از کاهش pH محیط توده آلی است. کاهش بیشتر pH احیاناً باعث کاهش رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و متعاقب آن، کند شدن تجزیه ماده آلی شده است.

اثر لجن آهکی کارخانه کاغذ بر نیتروژن کل کمپوست در نمودار ۱ دیده می‌شود. همان گونه که نتایج نشان می‌دهند لجن منجر به افزایش نیتروژن کل کمپوست شده است. افزایش نیتروژن کل کمپوست در تیمار ۴ درصد لجن به طور معنی‌دار نسبت به تیمار ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک نیز بیشتر است. اثر لجن را باید از دو منظر بررسی کرد. یکی از نظر افزایش pH توده آلی و دیگری از نظر وجود یون‌های کلسیم و منیزیم است.

جدول ۴ نشان می‌دهد که در یک دوره ۵۰ روزه تغییر قابل ملاحظه‌ای در pH کمپوست دیده نمی‌شود، اما اندازه‌گیری pH در زمان ۲۴ ساعت پس از افزودن لجن، حکایت از افزایش pH داشت (pH در تیمار دو درصد لجن برابر ۸/۷۵ و در تیمار چهار درصد برابر ۸/۹۵ بود). افزایش pH منجر به افزایش تصعید آمونیاک می‌گردد (جنونگ و کیم، ۲۰۰۱)، اما در

مراحل اولیه فرآیند کمپوست شدن که هنوز بسیاری از ترکیبات آلی تجزیه نشده‌اند، تصعید آمونیاک حائز اهمیت نیست. در ادامه با تجزیه بیشتر ترکیبات آلی به ویژه ترکیبات پروتئینی، آمونیاک تولید می‌گردد، اما در این حین نیز با تولید اسیدهای مختلف، pH حاصل از افزایش لجن آهکی تصحیح می‌گردد و نقش لجن در افزایش تصعید آمونیاک به خاطر اثر آن بر pH کم‌رنگ می‌شود. بنابراین، اثر مثبت لجن آهکی در افزایش نیتروژن کل کمپوست را باید به واسطه یون‌های کلسیم و منیزیم آن دانست.

جدول ۴- اثر تیمارها بر درصد کربن، نسبت کربن به ازت و مقدار pH و EC کمپوست تولیدی

تیمار	نوع تجزیه	کربن (%)	نسبت $\frac{C}{N}$	pH	EC
M_0		۱۱/۸۰ cd	۱۵/۵۶ cde	۸/۱۱ abc	۶/۶۵ d
A_{20}		۱۱/۲۰ d	۵/۹۶ g	۷/۴۶ f	۷/۶۰ ab
A_{40}		۱۱/۸۰ cd	۱۷/۰۰ cd	۶/۹۵ g	۸/۰۶ a
L_2		۱۱/۴۰ cd	۶/۵۱ a	۸/۱۶ ab	۷/۵۲ ab
L_4		۱۱/۳۰ cd	۵/۰۲ a	۸/۲۳ a	۸/۰۶ a

برخی اصلاح‌کننده‌ها از قبیل پیت، زئولیت و بازالت به منظور جذب آمونیاک، به توده‌های آلی در حال کمپوست شدن اضافه می‌گردند (برنال و همکاران، ۱۹۹۳؛ ویترو و کرکمان، ۱۹۸۹). نمک‌های کلسیم و منیزیم نیز به منظور رسوب آمونیاک با کربنات در فرآیند کمپوست شدن، اضافه می‌شوند (ویترو و کرکمان، ۱۹۸۹b). رسوب آمونیاک نه تنها جلوگیری از هدر روی نیتروژن است، بلکه جلوگیری از افزایش pH حاصل از تولید آمونیاک است. در فرآیند غیر هوازی کمپوست شدن نیز رسوب استروویت ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) رخ می‌دهد که یک پدیده معمول در اثر افزودن نمک‌های منیزیم است (اوهلینگر و همکاران، ۱۹۹۹). جئونگ و کیم (۲۰۰۱) اثر نمک‌های منیزیم و فسفر را در شرایط هوازی کمپوست شدن (پسمانده‌های غذای رستوران‌ها) بر جلوگیری از تصعید آمونیاک و تشکیل استروویت بررسی کردند و نتیجه گرفتند که نیتروژن کل آمونیاکی به طور معنی‌دار در کمپوست به دست آمده افزایش یافته است. یک مزیت مهم استفاده از نمک‌های منیزیم، کلسیم و فسفر، تولید استروویت و یا ترکیباتی است که به عنوان کودهای کندرها، ارزش آگرونومیکی کمپوست را افزایش می‌دهند (شولز-رتمر، ۱۹۹۱). به نظر می‌رسد که اثر معنی‌دار و قابل ملاحظه لجن آهکی کارخانه کاغذ به ویژه در مقدار ۴ درصد به وجود یون‌های کلسیم و منیزیم در ترکیب آن و رسوب آمونیاک ارتباط دارد.

بر طبق نتایج جدول ۴، درصد کربن در تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و کربن همه تیمارها بین ۱۱ و ۱۲ قرار دارد. بنابراین تفاوت معنی‌دار نسبت کربن به نیتروژن تیمارها به دلیل تفاوت نیتروژن کل تیمارها است. نسبت کربن به ازت در تیمارهای ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک و لجن آهکی کارخانه کاغذ حتی در مقایسه با نسبت C/N مواد آلی تازه (درابتدای کمپوست شدن) کمتر است که نشان دهنده اثر بسیار زیاد این اصلاح‌کننده‌ها در توقف آمونیاک و افزایش نیتروژن کل کمپوست است. اگر چه استفاده از اسیدسولفوریک و لجن کاغذ سبب افزایش ۱/۴۱-۰/۸۷ واحدی EC عصاره ۶:۱ آب به ماده خشک آلی نسبت به شاهد شده است، لذا این افزایش در برابر اثراتی که بر افزایش نیتروژن کل و نسبت C/N دارد قابل چشم‌پوشی است، چرا که اثر شوری آن، وقتی که در خاک پخش می‌شود، توسط شوری خاک تعیین و تعدیل می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اسید سولفوریک و لجن آهکی تولید کاغذ اصلاح‌کننده‌های مفیدی در بهبود خصوصیات کیفی کمپوست هستند که با نگهداری نیتروژن در کمپوست و جلوگیری از هدر روی آن باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن کمپوست می‌شوند. البته اسیدسولفوریک در مقدار کمتر (۲۰ میلی‌لیتر به ازاء هر کیلوگرم زباله تازه) اثر بیشتری در افزایش نیتروژن کل کمپوست داشته است و مقادیر زیاد آن توصیه نمی‌گردد. پیشنهاد می‌گردد که اثر اصلاح‌کننده‌های کربنی مثل ملاس نیز بر کیفیت کمپوست حاصل از زباله‌های شهری و یا کودهای حیوانی بررسی و با نتایج حاصل از استفاده اسیدسولفوریک و لجن آهکی کاغذ مقایسه شود.

منابع

- [1] محمدی ترکشوند، ع. ۱۳۸۵. بررسی امکان استفاده از ملاس نیشکر به عنوان اصلاح کننده خاک. گزارش نهایی طرح پژوهشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت.
- [2] Angers, D. A., 1992. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56: 1244-1249.
- [3] Barrington, S. F., D. Choiniere, M. Trigui, S. Wasay and W. Knight. 1997. In: Voermans, J. A., G. T. Monteny (Eds.), *Proceedings of the International Symposium. Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities*, Vinkeloord, the Netherlands: 381-388.
- [4] Bernal, M. P., J. M. Lopez-Real and K. M. Scott. 1993. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emission during the composting of organic wastes in a laboratory composting simulators. *Bioresource Technology*, 43: 35-39.
- [5] Carey, D. S., H. M. Keener and D. L. Elwell. 1998. The effect of ammonium sulfate addition to partially to composted poultry manure. ASAE paper. No. 98-4099. St. Joseph, MI. 20p.
- [6] De Bertoloi, M., G. Vallini and A. Pera. 1983. The biology of composting. *A Review-Waste Management and Research*. 1: 153-176.
- [7] Ekinici, K., H. M. Keener and D. L. Elwell. 2000. Composting short paper fiber with broiler litter and additives: I. Effect of initial pH and carbon/nitrogen ratio on ammonia emission. *Composting Science Utilization*. 8: 160-172.
- [8] Freney, J. R., J. R. Simpson and O. T. Denmead. 1983. Volatilization of ammonia. In: Freney, J. R., J. R. Simpson (Eds.), *Gaseous Loss of Nitrogen from Plant-Soil Systems*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Hingham, MA, pp. 1-32.
- [9] Goos, R. J., 1995. A laboratory exercise to demonstrate nitrogen mineralization and immobilization, *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, 24: 68-70.
- [10] Hioki, M. and H. Kitamura. 2000. The estimation of the amount of nitrogen mineralization from the animal manure compost in the paddy soil condition. *Research Bulletin of the Aichi-Ken Agricultural Research Center*. 32: 81-86.
- [11] Jeong, Y. K. and J. S. Kim. 2001. A new method for conservation of nitrogen in aerobic composting processes. *Bioresource Technology*, 79: 129-133.
- [12] Kaiying, W., Z. Fengxiang, W. Weiping and X. Zhiyong. 2006. Variation of layer temperature during pig manure composting with different amendments. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 22 (1): 186-188.
- [13] Kithom, M., J. W. Paul and A. A. Bomke. 1999. Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using absorbents or chemical amendments. *J. Environment Quality*. 28: 194-201.
- [14] KyungHwa, H., C. WooJung, H. GwangHyun, Y. SeokIn, Y. SunHo and R. HeeMyong. 2004. Urea-nitrogen transformation and compost-nitrogen mineralization in three different soils as affected by the interaction both nitrogen inputs. *Biology and Fertility of Soils*. 39 (3): 193-199.
- [15] Liang, Y., J. J. Leonard, J. J. R. Feddes and W. B. McGill. 2006. Influence of carbon and buffer amendment on ammonia volatilization in composting. *Bioresource Technology*. 97: 748-761.
- [16] Lynch, D. H., R. P. Voroney and P. R. Warman. 2006. Use of ¹³C and ¹⁵N natural abundance techniques to characterize carbon and nitrogen dynamics in composting and in compost-amended soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 38 (1): 103-114.
- [17] Maeda, T, D. Tougedate and Y. Nakano. 2006. Relationship between the increase of microbial organic nitrogen and microorganisms during composting-study on the composting of the synthetic substrate. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*. 68 (1): 61-67.
- [18] Morisaki, N., C. G. Phae, K. Nakasaki, M. Shoda and H. Kubota. 1989. Nitrogen transformation during thermophilic composting. *Journal of Fermentation & Bioengineering*, 67: 57-61.
- [19] Nakasaki, K., H. Yaguchi, Y. Sasaki and H. Kubota. 1993. Effects of pH control on composting of garbage. *Waste Management Research*. 11: 117-125.
- [20] Ohliger, K. N., T. M. Young and E. D. Schroeder. 1999. Kinetics effects on preferential struvite accumulation in wastewater. *J. Environ. Engineering ASCE*, 125 (8): 730-737.
- [21] Paye, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny. 1984. Method of soil analysis. Part II. SSSA Inc. Madison, WI.
- [22] Richard, T. 1976. Health and safety precautions. Cornell Cooperative Extension, Operator Fact sheet: 1-10.
- [23] Shin, H. and Y. Jeong. 1996. The degradation of cellulosic fraction in composting of source separated food waste and paper mixture with change of C/N ratio. *Environment Technology*. 17: 433-438.
- [24] Schulze-Rettmer, R. 1991. The simultaneous chemical precipitation of ammonium and phosphate in the form of magnesium-ammonium-phosphate. *Water Science Technology*, 23: 659-667.
- [25] Subair, S., J. W. Fyles and I. P. O'Halloran. 1999. Ammonia volatilization from liquid hog manure amended with paper products in the laboratory. *J. Environment Quality*. 28: 202-207.
- [26] Witter, E. and H. Kirchmann. 1989a. Peat, zeolite and basalt as adsorbent of ammonical nitrogen during manure decomposition. *Plant and Soil*, 115: 43-52.
- [27] Witter, E. and H. Kirchmann. 1989b. Effects of addition of calcium and magnesium salts on ammonia volatilization during manure composting. *Plant and Soil*, 115: 53-58.
- [28] XiTao, C., H. WeiYi, C. ZhiZhou and H. HongYing. 2004. Mechanism of nitrogen loss and reduction in nitrogen loss during the compost of chicken manure. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*. 20 (2): 106-110.