

## کمپوست‌سازی همزمان پسماند شهری و خاک اره جهت حفظ رطوبت و جلوگیری از دست رفتن نیتروژن توده کمپوست

جواد یوسفی<sup>۱</sup>

حبیب الله یونسی<sup>\*۲</sup>

[hunesi@modares.ac.ir](mailto:hunesi@modares.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۷

### چکیده

در شهر زاهدان روزانه حدود ۸۰۰ کیلوگرم خاک اره تولید شده در کارگاه‌های چوب‌بری، استفاده‌ای نداشته و دور ریخته می‌شود. هدف از مطالعه حاضر استفاده مجدد از این پسماندهای سودمند جهت بهینه‌سازی نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، جلوگیری از خروج نیتروژن از توده و بررسی اثر خاک اره بر محتوای رطوبت توده‌هاست.

۴ توده زباله تهیه و یک توده به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. به سه توده دیگر میزان ۱۶، ۳۲ و ۷۰ درصد خاک اره افزوده شد. هفته‌ای یک بار از توده‌ها نمونه‌برداری به عمل آمد و نسبت C/N، میزان رطوبت، کربن و نیتروژن آن‌ها سنجیده شد.

میزان کاهش رطوبت در تیمار شاهد ۳۳٪ و در تیمارهای ۱۶، ۳۲ و ۷۰ به ترتیب ۱۵، ۱۵ و ۱۰٪ بوده است. با افزودن خاک اره میزان از دست رفتن رطوبت توده‌ها کاهش یافت که این مسئله در مناطق گرم و خشک که با کمبود آب مواجه هستند، بسیار حایز اهمیت می‌باشد. میزان بهینه نسبت C/N در تیمار ۱۶٪ مشاهده شد و از دست رفتن نیتروژن با افزودن خاک اره کاهش یافت. میزان کاهش نیتروژن در تیمار شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب ۳۰، ۷، ۷ و ۱۵٪ بوده است. حداکثر میزان نیتروژن در توده رسیده نیز در تیمار ۱۶٪ مشاهده گردید.

بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت خاک اره می‌تواند سبب حفظ رطوبت و نیتروژن توده‌های کمپوست گردد و نسبت نامطلوب و پایین C/N اولیه را بهبود بخشد. تیمار ۱۶٪ اثر مناسب‌تری را بر روی فرایند و کیفیت کمپوست نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش نشان داد.

واژه های کلیدی: کمپوست، خاک اره، نسبت C/N، رطوبت، محتوای نیتروژن.

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه ولایت

۲- عضو هیأت علمی گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس\* (مسئول مکاتبات).

## مقدمه

رشد سریع جمعیت شهرها همراه با توسعه اقتصادی و توسعه صنایع موجب افزایش مصرف و در نتیجه تولید مواد زاید جامدی گردیده است که موجب پدید آمدن معضلات بهداشتی و زیست محیطی شدیدی به ویژه در کلان شهرها شده است (۱ و ۲). کمپوست سازی به عنوان یک روش سالم و مؤثر برای مدیریت قسمت قابل توجه مواد زاید جامد شهری مطرح است (۳). تولید کمپوست یکی از فن آوری های راهبرد مدیریت پسماند است که برای بازیافت مواد آلی به محصولات مفید استفاده می شود، اگر چه معایبی نظیر زمان و فضای مورد نیاز و احتیاج به نیروی کار را می توان از موانع این فن آوری هماهنگ با محیط نام برد (۴). کمپوست سازی یک فرایند بیوتکنولوژیکی است که پسماند های جامد آلی تحت شرایط هوازای تجزیه می شوند (۵)، این فرایند یک فرایند میکروبی گرمازا و مصرف کننده اکسیژن و یک سیستم میکروبی دینامیک بسیار فعال است (۶). کمپوست سازی زایدات شهری حجم زباله را کاهش می دهد، عوامل بیماری زا را از بین می برد، جوانه زنی علف های هرز در کشاورزی را کاهش می دهد و تا حدی موجب کاهش ترکیبات بدبوی حاصل از زباله های شهری می گردد (۷).

بهبود فرایند کمپوست سازی برای تولید محصولات با کیفیت بالا برای کاربرد موفق این زباله ها در کشاورزی اساسی است. برخی از معیار های کیفیت کمپوست عبارتند از: نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، غلظت فلزات سنگین و عناصر غذایی، pH، EC و پارامترهایی نظیر درجه حرارت و رطوبت توده ها (۸-۱۰).

محتوای رطوبت یک عامل اساسی در فرایند کمپوست سازی است که بر درجه حرارت توده و نیز جمعیت میکروبی اثر می گذارد (۱۱). رطوبت برای عملکرد فرایند کمپوست سازی ضروری است، اما در کمپوست سازی به روش هوازای رطوبت فراوان سبب افزایش شرایط بی هوازای می شود (۶). از طرف دیگر، کمبود بیش از حد رطوبت ارگانسیم ها را از

آب مورد نیازشان جهت سوخت و ساز محروم نموده و در نتیجه مانع فعالیت آن ها می شود (۱۲).

نسبت کربن به نیتروژن (C/N) نیز مهم ترین عامل غذایی است که نیاز به توجه فراوان دارد، زیرا تجربه نشان داده است که در بیشتر پسماندهای آلی، سایر عناصر غذایی در مقادیر و نسبت های مورد نیاز برای کمپوست سازی وجود دارد (۱۳). میکروارگانیسم ها برای توسعه بهینه و رشد سریع به C/N حدود ۲۵ تا ۳۰ در کمپوست خام احتیاج دارند (۱۴) و (۱۱). اگر نسبت C/N در توده زباله اولیه بسیار پایین باشد نیتروژن به صورت آمونیاک از توده خارج می شود و موجب ایجاد بوی نامطبوع می گردد، از طرفی اگر این نسبت بسیار بالا باشد کاهش سرعت فرایند کمپوست سازی را سبب می شود (۱۵). افزودن پسماندهای نیتروژنی (فاضلاب، کود حیوانی) می تواند نسبت بالای نامطلوب C/N را کاهش دهد، از طرفی افزودن پسماندهای کربنی (خاک اره، کاه، برگ خشک) می تواند نسبت نامطلوب پایین C/N را افزایش دهد (۲).

در شهر زاهدان (که مطالعه حاضر در این شهر انجام شده است) روزانه حدود ۸۰۰ کیلوگرم خاک اره در کارگاه های چوببری و نجاری ها تولید می شود که از این خاک اره استفاده مناسبی به عمل نیامده و در اطراف شهر تخلیه می گردد. این در حالی است که خاک اره به دلیل محتوای بسیار بالای کربن، ظرفیت نگه داری بالای آب و نیز قابلیت ایجاد خلل و فرج در توده می تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای بهبود کیفیت کمپوست، افزایش نسبت پایین C/N ابتدایی و نیز حفظ رطوبت توده ها در کمپوست سازی پسماند شهری مورد استفاده قرار گیرد (۱۶). این مسئله در مناطقی مثل شهر زاهدان که هم پسماند آن دارای نسبت C/N پایین بوده (۵/۷ ± ۱۸) و هم به دلیل گرمای هوا (مخصوصاً در فصل تابستان) و کمبود منابع آبی، با مشکل تأمین رطوبت توده ها مواجه هستند، بسیار حایز اهمیت است.

هدف از این مطالعه استفاده مجدد و مناسب از این پسماندهای مفید (خاک اره)، جهت بهینه سازی نسبت C/N،

و غیره تهیه گردید. یک توده به عنوان شاهد و بدون خاک اره در نظر گرفته شد و به ۳ توده باقی مانده هر کدام به ترتیب ۱۶، ۳۲ و ۷۰٪ خاک اره افزوده شد. توده‌ها در تصویر ۱ نشان داده شده است (البته یک توده خاک اره بدون پسماند نیز تهیه شد که به دلیل عدم پیشرفت فرایند نمونه برداری از این توده به عمل نیامد). توده‌ها آب دهی شد تا رطوبت آن‌ها یکسان شده و به حدود ۵۵ تا ۶۰٪ برسد.

کاهش از دست رفتن نیتروژن و نیز بررسی اثر آن بر میزان رطوبت توده‌های کمپوست‌سازی می‌باشد.

### روش بررسی

مطالعه حاضر در کارخانه بیوکمپوست شهر زاهدان، در محیطی سرباز و در فصل تابستان انجام یافت. ۴ توده زباله خام با اندازه ۱ متر مکعب پس از تفکیک توسط سرند ۳۰ میلی‌متری در کارخانه و جداسازی مواد فلزی، پلاستیک، شیشه



تصویر ۱- توده‌های تهیه شده جهت مطالعه

کاهش روند تجزیه و کاهش میزان مصرف اکسیژن میزان هوادهی نیز کاهش یافته است. در این مطالعه هوادهی از طریق زیر و رو کردن توده به صورت دستی انجام شده است.

### ۱- محاسبه میزان رطوبت

۲ گرم از نمونه توزین (A) و به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها دوباره توزین شد (B) و میزان رطوبت آن با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۱۹).

$$(1) \quad \text{درصد رطوبت} = (A-B) \div A \times 100$$

هفته‌ای یک بار نمونه برداری از توده‌ها به عمل آمد، در هر بار نمونه برداری از هر توده ۳ نمونه گرفته شد که هر کدام از این نمونه‌ها مخلوطی از ۳ نمونه است که به صورت تصادفی از نقاط مختلف هر توده گرفته شده است. یک قسمت از نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری میزان رطوبت و کربن بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد (۱۷). قسمت دیگر نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری میزان نیتروژن در هوای آزاد خشک شده، سپس خرد گردیده و از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد تا نمونه یکنواختی به دست آید (۱۸). فاکتور هوادهی در توده‌ها ثابت بوده به گونه‌ای که در روزهای ابتدایی که سرعت فرایند بالا و میزان مصرف اکسیژن بیشتر بوده است، هوادهی بیشتر انجام یافته و به تدریج با

## ۲- محاسبه میزان کربن

برای اندازه‌گیری کربن از روش احتراق استفاده شد. ۲ گرم از نمونه وزن و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا نمونه خشک شود. سپس نمونه دوباره توزین شده تا وزن خشک نمونه محاسبه شود (A). نمونه خشک شده به مدت ۵ ساعت در داخل کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. متعاقباً نمونه به داخل دسیکاتور منتقل شد تا خنک شود و بعد از آن دوباره توزین شد تا وزن خاکستر اندازه‌گیری شود (B). با استفاده از رابطه (۲) میزان ماده آلی نمونه محاسبه می‌شود؛

$$(۲) \quad \text{درصد ماده آلی} = 100 \times (A - B) \div A$$

و با رابطه (۳) میزان کربن نمونه‌ها به دست می‌آید (۲۰).

$$(۳) \quad \text{درصد کربن} = 1/8 \div \text{درصد ماده آلی}$$

## ۳- محاسبه میزان نیتروژن

نیتروژن نمونه‌ها به روش کلدال مورد تجزیه قرار گرفت (۱۸). برای این کار از دستگاه اتوماتیک مدل Kjeltec Analyzer unit 2300 استفاده گردید. برای تعیین درصد نیتروژن ۰/۵ گرم نمونه درون لوله آزمایش مخصوص هضم ریخته شد، به هر لوله ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، یک عدد قرص هضم حاوی سولفات مس و یا سولفات پتاسیم و چند قطره اکتان نرمال به عنوان ضد کف اضافه گردید. حمام هضم دستگاه قبلاً روشن و پس از قرار دادن لوله‌ها در دستگاه مورد نظر دمای کوره به تدریج به دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد تا هضم کامل نمونه‌ها صورت گیرد. پس از هضم نمونه‌ها و سرد شدن آن‌ها مقداری آب مقطر به هر لوله اضافه شد و در قسمت تیتراسیون دستگاه کلدال تمام خودکار قرار داده شد. پس از چند دقیقه تیتراسیون نمونه‌ها صورت گرفته و درصد نیتروژن کل نمونه‌ها روی صفحه نمایشگر دستگاه ثبت شد.

## یافته‌ها و تفسیر

## ۱- رطوبت

محتوای رطوبت یک عامل محیطی بسیار مهم است که جهت فعالیت‌های متابولیک و فیزیولوژیک میکروارگانیسم‌ها ضروری است (۱۲). بنابراین رطوبت باید همواره در طول فرایند کمپوست‌سازی به میزان مناسب در توده‌ها وجود داشته باشد (۱۳). در این مطالعه در ۳ هفته نخست جهت تأمین رطوبت توده‌ها آبیاری توسط تانکر آب کارخانه و در هفته‌های بعد به صورت دستی و با گالن آب ۲۰ لیتری انجام یافت (آب دهی توده‌ها پس از هر بار نمونه برداری هفتگی صورت گرفت).

جدول ۱ میزان رطوبت توده‌ها را بر حسب درصد در

هر بار نمونه‌برداری نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است، میزان رطوبت تمامی توده‌ها در ابتدای فرایند در محدوده ۵۵ تا ۶۰٪ قرار دارد. پس از یک هفته محتوای رطوبت توده‌ها کاهش یافت و برای توده شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ خاک اره به ترتیب به ۴۰/۶۶، ۵۰/۳۶، ۴۷/۷۵ و ۴۹/۴۸٪ رسید. تیمار شاهد ۳۳٪ کاهش رطوبت را طی هفته اول نشان داد، در حالی که میزان درصد کاهش در تیمارهای ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب ۱۵، ۱۵ و ۱۰٪ بود. بیشترین میزان کاهش رطوبت در تیمار بدون خاک اره مشاهده شد و با افزایش میزان خاک اره میزان از دست رفتن رطوبت کاهش یافت. همچنین میزان رطوبت تیمار شاهد در تمامی نمونه‌برداری‌های انجام یافته طی دوره کمپوست‌سازی از کلیه تیمارهای دیگر کم تر بوده است.

بر اساس نتایج مطالعه چوبانوگلوکوس و کریت در سال

۲۰۰۲ (۲) کم‌ترین میزان رطوبت مجاز برای فرایند در دوره فعال کمپوست‌سازی (۳ هفته نخست) ۴۵٪ می‌باشد که رطوبت توده شاهد همواره کم‌تر از این میزان بوده است، در حالی که میزان رطوبت توده‌های دیگر به ندرت از این میزان کم‌تر بوده است. البته باید در نظر داشت که میزان بهینه رطوبت برای فرایند کمپوست‌سازی بین ۵۰ تا ۶۵٪ است (۲۱).

در توده شاهد بیشتر رطوبت به صورت بخار و شیرابه

از توده خارج می‌شود در حالی که در سایر توده‌ها میزان تبخیر و آب شویی کم‌تر است. دلیل این است که خاک اره افزوده

عدم وجود خاک اره، درصد مواد تجزیه ناپذیر (شیشه، پلاستیک، فلز) بیشتر از سایر توده‌ها است و این مواد افزایش میزان آب شویی در توده‌ها را موجب می‌گردد.

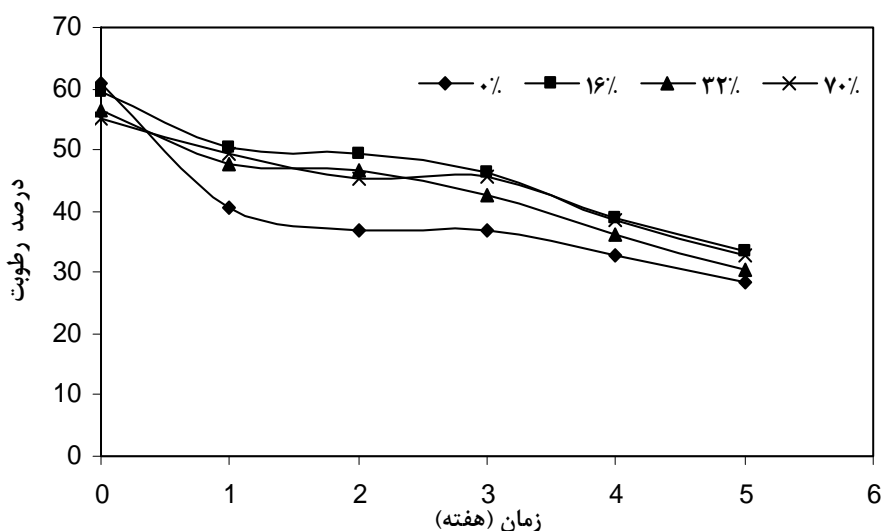
شده به توده‌ها دارای ظرفیت نگه داری آب ( water holding capacity) بالایی می‌باشد و این امر سبب حفظ رطوبت در توده‌ها می‌گردد (۱۶). از سوی دیگر در تیمار شاهد به دلیل

جدول ۱- محتوای رطوبت توده‌ها بر حسب درصد

هفته	تیمارها			
	۰٪	۱۶٪	۳۲٪	۷۰٪
۰	۶۰/۷۱	۵۹/۵۴	۵۶/۴۳	۵۵/۱۲
۱	۴۰/۶۶	۵۰/۳۶	۴۷/۷۵	۴۹/۴۸
۲	۳۷/۰۲	۴۹/۳۸	۴۶/۵	۴۵/۲
۳	۳۶/۹۶	۴۶/۳	۴۲/۶۳	۴۵/۷۲
۴	۳۲/۶۴	۳۸/۷۵	۳۶/۱	۳۸/۶۲
۵	۲۸/۳	۳۳/۵۶	۳۰/۵۵	۳۲/۷۵

در هفته‌های پایانی جهت کاهش میزان رطوبت میزان آب دهی توده‌ها کاهش یافت. نمودار ۱ روند تغییرات میزان رطوبت توده‌ها را در طی فرایند کمپوست سازی نشان می‌دهد.

در پایان فرایند کمپوست‌سازی محتوای رطوبت توده‌ها به منظور جلوگیری از فعالیت‌های بیولوژیکی بعدی در مواد پایدار باید پایین (حدود ۳۰٪) باشد (۱۳). به همین دلیل



نمودار ۱- روند تغییرات میزان رطوبت توده‌ها

فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان رطوبت ارتباط مستقیم دارد (۲۲). بنابراین در صورت حفظ شرایط بهینه رطوبت درجه حرارت مطلوب نیز حاصل می‌شود و با کاهش میزان رطوبت افت درجه حرارت مشاهده خواهد شد (۱۲).

کمبود بیش از حد رطوبت، میکروارگانیسم‌ها را از آب مورد نیازشان جهت سوخت و ساز محروم نموده و در نتیجه مانع فعالیت آن‌ها می‌گردد (۱۲). از طرفی درجه حرارت که از عوامل مهم در فرایند کمپوست‌سازی است و در از بین بردن عوامل بیماری‌زا و بذر علف‌های هرز نقش اساسی دارد، با میزان

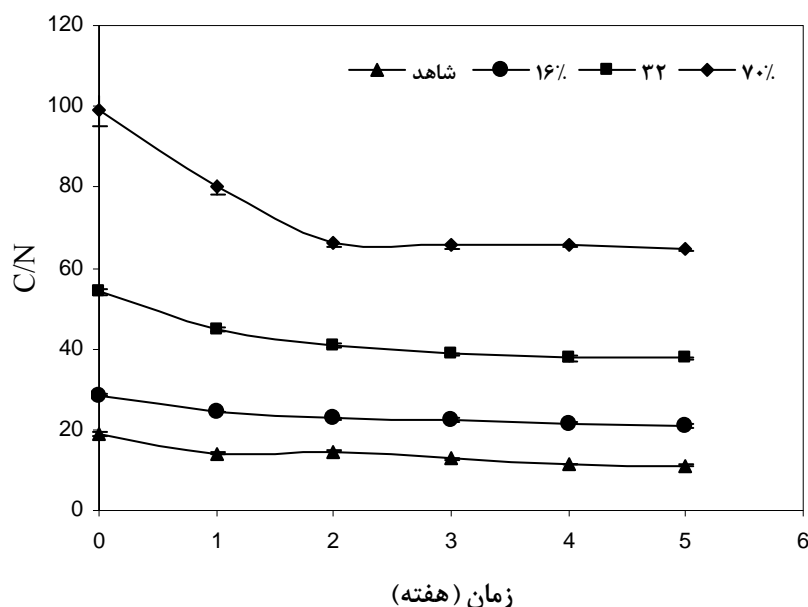
## ۲- نسبت کربن به نیتروژن

نمودار ۲ تغییرات نسبت کربن به نیتروژن ( $C/N$ ) توده‌های کمپوست‌سازی را طی زمان نشان می‌دهد. نسبت کربن به نیتروژن توده اولیه در تیمارهای شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب عبارتند از ۱۸/۷، ۲۸/۶، ۵۴/۵ و ۹۹/۵. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میزان بهینه  $C/N$  در تیمار ۱۶٪ به دست آمده است. نسبت کربن به نیتروژن طی فرایند کمپوست‌سازی در این مطالعه در تمامی تیمارها کاهش یافت. این کاهش به دلیل از دست رفتن کربن مخصوصاً به صورت دی اکسید کربن از توده‌هاست (۱۳). همان‌طور که در نمودار مشخص است کاهش  $C/N$  در هفته نخست سریع بوده و سپس کاهش به صورت تدریجی تا پایان فرایند ادامه یافته است. تغییرات نسبت کربن به نیتروژن بیانگر چگونگی تجزیه مواد آلی و پایداری به دست آمده طی فرایند است (۲۳). کاهش سریع  $C/N$  به دلیل فعالیت شدید میکروبی و نرخ بالای تجزیه مواد آلی در هفته نخست می‌باشد (۱۱). این کاهش سریع در

روزهای نخست فرایند توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۲۴ و ۲۵).

نسبت  $C/N$  توده شاهد در هفته دوم افزایش جزئی از ۱۴/۱ تا ۱۴/۶ نشان داد که دلیل آن پایین بودن نسبت اولیه  $C/N$  و خروج نیتروژن اضافی به صورت آمونیاک از توده است (۱۵). افزایش  $C/N$  طی فرایند به دلیل پایین بودن نسبت ابتدایی آن همچنین توسط استیلیانو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است (۲۶).

$C/N$  توده‌های رسیده تیمار شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب ۱۱/۱، ۲۱/۱، ۳۷/۶ و ۶۴/۸ بوده است. همان‌طور که در نمودار نشان داده است، نسبت کربن به نیتروژن در پایان فرایند در کلیه تیمارها تقریباً ثابت است. ثابت بودن  $C/N$  نشان دهنده پایداری و رسیدگی محصولات است (۲۷) و این ثابت در توده‌های دارای خاک اره نسبت به شاهد زودتر اتفاق افتاده است.



نمودار ۲- تغییرات نسبت کربن به نیتروژن طی فرایند کمپوست‌سازی

## ۳- محتوای کربن و نیتروژن



رفتن نیتروژن و نیز برای مقایسه ارزش غذایی تیمارها اهمیت دارد.

جدول ۲ محتوای کربن و نیتروژن توده‌ها را بر حسب درصد بیان می‌کند. دانستن محتوای کربن و نیتروژن توده‌ها برای پی بردن به میزان تجزیه مواد، میزان از دست

جدول ۲- محتوای کربن و نیتروژن توده‌ها بر حسب درصد

زمان (هفته)	تیمار							
	شاهد		٪۱۶		٪۳۲		٪۷۰	
	C (%)	N (%)	C (%)	N (%)	C (%)	N (%)	C (%)	N (%)
۰	۲۲/۵	۱/۲	۲۸/۱	۰/۹۸	۳۸/۲	۰/۷	۴۷/۸	۰/۴۸
۱	۱۴/۱	۱/۰۰	۲۳/۸	۰/۹۸	۳۰/۶	۰/۶۸	۳۵/۱	۰/۴۴
۲	۱۲/۹	۰/۸۸	۲۱/۸	۰/۹۶	۲۷/۶	۰/۶۸	۲۸/۲	۰/۴۲
۳	۱۰/۸	۰/۸۵	۲۰/۷	۰/۹۲	۲۵/۴	۰/۶۶	۲۶/۹	۰/۴۱
۴	۹/۴	۰/۸۳	۱۹/۸	۰/۹۲	۲۴/۵	۰/۶۵	۲۶/۸	۰/۴۱
۵	۹/۲	۰/۸۳	۱۹/۲	۰/۹۱	۲۴/۴	۰/۶۵	۲۶/۵	۰/۴۱

نتیجه ارزش محصول را به عنوان یک کود آلی کاهش می‌دهد (۱۳). حداکثر محتوای نیتروژن محصول نهایی در تیمار ۱۶٪ مشاهده شد که میزان آن ۰/۹۱٪ بود، این در حالی است که میزان نیتروژن در توده ابتدایی تیمار شاهد از سایر تیمارها بیشتر بوده است.

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری نمود که افزودن خاک اره سبب کاهش خارج شدن رطوبت به صورت تبخیر و یا شیرابه از توده کمپوست می‌شود. بنابراین افزودن خاک اره در مناطق گرم و خشک (مانند زاهدان) جهت حفظ رطوبت توده‌ها می‌تواند بسیار مؤثر واقع شود. افزودن ۱۶٪ خاک اره سبب افزایش نسبت پایین و نامطلوب اولیه تا حدود مناسب و بهینه می‌گردد. البته افزودن مقادیر بالاتر خاک اره سبب کند شدن فرایند کمپوست سازی خواهد شد. افزودن خاک اره همچنین سبب حفظ نیتروژن توده کمپوست می‌شود و از دست رفتن آن به صورت آمونیاک را کاهش می‌دهد. در نتیجه علاوه بر کاهش بوی نامطبوع و آزاردهنده توده کمپوست، ارزش غذایی آن را به عنوان کود آلی

میزان تجزیه کربن در توده شاهد بیشتر از سایر توده‌ها بود، درصد کاهش محتوای کربن طی دوره کمپوست‌سازی در تیمارهای شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب عبارت بود از ۶۰، ۳۲، ۳۶ و ۴۵٪. همچنین میزان از دست رفتن نیتروژن در تیمار شاهد نیز از سایر توده‌ها بیشتر بوده است و تیمارهای ۱۶٪ و ۳۲٪ کم‌ترین میزان از دست رفتن نیتروژن را دارا می‌باشند. درصد کاهش محتوای نیتروژن در تیمارهای شاهد، ۱۶٪، ۳۲٪ و ۷۰٪ به ترتیب عبارت است از ۳۰، ۷، ۷ و ۱۵٪. همان‌طور که در قسمت قبل گفته شد افزایش نسبت C/N تیمار شاهد در هفته دوم به دلیل کاهش شدید نیتروژن است، در حالی که میزان کربن تغییر چندانی نداشته است. این امر نشان‌دهنده میزان تجزیه کم کربن و از دست رفتن نیتروژن در این هفته است. معمولاً قسمت عمده نیتروژن به صورت آمونیاک از دسترس خارج می‌شود (۱۰)، بهترین راه برای کاهش از دست رفتن آمونیاک افزودن مواد کربنی (مثل خاک اره) به توده جهت افزایش نسبت اولیه C/N است (۲۸). تولید آمونیاک علاوه بر ایجاد بوی نامطبوع و آلودگی اتمسفر، محتوای نیتروژن محصولات نهایی را نیز کاهش می‌دهد و در



5. Barrena R., Vazquez F., Sanchez A., 2008. Dehydrogenase Activity as Method for Monitoring the Composting Process, *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 905-908.
6. Sundberg C., Jonsson H., 2008. Higher pH and Faster Decomposition in Biowaste Composting by Increase Aeration, *Waste Management*, vol. 28, pp. 518-526.
7. Hargreaves J. C., Adl M. S., Warman P. R., 2008. A Review of the Use of Composted Municipal Solid Waste in Agriculture, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, vol. 123, pp. 1-14.
8. Wei Y. S., Fan Y. B., Wang M. J., Wang J. S., 2000. Composting and Compost Application in China, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 30, pp. 277-300.
9. Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., Kyriacou A., 2006. Quality Assessment of Composts in the Greek Market: The Need for Standards and Quality Assurance, *Journal of Environmental Management*, vol. 80, pp. 58-65.
10. Tognetti C., Mazzarino M. J., Laos F., 2007. Improving the Quality of Municipal Organic Waste Compost, *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 1067-1076.
11. Dougherty M., 1998. *Composting for Municipalities, Planning and Design Considerations*. Natural Resource, Agriculture and Engineering Service, New York. Pp.126.
12. Liang C., Das K. C., McClendon R. W., 2003. The Influence of Temperature and Moisture Contents Regimes on the Aerobic Microbial Activity of a Biosolids Composting

افزایش خواهد داد. در این مطالعه تیمار ۱۶٪ حداقل میزان از دست رفتن نیتروژن و حداکثر نیتروژن توده نهایی را نشان داد. بنابراین از میان تیمارهای خاک اره اعمال شده به نظر می‌آید تیمار ۱۶٪ خاک اره شرایط مطلوب‌تری جهت فرایند کمپوست‌سازی فراهم نموده است.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه و بی‌دریغ مسئولان و کارمندان سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری زاهدان و نیز کمک‌های کارگران زحمت‌کش کارخانه بیوکمپوست شهر زاهدان خالصانه قدردانی نمایند.

### منابع

1. Castaldi P., Garau G., Melis P., 2008. Maturity Assessment of Compost from Municipal Solid Waste Through the Study of Enzyme Activities and Water-Soluble Fractions, *Waste Management*, vol.28, pp.534-540.
2. Tchobanoglous G., Kreith F., 2002. *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill, Second Edition.
3. Korner I., Saborit-Sanchez I., Aguilera-Corrales Y., 2008. Proposal for the Integration of Decentralised Composting of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste into the Waste Management System of Cuba, *Waste Management*, vol. 28, pp.64-72.
4. Raut M. P. Prince William S. P. M., Bhattacharyya J. K., Chakrabarti T., Devotta s., 2007. Microbial Dynamics and Enzyme Activity During Rapid Composting of Municipal Solid Waste – A Compost Maturity Analysis Perspective, *Bioresource Technology*, doi: 10.1016/j.biortech.2007.11.030.

- Frequency, *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 7495-7503.
21. Montero B., Garcia-Morales J. L., Sales D., Solera R., 2008. Evolution of Microorganisms in Thermophilic-Dry Anaerobic Digestion, *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 3233-3243.
  22. Larney F. J., Olson A. F., Carcamo A. A., Chang C., 2000. Physical Changes During Active and Passive Composting of Beef Feedlot Manure in Winter and Summer, *Bioresource Technology*, vol. 75, pp. 139-148.
  23. Huang G. F., Wu Q. T., Wong J. W. C., Nagar B. B., 2006. Transformation of Organic Matter During Co-Composting of Pig Manure With Sawdust, *Bioresource Technology*, vol. 97, pp. 1834-1842.
  24. Fang M., Wong J.W.C., Ma K.K., Wong M.H., 1999. Co-composting of Sewage Sludge and Coal Fly Ash: Nutrient Transformations. *Bioresource Technology*, vol. 67, pp. 19-24.
  25. Zmora-Nahum S., Markovitch O., Tarchitzky J., Chen Y., 2005. Dissolved Organic Carbon (DOC) as a Parameter of Compost Maturity, *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 37, pp. 2109-2116.
  26. Stylianou M. A., Inglezakis V. J., Moustakas K. G., Loizidou M. D., 2008. Improvement Of the Quality Of Sewage Sludge Compost by Adding Natural Clinoptilolite, *Desalination*, vol. 224, pp. 240-249.
  27. Zorpas A. A., Loizidou M., 2008. Sawdust and Natural Zeolite as a Bulking Agent for Improving Quality of a Composting Product from Anaerobically Stabilized Sewage Sludge, *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 7545-7552.
  - Blend, *Bioresource Technology*, vol. 86, pp. 131-137.
  13. Diaz L.F., de Bertoldi M., Bidlingmaier W., Stentiford E., 2007. *Compost Science and Technology*. Waste Management Series, Elsevier.
  14. Jordening H. J., Winter J., 2005. *Environmental Biotechnology: Concepts and Applications*, First Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
  15. Zhu N., 2007. Effect of Low Initial C/N Ratio on Aerobic Composting of Swine Manure With Rice Straw, *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 9-13.
  16. Imbeah M., 1997. Composting Piggery Waste: A Review, *Bioresource Technology*, vol. 63, pp. 197-203.
  17. Kuba T., Tscholl A., Partl C., Meyer K., Insam H., 2008. Wood Ash Admixture to Organic Wastes Improves Compost and Its Performance, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2008.02.012
  18. Benito M., Masaguer A., Moliner A., De Antonio R., 2006. Chemical and Physical Properties of Pruning Waste Compost and Their Seasonal Variability, *Bioresource Technology*, vol. 97, pp. 2071-2076.
  19. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., 1993. *Integrated Solid Waste Management (Engineering Principles and Management Issues)*, McGraw-Hill.
  20. Ogunwande G. A., Osunade J. A., Adekalu K. O., Ogunjimi L. A. O., 2008. Nitrogen Loss in Chicken Litter Compost as Affected by Carbon to Nitrogen Ratio and Turning

Bioresource Technology, vol. 79, pp.  
129-133.

28. Jeong Y-K., Kim J-S., 2001. A New  
Method for Conservation of Nitrogen  
in Aerobic Composting Processes,