

تولید کمپوست از پسماند جامد شهری در راستای توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر سیرجان)

الهام شاهی^{۱*} ، حانیه عباسلو^۲

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان.

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

*ایمیل نویسنده مسئول: el.shahi@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۷/۱۹

چکیده: آلودگی‌های ناشی از افزایش پسماند در شهرها و دفع آن به روش‌های سنتی، خطر بزرگی برای سلامت و بهداشت انسان و محیط زیست به‌شمار می‌رود. میانگین تولید پسماند سالیانه شهر سیرجان بالغ بر ۱۵۰ تن می‌باشد که تا به امروز از روش‌های سنتی رهاسازی و دفن پسماند در بیابان برای دفع استفاده شده است. از این‌رو در تحقیق حاضر، با توجه به نتایج بدست آمده از تفکیک پسماند و حجم بالای پسماند آلی، مدیریت پسماند به روش کمپوست هواری مورد ارزیابی قرار گرفت. پنج تیمار با ترکیبات مختلف برای تولید کمپوست در نظر گرفته شد، مشخصات فیزیکی و شیمیایی کمپوست‌های تولیدی مورد آزمون قرار گرفت و با استانداردهای مختلف بررسی شدند. با توجه به نتایج بدست آمده از کمپوست‌شدگی پسماند، مدیریت پسماند جامد شهری به روش کمپوست هم حجم قابل توجهی از نیاز به دفن پسماند را کم می‌کند و هم صرفه اقتصادی و سود دهی مالی را به دنبال دارد. بنابراین جهت افزایش بازده اقتصادی، کاهش حجم لندفیل و مدیریت صحیح پسماند، روش کمپوست به عنوان یکی از روش‌های پیش‌رو در مدیریت پسماند شهری سیرجان توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی

"پسماند جامد شهری"، "مدیریت پسماند"، "کمپوست"، "سیرجان"

Compost production from municipal solid waste for sustainable development (Case study: Sirjan city)

Elham Shahi^{1*}, Hanie Abbaslou²

1*. MSc. Student in Civil Engineering-Environments, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology, Sirjan, Iran

2. Associate Professor in Civil engineering Department, Sirjan University of Technology, Sirjan, Iran
*Email Address: el.shahi@yahoo.com

Abstract

Waste pollution and contamination from municipal waste disposal in traditional ways is a great danger to human health and the environment. The average waste production in the Sirjan city is over 150 tons per year, which to date has used the traditional methods of dumping and burying waste in the desert for disposal. Thus, in this study, according to the results obtained from waste separation and high volume of organic waste, waste management was evaluated by aerobic compost method. Five treatments with different compositions were considered for compost production and the physical and chemical properties of the produced composts were tested and evaluated according to different standards. According to the results of research on waste composting, municipal solid waste management using the compost method significantly reduces the need for landfilling and also leads to economic savings and financial profitability. Therefore, in order to increase economic efficiency, reduce landfill volume and proper waste management, and compost method is recommended as the leading methods in urban waste management of Sirjan city.

Keywords

"MSW", "Waste Management", "Compost", "Sirjan"

۱- مقدمه

در مقایسه با سایر تکنولوژی‌های مدیریت پسماند دارد (Lim et al., 2019). کمپوست در واقع یک تغییر بیولوژیکی گرمای است، که در نهایت محصولات مناسبی مانند کود، سقره (زیرلايه) برای کشت قارچ و بیوگاز (متان) تولید می‌کند. ماده اولیه تولید کمپوست بخش آلی پسماند جامد شهری شامل پسماند خانگی و پسماندهای مشابه از پارک‌های شهر، دفاتر و ادارات دولتی و پسماند باغات می‌باشد (Sarkar et al., 2016). در دهه گذشته تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی امکان تولید کمپوست از پسماند جامد شهری در کشورهای مختلف صورت گرفته است. به عنوان مثال رامچاندرا و همکاران (۲۰۱۸)، سرکار و همکاران (۲۰۱۶)، ماندال و همکاران (۲۰۱۴)، ووای (۲۰۱۰) و گاتم و همکاران (۲۰۱۰) و پس از آنالیز پسماند جامد شهری، تولید کمپوست از بخش آلی پسماند را بررسی کردند و در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد عوامل موثر بر تولید کمپوست با کیفیت انجام شده است؛ از جمله ماسکولو و همکاران (۲۰۱۸) آزمایشی را به منظور بررسی تأثیر مواد، شرایط و زمان کمپوست بر کیفیت کمپوست انجام دادند. از ۴ نوع ترکیب تفاله‌ی گیاهان و/یا تفاله‌ی زیتون با نسبت‌های مختلف استفاده کردند. پس از ۱۲۰ روز ۴ نوع کمپوست را از لحاظ فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنالیز کردند تا میزان رسیده شدن، پایداری و کیفیت محصول بدست آمده را در شرایط و زمان یکسان بررسی کنند. آنها اظهار داشتند نتایج، در صد مشابهی کاهش نسبت C/N را نشان داده است و نمونه‌ها درجه رسیده شدن قابل قبولی داشته‌اند و نتیجه گرفتند کمپوست رسیده به معنی کمپوست با کیفیت مرغوب نیست و به شیوه قرار دادن کمپوست ارتباط دارد درحالی‌که کیفیت کمپوست به ترکیبات شیمیایی آن وابسته است. هدف مطالعه حاضر ارزیابی پتانسیل تولید کمپوست مرغوب از بخش آلی و باغی پسماند جامد شهری سیرجان، بر اساس نتایج حاصل از ترکیبات پسماند جامد شهری این شهر مورد می‌باشد.

۲- روش انجام تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

شهرستان سیرجان یکی از ۱۱ شهر استان کرمان است و با ۷/۱۶ درصد از مساحت کل استان، دومین شهر بزرگ استان کرمان محسوب می‌شود. امروز به دلیل وجود معدن سنگ آهن گل گهر یکی از قطب‌های صنعتی و معدنی کشور، آینده روشنی پیش رو دارد و نرخ رشد جمعیتی بالایی خواهد داشت. حدود ۴۵۰۰۰۰۰ متر مربع مساحت کل فضای سبز شهری می‌باشد. آب و هوای سیرجان نیمه بیابانی است. در تابستان نسبتاً گرم و خشک، در زمستان سرد و در بهار همراه با بارندگی‌های پراکنده است. میزان بارندگی این شهرستان در سال‌های معمولی ۱۵۵ میلی‌متر است.

نمونه برداری و تیمارهای کمپوست

جداول ۱ و ۲ نتایج آنالیز و تفکیک پسماند جامد شهری سیرجان در فصول گرم و سرد را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود پسماند غذایی بیشترین سهم را در همه فصول دارد، از این رو ۵ نمونه تیمار برای تولید کمپوست از پسماند غذایی و باغی شهر سیرجان در نظر گرفته شد (جدول ۳). تولید کمپوست به روش هوازای انجام شد. در نیمه دوم اسفند ماه سال ۱۳۹۷ هر ۵ تیمار درون سطل‌های شماره گذاری شده به ارتفاع یک متر و قطر ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب ذکر شده قرار داده شد. برای خروج شیره احتمالی و همچنین برقراری جریان هوا، در کف سطل‌ها سوراخ‌هایی ایجاد

افزایش جمعیت، توسعه بی‌رویه و غیر اصولی شهرها، نامناسب بودن الگوهای رایج مصرف و بسیاری از عوامل دیگر، باعث بروز معضلات زیادی در جوامع انسانی به خصوص کشورهای در حال توسعه گردیده است (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ از جمله می‌توان به افزایش مصرف و در نتیجه‌ی آن تولید مواد زائد جامدی که موجب پدید آمدن معضلات بهداشتی و زیست‌محیطی شدیدی به ویژه در کلان شهرها شده‌اند، اشاره کرد (یوسفی و یونسی، ۱۳۹۲). نرخ رشد سالیانه جمعیت جهانی در حدود ۲٪ تخمین زده می‌شود و این میزان رشد جمعیت، تقاضا و مصرف زیاد انرژی در کشورهای مختلف دنیا را در پی خواهد داشت (هوشمند و همکاران، ۱۳۹۳). بانک جهانی در سال ۲۰۱۷ میزان تولید پسماند در جهان را ۱/۳ میلیارد تن (۱/۲ کیلوگرم به ازای هر فرد در روز) در سال تخمین زده است و پیش‌بینی کرده است این میزان تا سال ۲۰۲۵ میلادی به ۲/۲ میلیارد تن در سال برسد. از این رو نیاز به دفع و پردازش پسماند جامد شهری (MSW) در سطح جهانی به طور جدی اهمیت پیدا می‌کند (Moya et al., 2017(b)). از آنجایی که پسماند آلی جامد شهری و پسماند بخش کشاورزی بیشترین سهم را در تولید پسماند دارند و نیاز به انرژی در این دوره از زندگی هر روز بیشتر احساس می‌شود و نیز با توجه به این‌که پسماند آلی پتانسیل بالایی برای تولید انرژی دارد، مدیریت پسماند آلی امری بسیار ضروری و مهم در کلان شهرها می‌باشد (Dhar et al., 2017). در واقع مدیریت پسماند جامد شهری، شهر را به یک سیستم دفع پسماندی سازگار با محیط زیست و مقتصدانه مجهز می‌کند (Dehghanifard and Dehghani, 2018). روش‌های پردازش پسماند جامد شامل تبدیل پسماند به محصولات دیگر (WtP) یا تبدیل پسماند به انرژی (WtE) می‌باشد. تکنیک‌های WtP شامل روش‌هایی مانند هضم بی‌هوازی، تبدیل هوازی و تخمیر می‌باشد، و تکنیک‌های WtE متشکل از تولید الکتریسیته از بیوگاز و پردازش‌های ترموشیمیایی مانند زباله‌سوز، گازیفیکیشن و پیرولیز می‌باشد (Chhabra et al., 2019). در کشورهای توسعه یافته تکنولوژی‌های جدید را برای استفاده از پسماند به عنوان منبع تولید انرژی، گرما، سوخت و کمپوست استفاده می‌کنند درحالی‌که در کشورهای در حال توسعه جمع‌آوری، انتقال و دفن پسماند شهری همچنان یک چالش بزرگ محسوب می‌شود (Moya et al., 2017(a)). تولید کمپوست یکی از قدیمی‌ترین و آسان‌ترین روش‌ها در زمینه پایاسازی پسماند آلی است. از فواید آن می‌توان به افزایش حاصلخیزی، سلامت و تامین مواد مغذی خاک و در نتیجه آن افزایش محصولات کشاورزی، بهبود بخشیدن به گوناگونی زیستی خاک، کاهش خطرات زیست‌محیطی و ایجاد محیط زیست بهتر اشاره کرد. همچنین کمپوست پاتوژن‌ها را از بین می‌برد، حجم پسماند را کاهش می‌دهد و آمونیاک‌های ناپایدار را به فرم نیتروژن آلی پایدار تبدیل می‌کند. هر چند روش‌های نامناسب مدیریت پسماند جامد بزرگترین محدودیت در تولید کمپوست با کیفیت می‌باشد، طبقه‌بندی نامناسب MSW در مبدا باعث می‌شود ترکیبات مختلف پسماند (زیست‌فروپاش و غیرزیست‌فروپاش) با یکدیگر ترکیب شوند و کمپوست نامرغوب تولید شود که خریداری در بازار پیدا نمی‌کند (Sarkar et al., 2016). تولید کمپوست، تکنولوژی ساده‌تر و هزینه نسبتاً کمتری

1- Municipal Solid Waste

2- Waste-to-Product

3- Waste-to-Energy

جدول ۲- میانگین آنالیز پسماند شهری سیرجان در فصل سرد

ردیف	دسته بندی	درصد جرمی	درصد حجمی
۱	بطری پلاستیکی	۰/۴۷	۲/۴۳
۲	محصولات بهداشتی	۶/۰۲	۶/۷۷
۳	پسماند غذایی	۷۴/۸۶	۲۶/۱۲
۴	پلاستیک	۹/۳۲	۲۶/۶۵
۵	فلز	۰/۴۹	۱/۴۸
۶	کارتن و مقوا	۴/۲۶	۲۳/۹۷
۷	منسوجات	۰/۹۰	۲/۵۲
۸	پوست خوراکی	۱/۲۸	۶/۳۱
۹	شیشه	۱/۶۵	۱/۹۴
۱۰	کاغذ	۰/۳۱	۰/۵۳
۱۱	سایر	۰/۵۱	۱/۲۸

• آزمایشات

پس از گذشت دو ماه از فرآیند کمپوست شدگی نمونه‌ها، مقدار 5 gI از همه تیمارها نمونه‌گیری شد و درون کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار داده شد. آزمایشات تعیین کربن کل و نیتروژن کل بر روی نمونه‌ها انجام گردید و نهایتاً نسبت C/N نمونه‌ها محاسبه شد. آزمایش تعیین میزان کربن خاک با روش اکسیداسیون دی‌کرومات (Nelson and Sommers, 1982) و میزان ازت با روش کج‌لدال (Bremner and Mulvancy, 1982) صورت گرفت.

شد. در تیمارها ضخامت همه لایه‌ها ۲ تا ۳ سانتی در نظر گرفته شد. مقدار $CC 1200$ آب به تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ و به تیمار ۵ به دلیل رطوبت بالای مواد $CC 600$ آب اضافه شد. در طول مدت فرآیند تولید کمپوست سعی شد رطوبت مواد ثابت بماند؛ بدین منظور آب‌دهی هفته‌ای یک بار به صورت دستی در صورت لزوم انجام می‌شد و به منظور تامین اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، هوادهی تیمارها به صورت دستی در ۴ ماه اول هر هفته یک بار و در ماه‌های پایانی دو هفته یک بار انجام شد.

جدول ۱- میانگین آنالیز پسماند شهری سیرجان در فصل گرم

ردیف	دسته بندی	درصد جرمی	درصد حجمی
۱	بطری پلاستیکی	۴/۹۱	۱۸/۳۰
۲	محصولات بهداشتی	۱۴/۲۳	۱۱/۴۷
۳	پسماند غذایی	۵۲/۹۲	۱۳/۳۷
۴	پلاستیک	۵/۵۳	۱۱/۴۷
۵	فلز	۱/۰۹	۲/۴۶
۶	پوست خوراکی	۱/۴۰	۴/۹۳
۷	منسوجات	۴/۱۳	۸/۲۱
۸	شیشه	۲/۲۰	۱/۸۸
۹	کارتن و مقوا	۳/۹۴	۱۶/۴۲
۱۰	کاغذ	۹/۰۷	۱۱/۳۸
۱۱	سایر	۰/۵۷	۰/۹۴

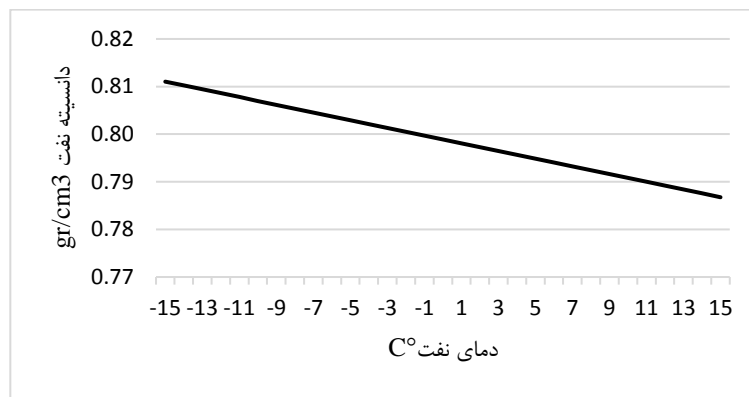
جدول ۳- ترکیبات کمپوست پسماند جامد شهری

ردیف	تیمار شماره ۱	تیمار شماره ۲	تیمار شماره ۳	تیمار شماره ۴	تیمار شماره ۵
۱	چوب خشک	چوب خشک	چوب خشک	چوب خشک	چوب خشک
۲	مخلوط برگ درختان پهن برگ و سوزنی برگ	برگ درخت اکالیپتوس	برگ درختان سوزنی برگ	برگ درختان پهن برگ	برگ درختان پهن برگ
۳	خاک اره (مخلوط خاک اره چوب روس و ام‌دی-اف)	خاک اره (مخلوط خاک اره چوب روس و ام‌دی-اف)	خاک اره (مخلوط خاک اره چوب روس و ام‌دی-اف)	خاک اره (مخلوط خاک اره چوب روس و ام‌دی-اف)	خاک اره (مخلوط خاک اره چوب روس و ام‌دی-اف)
۴	چمن	چمن	چمن	چمن	-
۵	مخلوط برگ درختان پهن برگ و سوزنی برگ	برگ درخت اکالیپتوس	برگ درختان سوزنی برگ	برگ درختان پهن برگ	برگ درخت اکالیپتوس
۶	چمن	چمن	چمن	چمن	-
۷	خاک	خاک	خاک	خاک	-
۸	کود حیوانی	کود حیوانی	کود حیوانی	کود حیوانی	-
۹	پوست تخم مرغ، میوه و سبزی	پوست تخم مرغ، میوه و سبزی	پوست تخم مرغ، میوه و سبزی	پوست تخم مرغ، میوه و سبزی	پوست تخم مرغ، میوه و سبزی
۱۰	روزنامه و کاغذ	روزنامه و کاغذ	روزنامه و کاغذ	روزنامه و کاغذ	روزنامه و کاغذ
۱۱	مخلوط برگ درختان پهن برگ و سوزنی برگ	برگ درخت اکالیپتوس	برگ درختان سوزنی برگ	برگ درختان پهن برگ	برگ درختان سوزنی
۱۲	خاک	خاک	خاک	خاک	-
۱۳	کود حیوانی	کود حیوانی	کود حیوانی	کود حیوانی	-
۱۴	پسماند غذا (برنج، سبزیجات، سبزی و ...)	پسماند غذا (برنج، سبزیجات، سبزی و ...)	پسماند غذا (برنج، سبزیجات، سبزی و ...)	پسماند غذا (برنج، سبزیجات، سبزی و ...)	پسماند غذا (برنج، سبزیجات، سبزی و ...)
۱۵	-	-	-	-	منسوجات

درون آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. اندازه گیری pH و EC بوسیله محلول با رقت های ۱:۱۰، ۱:۲۰ و ۱:۵۰ صورت گرفت. بدلیل جذب بالای آب کمپوست، دانسیته توسط اختلاط نمونه با نفت انجام شد؛ به این صورت که درون بالن ۲۵۰ ml نفت ریخته شد و جرم ظرف پر از نفت یادداشت شد و جرم ظرف خالی نیز اندازه گیری شد. سپس ۵ بالن ۲۵۰ ml برداشته شد و جرم هر کدام یادداشت شد، کمپوستها به خوبی آسیاب شدند و ۲۰ gr از هر نمونه وزن شد و درون بالنها ریخته شد، سپس با نفت به حجم رسانده شد و پس از هم زدن، جرم هر کدام اندازه گیری شد و در انتها محاسبات لازم برای بدست آوردن دانسیته نمونهها انجام شد. دانسیته در دمای آزمایش ۱۸ °C بر اساس شکل ۱ و رابطه ۱ محاسبه شد.

در پایان فرآیند و پس از رسیدن کمپوستها یعنی ماه هشتم، دوباره از هر ۵ تیمار نمونه گیری شد درون کیسه های پلاستیکی قرار داده شد و سپس آزمایشات تعیین C/N براساس کربن کل و نیتروژن کل، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (Summer and Miller, 1996)، مواد آلی (Olsen,) (Walkley and Black, 1934)، فسفر (Hesse and Lahore, 1971) و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (Heydarnezhad et al., 2012) و غلظت کلسیم و منیزیم به روش کمپلکس سومتري تیترا سیون تو سط EDTA (Hesse and Lahorel, 1971) اندازه گیری شد. نمونه های دیگری از هر ۵ تیمار برای انجام آزمایشات دانسیته، EC و pH تهیه شد. بدین منظور نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا از رطوبت آنها کاسته شود و سپس به مدت ۲۴ ساعت

$$(1) \quad \text{دانسیته نفت در دمای آزمایش} \times \frac{\text{جرم نمونه}}{\text{جرم نفت - جرم مخلوط نفت و نمونه}} = \text{دانسیته نمونه در دمای } 20^{\circ}\text{C}$$



شکل ۱- دانسیته نفت سفید در دماهای مختلف (Bekker et al., 2010)

۳- نتایج

شد. بدون بو بودن کمپوست نشان دهنده ی هوادهی مناسب می باشد، به این معنی که در شرایط کاملا هوازی تجزیه صورت گرفته است و تغییر رنگ آن به صورت کاملا یکدست به رنگ قهوه ای نشانه ی رسیده شدن کمپوست است. نتایج آزمایشات مشخصات فیزیکی و شیمیایی کمپوست نهایی در جدول ۶ آمده است، با توجه به این جدول مشاهده می شود نسبت C/N در کمپوست رسیده کاهش یافته است.

نتایج آزمایش تعیین کربن کل و نیتروژن کل در طول فرآیند کمپوست سازی (یک ماهه اول) در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به نتایج، نسبت C/N برای هر ۵ تیمار از ۲۵ کمتر بود، از این رو برای افزایش نسبت C/N، از خاک اره استفاده شد. مقدار خاک اره مورد نیاز در جدول ۵ آورده شده است. در نهایت کمپوست رسیده به صورت ماده ای بدون بو، از لحاظ ظاهری مانند خاک با دانه های ریز و سبک و به رنگ قهوه ای تیره مشاهده

جدول ۴- نسبت C/N کمپوست نابالغ

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
C/N	۱۸/۶۸	۱۴/۸۱	۱۶/۳۹	۱۴/۴۶	۱۹/۶۶

بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر شد. در این استاندارد کمپوست به دو رده «یک» و «دو» طبقه بندی می شود، این طبقه بندی بر اساس فاکتورهای کیفی صورت گرفته است و در رده «یک» دارای کیفیت بهتری می باشد (سفیدکار و همکاران، ۱۳۹۲). درصد مواد آلی هر ۵ نمونه کمپوست از استاندارد ملی و استاندارد واشنگتن پایین تر بوده و خارج از محدوده استاندارد WHO است و طبق نظریه گوتاس فقط کمپوست شماره ۵ در حد مجاز مواد آلی قرار

استانداردهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی برای تولید و مصرف کمپوست تولیدی از پسماند جامد وجود دارد. در جدول ۷ استاندارد ملی، WHO، گوتاس و دیپارتمان اکولوژی واشنگتن برای کمپوست آورده شده است. استاندارد ملی کمپوست با عنوان ویژگی های فیزیکی و شیمیایی کمپوست در پنجاهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مورخ ۱۳۸۶/۱۲/۴ تصویب شد و به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، م صوب

کمپوست‌ها استاندارد ملی رده «یک» و کمپوست شماره ۱۴ استاندارد واشنگتن کلاس A را شامل می‌شود، pH هر ۵ کمپوست بر استاندارد ملی و نظریه گوتاس و استاندارد WHO منطبق است. ظرفیت تبادل کاتیونی در محدوده هیچکدام از استانداردها نبوده است. بنابراین مشکل اصلی این کمپوست‌ها پایین بودن ماده آلی و به تبع آن ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشد که بایستی مقدار خاک اضافه شده را کم کرد؛ اما کمپوست شدگی سریع و با کیفیت مناسب انجام پذیرفت.

دارد. درصد کربن آلی کمپوست‌ها، محدوده مجاز هیچکدام از استانداردها را شامل نمی‌شود. ازت کل کمپوست شماره ۳ محدوده استاندارد ملی و کمپوست‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ استاندارد WHO، گوتاس و استاندارد واشنگتن کلاس A را می‌پوشاند. نسبت C/N کمپوست‌ها بر استاندارد واشنگتن کلاس A، میزان فسفر کمپوست شماره ۵ بر نظریه گوتاس، میزان پتاسیم کمپوست شماره ۲ و ۵ بر استاندارد ملی و WHO و کمپوست شماره ۵ بر نظریه گوتاس منطبق است. میزان کلسیم کمپوست شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ طبق نظریه گوتاس بوده. EC همه

جدول ۵- خاک اره مورد نیاز کمپوست‌ها

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
خاک اره مورد نیاز (gt)	۵۲/۹۳	۱۱۱/۳۸	۱۸۳/۱۷	۸۴/۶۹	۹۶/۸۶

جدول ۶- مشخصات فیزیکی و شیمیایی کمپوست رسیده

جزء	نمونه شماره ۱	نمونه شماره ۲	نمونه شماره ۳	نمونه شماره ۴	نمونه شماره ۵
Ca(%)	۷/۲۸	۶/۶۴	۶/۱۶	۵/۶۸	۱۲/۸
Mg(%)	۱/۶۳	۱/۸۷	۱/۳۴	۱/۳۹	۱/۲۰
K(%)	۰/۳۶	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۴۴	۱/۳۶
Na(%)	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۵۸
P(%)	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۲۳
CEC (meq/100g)	۲۷/۷۰	۲۴/۷۴	۲۹/۰۰	۲۳/۵۰	۸۱/۳۳
TN(%)	۲/۳۵	۲/۶۰	۱/۴۰	۱/۷۰	۱۰/۲۰
C(%)	۶/۴۱	۱۲/۸۲	۵/۱۸	۴/۸۸	۵۱/۷۱
OM	۳/۷۲	۷/۴۴	۳/۰۰	۲/۸۳	۲۹/۹۹
C/N	۲/۷۳	۴/۹۳	۳/۷۰	۲/۸۷	۵/۰۷
محلول ۱۰٪ از ماده خشک	pH	۷/۵۶	۷/۴۸	۷/۶۳	۷/۸۷
	EC (ms)	۳/۳۵	۵/۷۵	۳/۸۵	۱/۵۶
محلول ۲۰٪ از ماده خشک	pH	۸/۰۷	۸/۰۶	۷/۹۳	۸/۱۹
	EC (ms)	۱/۱۴	۲/۶۱	۱/۳۳	۰/۸۸
محلول ۵۰٪ از ماده خشک	pH	۸/۱۳	۸/۰۵	۸/۱۷	۸/۰۹
	EC (ms)	۰/۶۵	۰/۷۳	۱/۱۸	۰/۵۶
دانسیته	۲/۱۰	۱/۷۹	۱/۸۲	۲/۳۷	۱۰/۴۱

*کلسیم بر حسب CaO، منیزیم بر حسب MgO، پتاسیم بر حسب K₂O و فسفر بر حسب P₂O₅.

*دمای نمونه ها ۱۸ درجه سانتیگراد

جدول ۷- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست بر اساس استانداردهای کمپوست (Sadeghi et al., 2015) و (سفیدکار و همکاران، ۱۳۹۲)

نوع ویژگی	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (بر اساس وزن خشک ماده)		استاندارد WHO (g/100g)	نظریه گوتاس (g/100g)	استاندارد محصولات دیپارتمان اکولوژی واشنگتن	
	رده «یک»	رده «دو»			کلاس A*	کلاس B*
مواد آلی	حداقل ۳۵ درصد	حداقل ۲۵ درصد	۱۰ - ۲۰	۲۵ - ۵۰	حداقل ۵۰	حداقل ۴۰
کربن آلی	حداقل ۲۵ درصد	حداقل ۱۵ درصد	-	۵۰ - ۸۰	-	-
میزان ازت کل	۱/۲۵-۱/۶۶ درصد	۱/۰-۱/۵ درصد	۰/۴-۳/۵ درصد	۰/۴-۱/۵ درصد	حداقل ۱ درصد	حداقل ۰/۵ درصد
نسبت کربن به نیتروژن (C/N)	۱۵ - ۲۰	۱۰ - ۱۵	-	-	حداکثر ۱۵	حداکثر ۲۰
میزان فسفر بر حسب P ₂ O ₅	۱-۳/۸ درصد	۰/۳-۳/۸ درصد	۰/۳-۳/۵	۰/۲-۳/۸	-	-

-	-	۰/۱-۲/۸	۰/۵-۱/۸	درصد ۰/۵-۱/۸	درصد ۰/۵-۱/۸	میزان پتاسیم بر حسب K ₂ O
-	-	-	-	-	-	سدیم
-	-	۱/۵-۷	-	-	-	کلسیم (بر حسب CaO)
-	-	-	-	-	-	منیزیم بر حسب MgO
<۳ mmohs/cm	<۲ mmohs/cm	-	-	حداکثر ۱۴ ds/m	حداکثر ۸ ds/m	هدایت الکتریکی (در محلول ۱۰ درصد از ماده خشک)
۵-۸	۵/۵-۶/۵	۶-۹	۶-۸	۶-۸	۶-۸	pH (در محلول ۱۰ درصد از ماده خشک)
حداقل ۱۰۰ meq/g	حداقل ۱۰۰ meq/g			حداقل ۱۰۰ meq/g	حداقل ۱۰۰ meq/g	ظرفیت تبادل کاتیونی
۴۰۰-۱۰۰۰ Kg/m ³	۶۰۰-۸۰۰ Kg/m ³			۳۵۰-۶۰۰ Kg/m ³	۳۵۰-۶۰۰ Kg/m ³	دانسیته

* کلاس A برای محصولات که در زنجیره‌های غذایی انسان و محصولات خام و تمام استفاده‌های دیگر کاربرد دارد و کلاس B کمپوست را نمیتوان برای محصولات زنجیره غذایی و یا محصولات خام به کار برد اما می‌توان برای باغ میوه، جنگل‌ها و فضای سبز بکار برد.

۴- نتیجه گیری

به کود کمپوست را دارد. تمام مواد قابل کمپوست شدنی به کمپوست تبدیل می‌شوند (بدون دور ریز) و می‌تواند در بخش‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد و نیازی به روش‌های دیگر امحا ندارد. بنابراین از کل پسماند تولیدی شهر سیرجان تنها ۳۷/۲۱ تن در سال نیاز به دفن در لندفیل یا امحا به روش‌های دیگر را دارد. این میزان کاهش حجم پسماند بسیار چشم گیر است و به علاوه مزیت‌های دیگری چون؛

- کاهش فضای مورد نیاز برای لندفیل
- کاهش شیره تولیدی در لندفیل (با توجه به این نکته که بیشتر شیره تولیدی مربوط به رطوبت بخش پسماند غذایی می‌باشد)
- کاهش آلودگی محیط زیست
- اشتغال زایی
- درآمدزایی (کاهش هزینه‌های دفن و همچنین از جهت سودآوری از طریق فروش محصولات کمپوستی و پیرولیزی تولیدی)
- تولید انرژی
- صرفه جویی در انرژی دارد.

کمپوست گزینه‌ای مناسب برای اجرای مدیریت پسماند شهری است که از لحاظ اقتصادی ارزان، سازگار با محیط زیست، درآمدزا و انعطاف-پذیر است. بنابراین پیشنهاد می‌شود کارشناسان مدیریت پسماند در کشورهای در حال توسعه، کمپوست پسماند آلی را توسعه دهند. این امر باعث کاهش پسماندها در لندفیل، اشتغال‌زایی و تولید محصولات غذایی ارگانیک می‌شود. کشاورزی ارگانیک، وجود زمین‌های خوب کشاورزی بیشتر در جهان و محصولات کشاورزی سالمتر را به دنبال خواهد داشت. محصولات تولیدی کشاورزی ارگانیک گران هستند اما با افزایش کود کمپوست به میزان زیاد و قیمت پایین در مزارع، قیمت غذاهای ارگانیک شدیداً کاهش می‌یابد (Taiwo, 2011). میانگین تولید پسماند شهر سیرجان در سال ۱۵۰/۷۵ تن می‌باشد (علی بیگی و همکاران، ۱۳۹۴). بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، به طور میانگین ۷۵/۱۹ درصد جرمی پسماند جامد تولیدی روزانه شهر سیرجان (شامل پسماند غذایی، کارتن و مقوا، کاغذ و منسوجات) قابلیت تبدیل

منابع

- دهقانی، ر. ا.، چرخلو، ا.، مصطفائی، غ.، اسدی، م. ع.، موسوی، غ.، صفاری، م.، پوربابایی، م. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات دما، رطوبت، pH و نسبت کربن به نیتروژن در تولید کمپوست به روش توده سطحی. فصلنامه علمی- پژوهشی فیض، دوره پانزدهم، (شماره ۴)، زمستان ۱۳۹۰، (۱): ۳۶۵-۳۵۹.
- سفیدکار، ا.، کاظمی، م. ا.، محب راد، ب.، صادقی، ع. ۱۳۹۲. آنالیز شیمیایی کود کمپوست تولیدی مشهد و مقایسه آن با استانداردها. دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، (۴): ۷۷۵-۷۸۲.
- علی بیگی، ا. ن.، عرب پاریزی، و.، نصیری، ع.، امیرماهانی، ن.، شعبانی، ن.، ترزنان، م.، ملکوتیان، م. ۱۳۹۴. بررسی کمی و کیفی زباله تولیدی شهر سیرجان از زمستان ۱۳۹۲ تا پاییز ۱۳۹۳. دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، (۱۴): ۱۰۳-۱۱۱.
- هوشمند، پ.، سیدین، ف.، روشندل، ر. ۱۳۹۳. مدلسازی سیستم تبدیل انرژی از پسماندهای شهری با بهره گیری از سیستم هیبریدی گازی سازی- پیل سوختی کربنات مذاب. نشریه پژوهشی مهندسی مکانیک ایران، (۴): ۹۸-۱۲۲.
- یوسفی، ج.، یونس، ح. ا. ۱۳۹۲. کمپوست سازی همزمان پسماند شهری و خاک اره جهت حفظ رطوبت و جلوگیری از دست رفتن نیتروژن توده کمپوست. نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، (۴): ۷۵-۸۴.
- Bekker, A.T., Gomolskiy, S. G., Sabodash, O. A., Kovalenko, R. G., Uvarova, T. E., Pomnikov, E. E., Anokhin, P. 2010. Physical and mechanical properties of modeling ice for investigation of abrasion process on ice-resistant offshore platforms. The Twentieth International Offshore and Polar Engineering Conference. Amrican.

- Bremner, J., and Mulvaney, C. 1982. Nitrogen—Total. AL Page et al.(ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI: 595–624.
- Chhabra, V., Bhattacharya, S., and Shastri, Y. 2019. Pyrolysis of mixed municipal solid waste: characterisation, interaction effect and kinetic modelling using the thermogravimetric approach. Waste management, 90: 152-167.
- Dehghanifard, E., and Dehghani, M. H. 2018. Evaluation and analysis of municipal solid wastes in Tehran, Iran. MethodsX, 5: 312-321.
- Dhar, H., Kumar, S., and Kumar, R. 2017. A review on organic waste to energy systems in India. Bioresource technology, 245: 1229-1237.
- Gautam, S., Bundela, P., Pandey, A., Awasthi, M., and Sarsaiya, S. 2010. Composting of municipal solid waste of Jabalpur City. Global Journal of Environmental Research, 4(1): 43-46.
- Hesse, P. R., and Lahore, W. P. 1971. Text book of soil chemical analysis. In: Chemical publishing co., Inc., New York.
- Heydarnezhad, F., Shahinroksar, P., Vahed, H. S., and Besharati, H. 2012. Influence of elemental sulfur and sulfur oxidizing bacteria on some nutrient deficiency in calcareous soils. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 4(12), 735-739
- Lim, L. Y., Lee, C. T., Bong, C. P. C., Lim, J. S., and Klemeš, J.J. 2019. Environmental and economic feasibility of an integrated community composting plant and organic farm in Malaysia. Journal of Environmental Management, 244: 431-439.
- Mandal, P., Chaturvedi, M., Bassin, J., Vaidya, A., and Gupta, R. 2014. Qualitative assessment of municipal solid waste compost by indexing method. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 3(4): 133-139.
- Moya, D., Aldás, C., Jaramillo, D., Játiva, E., and Kaparaju, P. 2017. (a) Waste-to-energy technologies: an opportunity of energy recovery from municipal solid waste, using Quito-Ecuador as case study. Energy Procedia, 134: 327-336.
- Moya, D., Aldás, C., López, G., and Kaparaju, P. 2017. (b) Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To-Energy Technologies. Energy Procedia, 134: 286-295.
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C., and Jeske-Kaczanowska, A. 2018. Are raw materials or composting conditions and time that most influence the maturity and/or quality of composts? Comparison of obtained composts on soil properties. Journal of cleaner production, 195: 93-101.
- Nelson, D., and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. AL Page et al.(ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI: 539–579.
- Olsen, S. R. Ye ar. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate: US Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Ramachandra, T.V., Bharath, H. A., Kulkarni, G., and Han, S. S. 2018. Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82: 1122-1136.
- Sadeghi, S., Dehvari, M., Bahmani, P., Teymouri, P., Fattahi, A., Sadeghnia, M., and Fallahzadeh, R. A. 2015. Physical–chemical analysis and comparison with standards of the compost produced in Sanandaj, Iran. Open Access Libr J, 2: 1-6.
- Sarkar, S., Pal, S., and Chanda, S. 2016. Optimization of a vegetable waste composting process with a significant thermophilic phase. Procedia Environmental Sciences, 35: 435-440.
- Sumner, M.E. and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part 2: Chemical properties (3rd ed.). ASA, SSSA, CSSA, Madison, WI.
- Taiwo, A. M. 2011. Composting as a sustainable waste management technique in developing countries. Journal of Environmental Science and Technology, 4(2): 93-102.
- Vuai, S. A. H. 2010. Characterization of MSW and related waste-derived compost in Zanzibar municipality. Waste Management & Research, 28(2): 177-184.
- Walkley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1): 29-38.