بررسی خصوصیات کود کمپوست گرانوله تولیدی از پسماندهای آلی و مقایسه آن با استاندارد ملی کمپوست

کاظم روغنی[۱]، شهرزاد خرم نژادیان[۲*]، سمیرا قیاسی[۳]، علی دهقان بنادکی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه محیطزیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

۲- دانشیار، گروه محیطزیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

۳- دانشیار، گروه محیطزیست، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- دانشیار، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران. (مرکز تحقیقات بتن و آسفالت، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران)

[*]نویسنده مسئول: khoramnejad@damavandiau.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۹/۲۶، پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

چکیده

تولید کود کمپوست گرانوله از پسماندهای آلی، بهویژه در شهرها، می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل پایدار در جهت کاهش حجم زباله‌ها و بهبود کیفیت خاک‌های شهری باشد. هدف از این پژوهش، بررسی فرآیند تولید کود کمپوست گرانوله از پسماندهای آلی و تحلیل نتایج آزمایش‌های کمپوست تولیدی و مقایسه آن با استاندارد ملی کمپوست بود. در این مطالعه‌ی توصیفی، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و میکروبی کود کمپوست گرانوله تولیدی از پسماندهای آلی با استاندارد ملی کمپوست، مقایسه شد. از سه عمق مختلف از توده کمپوست، نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند. بر اساس نتایج میانگین میزان مواد آلی در کمپوست گرانوله سایت منطقه ۱۹ شهرداری تهران ۷۶/۱۲٪ و مقدار کربن آلی نیز در کمپوست ۴۴/۳۰٪ اندازه‌گیری شد. شاخص جوانه‌زنی ۸۰٪، غلظت ازت کل، فسفر و پتاسیم به ترتیب: ۱/۳۴، ۱/۰۱ و ۰/۵۷، هدایت الکتریکی ۴/۵۵، میانگین شاخص اسیدیته ۷/۵۴، نسبت آمونیم به نیترات ۱/۲۷، غلظت سرب ۱۸/۹۴ (mg/kg)، روی ۷۳/۱۲ (mg/kg) و نیکل ۱/۴۵ به دست آمد. میانگین غلظت کادمیوم و کبالت در نمونه‌ها به ترتیب: ۰/۴۵ و ۱/۱۸ (mg/kg) میانگین غلظت مس، کروم در نمونه‌ی کمپوست به ترتیب: ۲۱/۴۵ و ۰/۷۱ (mg/kg) اندازه‌گیری شد. آنالیز میکروبی نمونه‌های کمپوست گرانوله هیچ‌گونه آلودگی میکروبی ناشی از *سالمونلا* و کلی فرم مدفوعی در کود کمپوست گرانوله را نشان نداد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کود کمپوست گرانوله قابل‌تولید از پسماندهای آلی شهری بوده و راهکاری برای مدیریت پسماندهای آلی شهری می‌باشد. یافته‌ها بر عملی بودن تولید کمپوست به‌عنوان یک رویکرد پایدار در مدیریت شهری، کاهش ضایعات میادین میوه و افزایش کیفیت خاک دلالت داشت.

واژه‌های کلیدی: کمپوست گرانوله، پسماندهای آلی، استاندارد ملی کمپوست

مقدمه

در دنیای کنونی که با چالش‌های زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی روبرو است، مدیریت مؤثر پسماندها و استفاده بهینه از منابع طبیعی به یکی از ضرورت‌های اساسی تبدیل شده است. با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، میزان زباله‌های تولیدی در شهرها به‌صورت چشمگیری افزایش یافته است. این موضوع نه‌تنها به آلودگی محیطزیست منجر می‌شود، بلکه فشار زیادی بر سیستم‌های مدیریت پسماند ایجاد می‌کند (۱). در این راستا، تولید کمپوست از پسماندهای آلی و استفاده از آن در فضای سبز شهری، به‌عنوان یک راهکار پایدار و مؤثر، مورد توجه قرار گرفته است. تولید کمپوست از زباله‌های آلی می‌تواند راه‌حلی پایدار برای مدیریت پسماند و اصلاح خاک باشد. کمپوست سازی از پسماندهای شهری روشی مؤثر برای بازیافت مواد مغذی و بهبود حاصلخیزی خاک است. برای تولید کمپوست می‌توان از انواع پسماندهای شهری ازجمله ضایعات موادغذایی، پسماندهای سبز و مواد دفعی استفاده کرد(۲).

کمپوست فرآیندی است که در آن مواد آلی، مانند: باقی‌مانده‌های غذا، پسماندهای باغبانی و سایر ضایعات گیاهی، به‌وسیله تجزیه بیولوژیکی به یک محصول مفید تبدیل می‌شوند. این محصول غنی از مواد مغذی است و می‌تواند به بهبود کیفیت خاک کمک کند. استفاده از کمپوست در فضای سبز شهری نه‌تنها موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، بلکه به کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و سموم مضر نیز منجر می‌گردد. این امر به نوبه خود به حفظ سلامت اکوسیستم‌های شهری و بهبود کیفیت هوا کمک می‌کند. علاوه بر این، استفاده از کمپوست در فضای سبز شهری می‌تواند به مدیریت بهتر منابع آب، کمک کند. کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، به بهبود شرایط رشد گیاهان و کاهش نیاز به آبیاری مکرر منجر می‌شود. این ویژگی به ویژه در مناطق با کمبود آب، اهمیت ویژه‌ای دارد. از سوی دیگر، تولید کمپوست به ایجاد فرهنگ بازیافت و استفاده مجدد از منابع در جوامع شهری کمک می‌کند. با آموزش و تشویق شهروندان به جمع‌آوری و تفکیک پسماندهای آلی، می‌توان زمینه‌ساز مشارکت فعال آن‌ها در حفاظت از محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی شد. ترکیب کمپوست زباله شهری در خاک می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی باروری، افزایش pH، مواد آلی و محتوای مواد مغذی در لایه‌های بالایی خاک را بهبود بخشد(۳). در این پژوهش، به بررسی کیفیت تولید کمپوست از پسماندهای آلی و مقایسه آن با استاندارد ملی کمپوست، پرداخته خواهد شد. همچنین، چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این زمینه و نقش آن در بهبود کیفیت زندگی شهری مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اهمیت این موضوع، امید است که نتایج این تحقیق بتواند به سیاست‌گذاران و مدیران شهری در اتخاذ تصمیمات مؤثر کمک نماید. در سطح جهانی، تولید کمپوست و مدیریت پسماندهای آلی به یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی تبدیل شده است. بر اساس گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد[1]، تقریباً یک سوم از کل تولید غذای جهانی، معادل ۱/۳ میلیارد تن در سال، به‌عنوان زباله به هدر می‌روند. بخش عمده‌ای از این هدررفت، شامل پسماندهای آلی است که می‌تواند به کمپوست تبدیل شود (۴،۵). طبق آمار سال ۲۰۲۰، کشورهای اروپایی به‌طور متوسط حدود ۳۰٪ از پسماندهای آلی خود را به کمپوست تبدیل می‌کنند. در ایالات‌متحده، تولید کمپوست در سال ۲۰۱۸ به حدود ۶/۳ میلیون تن رسید. تخمین‌ها نشان می‌دهند که اگر تنها ۳۰٪ از پسماندهای آلی شهری در سراسر جهان کمپوست‌سازی شود، می‌توان به تولید حدود ۱/۵ میلیارد تن کمپوست در سال دست یافت .این آمارها نشان‌دهنده اهمیت مدیریت پسماندهای آلی و پتانسیل بالای تولید کمپوست در کاهش زباله‌ها و بهبود کیفیت خاک هستند(۶). آنالیز زباله‌های شهری در تهران، نشان می‌دهد که بیش از ۶۵ درصد زباله‌ها را پسماندهای غذایی با فسادپذیری بالا، تشکیل می‌دهند(۷). به عبارتی قسمت بزرگی از مواد زائد شهری از مواد آلی تشکیل گردیده است. اگر این مواد آلی از میان ترکیبات مواد زائد جدا شود و مورد تجزیه باکتری‌ها قرار گیرد، کود هوموس خوانده می‌شود. به عبارتی تغییر و تبدیل مواد آلی پسماند به پدیده‌ای به نام کمپوست، مشهور است(۸). کود کمپوست دارای خواص و فواید متعددی برای خاک است که به بهبود کیفیت آن و افزایش بهره‌وری کشاورزی کمک می‌کند. یکی از مهم‌ترین خواص کمپوست، افزایش حاصلخیزی خاک است (۹). این کود مواد مغذی متنوعی ازجمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم را تأمین می‌کند که برای رشد گیاهان ضروری هستند. همچنین کمپوست باعث بهبود ساختار خاک می‌شود و به افزایش تهویه و نفوذپذیری آن کمک می‌کند که این امر ریشه‌های گیاهان را قادر می‌سازد به‌راحتی توسعه یابند .از دیگر فواید کمپوست، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک به‌ویژه در خاک‌های شنی است(۱۰). این ویژگی به گیاهان کمک می‌کند تا در دوره‌های خشکی بهتر زنده بمانند و از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند. کمپوست همچنین به بهبود

[1] [1.] Food and Agriculture Organization of the United Nations

ساختار و چسبندگی ذرات خاک کمک می‌کند و می‌تواند به کاهش فرسایش و از دست‌رفتن عناصر مغذی کمک کند .علاوه بر این، کمپوست میکروارگانیسم‌های مفیدی را به خاک اضافه می‌کند که فعالیت میکروبی خاک را افزایش داده و به تجزیه بهتر مواد آلی کمک می‌کنند(۱۱). همچنین کمپوست می‌تواند به تعدیل اسیدیته خاک کمک کرده و آن را به شرایط بهتری برای رشد گیاهان تبدیل کند . استفاده از کمپوست می‌تواند نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش دهد و به کشاورزی پایدارتر منجر شود(۱۲). درنهایت، این کود می‌تواند به افزایش کیفیت محصولات زراعی، ازجمله طعم و ارزش غذایی آن‌ها نیز کمک کند. استفاده از کود کمپوست، نه‌تنها به بهبود خاک کمک می‌کند، بلکه به حفاظت از محیط‌زیست و کاهش زباله‌های آلی نیز منجر می‌شود(۱۳). در سند چشم‌انداز سال ۱۴۰۰ ایران، مقرر شده است تا در این سال، میزان مواد آلی خاک‌های زراعی کشور به حداقل ۱٪ برسد (۱۴)؛ بنابراین برای جامه عمل پوشاندن به این هدف یعنی افزایش میزان مواد آلی خاک، کاربرد مواد آلی کمپوست شده با منشأ ضایعات کشاورزی و پسماندهای شهری در خاک‌های زراعی تا حد زیادی به رفع این معضل کمک می‌کند (۱۵). علاوه بر این در تکالیف ماده ششم سند طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران، که مصوب شورای اسلامی شهر تهران نیز می‌باشد ضروری است مطابق برنامه عملیاتی سند مذکور نسبت به مدیریت پسماندهای حجیم و ساماندهی ضایعات فضای سبز اقدام شود (۱۶). تولید و استفاده از کمپوست به‌عنوان یک راهکار مؤثر در مدیریت پسماند و بهبود خاک می‌تواند با معضلاتی نیز همراه باشد. یکی از چالش‌های اصلی در تولید کمپوست، کیفیت مواد اولیه است. اگر مواد اولیه آلوده به بیماری‌ها، آفات یا مواد شیمیایی باشند، ممکن است کمپوست تولیدی نیز مشکلاتی از این قبیل را منتقل کند. مدت‌زمان موردنیاز برای فرآیند کمپوست‌سازی نیز یک معضل است(۱۷). بسته به نوع مواد و شرایط محیطی، این فرآیند می‌تواند چندین هفته تا چندین ماه طول بکشد و ممکن است برای برخی کاربران، زمان‌بر باشد .کنترل بو نیز یک مشکل رایج است. در صورت عدم مدیریت مناسب، فرآیند کمپوست‌سازی می‌تواند بوی ناخوشایندی تولید کند که ممکن است برای همسایگان و ساکنان مجاور آزاردهنده باشد. علاوه بر این، نیاز به فضا و تجهیزات مناسب برای تولید کمپوست وجود دارد. در مناطق شهری، کمبود فضا می‌تواند مانع از ایجاد تأسیسات کمپوست‌سازی مناسب شود .مسئله دیگری که باید به آن توجه کرد، آگاهی عمومی و آموزش است. بسیاری از افراد هنوز با فرآیند کمپوست‌سازی آشنا نیستند و ممکن است در استفاده از کمپوست و تولید آن دچار مشکلاتی شوند. درنهایت، نظارت و مدیریت مناسب برای اطمینان از کیفیت و ایمنی کمپوست تولیدی ضروری است. در غیر این صورت، استفاده از کمپوست می‌تواند به خاک و گیاهان آسیب برساند. به‌طورکلی، اگرچه کمپوست‌سازی مزایای زیادی دارد، اما برای موفقیت در این زمینه، نیاز به توجه به این معضلات و یافتن راهکارهای مناسب وجود دارد(۱۸). شرودر و همکاران در سال۲۰۲۱، اثر تولید ورمی کمپوست با پسماند شهری بر رشد کاهو مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق کمپوست را از بخش‌های مختلف پسماند شهری به دست آوردند و ارزش کود آن‌ها را در یک آزمایش گلدانی با گیاه کاهو ارزیابی نمودند. ورمی کمپوست مشتق از پسماند شهری و کمپوست حاوی فاضلاب نرخ بالایی از کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم موجود در گیاه را نشان دادند(۲). در این مطالعه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و کیفیت کود کمپوست گرانوله تولیدی از پسماند آلی با استاندارد ملی کمپوست مقایسه گردید.

روش کار

فرآیند کمپوست تحت تأثیر عواملی مانند دما، pH، میزان رطوبت و نسبت کربن به نیتروژن است(۳). آزمایش‌های انجام‌شده بر روی نمونه‌ها با هدف تعیین کمیت پارامترهای کلیدی، ازجمله مواد آلی، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی، pH و غلظت فلزات سنگین انجام شد. در سال۱۴۰۱،

سایت تولید کمپوست منطقه ۱۹ شهرداری تهران در زمینی به مساحت حدود ۴ هکتار در ضلع جنوب غربی میدان میوه و تره‌بار مرکزی تهران جنب بزرگراه آزادگان به‌منظور تولید کمپوست از پسماند آلی مکان‌یابی و به بهره‌برداری رسید. از مهم‌ترین دلایل تولید کمپوست در محل مذکور می‌توان به فاصله مناسب از بافت مسکونی و نزدیکی به میدان میوه و تره‌بار مرکزی که روزانه بیش از ۵۰ تن پسماند آلی تولید می‌کند، اشاره کرد. کاهش هزینه حمل‌ونقل و جلوگیری از ریزش شیرابه در طول مسیر حمل پسماند آلی به مجتمع پردازش و دفع آرادکوه نیز از مزایای اجرای این طرح بود. شایان ذکر است بر اساس آمار ثبت شده در سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران در سال ۱۴۰۱ با بهره‌برداری از سایت تولید کودکمپوست منطقه ۱۹، از حمل و دفن ۲۶۰۰۰ تن پسماند آلی به مجتمع پردازش و دفع آرادکوه جلوگیری شده و از تولید ۲۶۰۰ مترمکعب شیرابه حاصل از دفن این مقدار پسماند آلی ممانعت به‌عمل‌آمده است. عملیات تولید کمپوست از پسماندهای آلی در سایت مذکور با استفاده از روش بیوراکتور هوازی[1] (توده ثابت هوادهی) به‌صورت مکانیکی -بیولوژیکی اقدام می‌گردد(۱۹). فرایند کمپوستینگ در مدت‌زمان ۴ الی ۶ ماه انجام می‌پذیرد (۲۱،۲۰).

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از کمپوست و ارسال آن به آزمایشگاه بر اساس استاندارد ISO10381-5 و روش ASTM D6238، صورت پذیرفت(۲۲). در فرآیند نمونه‌برداری از کمپوست، ابتدا توده کمپوست به‌دقت بررسی و به ۱۰ قسمت، تقسیم شد سپس از هر قسمت در عمق‌های سطحی (۱۰ سانتی‌متر)، عمق میانی (۹۰ سانتی‌متر) و عمیق (۱۶۰ سانتی‌متر) نمونه‌برداری انجام پذیرفت. وزن هر نمونه یک کیلوگرم می‌باشد. نمونه‌های هر بخش با یکدیگر کاملاً مخلوط و از مجموع ۳ کیلوگرم آن، یک کیلوگرم برداشت و جمعاً ۱۰ نمونه به آزمایشگاه معتمد، ارسال گردید. فرایند نمونه‌برداری در تابستان ۱۴۰۱، انجام پذیرفت و تأکید گردید تا نمونه کمپوست از سن یکسانی برخوردار باشند.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی کمپوست

انجام آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی و تعیین فاکتورهای مختلف کیفی نمونه‌ها بر اساس روش اجرایی مطابق با استاندارد ملی به شماره ۱۳۳۲۰(کمپوست، نمونه‌برداری و روش‌های آزمون فیزیکی و شیمیایی) و آنالیز میکروبی بر اساس استاندارد ملی به شماره ۱۳۳۲۱ (کمپوست، ویژگی‌های میکروبی و روش‌های آزمون) صورت پذیرفت(۲۳). فرایند اندازه‌گیری برخی از پارامترها به شرح ذیل صورت پذیرفت:

تعیین مقدار pH

سنجش میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر مطابق استاندارد ملی شماره ۷۸۳۴ صورت پذیرفت. با توجه به استاندارد ملی شماره ۱۰۷۱۶ محلول سوسپانسیون کمپوست زباله به نسبت حجمی ۱ به ۱۰، آماده گردید.

تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی

ظرفیت تبادل کاتیونی معیاری از کل کاتیون‌های قابل‌مبادله در نمونه کمپوست می‌باشد. در این فرایند حدود ۱۰۰ گرم کمپوست خشک‌شده را به یک ارلن ۳۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول اسیدکلریدریک ۰/۵ نرمال، اضافه شد، سپس ارلن روی تکان‌دهنده قرار گرفت و به مدت ۲ ساعت به‌شدت تکان داده شد. سپس محتویات ارلن به‌وسیله کاغذ صافی، صاف گردید. برای خارج کردن اسید اضافی، مواد باقیمانده روی کاغذ صافی با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌صورت بخش‌های ۱۰

[1]Compositing [2.] Force air

میلی‌لیتری شسته شد. شستشو تا هنگامی ادامه یافت که ۱۰ میلی‌لیتر از محلول زیر صافی با ۳ میلی‌لیتر از محلول نیترات نقره ایجاد رسوب ننماید. سپس مواد باقیمانده روی کاغذ صافی به ارلن دیگری منتقل و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ نرمال استات باریم اضافه و به مدت یک ساعت هم زده شد. محتویات ارلن صاف شده سه بار با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، شستشو داده شد. محلول به‌دست‌آمده با محلول سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالئین، عیارسنجی گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی بر حسب میلی‌اکی‌والان درصد گرم کمپوست خشک از فرمول به دست می‌آید:

$$CEC = (VxNx100)/m \quad (۱)$$

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی

V: حجم سدیم هیدروکسید مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

N: نرمالیته سدیم هیدروکسید

M: وزن نمونه کمپوست

تعیین دانسیته، ذرات خارجی و درصد رطوبت

تعیین دانسیته بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۶۸۶، انجام شد. تعیین ذرات خارجی توسط الک با مش روزنه ۴ میلی‌متر بر اساس استاندارد ملی شماره ۷۵۱۸ برای ۱۰۰ گرم نمونه کمپوست، صورت پذیرفت. محاسبه مقدار رطوبت کمپوست بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۷۷ صورت پذیرفت. در این روش ۱۰۰ گرم از نمونه‌ها برداشت و در آونی با دمای ۵±۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۱ ساعت، قرار داده شد.

تعیین مقدار ماده آلی

مقدار درصد ماده آلی در ۱۰۰ گرم کمپوست مطابق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$OM= \quad (۲)$$
(درصد رطوبت + درصد خاکستر) - ۱۰۰

تعیین مقدار کربن آلی

اندازه‌گیری کربن آلی قابل اکسید شدن به روش هضم تر انجام گردید. برای سنجش هر نمونه، مقدار ۰/۱ گرم از کمپوست بدون رطوبت و آسیاب شده به یک ارلن مایر ۱۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به آن مقدار ۱۵ میلی‌لیتر محلول پتاسیم دی کرومات نرمال افزوده و سپس به آرامی هم زده و در بن‌ماری قرار داده شد. ۳۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ جهت هضم به آن اضافه و به مدت سه ساعت محتویات ارلن در دمای آب جوش حرارت داده شد. سپس به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و حدود ۷ قطره از شناساگر اور توفنانترولین اضافه و با محلول فرو آمونیوم سولفات ۰/۵ نرمال تیتر گردید. این کار برای محلول‌های شاهد (بدون نمونه کمپوست) نیز انجام گرفت. بیان نتایج درصد کربن آلی از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$OC = 60.03(\frac{VB-VS}{VB}) \quad (۳)$$

OC: کربن آلی

VB: حجم فرو آمونیوم سولفات مصرفی بر حسب میلی‌لیتر برای تیتراسیون محلول شاهد

Vs: حجم فرو آمونیوم سولفات مصرفی بر حسب میلی‌لیتر برای تیتراسیون نمونه کمپوست، می‌باشند.

تعیین میزان خاکستر

از روش کاهش وزن در کوره الکتریکی برای تعیین میزان خاکستر استفاده گردید. طی این روش ۵ گرم از کمپوست خشک‌شده را داخل بوته ریخته و وزن کمپوست خشک‌شده یادداشت گردید. بوته همراه با درب به میزان ۴ ساعت در داخل کوره با حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سرپوش جابجا و نیم ساعت دیگر حرارت دهی ادامه یافت تا کمپوست خشک‌شده به ماده سفیدرنگی تبدیل شود. بوته را از کوره خارج و در دسیکاتور قرار گرفت تا به دمای محیط برسد، سپس توزین و درصد خاکستر طبق فرمول ذیل محاسبه گردید:

$$A=\left(\frac{M1}{M2}\right)*100 \quad (۴)$$

A: درصد خاکستر

M1: وزن کمپوست خشک‌شده (ماده اولیه) بر حسب گرم

M2: وزن کمپوست بعد از حرارت دهی در کوره بر حسب گرم می‌باشند.

تعیین مقدار ازت کل

ازت کل موجود در نمونه‌های کمپوست بر اساس روش کجلدال، تعیین گردید. مقدار ۰/۱۴ گرم از کمپوست خشک‌شده را در بالن هضم قرار داده، ۸ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ به آن افزوده و بالن تکان داده شد تا اسید کاملاً با کمپوست مخلوط شود. مخلوط فوق برای رسیدن به حالت ثابت، به حداقل یک ساعت نیاز دارد تا به همان حالت بماند. سپس مقدار ۱/۵ گرم پودر سلنیم به آن اضافه شد و بالن با احتیاط و به آرامی بر روی هیتر هضم، قرار گرفت و تا از بین رفتن رنگ و کف ایجاد شده در سطح آن جوشانده شد. بعد از تمام شدن مرحله‌ی هضم به بالن سرد شده مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و بالن چرخانده گردید تا هرگونه مواد نامحلول چسبیده شده به جداره بالن به داخل محلول منتقل شود، سپس محتویات بالن به بخش تقطیر دستگاه کجلدال منتقل شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر محلول اسید بوریک به یک ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری اضافه و بالن در زیر بخش مبرد دستگاه کجلدال قرار گرفت، به‌طوری‌که انتهای مبرد در داخل محلول فرو برده شود. ۳۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید به قیف دستگاه افزوده و به‌تدریج به داخل قسمت تقطیر اضافه شود. مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول تقطیر شده جمع‌آوری و چند قطره معرف ازت به آن افزوده و با اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر گردید. جهت مقایسه، آزمایش نمونه شاهد (بدون نمونه کمپوست) مشابه روش فوق انجام شد. حجم مصرفی اسیدسولفوریک در آزمایش نمونه شاهد و نمونه‌ها ثبت گردید. ازت کل با استفاده از فرمول محاسبه گردید:

$$N_T = [\,(V_S-V_B)\times N\times(M_n/m)\times 100\,]/1000 \quad (۵)$$

V_S: حجم اسیدسولفوریک مصرفی در تیتراسیون نمونه، برحسب میلی‌لیتر

V_B: حجم اسیدسولفوریک مصرفی در تیتراسیون شاهد

N: نرمالیته اسیدسولفوریک (۰/۰۱ نرمال)

M_N: جرم مولی ازت (۱۴ گرم بر مول)

m: وزن نمونه کمپوست خشک (۰/۱۴ گرم)

تعیین مقدار نسبت کربن به ازت

نسبت کربن به ازت (C/N) از فرمول زیر قابل‌محاسبه است:

$$C/N = OC / T_N \quad (۶)$$

تعیین مقدار هدایت الکتریکی

اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC سنج و مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۳۱ انجام صورت پذیرفت. با توجه به استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۱۶ برای تهیه عصاره بایستی ۱۰ گرم نمونه کمپوست برداشته شود.

تعیین وجود بذر علف هرز

برای بررسی وجود بذر علف‌های هرز حدود یک کیلوگرم کمپوست در گلدانی در شرایط معمول گلخانه‌ای، قرار داده شد. بعد از گذشت یک هفته تا ۱۰ روز می‌توان رویش گیاهان را در آن ارزیابی کیفی نمود.

تعیین شاخص جوانه‌زنی

برای اندازه‌گیری شاخص جوانه‌زنی از عصاره آبی-کمپوست به نسبت ۱:۵ استفاده شد. ابتدا در یک بشر مقداری کمپوست تازه (مرطوب) ریخته و ۵ برابر آن آب مقطر اضافه گردید، سپس به مدت ۳۰ دقیقه آن را به‌وسیله همزن هم زده سپس سوسپانسیون به‌دست‌آمده صاف شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر عصاره آبی

صاف شده را در یک پلیت استریل شده (حاوی تکه‌ای کاغذ که در کف آن قرار داده شده) ریخته و به آن ۱۰ عدد بذر تره تیزک افزوده شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی نگه‌داری گردید. نمونه شاهد به‌طور مشابه بدون محلول استخراجی کمپوست با بذر تره تیزک تهیه شد. بعد از زمان طی شده دانه‌های جوانه‌زده شمارش و طول ریشه‌ها اندازه‌گیری گردید. بیان نتایج شاخص جوانه‌زنی بر اساس فرمول به دست می‌آید (۱۳).

$$CH\ sg = [(\%SgXR)compost/\ (\%\ SgXR)water] \times 100 \quad (۷)$$

که در آن CH_{sg} شاخص جوانه‌زنی، Sg تعداد جوانه‌زنی و R طول ریشه می‌باشد.

تعیین مقدار فسفر

این روش برای اندازه‌گیری فسفر قابل‌جذب در نمونه کمپوست خشک می‌باشد در این روش مقدار ۱ گرم از نمونه کمپوست و بیوکمپوست باقیمانده در بوته چینی مورد استفاده در آزمون تعیین مقدار خاکستر را در یک بشر ریخته و حدود ۱ تا ۲ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده به آن افزوده شد تا به حالت خمیری درآید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک نرمال افزوده و پس از یک ساعت در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف و با آب مقطر دوبار تقطیر شده به حجم رسانیده شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های نمونه و شاهد (آب مقطر) به بالن‌های ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات - واتادات اضافه و به حجم رسانده شد. سپس دستگاه اسپکتروفتومتر را در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر تنظیم و بعد از ۱۵ الی ۲۰ دقیقه و پس از تنظیم مقیاس اندازه‌گیری دستگاه جذب محلول‌های استاندارد و محلول نمونه قرائت شد و منحنی کالیبراسیون ترسیم گردید. بیان نتایج میزان فسفر در نمونه خشک کمپوست بر حسب درصد از فرمول ذیل به دست می‌آید:

$$P = \frac{(A-B)\times V\times 100}{2000W} \quad (۸)$$

P: درصد فسفر نمونه

A: غلظت فسفر در نمونه بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

B: غلظت فسفر در نمونه شاهد بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

V: حجم نهایی عصاره در مرحله هضم بر حسب میلی‌لیتر

W: وزن نمونه‌ی کمپوست خشک مورد استفاده جهت هضم بر حسب گرم

تعیین مقدار سدیم و پتاسیم

پس از تهیه محلول‌های استاندارد مطابق با روش اولسن و آماده‌سازی نمونه‌های مجهول، نورسنج شعله‌ای برای اندازه‌گیری نشر، تنظیم گردید و پس از روشن کردن دستگاه، تنظیم کلیه پارامترهای دستگاهی صورت پذیرفت. با استفاده از فیلتر یا مونوکروماتور، طول‌موج ۵۹۸ نانومتر تنظیم و ضمن ارسال غلیظ‌ترین محلول استاندارد، طول‌موج بیشینه نشری سدیم در ۵۹۸ نانومتر، تنظیم شد. سپس با استفاده از آب مقطر دستگاه پاک‌سازی گردید. مقیاس اندازه‌گیری نسبی نشر در دستگاه به این صورت تنظیم گردید که ابتدا با آب مقطر، صفر دستگاه و با غلیظ‌ترین محلول استاندارد، صد دستگاه تنظیم شد. سپس دستگاه با آب مقطر پاک‌سازی و بعد از آن محلول‌های استاندارد به ترتیب از رقیق به غلیظ به دستگاه داده و شدت نشر هر یک یادداشت و ثبت گردید. پس از پاک‌سازی مجدد با آب مقطر، نمونه مورد اندازه‌گیری ۱۰ میلی‌لیتر محلول مادر که به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسیده است به دستگاه ارسال و شدت نشر مربوط به نمونه اندازه‌گیری شد. سپس با رسم منحنی کالیبراسیون غلظت عنصر مورد اندازه‌گیری از طریق برون‌یابی تعیین گردد. لازم به ذکر است که درصورتی‌که یک اسپکترومتر شعله‌ای (مجهز به یک مونوکروماتور) بکار رود، امکان تنظیم طول‌موج بیشینه مربوط به سدیم (۵۹۸ نانومتر) تحقق می‌یابد.

تعیین مقدار فلزات سنگین

اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین با استفاده از جذب اتمی مطابق با استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۵۶۱۵، ۵۶۱۶، ۵۶۱۷ و ۵۶۱۸ صورت پذیرفت.

جدول ۱- مشخصه‌های کود بر اساس استاندارد ملی ۱۳۳۲۰ و ۱۳۳۲۱

پارامتر	روش آزمایش
رطوبت	وزن سنجی
خاکستر	وزن سنجی (کاهش وزن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰)
مواد آلی	OM=100 (رطوبت + خاکستر)
کربن آلی	روش والکی – بلاک
ازت کل	روش کجلدال
فسفر	روش اولسن
پتاسیم	فتومتر
سدیم	فتومتر
فلزات سنگین	جذب اتمی
کلیفرم کل و مدفوعی	تخمیر چند لوله‌ای

نتایج

طی این پژوهش پس از انجام آزمون‌های گسترده، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی کمپوست حاصل از پسماند آلی مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور خصوصیات کمپوست شامل pH، درصد ماده آلی، کربن آلی، نیتروژن کل، هدایت الکتریکی، درصد ذرات خارجی، شاخص جوانه‌زنی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد پتاس، درصد فسفر، خاکستر، نسبت آمونیوم به نیترات، رطوبت، دانسیته، کلیفرم و فلزات سنگین شامل کبالت، کادمیوم، سرب، روی، نیکل، مس، کروم، مولیبدن، آرسنیک و جیوه اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جداول (۲ و ۳)، گزارش داده شده است.

جدول ۲- نتایج مقایسه‌ای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی کمپوست گرانوله با حدود استاندارد ملی کمپوست

فاکتور	واحد	کمپوست گرانوله	حد قابل‌قبول کود درجه ۱ بر اساس استاندارد ملی کمپوست (۱۰۷۱۶)	حد قابل‌قبول کود درجه ۲ بر اساس استاندارد ملی کمپوست (۱۰۷۱۶)
pH در رقت ۱ به ۱۰	-	۷/۵۴	۸-۶	۸-۶
هدایت الکتریکی در رقت ۱ به ۱۰	Ms	۴/۵۵	بیشینه ۸	بیشینه ۱۴
درصد ذرات خارجی با قطر بیش از ۴ میلی‌متر	٪	۳/۴۱	بیشینه ۶ درصد	بیشینه ۱۲
نسبت آمونیوم به نیترات	mg/L	۱/۲۷	۳ - ۰/۵	۳ - ۰/۵
ظرفیت تبادل کاتیونی	meq/100g	۱۰۷	۱۰۰	۱۰۰
ماده آلی	%	۷۶/۱۲	کمینه ۳۵ درصد	کمینه ۲۵ درصد
کربن آلی	%	۴۴/۳۰	کمینه ۲۵ درصد	کمینه ۱۵ درصد
نیتروژن کل	٪	۱/۳۴	۱-۱/۶۶ درصد	۱-۱/۵ درصد
نسبت کربن به ازت C/N	-	۳۳/۰۵	۲۰-۱۵	۱۰-۱۵
P_2O_5	%	۱/۰۱	۳-۱/۸ درصد	۰/۳-۳/۸ درصد
K_2O	٪	۰/۵۷	۰/۵ - ۱/۸	۰/۵ - ۱/۸
خاکستر	٪	۲۳/۸۸	بیشینه ۵۰ درصد	بیشینه ۵۰ درصد
رطوبت	٪	۱۱	بیشینه ۱۵ درصد	بیشینه ۳۵ درصد
دانسیته	Kg/m3	۴۱۲	۶۰۰-۳۵۰	۶۰۰-۳۵۰
شاخص جوانه‌زنی	٪	۸۰	کمیته ۷۰ درصد	کمینه ۷۰ درصد
بذر علف هرز	-	فاقد	نداشته باشد	نداشته باشد
توتال کلی فرم در رقت ۱ به ۱۰	MPN	۱۱۶	بیشینه بر اساس وزن خشک ۱۰۰۰ MPN/g	بیشینه بر اساس وزن خشک $2*10^6$ MPN/g

جدول ۳- نتایج مقایسه‌ای فلزات سنگین کود کمپوست گرانوله با حدود استاندارد ملی کمپوست

فاکتور	واحد	کمپوست گرانوله	حد قابل‌قبول (استاندارد ملی ۱۰۷۱۶)
کبالت	mg/kg	۱/۱۸	بیشینه ۲۵
کادمیوم	mg/kg	۰/۴۱	بیشینه ۱۰
روی	mg/kg	۷۳/۱۲	بیشینه ۱۳۰۰
سرب	mg/kg	۱۸/۹۴	بیشینه ۲۰۰
نیکل	mg/kg	۱/۴۵	بیشینه ۱۲۰
مس	mg/kg	۲۱/۴۵	بیشینه ۶۵۰
کروم	mg/kg	۰/۷۱	بیشینه ۱۵۰
مولیبدن	mg/kg	ND	بیشینه ۵
آرسنیک	mg/kg	ND	بیشینه ۱۰
جیوه	mg/kg	ND	بیشینه ۵

بحث

آنالیز میکروبی نمونه‌های کمپوست گرانوله بر اساس روش استاندارد ملی۱۳۳۲۱، نشان داد که هیچ‌گونه آلودگی میکروبی ناشی از *سالمونلا* و کلی فرم مدفوعی در توده کود وجود ندارد که دلیل آن افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد در روش بیوراکتور توده هوازی، می‌باشد. همچنین نمونه‌های کمپوست فاقد هرگونه بذر علف هرز بودند. این نتایج با مطالعات محققین دیگر همخوانی دارد (۲۴). شاخص جوانه‌زنی در نمونه کمپوست گرانوله ۸۰٪، اندازه‌گیری و ثبت شد. روش اندازه‌گیری شاخص جوانه‌زنی بر اساس رشد بذر تره تیزک(بذر شاهی) می‌باشد. طی دو دهه گذشته این روش بیولوژیکی گیاهی یا روش زیست‌سنجی برای تعیین کیفیت کمپوست و یا بلوغ مورد توجه قرار گرفته است و تاکنون نیز بیشتر استفاده از این روش در دنیا را دارد. یکی از اساسی‌ترین پارامترها در انتخاب فرایند کمپوست سازی، میزان درصد مواد آلی می‌باشد بر اساس نتایج آزمایشگاهی و محاسبات آماری، میانگین مواد آلی در کمپوست گرانوله سایت منطقه ۱۹ شهرداری تهران ۷۶٪/۱۲ و مقدار کربن آلی نیز در کمپوست گرانوله ۴۴٪/۳۰، اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر ماکرو مانند نیتروژن کل (۱/۳۴٪)، فسفر (۱/۰۱٪) و پتاسیم (۰٪/۵۷)، قابل‌توجه است. این مواد مغذی برای رشد و نمو گیاهان ضروری هستند و حضور آن‌ها در مقادیر کافی در کمپوست با یافته‌های سایر مطالعاتی که استفاده از کمپوست را به‌عنوان جایگزینی پایدار برای کودهای شیمیایی توصیه می‌نمایند همسو است (۲۵). میانگین محتوای ماده آلی ۷۶/۱۲٪ و محتوای کربن آلی ۴۴/۳۰٪ نشان‌دهنده یک کمپوست غنی از مواد مغذی است که می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی حاصلخیزی خاک را افزایش دهد. این مقادیر با مطالعات قبلی که اهمیت مواد آلی بالا را در بهبود ساختار خاک، حفظ رطوبت و در دسترس بودن مواد مغذی نشان می‌داد، مطابقت دارد (۲۶). این میزان ماده آلی و کربن آلی در کمپوست گرانوله مطابق با استاندارد ملی کمپوست در محدوده‌ی کود درجه ۱ می‌باشد. بر اساس محاسبات آماری میانگین غلظت ازت کل، فسفر و پتاسیم به‌عنوان مهم‌ترین عناصر مغذی کود، در کمپوست زباله شهری به ترتیب۱/۳۴، ۱/۰۱، ۰/۵۷، اندازه‌گیری شد که مطابق با استاندارد ملی کمپوست در محدوده‌ی کود درجه ۱ می‌باشد. هدایت الکتریکی کمپوست گرانوله با عدد ۴/۴۵ در محدوده استاندارد ملی قرار دارد میانگین شاخص pH در کمپوست گرانوله ۷/۵۴، محاسبه گردید که در محدوده‌ی استاندارد ملی می‌باشد. هدایت الکتریکی ۴/۵۵ و اسیدیته ۷/۷ را نشان می‌دهد که کمپوست به‌خوبی متعادل شده است و باعث جذب بهینه مواد مغذی توسط گیاهان می‌گردد. در مطالعات مختلف انجام شده بر روی کمپوست گرانوله حاصل از پسماند آلی سایت منطقه ۱۹، pH نهایی کمتر از ۸ گزارش شده است درمجموع به نظر می‌رسد که روند مقادیر pHعادی بوده و با نتایج بررسی‌های دیگری که توسط قاسمعلی عمرانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ روی تأثیر ترکیب مواد ورودی بر کیفیت کمپوست تولیدی به روش توده‌های استاتیک با هوادهی فعال در مناطق روستایی انجام شد، نتایج مقایسه محصول نهایی با استانداردهای ایران، آمریکا و کانادا نشان می‌دهد که روش استاتیک در هر دو ترکیب سبب تثبیت پسماندهای جامد و درنهایت منجر به تولید کمپوست مناسب شده است و محصولات نهایی ازنظر میزان مواد آلی، نسبت کربن به ازت، رطوبت و حدود مجاز فلزات سنگین این استانداردها را پاس می‌کنند، هم‌خوانی دارد (۲۷). در این پژوهش. غلظت سرب۱۸/۹۴(mg/kg)، روی ۷۳/۱۲ (mg/kg) و نیکل ۱/۴۵ (mg/kg) می‌باشد. میانگین غلظت کادمیوم و کبالت در نمونه‌های کمپوست گرانوله به ترتیب: ۰/۴۱، ۱/۱۸ (mg/kg) اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت مس، کروم، در نمونه‌ی کمپوست گرانوله به ترتیب: ۲۱/۴۵، ۰/۷۱ (mg/kg) اندازه‌گیری شد که همگی آن‌ها در محدوده استاندارد ملی کمپوست می‌باشند. در پژوهش دیگری که توسط حیدری و همکاران در سال ۱۳۹۵، بر روی بررسی کیفی کود

کمپوست تولیدی کارخانه زاهدان با در نظر گرفتن خواص فیزیکی و شیمیایی صورت پذیرفت، نتایج نشان داد که کمپوست تولیدی در کارخانه زاهدان ازلحاظ فلزات سنگین در محدوده استانداردهای اتحادیه اروپا، آمریکا و کانادا و در حد قابل‌قبول استاندارد ملی ایران می‌باشد(۲۸).

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر در شهر تهران انجام شد. پسماند موردنظر از میدان‌های میوه و تره‌بار جمع‌آوری گشت. فراوری پسماند و تبدیل آن به کمپوست به‌صورت هوازی بود. نتایج اولیه نشان داد که میانگین محتوای آلی کمپوست دانه‌بندی شده از سایت ۱۹ شهرداری تهران ۷۶/۱۲ درصد با غلظت کربن آلی ۴۴/۳۰ درصد بوده است. این مقادیر نشان‌دهنده یک کمپوست غنی از مواد مغذی است که برای اصلاح خاک مناسب است. شاخص جوانه‌زنی که توانایی کمپوست را برای حمایت از رشد گیاه ارزیابی می‌کند، ۸۰ درصد است که نشان می‌دهد کمپوست تولید شده می‌تواند تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه داشته باشد. غلظت عناصر ماکرو ضروری، ازجمله نیتروژن کل (۱٪/۳۴)، فسفر (۱/۰۱٪) و پتاسیم (۰/۵۷٪) بود که پتانسیل کمپوست تولیدی را به‌عنوان یک کود مناسب نشان داد. بررسی نتایج حاصل از آنالیز فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مشخص گردید کیفیت کود کمپوست گرانوله تولید شده از پسماندهای آلی در همه پارامترها در رده کیفی درجه یک بوده و مطابق با حدود استاندارد ملی کمپوست می‌باشد. طبق نتایج این تحقیق تولید کمپوست از پسماندهای شهری به کاهش حجم پسماند انتقالی به مراکز دفع کمک کرده و همچنین به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند. نتایج این تحقیق به افزایش دانش در مورد مدیریت پسماندهای آلی شهری و شیوه‌های کمپوست کمک می‌کند. این تحقیق با نشان دادن این‌که کود کمپوست گرانوله را می‌توان از پسماندهای آلی مطابق با استانداردهای ملی تولید کرد، راهکار مناسبی برای شهرها است تا پسماندهای آلی خود را به‌طور پایدار مدیریت کنند. علاوه بر این، یافته‌ها بر پتانسیل کمپوست به‌عنوان ابزاری برای افزایش کیفیت خاک شهری، ارتقای امنیت غذایی و کاهش اثرات زیست‌محیطی مرتبط با دفع زباله تأکید می‌کند. تولید کود کمپوست گرانوله از پسماندهای آلی راه‌حلی پایدار برای چالش‌های ناشی از مدیریت پسماند شهری و تخریب خاک را ارائه می‌کند. این تحقیق اهمیت بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و میکروبی کمپوست را برای اطمینان از کیفیت و ایمنی آن برای مصارف کشاورزی را برجسته می‌کند. با مدیریت صحیح و رعایت استانداردهای ملی، پسماندهای آلی شهری می‌توانند به‌طور مؤثر به منبعی ارزشمند تبدیل شوند که هم برای محیط‌زیست و هم برای جوامع شهری سودمند باشد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

References

1. Singh J, Laurenti R, Sinha R, Frostell B. Progress and challenges to the global waste management system. Waste Management & Research. 2014;32(9):800-812.
2. Schröder C, Häfner F, Larsen OC, Krause A. Urban organic waste for urban farming: Growing lettuce using vermicompost and thermophilic compost. Agronomy. 2021;11(6): 1175.
3. Gonawala SS, Jardosh H. Organic Waste in Composting: A brief review. International Journal of Current Engineering and Technology. 2018; 1:36-8.
4. Negassa W, Sileshi GW. Integrated soil fertility management reduces termite damage to crops on degraded soils in western Ethiopia. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2018; 251: 124-131.
5. Boliko MC. FAO and the situation of food security and nutrition in the world. Journal of Nutritional Science and Vitaminology. 2019;65: S4-8.
6. Mounissamy VC, Parihar RS, Dwivedi AK, Saha JK, Rajendiran S, Lakaria BL, Patra AK. Effects of Co-composting of

municipal solid waste and pigeon pea biochar on heavy metal mobility in soil and translocation to leafy vegetable Spinach. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2021;106(3):536-544.

7. Karimian H. Physical evaluation of solid wastes of Hakmiyah collection station in Tehran in 2016, the fourth international conference on environmental engineering with a focus on sustainable development. [In Persian].

8. Negassa W, Sileshi GW. Integrated soil fertility management reduces termite damage to crops on degraded soils in western Ethiopia. Agriculture, ecosystems & environment 2018; 251: 124-131.

9. Agegnehu G, Bass AM, Nelson PN, Bird MI. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. Science of the Total Environment. 2016; 543:295-306.

10. Cao Y, Gao Y, Qi Y, Li J. Biochar-enhanced composts reduce the potential leaching of nutrients and heavy metals and suppress plant-parasitic nematodes in excessively fertilized cucumber soils. Environmental Science and Pollution Research. 2018; 25:7589-99.

11. Ding S, Zhou D, Wei H, Wu S, Xie B. Alleviating soil degradation caused by watermelon continuous cropping obstacle: Application of urban waste compost. Chemosphere. 2021; 262:128387.

12. Mona S, Malyan SK, Saini N, Deepak B, Pugazhendhi A, Kumar SS. Towards sustainable agriculture with carbon sequestration, and greenhouse gas mitigation using algal biochar. Chemosphere. 2021; 275:129856.

13. Imran A, Sardar F, Khaliq Z, Nawaz MS, Shehzad A, Ahmad M, Yasmin S, Hakim S, Mirza BS, Mubeen F, Mirza MS. Tailored bioactive compost from agri-waste improves the growth and yield of chili pepper and tomato. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2022; 9:787764.

14. Jalali M, Buss W, Parviznia F, Jalali M. The status of phosphorus levels in Iranian agricultural soils—a systematic review and meta-analysis. Environmental Monitoring and Assessment. 2023;195(7):842.

15. Emino ER, Warman PR. Biological assay for compost quality. Compost Science & Utilization. 2004;12(4):342-8.

16. Anastasi A, Varese GC, Filipello Marchisio V. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost. Mycologia. 2005;97(1):33-44.

17. Cerda A, Artola A, Font X, Barrena R, Gea T, Sánchez A. Composting of food wastes: Status and challenges. Bioresource Technology. 2018; 248:57-67.

18. Rebollido RO, Martinez JO, Aguilera YU, Melchor KE, Körner I, Stegmann RA. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. Applied ecology and environmental research. 2008;6(3):61-7.

19. Fu T, Shangguan H, Wei J, Wu J, Tang J, Zeng RJ, Zhou S. In-situ electrolytic oxygen is a feasible replacement for conventional aeration during aerobic composting. Journal of Hazardous Materials. 2022; 426:127846.

20. Poblete R, Salihoglu G, Salihoglu NK. Incorporation of solar-heated aeration and greenhouse in grass composting. Environmental Science and Pollution Research. 2021; 28:26807-18.

21. Orrico AC, Oliveira JD, Leite BK, Vilela RN, Orrico Junior MA, Aspilcueta Borquis RR, Tomazi M, Macena IA. Effects of aeration and season of the year on fish waste composting and compost quality. Environmental Technology. 2024;45(19):3765-77.

22. Rashidi S, Shahmoradi B, Maleki A, Sharafi K, Darvishi E. Density assessment and mapping of microorganisms around a biocomposting plant in Sanandaj, Iran. Environmental monitoring and assessment. 2017; 189:1-2.

23. López R, Antelo J, Silva AC, Bento F, Fiol S. Factors that affect physicochemical and acid-base properties of compost and vermicompost and its potential use as a soil amendment. Journal of Environmental Management. 2021; 300:113702.

24. Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR. A review of the use of composted

municipal solid waste in agriculture. Agriculture, ecosystems & environment. 2008;123(1-3):1-4.

25. Zhang J, Chen G, Sun H, Zhou S, Zou G. Straw biochar hastens organic matter degradation and produces nutrient-rich compost. Bioresource Technology. 2016; 200:876-83.

26. Rai R, Singh RK, Suthar S. Production of compost with biopesticide property from toxic weed Lantana: quantification of alkaloids in compost and bacterial pathogen suppression. Journal of Hazardous Materials. 2021; 401:123332.

27. Omrani G, Abdoli MA, Safa M. The Impact of Input Material on Compost Quality Using Aerated Static Piles in Rural Areas (Case Study: Sooleghan Village). Journal of Environmental Science & Technology. 2019;21(7): 222-237[In Persian].

28. Heydari F, Miraki GH. Qualitative Study of Compost Fertilizer Produced in Zahedan Factory, Considering Physical and Chemical Characteristics. Journal of Environmental Science and Technology. 2016; 18(2):335-341. [In Persian]

Investigating the properties of granulated compost fertilizer produced from organic waste with the national compost standard

Kazem Roghani[1], Shahrzad Khoramnejadian[*2], Samira Ghiasi[3], Ali Dehghanbanadaki[4]

1. Ph.D. Student, Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran
2. Associate professor, Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran
3. Associate professor, Department of Environment, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Associate professor, Department of Civil Engineering, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran (Concrete and Asphalt Research Center, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran)

[*]Corresponding Author: khoramnejad@damavandiau.ac.ir

Received: 16/12/2024, Accepted: 12/01/2025

Abstract

The production of granular compost fertilizer from organic waste, especially in cities, can be a sustainable solution to reduce the amount of waste and improve the quality of urban soils. The purpose of this research was to investigate the production process of granulated compost fertilizer from organic waste and analyze the results of production compost tests and compare it with the national compost standard. In this descriptive study, the physical, chemical and microbial properties of granulated compost produced from organic waste were compared with the national compost standard. Sampling was done from three different depths of the compost mass and the samples were transferred to the laboratory. Based on the results, the average amount of organic matter in the granulated compost of site 19 of Tehran municipality was 76.12% and the amount of organic carbon in the compost was 44.30%. Germination index 80%, concentration of total nitrogen, phosphorus and potassium respectively 1.34, 1.01, 0.57, electrical conductivity 4.55, average pH index 7.54, ratio of ammonium to nitrite 1.27, concentration Lead 18.94 (mg/kg), zinc 73.12 (mg/kg) and nickel 1.45. The average concentration of cadmium and cobalt in the samples was 0.45, 1.18 (mg/kg), respectively. The average concentration of copper and chromium in the compost sample was measured as 21.45, 0.71 (mg/kg), respectively. Microbial analysis of granulated compost samples did not show any microbial contamination caused by salmonella and fecal coliform in granulated compost fertilizer. The results of this research showed that granulated compost fertilizer can be produced from urban organic waste and is a solution for urban organic waste management. The findings indicated the practicality of compost production as a sustainable approach in urban management, reducing waste in the fruit and vegetable market and increasing soil quality.

Keywords: Granular compost, Organic waste, National compost standard