علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره۲، پاییز ۱۳۹۵

تهیه ورمی کمپوست از پسماند خانگی با استفاده از کرم خاکی ایزنیافوئتیدا

محمدعلی عبدلی[۱]

محبوبه هادی‌پور*[۲]

hadipour.m@gmail.com

مهدی جلیلی قاضی زاده[۳]

حسین علی اصغرنیا[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۴/۲۰ **تاریخ پذیرش:۸۸/۰۷/۱۵**

چکیده

زمینه و هدف: وجود درصد بالای مواد فسادپذیر در ترکیب پسماند تولیدی در ایران از یک طرف و عدم وجود زمین‌های مناسب برای دفن بهداشتی پسماند (به‌خصوص در مناطق شمالی کشور) از سوی دیگر و همچنین مشکلات مربوط به جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماندها باعث شده است که استفاده از روش ورمی کمپوست به‌عنوان یک راه‌کار موثر برای دفع مواد زاید آلی مد نظر قرار گیرد.

روش بررسی: در این تحقیق جهت تهیه ورمی کمپوست از پسماند خانگی، پایلوتی از جنس چوب، در سه طبقه و در ابعاد ۴۵، ۲۵ و ۶۵ سانتی‌متر طراحی شد. سپس ۵۰۰ کرم خاکی از نوع ایزنیافوئتیدا به‌صورت دستی جمع‌آوری گردید و در بستر ایجاد شده در پایلوت قرار گرفت. بارگذاری پسماند خانگی در این پایلوت، به‌صورت هفتگی انجام شد. پس از گذشت ۶۰ روز از شروع عملیات، نمونه‌گیری از کمپوست تولیدی انجام شد و آزمایش‌های لازم بر روی آن صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که در صورت کنترل درجه حرارت در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کنترل رطوبت بین ۶۰ تا ۷۵ درصد و همچنین هوادهی مناسب به توده پسماند، می‌توان شرایط محیطی مناسبی برای فعالیت کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا مهیا نمود و به تبع آن پسماندهای آلی را به کمپوست با کیفیت مناسب تبدیل کرد. نسبت C به N که اصلی‌ترین فاکتور در متناسب‌سازی مواد است در ورمی کمپوست تولیدی ۱۴/۵۳ اندازه گیری شد.

بحث و نتیجه‌گیری: این روش علاوه بر مدیریت بهینه پسماندهای خانگی، در تکثیر کرم‌های خاکی که به‌عنوان منبع غذایی برای دام، طیور و آبزیان استفاده می‌شود، کارایی بالایی دارد.

واژه‌های کلیدی: ورمی کمپوست، کرم خاکی، ایزنیافوئتیدا، پسماند خانگی.

ژه‌های کلیدی: ورمی کمپوست، کرم‌خاکی ، ایزنیافوئتیدا، پسماند خانگی.

۱- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲*- (مسوول مکاتبات): دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه فناوری‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشت، تهران، ایران..

۴- استاد دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه پزشکی، بابل، ایران.

Vermicomposting of Domestic Waste Using Eisenia Foetida Erathworm

Mohammad Ali Abduli[1]
Mabubeh Hadipour[2]
hadipour.m@gmail.com
Mehdi Jalili Ghazizade[3]
Hossein Ali Asgharnia[4]

Abstract

Background: The high percentage of putrescible materials in generated waste in Iran, in one hand, and lack of proper lands for sanitary landfilling of waste (specially in the northern parts of the country), in the other hand, along with problems of collection, transportation and disposal of waste all make it necessary to think about vermicompost method as an efficient technique for disposal of organic waste.
Method: The present study aims to investigate the degradation of domestic waste using specific earthworm 'Eisenia foetida'. For this purpose, a wooden pilot including three floors was designed. Length, width and height of the pilot were 45, 25 and 65 cm respectively. Then 500 earthworms were collected manually and put on created media in the pilot. The domestic waste was added every week to the pilot, and after 60 days the compost was taken out. Finally, the important parameters in the produced compost were analyzed in the laboratory.
Results: The result shows that providing proper situations like temperature range of 20-30 °C and moisture range of 60-75% and also appropriate aeration can lead to creation of a suitable place for the growth of earthworms and consequently conversion of organic wastes to rich compost. The ratio of C/N in the produced vermicompost was 14.53 (range of C/N is 10-20).
Conclusion: One of the other advantages of this method is that it can also be used for increasing the earthworms as a food resource for domesticated animals and aquatic creatures.

Keywords: Vermicompost, Earthworm, Eisenia foetida, Domestic waste.

1- Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- MSc Student, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)*
3- Assistant Profesor, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4- Professor, Faculty of Paramedical, Babol Medical University, Iran.

مقدمه

افزایش بی‌رویه جمعیت، گسترش شهرنشینی و ورود صنایع مختلف به چرخه زندگی، موجب افزایش تولید پسماند در چنددهه اخیر شده و لذا نحوه مدیریت مناسب این پسماندها همواره یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جوامع بشری می‌باشد. درحال‌حاضر در ایران روزانه حدود ۵۰۰۰۰ تن پسماند تولید شده که ۶۰ تا ۷۰ درصد آن را پسماندهای آلی تشکیل می‌دهد. تولید روزافزون پسماندهای آلی و دفن غیراصولی آن، علاوه بر آن‌که موجب شیوع عوامل بیماری‌زا نظیر مگس، پشه، سوسک و سایر حیوانات موذی می‌شود، آلودگی‌های محیط‌زیستی فراوانی از جمله بوهای نامطبوع و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک را نیز به‌دنبال دارد (۱و۲). بنابراین روش دفع پسماندهای آلی به‌عنوان یک موضوع مهم در حفظ محیط زیست همواره مورد توجه می‌باشد (۳).

علی‌رغم آن‌که در حال حاضر انواع روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای دفع مواد زاید آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این روش‌ها اغلب زمان‌بر بوده و هزینه زیادی نیز در بر دارد (۴). بنابراین استفاده از فن‌آوری-های مقرون به صرفه که در زمان کوتاهی بتواند دفع پسماندهای آلی را انجام دهد و از همه مهم‌تر با شرایط ایران سازگار باشد، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار می‌باشد. علی‌رغم آن‌که استفاده از روش متداول کمپوست برای تجزیه در محل پسماندهای آلی با شرایط ایران سازگار است اما این روش دارای معایبی است. مدت زمان طولانی فرآیند، نیاز به هوادهی متناوب به توده پسماند، کمبود مواد مغذی نظیر نیتروژن و تولید محصول ناهمگن از جمله مهم‌ترین ایرادات روش متداول تبدیل پسماندهای آلی به کمپوست می‌باشد (۵).

ورمی کمپوست روشی است که در آن مواد آلی پسماند توسط فعالیت کرم-های خاکی و میکروارگانیسم‌ها به مواد مغذی بی‌بو و هوموس مانند تبدیل می‌شود (۶). همان‌گونه که در فرآیند بیولوژیکی، میکروب‌ها نقش اصلی را در تجزیه مواد آلی ایفا می‌کنند، در روش ورمی کمپوست، کرم‌های خاکی وظیفه تثبیت مواد آلی را به عهده دارند (۷،۸). در واقع در روش ورمی‌کمپوست، کرم‌های خاکی به‌عنوان یک مخلوط‌کننده مکانیکی عمل کرده و با ریز کردن اجزای آلی پسماند، شرایط تجزیه بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را ارتقا بخشیده و علاوه بر آن، با کاهش نسبت C به N و افزایش مساحت سطحی قابل‌استفاده برای میکروارگانیسم‌ها، پسماندها را برای فعالیت‌های میکروبی و تجزیه آتی آماده می‌کند (۹). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که روش ورمی کمپوست یک فن‌آوری دردسترس، سریع و مقرون به صرفه در مدیریت پسماندهای آلی می‌باشد (۱۴-۱۰). ضمن آن‌که محصول به‌دست آمده در فرآیند ورمی کمپوست دارای مواد مغذی بیش‌تری بوده و جذب آن توسط گیاهان ساده‌تر انجام می‌شود (۲).

هرچند گونه‌های مختلف کرم خاکی نظیر Eisenia foetida، Perionyx excavatus، P. Sansibaricus، Eudrilus Eugenia و Eisenia Andrei برای تولید محصول نهایی در فرآیند ورمی کمپوست مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸، ۱۱، ۱۲،۱۵)، اما کرم خاکی ایزنیافوئتیدا به‌عنوان کرمی مناسب برای انجام تست‌های آزمایشگاهی ورمی کمپوست همواره موردتوجه بوده است (۲). علت تمایل بیش‌تر به استفاده از این گونه کرم خاکی در فرآیند ورمی کمپوست، قدرت تحمل بالا و سازگاری آن با تغییرات محیطی نظیر pH، مقدار رطوبت، دما و غیره نسبت به سایر گونه‌ها می‌باشد (۱۶). بعد از بررسی مطالعات مختلف و همچنین به‌دلیل دسترسی به کرم خاکی ایزنیافوئتیدا، این نوع کرم برای انجام آزمایش‌های ورمی‌کمپوست انتخاب شده است.

نکته مهم دیگر، استفاده از روش ورمی کمپوست به منظور تقویت عنصر موظف کاهش از مبدا می‌باشد. استفاده از روش ورمی کمپوست صرف‌نظر از رهایی از مشکلات مربوط به جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماندها و هزینه‌های مربوطه دارای منافع اقتصادی بوده و راه را برای یک بازیافت اصولی از مبدا تولید هموار می‌نماید. لذا از آن‌جاکه کاهش در مبدا به‌عنوان اولین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، در این تحقیق استفاده از کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا در تبدیل پسماندهای (خانگی) به کود آلی (کمپوست) مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی

طراحی، ساخت و راه‌اندازی پایلوت

در این تحقیق به منظور تهیه ورمی کمپوست از زباله خانگی (زباله آشپزخانه) پایلوتی از جنس چوب و در سه طبقه طراحی شده است (شکل ۱). طبقه بالایی که محل قرارگیری پسماند می‌باشد کاملاً جدا از دو قسمت دیگر بوده و درب آن به‌صورت لولایی از بالا باز می‌شود. طبقه وسط که محل قرارگیری بستر کرم‌ها بوده و به‌صورت کشویی از قسمت جلو و عرض پایلوت بیرون می‌آید و طبقه پایین نیز که محل جمع‌آوری شیرابه احتمالی است، مانند طبقه وسط به‌صورت کشویی و از جلو باز می‌شود. کف طبقه بالا و وسط از ورق‌های سوراخ‌داری تشکیل شده که این امکان را فراهم می‌کند که سه طبقه مذکور با هم ارتباط داشته باشند، به نحوی که کرم‌ها بتوانند از طریق این سوراخ‌ها از بسترشان بالا آمده و از پسماند ریخته شده در طبقه بالایی تغذیه کرده و دوباره به بسترشان برای استراحت و دفع این مواد (که همان ورمی کمپوست موردنظر است) برگردند. از طرفی در کف طبقه وسط نیز یک ورق سوراخ‌دار تعبیه شده تا شیرابه‌ای که ممکن است در اثر رطوبت بستر تولید شود، توسط این کف زهکشی شده و به طبقه پایین که دارای سینی است جریان یافته و بعد از جمع شدن در سینی تخلیه گردد. طول و عرض و ارتفاع پایلوت به ترتیب ۴۵ و ۲۵ و ۶۵ سانتی‌متر است که ارتفاع طبقه بالایی ۱۵ سانتی‌متر، طبقه وسط ۴۲ سانتی‌متر و طبقه پایینی ۸ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ۱- نمای بسته و باز پایلوت طراحی‌شده

Figure 1- Schematic of designed pilot (open and close)

یکی از مهم‌ترین موارد در طراحی پایلوت ورمی کمپوست، آماده‌سازی بستر کرم‌های خاکی می‌باشد. برای ایجاد بستری مناسب جهت رشد و فعالیت کرم‌های خاکی، ابتدا ۳ تا ۴ سانتی‌متر سنگ و آجر شکسته روی صفحه سوراخ‌دار طبقه میانی قرار داده شده است. روی سنگ‌ها لایه‌ای به ضخامت ۶ تا ۷ سانتی‌متر شن اضافه شده تا زه‌کشی شیرابه تولیدی به‌راحتی صورت گیرد. بر روی لایه زه‌کش، حدود ۱۵ سانتی‌متر خاک لوم با بافت متوسط قرار داده شده که این لایه محل قرارگیری کرم‌های خاکی می‌باشد. بر روی این لایه مقداری کود گاوی به‌ضخامت ۳ تا ۴ سانتی‌متر پخش نموده و روی آن با لایه‌ای از خاک اره به ضخامت ۸ سانتی‌متر پوشانده شده است. در انتها مقداری خاک نرم روی خاک اره ریخته شده و به این لایه‌ها به‌طور متناوب و به حد کافی آب اضافه می‌شود تا رطوبت لازم همواره حفظ گردد.

جمع‌آوری کرم‌های خاکی

از آن‌جاکه کرم‌های خاکی در فصول گرم سال به‌سختی قابل‌دسترس می‌باشند و به‌دلیل گرم شدن سطح خاک به اعماق زمین فرو می‌روند، لذا در مهرماه سال ۱۳۸۷ با توجه به بارندگی هوا و ایجاد رطوبت لایه‌های سطحی خاک، کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا از سطح چندین روستا و مناطق مختلف شهرستان بابل جمع‌آوری شده‌اند. به‌طور کلی کرم‌های خاکی در خاک‌های مناسب که دارای گیاه، مواد آلی و رطوبت فراوان باشند یافت می‌شوند. علاوه بر آن کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا در محل‌هایی که فضولات گاو تلنبار می‌شود، به‌صورت انبوه وجود دارند. در این تحقیق کرم‌های خاکی از محل نگهداری موقت فضولات گاو در محوطه خانه‌های مسکونی در چند روستای شهرستان بابل، جمع‌آوری شده است. روش جمع‌آوری کرم‌ها دستی بوده و با زیر و رو کردن خاک توسط بیل و با توجه به کلید شناسایی کرم‌های خاکی، در حدود ۵۰۰ عدد کرم خاکی بالغ ایزنیافوئتیدا جمع‌آوری شده و به محل استقرار پایلوت جهت تولید کمپوست منتقل شده است. جهت انتقال کرم‌های خاکی از محیط طبیعی به محل تحقیق، کرم‌های جمع‌آوری شده داخل پلاستیک معمولی حاوی فضولات دامی همان منطقه ریخته شده و در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شده است. پس از انتقال کرم‌ها به آزمایشگاه، ۲۰ روز به کرم‌ها غذا داده نشده است تا معده آن‌ها معدنی گردد. در این مرحله پس از آن‌که مواد فسادپذیر موجود در پسماندهای خانگی (آشپزخانه) از سایر پسماندها جداسازی شد، این پسماندها وارد پایلوت گردیده و درب پایلوت بسته شده تا از اتلاف درجه‌حرارت و همچنین از تجمع حشرات یا انتشار بو جلوگیری شود. فرکانس ورود پسماند به داخل پایلوت هفتگی بوده است.

اندازه‌گیری پارامترهای مهم

درجه حرارت و رطوبت دو پارامتر تاثیرگذار در عملکرد روش ورمی کمپوست می‌باشند. به همین منظور درجه حرارت و رطوبت در پایلوت به‌صورت متناوب کنترل شده است. برای کنترل درجه حرارت ابتدا یک ترمومتر جیوه‌ای ۳۰ سانتی‌متری به یک چوب صاف ۵۰ سانتی‌متری مدرج چسبانده شده است به‌گونه‌ای که نوک ترمومتر آزاد بوده تا بتواند با تماس مناسب با توده، درجه حرارت را به خوبی نشان دهد. سپس این مجموعه را از شکافی که در بدنه پایلوت ایجاد شده، وارد کرده تا در موقع عملیات عمق‌های موردنظر مشخص شوند. سنجش درجه حرارت همه روزه در ساعت ۹ صبح و در عمق ۴۰ سانتی‌متری انجام شده است.

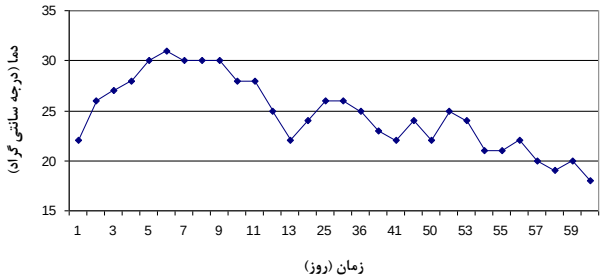
سنجش رطوبت نیز با روش خشک کردن نمونه در دستگاه اتوکلاو (درجه حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان دو ساعت) انجام شده است. با توجه به این‌که عملکرد مناسب کرم‌های ایزنیافوئتیدا در رطوبت بین ۶۰ تا ۷۵ درصد رخ می‌دهد، در طی عملیات در صورت خشک بودن توده مقداری آب روی توده پاشیده شده و در صورت خیس بودن مواد درون حوضچه، اختلاط مواد انجام شده است.

با توجه به این‌که مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بعد از گذشت ۵۰ تا ۷۰ روز از عملیات ورمی کمپوست، کود حاصله دارای کیفیت مناسب می‌باشد، پس از گذشت ۶۰ روز از شروع عملیات از کود به‌دست آمده نمونه‌برداری شده و در آزمایشگاه خاک، آزمایش‌های لازم بر روی آن انجام گرفته است. آزمایش‌های مربوط به درصد مواد آلی، درصد خاکستر، pH، EC، کربن آلی، کربن کل، پتاسیم، سدیم، فسفر، ازت و فلزات سنگین (آهن، منگنز، سرب و کادمیوم) با استفاده از روش‌های ارایه شده در کتاب "روش‌های استاندارد" انجام شده است (۱۷).

یافته ها

پس از بارگیری پایلوت و شروع عملیات به منظور اجرای دقیق عملیات سه پارامتر مهم درجه حرارت، رطوبت و هوادهی کنترل شدند. شکل ۲ نتایج سنجش درجه حرارت را نسبت به زمان در طول دوره تهیه کمپوست نشان

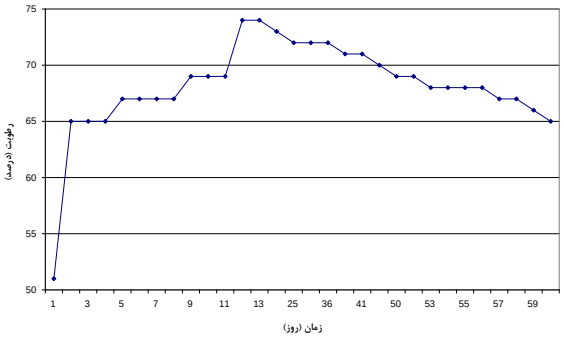
می‌دهد. با توجه به این‌که دمای مناسب برای فعالیت مطلوب کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا بین ۲۰ تا ۳۰ درجه می‌باشد، سعی شده است دمای پایلوت در این محدوده نگه داشته شود.



شکل ۲ - تغییرات درجه حرارت نسبت به زمان در طی عملیات تهیه کمپوست

Figure 2-Time varitions of tempreture during composting process

همچنین رطوبت به‌عنوان یک پارامتر مهم در طول عملیات پایش شده و نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ابتدای بارگیری رطوبت مواد اولیه ۵۱ درصد بوده است. با توجه به این‌که عملکرد مناسب کرم‌های ایزنیا فوئتیدا در رطوبت بین ۶۰ تا ۷۵ درصد رخ می‌دهد، بلافاصله با دادن آب به توده پسماند، رطوبت به حد ۶۵ درصد افزایش یافته و در طول عملیات در محدوده مورد نظر کنترل شده است.



شکل ۳ - تغییرات رطوبت نسبت به زمان در طی عملیات تهیه کمپوست

Figure 3- Time variations of humidity during compostiong process

همچنین در این پایلوت عمل هوادهی از طریق دالان‌هایی که کرم‌های خاکی حفر می‌کردند به‌صورت طبیعی انجام می‌گرفت و از طریق این دالان‌ها هوا وارد توده کمپوست می‌شد. ضمن این‌که در بعضی مواقع جهت کنترل درجه حرارت، مواد به آرامی زیر و رو گردیده که در خلال این عمل هوادهی نیز انجام شده است.

با گذشت ۶۰ روز از شروع آزمایش، از کمپوست تولیدی توسط کرم‌های خاکی، نمونه‌برداری شده و کیفیت محصول نهایی از نظر میزان عناصر غذایی و فلزات سنگین تعیین گردیده است که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- کیفیت ورمی کمپوست تولید شده از نظر عناصر غذایی، فلزات سنگین و سایر پارامترها

Table 1- Quality of produced vermicompost in respect of nutrients, heavy metals and other parameters

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
pH	۸/۷	C:N	۱۴/۵۳
مواد آلی (٪)	۵۸/۵	سدیم کل (٪)	۰/۰۹
خاکستر (٪)	۴۱/۵	پتاسیم کل (٪)	۰/۸۳
کل کربن (٪)	۲۹/۳	EC (µs/cm)	۱۲۶۰
کربن آلی (٪)	۲۰/۳۴	آهن (mg/kg)	۳۱۴۰
رطوبت (٪)	۷۵	منگنز (mg/kg)	۴۳۴
فسفر کل (٪)	۰/۴۳	کادمیوم (mg/kg)	۶/۷
ازت کل (٪)	۲/۰۱۶	سرب (mg/kg)	۱۵۸

بحث و نتیجه گیری

برای بررسی عملکرد روش مورد استفاده، نتایج حاصل از کیفیت ورمی کمپوست تولیدی با اعداد ارایه شده توسط سازمان بهداشت جهانی[1] مقایسه شده است (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲-مقایسه کیفیت ورمی کمپوست تولیدی با ارقام ارایه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (درصد)

Table 2- Quality of produced vermicompost in comparison to WHO guideline (%)

	پارامترها	ارقام (WHO)	محصول ورمی کمپوست
درصد	مواد آلی	۳۰-۱۰	۵۸/۵
	خاکستر	۷۰-۳۰	۴۱/۵
	ازت کل	۱/۸-۰/۱	۲/۰۱۶
	فسفر کل	۱/۷-۰/۱	۱/۴۳
	پتاسیم کل	۲/۳-۰/۱	۰/۸۳
pH		۹-۶	۸/۷

جدول ۳- مقایسه غلظت فلزات سنگین در ورمی کمپوست تولیدی با ارقام ارایه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (mg/kg)

Table 3- Heavy metals concentration in produced vermicompost in comparisonto WHO guideline (mg/kg)

عناصر	ارقام (WHO)	ورمی کمپوست تولیدی
آهن (mg/kg)	۱۵۰۰۰-۸۰۰۰	۳۱۴۰
منگنز (mg/kg)	۱۳۰۰-۳۰۰	۴۳۴
سرب (mg/kg)	۴۰۰-۲۰۰	۱۵۸
کادمیوم (mg/kg)	۴۰-۱۵	۶/۷

با توجه به مقایسه انجام شده در جداول ۲ و ۳ می‌توان گفت که پارامترهایی نظیر میزان درصد فسفر کل، پتاسیم کل و خاکستر در ورمی کمپوست تولیدی دقیقاً در محدوده پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی قرار دارد که این موضوع نشان‌دهنده کیفیت مناسب ورمی کمپوست به‌دست آمده می‌باشد. از طرفی مقدار مواد آلی موجود در ورمی کمپوست طبق پیشنهاد WHO باید در حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد باشد که این مقدار در ورمی کمپوست حاصله ۵۸/۵ درصد می‌باشد. دلیل اصلی تفاوت این دو مقدار ناشی از درصد بالای مواد آلی موجود در پسماندی است که در عملیات ورمی کمپوست بکار رفته است. چرا که آن‌چه سازمان بهداشت جهانی برای مقدار مواد آلی در ورمی کمپوست توصیه کرده برای پسماندهای شهری می‌باشد، درحالی‌که در این تحقیق با تاکید بر تقویت عنصر موظف کاهش در مبدا، از پسماندهای خانگی با مقدار بار آلی بالا استفاده شده است که این مساله بالا بودن میزان مواد آلی در محصول نهایی را توجیه می‌کند.

نسبت C به N یکی دیگر از پارامترهای مهم در ورمی کمپوست و شاید اصلی‌ترین فاکتور در متناسب‌سازی مواد است که مقدارآن در ورمی کمپوست تولیدی ۱۴/۵۳ می‌باشد. از آن‌جاکه این نسبت در ورمی کمپوست می‌بایست در محدوده ۱۰ تا ۲۰ و به‌طور متوسط ۱۵ باشد (۱۸)، می‌توان استنباط نمود که از لحاظ پارامتر نسبت C به N، ورمی کمپوست تولید شده در این تحقیق از کیفیت بسیار خوبی برخوردار می‌باشد. در مورد فلزات سنگین با توجه به جدول ۳ به‌جز منگنز که درمحدوده پیشنهادی WHO قرار دارد بقیه پارامترها از قبیل آهن، سرب و کادمیوم از مقادیر پیشنهادی WHO کم‌تر هستند که این مساله ناشی از آن است که ارقام پذیرفته شده توسط WHO بر مبنای استفاده از پسماندهای شهری می‌باشد که به دلیل وجود فلزات سنگین مختلف در این پسماندها و احتمال اختلاط آن با زباله‌های صنعتی، درصد فلزات در کمپوست تهیه شده از این‌گونه زباله‌ها تا این حد پذیرفته شده است (۱۹). در این تحقیق چون مواد اولیه بیش‌تر مواد زاید خانگی و پسماندهای آشپزخانه بوده‌اند، بنابراین غلظت فلزات سنگین موجود در محصول کمپوست پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد.

ورمی کمپوست تولیدی از لحاظ خواص فیزیکی دارای رنگ قهوه‌ای بوده و ظاهر آن شبیه به پودر گرانوله قهوه می‌باشد. این کمپوست بوی خاصی ندارد و تقریباً بوی خاک می‌دهد. اندازه ذرات ورمی‌کمپوست تهیه شده حدوداً کم‌تر از هشت میلی‌متر بوده که جزء کمپوست با دانه‌بندی ریز محسوب می‌شود.

همچنین شمارش تعداد کرم‌های خاکی در انتهای عملیات نشان می‌دهد که تعداد کرم‌های بالغ ایزنیا فوئتیدا از ۵۰۰ عدد در ابتدای آزمایش به ۱۰۰۰ عدد در انتهای عملیات افزایش یافته است. از آن‌جاکه تکثیر کرم‌ها در عملیات ورمی کمپوست به‌عنوان یکی از مزایای این روش مطرح است، لذا افزایش صددرصدی تعداد کرم‌ها در طول ۶۰ روز در این تحقیق، بیان‌گر وجود شرایط محیطی مناسب در پایلوت بوده و عمکرد این روش را تایید می‌کند. در نهایت کرم‌های تولید شده را می‌توان جهت مصرف دام، طیور و آبزیان به‌عنوان منبع غذایی سرشار از پروتئین استفاده نمود.

بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که استفاده از روش ورمی‌کمپوست برای تثبیت مواد زاید آلی یکی از موثرترین راه‌کارهای دفع پسماندهای خانگی می‌باشد. از آن‌جاکه حدود ۷۰ درصد از ترکیب پسماند تولیدی در کشور را پسماندهای آلی تشکیل می‌دهد، لذا اجرای طرح‌های صحیح و اصولی تبدیل پسماندهای آلی به کمپوست خانگی علاوه بر رهایی از مشکلات مربوط به جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماند، می‌تواند به‌عنوان یک منبع مهم تولید کود برای رشد گیاهان مد نظر قرار گیرد. مطالعات نشان می‌دهد که در صورت طراحی مناسب پایلوت و کنترل درجه حرارت در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، کنترل میزان رطوبت بین ۶۰ تا ۷۵ درصد و ایجاد هوادهی مناسب، می‌توان شرایط محیطی مناسب برای فعالیت کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا و به تبع آن تبدیل پسماندهای آلی به کود گیاهی را فراهم نمود. با توجه به این‌که کرم‌های خاکی ایزنیافوئتیدا در اکثر مناطق کشور (به-

1- World Health Organization (WHO)

خصوص مناطق شمالی) در دسترس بوده و از طرفی میزان مواد زایـد آلـی در پسماند خانگی قابل توجه است، لذا می‌توان روش تولید کمپوست بـا اسـتفاده از کرم خاکی یاد شده را در منازل استفاده نمود که ایـن امـر بـا آموزش‌هـای وسیع از طریق رسانه‌های گروهی و تصویری می‌تواند در جامعه تحقق یابد.

منابع

1- Edwards, C.A. & Bater, J.E., 1992. "The use of earthworm in environmental management", Soil Biol. Biochem., 24, pp. 1683-1689.
2- Suthar, S., 2009. "Vermicomposting of vegetable-market solid waste using Eisenia foetida: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate", Ecological Engineering, 35, pp. 914-920.
3- Senapati, B.K. & Julka, J.M., 1993. "Selection of suitable vermicomposting species under Indian conditions", In: Earthworm Resources and Vermiculture, Zoological Survey of India, Calcutta, pp. 113-115.
4- Garg, P., Gupta, A. & Satya, S., 2006. "Vermicomposting of different types of waste using Eisenia foetida: A comparative study", Bioresource Technology, 97, pp. 391-395.
5- Nair, J., Sekiozoic, V. & Anda, M., 2006. "Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste", Bioresource Technology, 97, pp. 2091-2095.
6- Suthar, S., 2009. "Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic Eisenia fetida (Oligochaeta)", J. of Hazardous Materials, 163, pp. 199-206.
7- Aira, M., Monroy, F., Dominguez, J. & Mato, S., 2002. "How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure", Eur. J. Soil Boil., 38, pp. 7-10.
8- Suthar, S., 2007. "Vermicomposting potential of Perionyx sansibaricus (Perrier) in different waste materials", Bioresource Technology, 97, pp. 2474-2477.
9- Dominguez, J., 2004. "State-of-the art and new perspectives on vermicomposting research", In: Edwards, C.A. (Ed.), Earthworm Ecology, second ed., CRC Press, pp. 401-424.
10- Suthar, S., 2006. "Potential utilization of guargum industrial waste in vermicompost production", Bioresource Technology, 97, pp. 2474-2477.
11- Suthar, S., 2007. "Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm Perionyx excavatus (Perrier) during recycling of some agriculture wastes. Bioresource Technology, 98, pp. 1608-1614.
12- Suthar, S., 2008. "Bioconversion of post harvest crop residues and cattle shedmanure into value-added products using earthworms Eudrilus eugeniae Kinberg", Ecol. Eng., 32, pp. 206-214.
13- Suthar, S. & Singh, S., 2008. "Comparison of some novel polyculture and traditional monoculture vermicomposting reactors to decompose organicwastes", Ecol. Eng., 33, pp. 210-219.
14- Taylor, M., Clarke, W.P. & Greenfield, P.F., 2003. "The treatment of domestic wastewater using small-scale vermi compost filter beds", Ecol. Eng., 21, pp. 197-203.
15- Gupta, R. & Garg, V.K., 2008. "Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting", Journal of Hazardous Materials, 153, pp. 1023-1030.
۱۶- عبـدلی، محمـدعلی و روشـنی، محمدرضـا، "ورمـی کمپوسـت (طراحی، ساخت و اجرا)"، ۱۳۸۶، انتشارات دانشگاه تهران.
17- Standard methods for examination of water and wastewater, 1995. AWWA.
۱۸- عمرانی، قاسم‌علی، "مدیریت مـواد زایـد جامـد"، ۱۳۷۳، مرکـز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، جلد اول.
19- Suess, M.J., 1985. “Solid waste management selected topics”, World Health Organization.