بررسی خواص فیزیکی کود ورمی‌کمپوست

سید امیر ذکی[۱*]، عزت اله عسکری اصلی اردهٔ[۲]، جواد خزائی[۳] ،محمد حسین کیانمهر[٤]

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران

٤- استاد گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان-دانشگاه تهران

* ایمیل مکاتبه کننده: Zaki_amir@yahoo.com

چکیده

فرآوری مواد زاید آلی به طرق مختلف همچون سوزاندن، دفن در اماکن خاص و بازیافت قابل انجام و امکانپذیر است. یکی از بهترین روش‌ها فناوری بازیافت زباله شهری، تولید ورمی‌کمپوست است که به صورت پودری حاصل می شوند و برای فرآوری لازم است حمل و یا انبار شوند لذا خصوصیات جرم حجمی و جریان‌پذیری این مواد برای انتقال و انبارداری اهمیت دارد. بخصوص تخلیه این مواد از مخازن ممکن است با مشکلات جدی روبه‌رو باشد که علت آن جریان‌یابی مواد می‌باشد. با توجه به اینکه درصد رطوبت و اندازه ذرات در جرم حجمی و زاویه استقرار کود ورمی کمپوست تاثیر دارد در این تحقیق محتوای رطوبت مواد در پنج سطح (۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰ %w.b) و اندازه ذرات در سه سطح (۰/۳، ۰/٦ و ۱/۸) بر جرم حجمی توده و زاویه استقرار مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که جرم حجمی توده با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و با افزایش اندازه ذرات از ۰/۳ به ۱/۱۸ میلی‌متر جرم حجمی توده در محدوده ۰/۸ به ۰/٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مربوط به زاویه استقرار نشان می‌دهد که با کاهش اندازه ذرات ضریب اصطکاک داخلی مواد افزایش پیدا کرده و درنتیجه زاویه استقرار افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: کود ورمی کمپوست، خواص فیزیکی، زاویه استقرار، جرم حجمی توده

مقدمه

امروزه با رشد روز افزون جمعیت، پیشرفت و توسعه‌ی صنایع، گسترش شهرنشینی، افزایش سطح رفاه بشر و مصرف مواد غذایی دفع زباله و بقایای آلی به یک معضل بزرگ زیست محیطی تبدیل شده است. چنانچه این مواد زاید به روش صحیح و بهداشتی دفع نگردد می‌تواند مشکلات عدیده را برای محیط زیست به ارمغان آورند و سلامتی جامعه‌ی بشر را به خطر می‌اندازد. فرآوری مواد زاید آلی به طرق مختلف همچون سوزاندن، دفن در اماکن خاص و بازیافت امکان پذیر است. این روش‌ها علاوه بر هزینه‌ی زیاد عمدتاً مشکلات زیست محیطی را نیز در بردارند. معذالک بازیافت زباله در محیط زیست وکاهش آلودگی بسیار موثر بوده و می‌تواند مواد زاید را به انواع مواد مفید قابل مصرف تبدیل نماید. یکی از مهمترین روشهای فرآوری زباله‌های شهری بازیافت آن به صورت ورمی کمپوست است. در نتیجه این فرآیند، علاوه برکاهش مشکلات بهداشتی و زیست محیطی، مقادیر قابل توجهی کود آلی به نام ورمی کمپوست تولید می شود (ارزانش و عباسی، ۱۳۹۰). ورمی کمپوست، عبارت است از کود آلی بیولوژیک که دراثر عبور مداوم و آرام مواد آلی در حال پوسیدگی از دستگاه گوارش گونه هایی از کرم های خاکی و دفع این مواد از بدن کرم، حاصل می شود (کوپتا، ۲۰۰۳). این مواد هنگام عبور از بدن کرم آغشته به مخاط دستگاه گوارش موکوس[1]، ویتامین ها و آنزیم ها شده که در نهایت به عنوان یک کود آلی غنی شده و بسیار مفید برای ساختمان و بهبود عناصر غذایی خاک، تولید و مورد مصرف واقع می‌گردد. بنابراین، ورمی کمپوست فضولات کرم به همراه درصدی از مواد آلی و غذای بستر و لاشه کرم‌ها است (ایزمایل و همکاران، ۲۰۰۳). کمپوست که مخلوطی فرآوری شده از مواد آلی می باشد از دیر باز به دلیل اثرات اصلاح کنندگی خاص و منحصر به فردی که بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه رشد و افزایش محصول دارد مورد توجه کشاورزان قرار داشته است (سوبلر و همکاران، ۱۹۹۸). به همین دلیل یکی از صنایع جانبی بخش کشاورزی تولید انواع مختلف کمپوست از مواد اولیه آلی متفاوت می باشد. ورمی کمپوست در واقع حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است که توسط گروه خاصی از کرمهای کمپوستی و به کمک برخی از ریز موجودات خاکزی خصوصاً باکتریها و اکتینومیستها انجام می‌پذیرد (مانا و همکاران، ۲۰۰۳). پودرها و مواد توده‌ای برای فرآوری لازم است حمل و یا انبار شوند. لذا خصوصیات جریان‌پذیری این مواد برای انتقال و انبارداری اهمیت دارد. بخصوص تخلیه این مواد از مخازن ممکن است با مشکلات جدی روبه‌رو باشد برای غلبه بر این مشکلات توجه به خواص جریان پذیری این مواد ضروری است. جریان پذیری ورمی کمپوست ممکن است تحت تاثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی، تغییرات محیطی، نقص در طراحی تجهیزات، اندازه ذرات، شکل، ساختار سطح، توزیع اندازه ذرات، محتوای رطوبت، شرایط فشاری ذرات و زمان انبارداری قرار گیرد. جریان‌پذیری پودر همچنین به هندسه تجهیزات بستگی دارد، چرا که تجهیزات باید براساس خواص و ویژگی‌های ذرات طراحی شوند و نباید صرفا بر اساس فرمول‌هایی که برای چند پودر به دست آمده طراحی شوند (فرییمن، ۱۹۷٦). استاندارد ISO 435، استفاده از زاویه استقرار برای کمی کردن چسبندگی مواد دانه‌ای

[1]. Mucus

را بیان می‌کند. زاویه استقرار استاتیکی زاویه ایست که سطح یا امتداد کپه مواد توده‌ای با افق می‌سازد و زاویه استقرار دینامیکی زاویه ایست که سطح مایل مواد توده‌ای در داخل استوانه دوار در حال گردش با سطح افق می‌سازد (کایین، ۲۰۰۲). روش جعبه کج و قیف ثابت برای اندازه گیری زاویه استقرار استفاده کردند و از آنجایی که اندازه‌گیری زاویه استقرار برای مواد چسبنده مشکل می‌باشد از مخلوطی از مواد دارای جریان پذیری خوب با این مواد چسبنده استفاده کردند. تعیین زاویه استقرار با ترکیبات متفاوت و پیش بینی نمودار زاویه ترکیب از روی شواهد، محققین برای بدست آوردن زاویه استقرار تئوری برای مواد چسبنده قادر ساخت (ریلی و همکاران، ۱۹۷۸). در روشی دیگر از یک جعبه برای تعیین زاویه استقرار مواد استفاده شده است. دراین روش ابتدا جعبه را تا ارتفاع معینی از مواد مورد نظر پر کرده و سپس دریچه کشویی آن را بالا می‌کشند تا مواد از طریق آن دریچه جریان یابد زاویه استقرار با اندازه گیری زاویه‌ای که مواد پس از جریان در داخل جعبه با سطح افق می‌سازند بدست می‌آید (کاراباها، ۲۰۰٦). در نهایت وضعیت جریان پذیری با توجه به جدول(۱) تعیین می‌گردد.

جدول 1: انواع‌طبقه بندی‌جریان‌پذیری‌پودربراساس زاویه استقرار

زاویه استقرار(درجه)	توصیف
۲۵-۳۰	جریان خیلی آزاد
۳۰-۳۸	جریان آزاد
۳۸-٤۵	جریان روان تا ممکن
٤۵-۵۵	چسبنده
>۵۵	خیلی چسبنده

با توجه به اینکه درصد محتوای رطوبت اندازه ذرات و جرم حجمی و زاویه استقرار کود ورمی کمپوست به صورت تودهای جهت انبارداری و تبدیل آن به پلت از اهمیت بالایی برخوردار است در این تحقیق این موارد فوق مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

نحوه‌ی تهیه‌ی کود ورمی کمپوست

ورمی کمپوست تولیدی مورد استفاده در این مطالعه از واحد تولید ورمی کمپوست واقع در دانشکده کشاورزی از استان تهران-شهرستان صفادشت عمل آوری شد و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نحوه‌ی اندازه‌گیری رطوبت، ابعاد و وزن کود

برای تعیین محتوای رطوبت اولیه کود سه نمونه ۱۰۰ گرمی از کود طبق استاندارد ASAE S358.2 در داخل آون ساخت شرکت آبی‌آسا با دمای ۱۰۳±۳°C به مدت ٤۸ ساعت قرار داده شد. محتوای رطوبت طبق رابطه‌ی (۱) بر پایه‌ی تر و رابطه‌ی (۲) بر پایه خشک سنجیده شد.

$$M_{w.b.} = \frac{W_w}{W_t} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \quad (۱)$$

$$M_{d.b.}\% = \frac{w_w}{w_d} \times 100 \quad (۲)$$

که در این روابط:

$M_{w.b.}$= رطوبت کود بر مبنای تر(٪)؛ w_w= وزن آب موجود در کود(gr)؛ w_t= وزن کل کود(gr)؛ w_d= وزن ماده خشک موجود در کود(gr)؛ $M_{d.b.}$= رطوبت کود بر مبنای خشک (٪).

نحوه تهیه نمونه کود ورمی کمپوست با طوبت مورد نظر

برای تهیه نمونه‌هایی با سطوح رطوبتی مورد نظر برای هر آزمایش، با آب‌پاش به کود آب مقطر اضافه گردید مقدار آب اضافه شده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$m_w = \frac{m_i(M_{wf} - M_{wi})}{1 - M_{wf}} \quad (۳)$$

که در این رابطه:

m_w= جرم آب اضافه شده(gr)؛ m_i= جرم اولیه کود تر(gr)؛ M_{wi}=رطوبت اولیه کود بر مبنای تر(٪)؛

M_{wf}= رطوبت نهایی بر مبنای تر(٪).

پس از اضافه نمودن آب مقطر، نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در کیسه‌های پلاستیکی در بسته، در یخچال با دمای پنج درجه سلسیوس نگهداری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در نمونه‌ها توزیع شود. برای تعیین مقدار واقعی رطوبت نمونه‌ها پنج نمونه ۱۰ گرمی از هر سطح رطوبتی در آون قرار داده شد.

جرم حجمی توده

عموماً جرم حجمی توده با اندازه‌گیری جرم مواد بر واحد حجم ظرف اشغال شده توسط توده تعیین می‌شود. جهت اندازه‌گیری جرم حجمی توده کود از استوانه‌ای مدرج با حجم معادل ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب استفاده شد. با یک قیف ثابت، پودر کود درون ظرف ریخته شد از رابطه (٤) و طبق شکل(۱) اندازه‌گیری جرم حجمی توده در سه تکرار انجام شد.

شکل۱: استوانه مدرج جهت اندازه گیری دانسیته توده

$$\rho_b = \frac{M}{V} \qquad (٤)$$

که در این رابطه:

M =جرم کود (g) ، V =حجم ظرف (cm^3) ، ρb =جرم حجمی کود (g/cm^3).

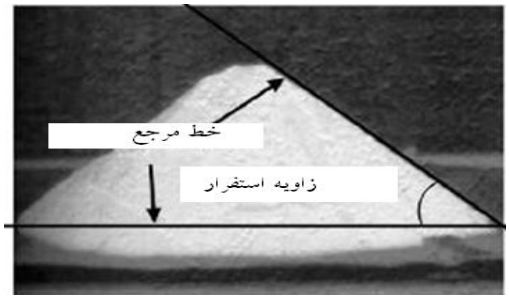
زاویه استقرار طبیعی

زاویه استقرار طبیعی به این طریق محاسبه شد در این روش که توسط بومن۲ تعریف شده است، ابتدا کود را در یک استوانه به قطر تقریبی ۱۵ سانتی متر ریخته و به آرامی استوانه بالا کشیده شد تا کود به طور طبیعی یک مخروط را تشکیل دهد (شکل۲). پارامتر مورد نظر را می توان توسط رابطه (۵) محاسبه کرد.

$$\varphi_d = \tan^{-1}(\frac{2H}{D}) \qquad (۵)$$

φ_d، زاویه استقرار طبیعی H، ارتفاع مخروط و D قطر مخروط بر حسب سانتی متر می‌باشد.

دوربین را روی سطح هم تراز با قاعده مخروط کود تشکیل شده قرار داده شد و پس از عکسبرداری دو خط را دقیقاً بر روی یال‌های مخروط و خط سوم را منطبق با قاعده مخروط ترسیم شد و سپس زاویه تشکیل شده بین قاعده و یال‌های مثلث تشکیل شده قرائت شد از محاسبه زاویه استقرار طبیعی توسط روش عکس برداری با دوربین دیجیتال و تعیین زاویه مورد نظر با نرم‌افزار AutoCAD انجام شد (شکل ۲).



شکل ۲: توده ریخته شده بر روی زمین و خط مماس بر یال توده جهت اندازه گیری زاویه توده

نتایج و بحث

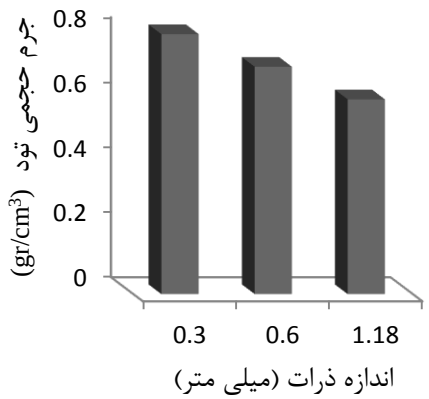
جرم حجمی توده

اندازه‌گیری جرم حجمی توده برای پودر ورمی‌کمپوست با اندازه سوراخ‌های (مش‌های) ۰/۳، ۰/٦ و ۱/۱۸ میلی‌متر در سطح رطوبتی ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪، ٤۰٪ و ۵۰٪ بر پایه تر انجام شد. شکل(۳) تاثیر اندازه ذرات را بر روی جرم حجمی توده پودر ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد که با افزایش اندازه ذرات از ۰/۳ به ۱/۱۸ میلی‌متر جرم حجمی توده از محدوده ۰/۸۵ به ۰/٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش می‌یابد. با افزایش اندازه ذرات حجم ذرات افزایش

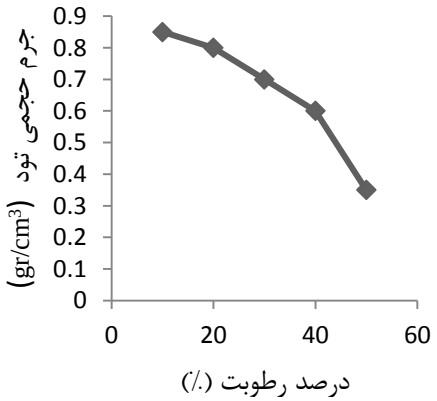
[2]. Bouman

می‌یابد که لذا با توجه به این مهم که در یک ظرف با حجم ثابت اگر ذرات با اندازه بزرگتر ریخته شود در برخی نواحی بدلیل ایجاد پل جامد تعداد کمتری از ذرات در واحد حجم جای می‌گیرند لذا جرم بر واحد حجم کاهش می‌یابد و در نتیجه جرم حجمی توده کاهش می‌یابد.

شکل(٤) تاثیر رطوبت بر جرم حجمی توده را نشان می‌دهد. می‌توان دریافت که با افزایش رطوبت از ۱۰٪ به ۵۰٪ (مبنای تر) جرم حجمی توده ورمی‌کمپوست ۰/۸۵ تا ۰/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش یافته است. عموماً چگالی توده با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و این بیانگر این است که افزایش حجم پودر ورمی‌کمپوست بیشتر از مقدار حجم آب اضافه شده به توده می‌باشد. لذا در طراحی تجهیزات لازم برای مدیریت، انبارداری و حمل و نقل ورمی‌کمپوست با افزایش رطوبت فضای بیشتری بهتر است در نظر گرفت.



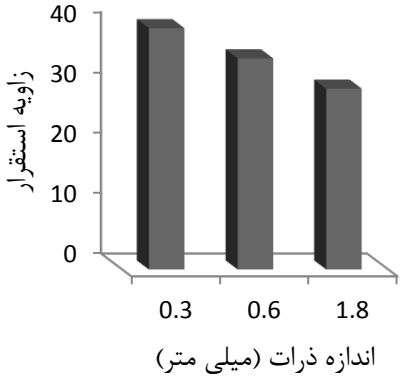
شکل۳: نمودارستونی‌تاثیراندازه ذرات برجرم‌حجمی توده



شکل ٤: نمودار تاثیرات رطوبت بر جرم حجمی توده

نتایج تعیین زاویه استقرار طبیعی

نتایج حاصل از بررسی زاویه استقرار شکل(۵) نشان داد که در این نمودار محور افقی نشان‌دهنده اندازه الک مورد استفاده و محور عمودی نشان دهنده زاویه استقرار طبیعی به دست آمده برای کود ورمی کمپوست است. با بررسی نمودارهای مرتبط با زاویه استقرار طبیعی در این مطالعه در خواهیم یافت که با افزایش اندازه ذرات کود ورمی کمپوست مقدار زاویه استقرار طبیعی کاهش تدریجی دارد.



شکل ۵: نمودار تاثیرات اندازه ذرات بر زاویه استقرار توده

نتیجه گیری

چگالی توده با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و این بیانگر این است که افزایش حجم پودر ورمی‌کمپوست بیشتر از مقدار حجم آب اضافه شده به توده می‌باشد. با افزایش اندازه ذرات از ۰/۳ به ۱/۱۸ میلی‌متر جرم حجمی توده در محدوده ۰/۸ به ۰/٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مربوط به زاویه استقرار نشان می‌دهد که با کاهش اندازه ذرات ضریب اصطکاک داخلی مواد افزایش پیدا کرده و درنتیجه زاویه استقرار افزایش می‌یابد.

مراجع

۱. علیخانی، ح. ۱۳۸۵. پرورش کرمهای مولد ورمی کمپوست و کشاورزی پایدار. آییژ. تهران. ١٦٤.
۲. ارزانش م. ح. و عباسی ن. ۱۳۹۰. ورمی کمپوست از تولید تا مصرف. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی.
3. ASAE. 1998. Standards S269.4 Cubes, Pellets and Crumbles-Definitions and Methods for Determining Density, Durability and Moisture Content ASAE DEC96. Standard S358.2 Moisture Measurement-forages. ASAE, St. Joseph, MI.
4. Cain, J. 2002. An alternative technique for determining ANSI/CEMA standard 550 flowability ratings for granular materials', *Powder Hand. Proc.*, 14 (3), 218-220.
5. Freeman, R. 1976. The flowability of powders-an empirical approach', Int. Conf. Powder & Froix, M. and Goedde, A., The effect of temperature on the cellulose/water interaction from NMR relaxation times. *Macromol.* 9 428-430.,
6. Gupta, P.K. 2003. Why vermicomposting? In: Vermicomposting for sustainable agriculture, Agrobios (India), Agro House, Jodhpur, pp.14-25.

7. Ismail, S.H. Joshi, P. and Grace, A. 2003. The waste in your dustbin is scarring the environment – The technology of composting, Advanced Biotech (II) 5: 30-34.
8. Karababa, E. 2006. Physical properties of popcorn kernels. J. Food Eng. 72: 100-107.
9. Manna, M. C., Ghosh J. S., and Anharya C. L. 2003. Comparative efficacy of three epigeic earthworms under different deciduous forest litters decomposition, Bioresource Tecn., V-88-3, P: 197-206.
10. Riley, G. S. Mann, S. and R. O. 1978. JesseAngle of repose of repose of repose of cohesive powders, *J. Powder* & Bulk Sol. Technol., 2 (4), 1978, 15-18.
11. Sathe, T. V. 2005. Vermicuture and organic farming, Days publishing house, Dehli, India,
12. Subler, S. Edwards, C. and Metzger J.D. 1998. Comparing vermicompost and compost. Biocycle, V (12): 63-66.

Investigation of the physical properties of vermicompost

Abstract

Organic waste processing in various ways such as incineration, landfill and recycling can be done in certain places and is possible. One of the best methods of municipal waste recycling technology, vermicompost production is in the powder form and are sure to be processed and shipped or stored so the density and flow properties of these materials is important for transport and storage. Especially unloading the materials from containers may be faced with serious problems due to flow of materials. Since the moisture content and particle size on the density and particle size affect the angle of repose manure vermicompost the study of the five levels of moisture content (10, 20, 30, 40 and 50 %w.b) and the three levels particle size (0.3, 0.6 and 1.8) in bulk density and the angle of repose internal friction. The results showed that the bulk density decreases with increasing moisture and with increasing particle size from 0.3 to 1.18 mm bulk density in the range of 0.80 to 0.6 grams per cubic centimeter is reduced. Also the result of the angle of repose showed that the internal friction coefficient increased with a reduction of the particle size and thus the angle of repose increases.

Keywords: vermicompost, physical properties, angle of repose, density.