نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

طراحی راکتور جریان مداوم برای تولید نیمه مکانیزه ورمی کمپوست

مرضیه یوسفی[۱*]، سید حنیف رضا معتمدالرشریعتی[۲] و مرتضی یوسفی[۳]

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

۳- دانش آموخته مقطع کاردانی ساخت و تولید ـ ماشین ابزار دانشگاه علمی کاربردی شهید بابایی قزوین

ایمیل مکاتبه کننده: mzyousefi@ut.ac.ir

چکیده

امروزه در بسیاری از جوامع پیشرفته صنعتی ورمی کمپوست به عنوان حلقه‌ی اساسی در تولیدات کشاورزی به شمار می‌آید. با توجه به مزایای مشاهده شده برای تولید ورمی کمپوست با استفاده از راکتور جریان مداوم تصمیم به طراحی دستگاه مطابق با نیازهای تولید کارگاهی (فضای سرپوشیده و تحت کنترل) گرفته شد. پارامترهای اصلی طراحی راکتور مورد نظر شامل سادگی در عین دقت در اجرای عملیات، کنترل شرایط محیطی بستر تولید با توجه به نیازهای کرم‌ها، هزینه‌ی تمام شده پایین ساخت راکتور و کاهش دادن ساعت کارکرد نیروی انسانی برای تولید هستند. در این مقاله، طراحی یک راکتور جریان مداوم تشریح و برخی از پارامترهای اصلی طراحی ارائه شد. راکتور طراحی شده را می‌توان در مقیاس کوچک برای محیط‌های بسته کارگاهی با کنترل دما ۱۵ تا ۲۵ °C در نظر گرفت. حداکثر ظرفیت دوره‌ی ۳ ماهه راکتور حدود ۲ تن مخلوط پسماند آلی و کرم محاسبه شد. در سامانه مدیریتی تولید ورمی کمپوست با استفاده از راکتور جریان مداوم انتظار می‌رود بازده کاری از نظر دقت و سرعت تولید افزایش یابد. همچنین عدم نیاز به جابجایی بستر مواد و کرم‌ها سبب کاهش ساعت کارکرد و فشار کار نیروی انسانی و افزایش تولید در مقایسه با تولید به روش سبدی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ورمی کمپوست، راکتور جریان مداوم، طراحی و ساخت.

مقدمه و هدف

امروزه در بسیاری از جوامع پیشرفته صنعتی ورمی کمپوست به عنوان حلقه‌ی اساسی در تولیدات کشاورزی به شمار می‌آید. پسماندهای آلی بوجود آمده در فرآیندهای کشاورزی توسط کرم‌ها تجزیه شده و به مواد فوق العاده ارزشمند برای خاک و گیاهان تبدیل می‌شود. از طرفی ورمی کمپوست با ایجاد حالت بافری مانع از تنش‌های شدید ناشی از مصرف بی رویه بسیاری از کودهای شیمیایی شده و به تناسب آن مسمومیت حاصل از مصرف این نوع کودها به حداقل می‌رسد. بنابراین

تولید ورمی کمپوست فرآیندی لازم برای دستیابی به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود(www.irvermicompost.com). از جمله روش‌های مطرح تولید کود ورمی کمپوست استفاده از سامانه پشته‌ای، سامانه‌های جعبه‌ای و راکتورها هستند (شکل ۱، ۲ و ۳). متناسب با روش تولید شرایط برای فعالیت کرم‌ها باید از نظر دما (۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس)، اسیدیته (٦/۸ تا ۷/۸)، رطوبت (٦۰ تا ۷۰ درصد) و تهویه مناسب باشد. به منظور برداشت ورمی کمپوست و جدا سازی کرم‌ها از محصول تولید شده روش‌های دستی، مهاجرت کرم‌ها و روش‌های مکانیکی مطرح هستند.

سامانه‌های پشته‌ای و جعبه‌ای را می‌توان به عنوان دو روش غیر مکانیزه متعارف به حساب آورد. نیروی انسانی زیادی برای جا یه جایی بسترها و عملیات‌های ضروری نیاز است. همچنین در هنگام غربال کردن یا سرند با کیفیت نامطلوب، تلفات کرم تا بیش از ۳۰٪ می‌رسد. زیر و رو کردن مخلوط همراه کرم‌ها سبب ایجاد استرس برای کرم‌ها می‌شود و در نتیجه تولید کود و کرم دچار وقفه می‌شود. در روش تولید ورمی کمپوست در راکتور مزایایی از قبیل استریل بودن مکان کارگاه، کنترل بیشتر بر فرآیند و المان‌های تولید از جمله رطوبت و دما، کاهش چشم گیر نیاز به نیروی انسانی، امکان هوادهی به بستر بدون نیاز به زیر و رو کردن آن، تولید مثل بالای کرم و ازدیاد کوکون و لارو نسبت به روش سنتی (پشته‌ای)، تغذیه روزانه کرم‌ها در مقابل تولید و برداشت روزانه ورمی کمپوست، وارد نشدن تنش و استرس به کرم‌ها، بدون نیاز به جداسازی کوکون از کود، اختصاص فضای بسیار کم با توجه به راندمان کاری بالا، امکان تولید در حجم بالا بدون نیاز به کارگاه با مساحت زیاد، برداشت حدود ٤۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هر متر مربع قابل اجرا است.

با توجه به مزایای ذکر شده برای تولید ورمی کمپوست در راکتور نسبت به روش‌های دیگر تصمیم به طراحی یک واحد راکتور مطابق با نیازهای تولید کارگاهی (فضای سرپوشیده و تحت کنترل) گرفته شد. پارامترهای اصلی طراحی راکتور مورد نظر شامل سادگی در عین دقت در اجرای عملیات، کنترل شرایط محیطی بستر تولید با توجه به نیازهای کرم‌ها، هزینه‌ی تمام شده پایین ساخت راکتور، کاهش دادن ساعت کارکرد نیروی انسانی برای تولید هستند.

بررسی‌های اولیه‌ی موضوع نشان داد که تحقیقات اندکی در روش‌های اجرای تولید ورمی کمپوست انتشار یافته است. بیشتر تحقیقات انجام شده در ایران وضعیت کرم‌ها و کیفیت کود زیستی تولید شده را مورد بررسی قرار دادند (علیخانی و همکاران، ۱۳۸۹)(ابراهیمی خیر آبادی و همکاران، ۱۳۹۲)(رحمن زاده بهرام و همکاران، ۱۳۹۱). تنها مانیوچی و همکاران (۲۰۱۳) به منظور تغذیه و برداشت همزمان ورمی کمپوست راکتور جریان مداومی به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰×۵۰۰ با ظرفیت ۷۵۰۰ کیلوگرم مواد طراحی کردند و تولید ورمی کمپوست در این روش را مورد بررسی قرار دادند. راکتور طراحی شده در این تحقیق شبیه به راکتورManyuchi et al اما در ابعاد کوچکتر است.

شکل ۱: سامانه پشته ای

شکل ۲: سامانه جعبه‌ای

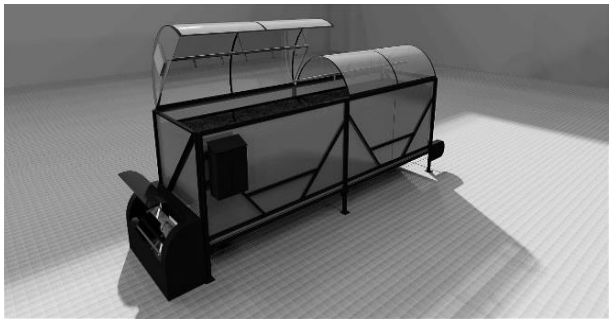
شکل ۳: راکتور

مواد و روش‌ها

معرفی راکتور جریان مداوم ورمی کمپوست

شناخت نیازهای زیستی و تغذیه‌ای کرم‌ها در طراحی راکتور اهمیت به سزایی دارد. کرم‌ها به طور فعال به سوی محیط ایده‌ال تغذیه‌ای (رطوبت و مواد غذایی تازه) حرکت می‌کنند، بنابراین به خوبی می‌توان از این رفتار کرم‌ها در طراحی راکتور که محیط زندگی کرم‌ها خواهد بود استفاده کرد. با تنظیم رطوبت سطح مواد مورد تغذیه کرم‌ها، این احتمال برای حضورشان در لایه‌ی سطحی از بستر مواد داخل راکتور خیلی بالاست. از سوی دیگر با توجه به خروج انتخابی کرم‌ها از کمپوست تولید شده در لایه‌های زیرین می‌توان خروجی مواد را در کف راکتور طراحی کرد. راکتور تولید ورمی کمپوست طراحی شده در شکل ٤ نشان داده شده است. ابعاد دستگاه مناسب برای فضای کارگاهی مورد نظر ۱۲۰×۱۰۰×٤۰۰ سانتی متر بود. کرم‌ها همواره در سطح فوقانی دستگاه مشغول تغذیه و تخم گذاری هستند و همانطور که ذکر شد بصورت روزانه تغذیه می‌شوند. پس نیازی به جابجا کردن و هوادهی نیست. به همین خاطر هیچ استرسی به کرم‌ها وارد نشده و تولید کود و کرم در دستگاه

دچار وقفه نمی‌گردد. در کف دستگاه برای جداکردن ورمی کمپوست تولید شده یک تیغه به عرض ۱ متر طول دستگاه را می‌پیماید و ورمی کمپوست آماده شده را به سینی زیر دستگاه جهت انتقال به نقاله‌های هدایت کننده به سمت کوره‌ی خشک کن، گرانول ساز و بسته بندی می‌ریزد. عملیات برش یا برداشت ورمی کمپوست تولید شده نیز با توجه به مقدار کرم موجود در راکتور می‌تواند به صورت روزانه (مانند تغذیه روزانه کرم‌ها) باشد.



شکل ٤: راکتور تولید ورمی کمپوست طراحی شده

طراحی و ساخت

شاسی راکتور از قوطی و نبشی‌های فلزی ساخته شد. برای پوشاندن سطوح از صفحات پلی کربنات بهره گرفته شد که مقاومت لازم برای تحمل حدود ۲ تن مخلوط ورمی کمپوست و کرم را دارد. موتور استفاده شده برای بخش تیغه متحرک از نوع تک فاز با توان یک اسب بخار با گیربکس ۱/٤۰ استفاده شد. تابلو برق نصب شده روی راکتور از نوع تک فاز با کنترل مدار و واحد محافظ در محل نمای جلوی تصویر ۲ قابل مشاهده است. به منظور تنظیم رطوبت در سطح مواد پسماند آلی برای تغذیه کرم‌ها در درب پوششی راکتور نازل‌های پاشش آب از نوع مخروطی توپر تعبیه شد تا به صورت مکانیزه رطوبت در سطح ٤۵ تا ۷۵ درصد نگهداری شود. ظرفیت راکتور با توجه به حجم داخل دستگاه حدود ۲ تن محاسبه شد به طوری که برای بهینه‌ترین عملکرد برای تولید ورمی کمپوست ۳۵۰ تا ٦۵۰ کیلوگرم مواد پسماند آلی برای تغذیه در متر مکعب در نظر گرفته می‌شود (Manyuchi et al, 2013). فرآیند تولید ورمی کمپوست یک واکنش غیر گرمازا است، بنابراین کنترل شرایط دمایی محیط آسان است و تهویه لازم نیز با توجه به حرکت کرم‌ها در مواد پسماند آلی ایجاد می‌شود. پارامترهای طراحی راکتور جریان مداوم در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: پارامترهای طراحی راکتور جریان مداوم

پارامترهای راکتور	واحد اندازه‌گیری	مشخصه
ابعاد راکتور	cm	٤۰۰×۱۰۰×۱۲۰

ظرفیت راکتور	kg	۲۰۰۰
دمای کاری محیط	°C	۲۵-۱۵
رطوبت بستر	٪	۷۵-٤۵
موتور	hp (اسب بخار)	۱
گیر بکس	-	۱/٤۰
تابلو برق	-	تک فاز با کنترل مدار و واحد محافظ
جنس بدنه	-	پلی کربنات

نتایج و بحث

عملکرد راکتور جریان مداوم ورمی کمپوست

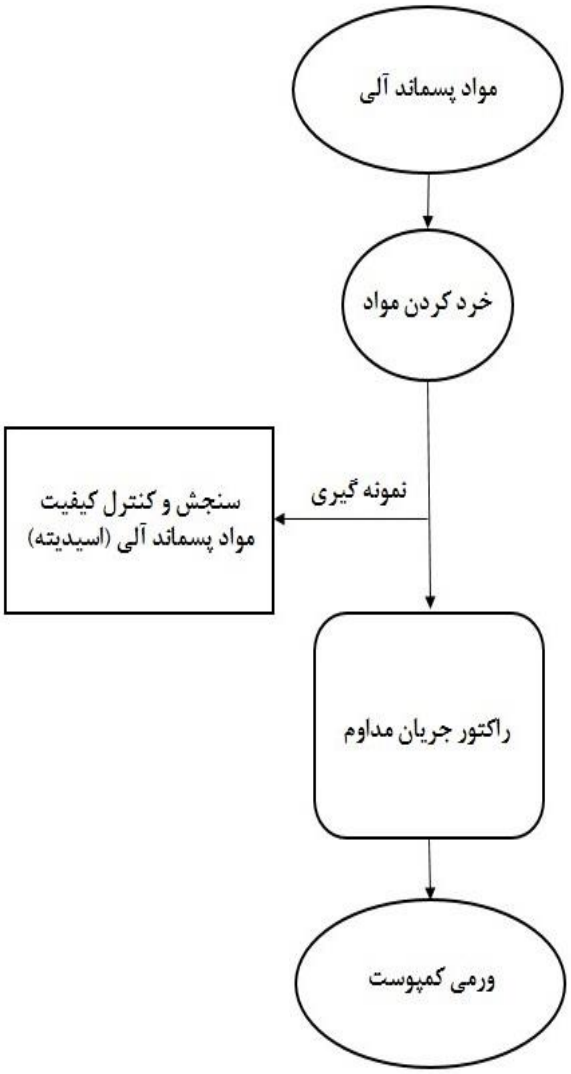
باید توجه داشت که کرم‌ها در روز یک تا سه برابر وزن خود غذا می‌خورند و در شرایط مناسب هر هفته تولید مثل می‌کنند. استفاده از ظرفیت نهایی راکتورها مستلزم تامین کرم مورد نیاز برای ظرفیت نهایی طراحی شده راکتور تولید ورمی کمپوست است. به همین دلیل در استفاده از راکتورها تا رسیدن تعداد کرم‌ها به اندازه مطلوب ضروری است که در ابتدا از میزان کمتری پسماند آلی ورودی استفاده گردد تا با تکثیر و افزایش کرم‌ها به مرور مبادرت به افزایش پسماند تا ظرفیت نهایی گردد. در ابتدای استفاده از راکتور بهتر است روزانه کمتر از نیم کیلو پسماند آلی وارد راکتور شود، پس از آن که تعداد کرم‌ها افزایش یافت می‌توان هر روز برابر با تعداد کرم موجود در راکتور ضرب در نیم گرم غذا داد. لازم است که تغذیه مواد پسماند آلی به صورت پخش یکنواخت در سطح انجام شود.

شرایط محلی مناسب برای عملکرد خوب راکتور در فضایی گرم، مرطوب و تاریک است. در صورتی که نسبت صحیحی از کرم و مواد غذایی مناسب وارد راکتور شود بعد از گذشت حدود ۲ تا ۳ ماه از تاریخ اولیه بارگذاری راکتور از ریختن هر نوع ماده‌ی غذایی تازه خود داری شود زیرا در این زمان باید محتویات داخل راکتور به رنگ قهوه‌ای و به صورت خاک همراه با کرم درآمده باشد.

دوره‌های تغذیه کرم‌ها در راکتور ۳ ماهه در نظر گرفته می‌شود. پس از ۳ ماه، ورمی کمپوست تولید شده در قسمت‌های تحتانی راکتور جمع می‌شوند. در این زمان رطوبت باید حداقل ۲۰ تا ۳۰ درصد باشد تا بتوان ورمی کمپوست را از قسمت انتهایی دستگاه تخلیه کرد. بنابراین آبپاشی نیز از مدتی قبل باید متوقف شود. دیاگرام فرآیند تولید ورمی کمپوست با استفاده از راکتور جریان مداوم در شکل ۵ نشان داده شده است.

برای جلوگیری از مشکلاتی مثل بوی بد و تجمع جانوران موذی (مگس، پشه، سوسک) بهتر است که هنگام وارد کردن پسماندهای آلی تازه به راکتور، بستر موجود در راکتور را به کناری رانده و پسماند آلی را در طرف دیگر بریزید و سپس

بستر قدیمی را روی آن بپوشانید. در اولین روزهای وارد کردن زباله نیز که هنوز بستری در راکتور موجود نیست، بهتر است پسماندهای آلی را با مقداری خاک تمیز بپوشانید. این لایه‌ی محافظ موجب نگهداری محیط تهیه ورمی کمپوست می‌شود.



شکل ۵: دیاگرام فرآیند تولید ورمی کمپوست

نتیجه‌گیری

تولید ورمی کمپوست حاصل فرآیند زیستی و طبیعی است که می‌تواند چرخه‌ی بازگشت مواد پسماند آلی را تسریع بخشد. بکار گیری روش‌های مکانیزه سبب تسریع و تسهیل در امر تولید ورمی کمپوست می‌شود، همچنین مدیریت چرخه‌ی بازگشت مواد پسماند آلی به طبیعت با غنا و خاصیت کودی هر چه بیشتر از سه عنصر NPK اهمیت زیادی از جنبه‌های زیست محیطی و نیز تقویت خاک مزارع کشور دارد.

در این مقاله، طراحی یک راکتور جریان مداوم تشریح شد و برخی از پارامترهای اصلی طراحی ارائه شد. راکتور طراحی شده را می‌توان در مقیاس کوچک برای محیط‌های بسته کارگاهی با کنترل دما در نظر گرفت. حداکثر ظرفیت دوره‌ی ۳ ماهه راکتور حدود ۲ تن مخلوط پسماند آلی و کرم محاسبه شد. در سامانه مدیریتی تولید ورمی کمپوست با استفاده از

راکتور جریان مداوم انتظار می‌رود بازده کاری از نظر دقت و سرعت تولید افزایش یابد. همچنین عدم نیاز به جابجایی بستر مواد و کرم‌ها سبب کاهش ساعت کارکرد نیروی انسانی و به خصوص کاهش چشمگیر فشار کاری روی کارگران در مقایسه با تولید به روش سبدی می‌شود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر محمد شریفی برای راهنمایی صمیمانه ایشان در نگارش این مقاله تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مراجع

ابراهیمی خیر آبادی، ج. ، بیهودی زاده، د. ۱۳۹۲. بررسی نحوه تبدیل زباله خانگی به ورمی کمپوست در مبدا و مزایای این روش. اولین کنفرانس ملی خدمات شهری و محیط زیست.

۲. علیخانی، ح. رحمت پور، س. میر سید حسینی، س. ح. خلیلی، ر. ۱۳۸۹. اثر روش‌های مختلف تهیه ورمی واش بر برخی ویژگی‌های زیستی آن. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصولات سالم.

۳. رحمن زاده بهرام، ه. کیانمهر، م. ح. حسن بیگی، س. ر. ولایی، ا. ۱۳۹۱. ایجاد فناوری‌های نوین برای طراحی سیستم‌های تولید و فرآوری ورمی کمپوست با محوریت مدیریت مکانیزه پسماندهای شهری و روستایی. ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند.

4. www.irvermicompost.com

5. Manyuchi, M. M. Chitambwe, T. Muredzi P. and Kanhukanwe, Q. 2013. Continuous flow-through vermireactor for medium scale vermicomposting. Asian Journal of Engineering and Technology (ISSN: 2321-2462), Vol. 01, Issue 01.

The design of a constant flow through vermireactor to semi-mechanized vermicomposting

Abstract

Nowadays in many advanced industrial societies, vermicompost is known as a key chain of agricultural productions. Considering the observed benefits of vermin-composting using a constant flow-through vermireactor, it is decided to design a vermireactor in accordance with the requirements of vermicomposting in a closed workshop under control. The main design parameters of vermireactor consist of simplicity of operation, careful control of production condition according to the worms' requirements, economical construction costs and reduction in labor needs in vermicomposting. In this paper, design of a constant flow-through vermireactor is explained and some of its main parameters are presented. The designed vermireactor can be applied in small scale of vermicomposting in a closed workshop with the temperature of 15 to 25 °C. The maximum capacity of a 400×100×120 cm vermireactor was estimated about 2000 kg of a mixture of organic waste after a period of 3 months. In the management system of vermicomposting using a a constant flow-through vermireactor, it is expected to increase production efficiency in terms of accuracy and rate of production. In addition, due to no need to move the mixture of substance the working pressure on labors reduces and the production increases (no shock on worms) in comparison to the basket method.

Keywords: "vermicompost", "constant flow through reactor", "design and construction".