طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه استاتیک پایل هوشمند تولید کمپوست با هوادهی فعال

احسان گوگونانی[۱*]، محمد حسین کیانمهر[۲]، بهزاد آزادگان[۳]، فرزین عباسی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
Googoonani@ut.ac.ir
۲- استاد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده

نیاز روزافزون به استفاده از کودهای ترکیبی در کشاورزی امروز، ضرورت کاهش و حذف استفاده از کودهای شیمیایی و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک، همگی دست یابی به دانش فنی، طراحی و ساخت دستگاه هوشمند تولید کمپوست در داخل کشور را به یک ضرورت تبدیل کرده است. هدف از انجام این تحقیق ساخت یک دستگاه هوشمند با کمترین نیاز به نیروی انسانی و کاستن انرژی مصرفی با تکیه بر سامانه‌های نوین الکترونیکی بود. اجزای دستگاه شامل مخزن، سیستم هوادهی، سیستم آب رسانی و واحد کنترل بود. در این تحقیق تاثیر عمق مخلوط بر دمای کمپوست مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با نفوذ از عمق 20cm به 60cm دمای توده ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: استاتیک پایل، ترموفیلیک، دما، عمق، کمپوست.

مقدمه

موجودات زنده از جمله گیاهان برای رشد، ادامه حیات و تولید مطلوب محصول نیاز به تغذیه متناسب و متعادل و در مقاطع زمانی مناسب دارد. امروزه مجامع مختلف علمی، تأثیر مخرب کودهای شیمیایی بر زیست بوم را مورد مطالعه و بررسی قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که وجود نیترات فراوان در آب های زیرزمینی و تصعید بخشی از این مواد در هوا، درصد بالای نیترات در مواد غذایی و انتقال آن از طریق مواد مصرفی به مصرف کننده، نتیجه استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی است. هم‌چنین استفاده از آن‌ها باعث کاهش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کاهش مقاومت گیاهان و محصولات کشاورزی در برابر آفات، فرسایش تدریجی و کاهش باروری خاک و به دنبال آن، از بین رفتن هوموس خاک می‌شود. در این راستا، برنامه‌ریزی‌هایی در دنیا برای تولید کمپوست کامل که می‌تواند جایگزین کودهای شیمیایی باشد صورت گرفته است. کودهای آلی از جمله کود دامی، کمپوست حاصل از زباله شهری و ورمی کمپوست دارای ارزش تغذیه‌ای بالائی برای

محصولات زراعی بوده و مصرف آن‌ها گامی موثر در روند توسعه کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست خصوصاً تأمین نیتروژن برای زمین می‌باشد (بای‌بوردی و همکاران، ۱۳۸۶). کمپوست عبارت است از تجزیه کنترل شده مواد آلی در حرارت و رطوبت مناسب بوسیله باکتری‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها و سایر میکروارگانیسم-های هوازی و یا غیر هوازی. کمپوست دارای قابلیت نگهداری آب زیاد بوده و با ممانعت کردن از شرایط خشک، نیاز آبی گیاه را کاهش داده و خاک اطراف ریشه گیاه را همواره مرطوب نگاه می‌دارد.

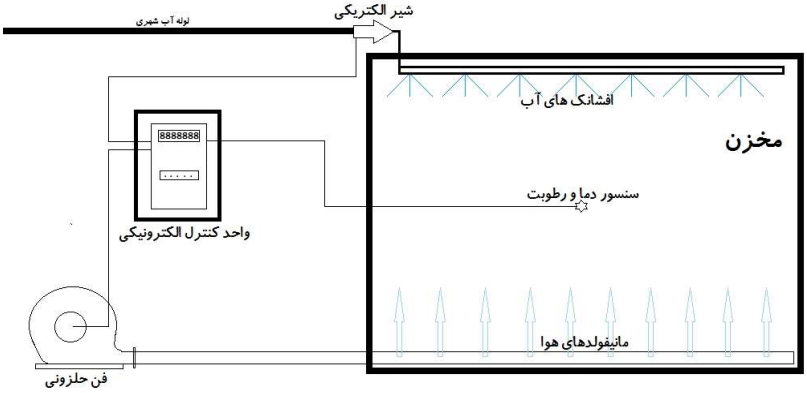
استفاده از کمپوست میزان مواد آلی خاک را افزایش داده و تبادلات اکسیژن، آب و موادمغذی مورد استفاده ریشه گیاه را ارتقاء می‌بخشد. هم‌چنین تبادلات کاتیون‌های خاک افزایش یافته و میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را بهبود می‌بخشد که در نهایت در اختیار ریشه گیاهان قرار می‌دهد و افزایش عناصر ماکرو و میکرو درون خاک را باعث می‌گردد. اثر دیگر کمپوست کامل بر خواص فیزیکی، کم کردن چسبندگی و فشردگی خاک است که از نظر کار با ماشین‌های کشاورزی اهمیت زیادی دارد. افزایش مواد عالی خاک باعث افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، کاهش رواناب و در نهایت کاهش فرسایش خاک در زمین‌های تپه‌ای می‌شود (Bazzoffi *et al.*, 1998) اگرچه در سال‌های اخیر در ایران تحقیقات زیادی در مورد تولید کمپوست از پسماندهای شهری و زایدات بخش کشاورزی صورت گرفته است، ولی به علت عدم کنترل پارامترهای موثر در فرایند تولید (دما، رطوبت و ...)، کمپوست نهایی یک ماده کامل نبوده و نیاز به کنترل دقیق این امر ضروری است. نیاز روز افزون به استفاده از کودهای ترکیبی در کشاورزی امروز، ضرورت کاهش و حذف استفاده از کودهای شیمیایی و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک دست یابی به دانش فنی، طراحی و ساخت دستگاه هوشمند تولید کمپوست در داخل کشور را به یک ضرورت تبدیل کرده است.

هزینه نیروی انسانی همواره یکی از اصلی ترین دغدغه های بخش تولید به شمار می رود. از سویی دیگر انرژی مصرفی نیز بر مشکلات این واحدها می‌افزاید. بنابراین در این تحقیق سعی بر آن بود با استفاده از دانش الکترونیک و بهره گیری از سنسور های دما و رطوبت، دستگاه تا حد ممکن مستقل از نیروی انسانی بوده و کمترین مقدار انرژی ممکن را مصرف کند. پایش دمای کمپوست ساده‌ترین راه برای تعیین نرخ و کیفیت فرایند تولید کمپوست است که می‌توان در طول فرایند از آن برای آنالیز کیفیت هوادهی به کمپوست بهره برد (Tiquia *et al.*, 1996a; Tiquia *et al.*, 1996b;). در حقیقت به خاطر رابطه مستقیم بین رفتار میکروارگانیزم‌ها و دمای فرایند، می‌توان از تغییرات دما به عنوان بهترین نشانگر کیفیت پروسه طی شده نام برد (Tiquia *et al.*, 1997). هدف از این مطالعه طراحی و ساخت دستگاه هوشمند تولید کمپوست بود. در این تحقیق کیفیت کمپوست تولید شده با پایش دمای مواد در طول فرایند مورد بررسی گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی و ساخت دستگاه هوشمند تولید کمپوست

هدف ساخت دستگاه با کمترین نیاز به نیروی انسانی و صرف کمترین انرژی برای تولید کمپوست بود. از این رو اقدام به ساخت دستگاهی با تکیه بر دانش روز و استفاده از سامانه خودکار الکترونیکی شد که نیازهای خود (از قبیل کنترل دما و رطوبت و ...) را بر طرف سازد. دستگاه ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. تصویر واقعی و شماتیک دستگاه هوشمند تولید کمپوست

ساخت مخزن

برای جلوگیری از خروج هوا از کف مخزن، جلوگیری از نشت رواناب، جلوگیری از ورود حشرات و حیوانات موذی درون توده و همچنین استحکام سازه؛ دیواره زیرین مخزن با طول 2.5m، عرض 3.5m، ارتفاع

0.25m و ضخامت 0.2m از بتون ساخته شد. بدین منظور از قالب استفاده و بتون‌ریزی شد. اسکلت مخزن از پروفیل‌های فلزی 40mm به ارتفاع 2.5m ساخته شد (شکل ۲). دیواره مخزن از ورق‌های فلزی گالوانیزه به ضخامت 1mm ساخته شد و با پیچ‌های مخصوص به اسکلت متصل شدند (شکل ۳).

شکل ۲. اسکلت مخزن دستگاه تولید کمپوست

شکل ۳. ورق‌های فلزی گاوانیزه برای دستگاه هوشمند تولید کمپوست

سیستم آب رسانی

سیستم آب‌دهی مخزن به شیر خودکار (Magnet Valve) مجهز شد. یک شبکه از لوله‌های مخصوص به قطر 10mm بر روی مخزن گذاشته شد و افشانک‌ها با فاصله‌های مساوی بر روی آن‌ها نصب شد تا آب به طور مساوی روی همه قسمت های مخزن پاشیده شود (شکل۴).

شکل ۴. سیستم آب‌رسانی دستگاه هوشمند تولید کمپوست

سیستم هوادهی

برای تهویه از سیستم هوادهی فعال (Active aeration) با فن و لوله‌های هوا در زیر دستگاه استفاده شد. برای این سیستم از لوله‌های U-PVC با قطر 100mm در کف مخزن استفاده شد که با فاصله‌های طولی 20cm در دو ردیف در زیر که با زاویه ۶۰ درجه نسبت به هم قرار داشتند سوراخ کاری شد. لوله‌ها در بیرون از مخزن به فن حلزونی با موتور 2890 rpm با قدرت ۱ اسب بخار و پره های با قطر 35cm متصل شدند (شکل۵).

شکل ۵. سیستم هوادهی دستگاه هوشمند تولید کمپوست

واحد کنترل

درون توده کمپوست از سنسورهای رطوبت نسبی (E083, MET One Instruments, United States) و دما (LM35 , National Semiconductor, Jap) استفاده شد. کنترل اتاقک ساخته شده با استفاده از میکروکنترلر ATmel ATmega16 صورت گرفت و شرایط لحظه‌ای اتاقک بر روی یک نمایشگر کاراکتری ۲×۱۶ نمایش داده می‌شد. برای کنترل دمای توده از دو روش سنسور و تایمر استفاده شد که در نهایت با فرمان پردازشگر به فن و روشن و خاموش کردن آن در زمان تعریف شده دما کنترل می‌شد. برای کنترل رطوبت نیز از سنسور استفاده شد و پردازشگر با فرمان دادن به فن و شیرهای آب رطوبت را کنترل می‌کرد. سیستم دارای صفحه کلید بود که بوسیله آن دما و رطوبت مطلوب توده، فواصل زمانی بین روشن و خاموش شدن فن، فواصل زمانی بین باز و بسته شدن شیر آب، مدت زمان روشن ماندن فن و مدت زمان باز ماندن شیر آب تعیین می‌شد. هم‌چنین سیستم قابلیت روشن و خاموش کردن فن و شیر به صورت دستی را نیز داشت (شکل۶).

شکل ۶. واحد کنترل دستگاه هوشمند تولید کمپوست

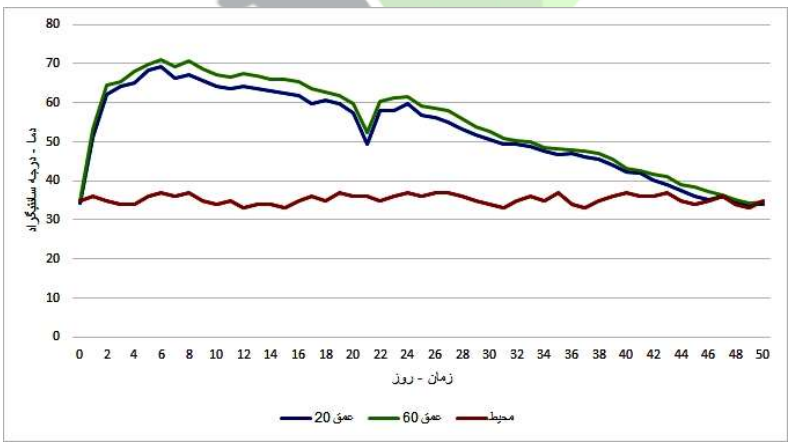
ارزیابی دستگاه

مواد بوسیله خرمن کوب پشت تراکتوری به اندازه‌های 1-2.5cm خرد شدند. ذرات خیلی ریز عامل ایجاد شرایط بی‌هوازی درون توده و ذرات خیلی درشت عامل جلوگیری از فعالیت‌های میکروبی بودند. آماده‌سازی مواد با توجه به نسبت کربن به نیتروژن و تخلخل صورت گرفت. نسبت کربن به نیتروژن باید حدود ۲۵:۱ تا ۳۰:۱ باشد. برای رسیدن به نسبت درست مواد با مقادیر مشخص با هم ترکیب شد. منابع کربن شامل تکه‌های چوب، کاه، کاغذ، برگ، خاک اره و منابع ازت شامل کود، علوفه تازه چیده شده بودند. نسبت وزنی مواد با توجه به موارد ذکر شده به صورت ۸ قسمت کود تازه گاو شیری تهیه شده در واحد گاوداری پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۱۲ قسمت علوفه و چمن تازه چیده شده محوطه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۱۰ قسمت برگ خشک شده جمع‌آوری شده از محوطه پردیس، ۱ قسمت شاخه‌های خشک خرد شده و ۰.۵ قسمت خاک اره درشت آماده شد. در حین مخلوط کردن مواد آب نیز به آن‌ها اضافه شد. رطوبت به اندازه‌ای بود که با گرفتن مواد در دست و فشار دادن آن مقدار چند قطره آب از آن خارج می‌شد که بهترین رطوبت مورد نیاز فرایند تولید کمپوست بود. مواد تا ارتفاع 2m درون مخزن ریخته شد. سیستم روی دمای 70°C و رطوبت ۶۰٪ تنظیم شد. هم‌چنین طبق زمان بندی فن هر ساعت به مدت ۵ دقیقه روشن و شیر آب هر روز به مدت ۱۵ دقیقه باز می‌شد. مواد درون مخزن در روز ۲۰ یک بار بیرون ریخته شده، پس از هم زدن دوباره وارد مخزن شدند. دمای توده کمپوست هر ۱۲ ساعت ثبت شد. سطح توده به ۹ قسمت تقسیم بندی شد و در هر ۹ قسمت یک بار دما در عمق 20cm و یک بار در عمق 60cm اندازه‌گیری می‌شد. دما با یک ترموکوپل نوع k و ترمومتر (TM-925, Lutron, Taiwan) اندازه‌گیری شد (شکل ۷).

شکل ۷. اندازه‌گیری دمای مخلوط در دستگاه هوشمند تولید کمپوست

نتایج و بحث

نتایج حاصل از میانگین دماهای ثبت شده در این تحقیق نشان داد دمای توده کمپوست در دو روز اول با جهشی قابل پیش بینی به دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از دو هفته حفظ این دما شاهد کاهش تدریجی دما به کمتر از ۶۰ درجه بودیم. جهش ناگهانی نمودار در روز ۲۰ به دلیل تخلیه مواد، مخلوط کردن و بارگیری مجدد بود و همان‌طور که مشاهده می‌شود. پس از این عملیات نمودار به مدت ۴ روز سیری صعودی به خود گرفت. پس از این مرحله دما به تدریج شروع به کاهش کرد که در نهایت پس از ۴۸ روز به دمای محیط رسید. اما نتایج حاصل از مقایسه دو نمودار نشان دهنده اختلاف قابل توجهی در دمای توده کمپوست در دو عمق ثبت شده بود. به طوری که در اکثر مواقع میانگین دما در عمق 60cm حدود ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد از میانگین دما در عمق 20cm بیشتر بود (شکل۸).



شکل ۸. اندازه‌گیری دمای توده کمپوست در دو عمق ثبت شده

منابع

۱- بای‌بوردی، ا. و م. ج. ملکوتی، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر منابع مختلف کود آلی (کود دامی ، کمپوست و ورمی کمپوست) بر کمیت و کیفیت پیاز قرمز آدرشهر در دو منطقه بناب و خسروشهر. علوم خاک و آب ۲۱: ۳۳-۴۳.

Bazzoffi, P., Pellegrini, S., Rocchini, A., Mmorandi, M., and O. Grasselli. 1998. The effect of urban refuse compost and different tractor tyres on soil physical properties, soil erosion and maize yield. Soil and Tillage Research 48: 275–286.

Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y., and I. J. Hodgkiss. 1996a. Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture content, Bioresource. Technology 55: 201–206.

Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y., and I. J. Hodgkiss. 1996b. Effects of compostingon phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. Environmental Pollution 93: 249–256.

Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y. and I. J. Hodgkiss. 1997. Effects of bacterial inoculum and moisture adjustment on composting of pig manure. Environmental Pollution 96: 161–171.

Design, Development and Performance Evaluation of a Static Pile Compost Producer with Active Aerator

Ehsan Googoonani[1*], Mohammad Hossein Kianmehr[2], Behzad Azadegan[3], Farzin Abbasi[4]

1- MSc Student, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran
googoonani@ut.ac.ir
2- Professor, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran
3- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Abouraihan, University of Tehran
4- MSc Student, Department of Agrotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran

Abstract

Increasing usage of biologic fertilizers, elimination of utilizing chemical compounds in agricultural fields and organic agriculture make development of intelligent compost producer systems necessary in Iran. The objective of this study was to reduce of human power for operating a compost producer system using electronic sensors and actuators. Constructed system included: tank, aerator system, irrigator and control unit. In this research, the effects of compound depth on biomass temperature were studied. Results showed that the temperature of biomass increased about 2-3°C with increase of depth from 20cm to 60cm.

Keywords: Compost, Depth, Static Pile, Temperature, Thermophilic Period.