

کمپوست سازی بیولوژیکی از برخی زائده های آلی کشاورزی و بررسی مدل های سینتیکی میکروارگانیسم ها

فتح اله غلامی بروجنی^۱، فاطمه نجات زاده^{۲*}

۱. گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ایران

۲. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران

چکیده

سابقه و هدف: هدف از انجام این مطالعه تعیین سرعت هوادهی و سینتیک های واکنش آن در کمپوست هوازی برخی از زائده های کشاورزی می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه به منظور ایجاد سرعت های هوادهی مختلف از چهار راکتور با هوادهی مکانیکی و یک راکتور با هوادهی طبیعی استفاده شده است. میزان تغییرهای غلظت دی اکسید کربن و دما در سه نقطه از راکتور پایش شده است. میزان رطوبت، pH و میزان مواد آلی به صورت روزانه پایش شد. متغیرهای کنترل کننده فرآیند (CO₂، دما، pH و میزان رطوبت) به عنوان عوامل مداخله کننده در فرآیند و تجزیه بیولوژیکی مواد آلی به عنوان پارامتر بررسی راندمان فرآیند به کار گرفته شده اند. در این مطالعه هفت مدل سینتیکی مختلف به منظور مدل سازی سرعت تجزیه بیولوژیکی مواد آلی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مواد با مخلوط چمن و زائده های گوجه فرنگی، سیب زمینی و هم چنین بادمجان به کار رفته است.

یافته ها: بر اساس نتایج به دست آمده چهار مدل سینتیکی از این مدل ها در این مطالعه کاربرد داشتند. این مدل ها با آنالیزهای آماری خطای مربعات میانگین ریشه ها (RMSE)، χ^2 و کارآمدی مدل سازی (EF) modeling efficiency آنالیز شدند. بر اساس آنالیزهای آماری این مدل ها، بهترین مدل انتخاب شده مدل زیر بوده است:

$$K_T = \frac{a}{T - (C.b)} \cdot \exp\left[\left((T.c) - \left(d \cdot \frac{M_c}{T}\right)\right)\right]$$

که در این مدل K_T سرعت تجزیه (gVS/gVS day)، T دمای فرآیند (°C)، M_c میزان رطوبت روزانه (%Wb)، C میزان روزانه دی اکسید کربن در راکتور (/) و a، b، c و d ثابت های واکنش می باشند.

بحث: بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، حداکثر تجزیه بیولوژیکی مواد آلی و میزان دما در نسبت هوادهی ۰/۴۱ هوا در دقیقه به ازای هر کیلوگرم مواد آلی به دست آمده است.

نتیجه گیری: بنابراین، این مقدار هوا در فرآیند بیولوژیکی کمپوست سازی این زائده های کشاورزی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: کمپوست، زائده های کشاورزی، سرعت هوادهی، سینتیک، میکرو ارگانیسم

مقدمه

مقدار زائده های تولیدی جهان روز به روز به موازات افزایش جمعیت رو به افزایش است. زائده های آلی مواد زائد جامد نقش مهمی در آلودگی محیط زیست دارند. فرآیندهای دفن در زمین، سوزاندن، پیرولیز، بیوگاز و کمپوست کردن از جمله روش های دفع مواد زائد آلی می باشند. روش های کمپوست و

نویسنده مسئول:

گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران

پست الکترونیکی: fnejatzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱

گیرد. تجزیه مواد آلی در طول زمان از نوع واکنش درجه اول است که به صورت معادله زیر قابل بیان می باشد (۱):

$$\frac{d(OM)}{dt} = -K_T \cdot OM \quad (2)$$

که در این معادله OM کیفیت و قابلیت تجزیه بیولوژیکی جامدات فرار را در هر زمان از فرآیند تولید کمپوست برحسب کیلوگرم، t زمان برحسب روز و K_T ثابت واکنش می باشد. در این مطالعه از هفت مدل سینتیکی برای مدل سازی سرعت تجزیه مواد آلی مورد استفاده قرار گرفته شده است. این مدل ها در جدول شماره ۳ آورده شده است. مدل های ۱ و ۴ توسط Haung و Ekinci ارائه شدند و مدل ۲ اصلاح شده مدل Haung می باشد که با تغییرهای دمایی به دست آمده است و مدل های ۳، ۵، ۶ و ۷ در این مطالعه به دست آمدند. مدل ۵ و ۶ عملکرد دما و رطوبت مواد و CO_2 تولیدی در فرآیند کمپوست را نشان می دهد و مدل ۷ اثر دما و میزان هوادهی توده کمپوست را نشان می دهد.

جدول ۳- مدل های به کار برده شده در مطالعه

شماره مدل	مدل سینتیکی
۱	$K_T = K_{20} \cdot a^{(T-20)}$
۲	$K_T = K_{23} \cdot a^{(T-23)}$
۳	$K_T = a \cdot \exp\left[\left(b \cdot T\right) + \left(c \cdot \frac{M_c}{T}\right)\right]$
۴	$K_T = a \cdot \exp\left[b \cdot \left(\left(\frac{M_i - c}{d}\right) + \left(\frac{T - f}{g}\right)\right)\right]$
۵	$K_T = \frac{a}{T - (C \cdot b)} \cdot \exp\left[\left((T \cdot c) - \left(d \cdot \frac{M_c}{T}\right)\right)\right]$
۶	$K_T = a \cdot b^c \cdot \exp\left[\left((c \cdot T) - \left(d \cdot \frac{M_c}{T}\right)\right)\right]$
۷	$K_T = e^{(V_h - a)} \cdot K_{23} \cdot b^{(T-23)}$

آنالیز مدل های سینتیکی با آنالیزهای آماری خطای مربعات میانگین ریشه ها (RMSE)، χ^2 و کارآمدی مدل سازی modeling efficiency (EF) آنالیز شدند. این آنالیزهای آماری با استفاده از معادله های زیر انجام شدند:

(۳)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{pre,i} - K_{exp,i})^2}{N}}$$

(۴)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (K_{pre,i} - K_{exp,i})^2}{N - n}$$

(۵)

است. چهار الگوی هوادهی در راکتورها مورد آزمایش قرار گرفت که این الگوها در جدول شماره ۲ آورده شده اند.

جدول ۲- سرعت هوادهی در راکتورهای مختلف

شماره راکتور	سرعت هوادهی
۱	0.1 air min ⁻¹ kg ⁻¹ om
۲	0.2 air min ⁻¹ kg ⁻¹ om
۳	0.4 air min ⁻¹ kg ⁻¹ om
۴	0.8 air min ⁻¹ kg ⁻¹ om
شاهد	هوادهی طبیعی

راکتورهای ساخته شده از جنس آهن گالوانیزه بودند و با استفاده از پشم شیشه به ضخامت ۱۰ میلی متر عایق کاری شدند. این راکتورها در حجم ۶۰ لیتر (۵۰×۶۰×۲۰) سانتی-متر بودند که هر راکتور به سه بخش تقسیم شده است.

فرآیند کمپوست سازی به مدت ۲۱ روز انجام شده است و پارامترهای مورد مطالعه در طول فرآیند اندازه گیری شدند. دمای حاصل از متابولیسم میکروبی ایجاد شده مهم ترین فاکتور مورد مطالعه بود که با استفاده از دماسنج نصب شده در وسط هر راکتور هر ۳۰ دقیقه یکبار ثبت می شد. دی اکسید کربن تولیدی توسط یک دستگاه آنالیزر CO_2 هر یک ساعت یکبار اندازه گیری و ثبت می شد. مواد آلی، pH و رطوبت توده به صورت روزانه پایش می شدند. میزان رطوبت به عنوان یک فاکتور مهم در فرآیند کمپوست است که موجب حل شدن نوترینت های مورد نیاز میکروارگانیسم ها می شود و با استفاده از روش خشک کردن در دمای $105^\circ C$ به صورت روزانه اندازه گیری می شد. مواد آلی موجود در توده کمپوست با سوزاندن در آون در دمای $550^\circ C$ به مدت ۴ ساعت اندازه گیری شد. نرخ تجزیه مواد آلی با محاسبه میزان جامدات فرار در ابتدا و انتهای فرآیند و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد

(۵)

$$K = \frac{[OM_m(\%) - OM_p(\%)]}{OM_m(\%) \cdot [100 - OM_p(\%)]} \quad (1)$$

در این معادله:

OM_m: میزان مواد آلی در ابتدای فرآیند

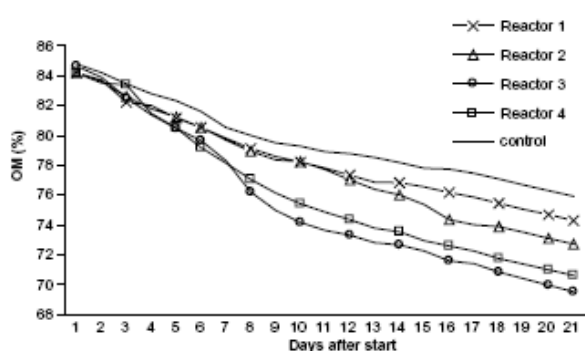
OM_p: مواد آلی در انتهای فرآیند

مطالعه سینتیک فرآیند کمپوست سازی

به منظور تعیین قابلیت تجزیه بیولوژیکی زائده های و تولید کود مفید لازم است سینتیک فرآیند با استفاده از داده های به دست آمده از آزمایش ها در شرایط کنترل شده مورد مطالعه قرار

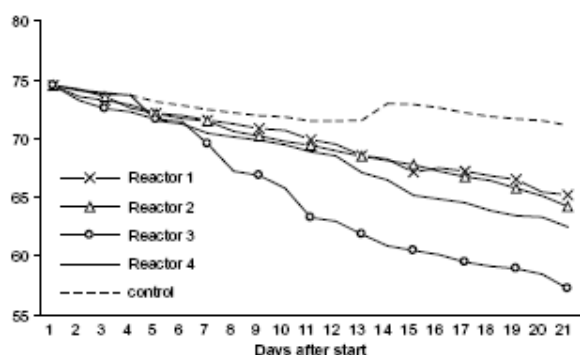
تفاوت معنی داری بین مقادیر pH و N در کمپوست حاصله از راکتورهای مختلف دیده نشده است ولی تفاوت معنی داری بین OM، MC و OM_{loss} وجود داشته است. گرادیان کاهش OM مرتبط با OM_{loss} است که ارتباط زیادی با میزان تنفس باکتریایی دارد.

نتایج در نمودار شماره ۲ نشان می دهد در تمامی راکتورها مواد آلی در طول دوره واکنش کاهش یافته است. مقادیر OM کاهش یافته در راکتورها بعد از ۲۱ روز به ترتیب ۴۹/۶، ۵۱/۰۷، ۵۸/۱۱، ۵۵/۹ و ۴۲/۳ برای راکتورهای ۱، ۲، ۳، ۴ و شاهد محاسبه شده است. حداکثر کاهش میزان مواد آلی و در نتیجه حداکثر قابلیت کاهش مواد آلی و در نتیجه قابلیت تجزیه بیولوژیکی در راکتور ۳ و ۴ دیده شده است.



نمودار ۲- تغییرات مواد آلی کمپوست در راکتورها در طی فرآیند کمپوست سازی

میزان رطوبت در تمامی راکتورها در طول دوره کمپوست سازی کاهش می یابد. مکانیسم اصلی کاهش رطوبت در راکتورها در اثر تبخیر ایجاد شده است و کاهش دائمی مقدار رطوبت در توده کمپوست نشان دهنده تجزیه مواد آلی کمپوست است (۲، ۱۱). متوسط رطوبت مواد در توده کمپوست در ابتدای واکنش ۷۵٪ بوده است. حداکثر کاهش رطوبت در راکتور سوم دیده شده است و حداقل کاهش رطوبت در راکتور شاهد دیده شده است. این نتایج در نمودار شماره ۳ آورده شده است.



نمودار ۳- تغییرات رطوبت کمپوست در راکتورها در طی فرآیند کمپوست سازی

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (K_{pre,i} - K_{exr,mean})^2 - \sum_{i=1}^N (K_{pre,i} - K_{exr,i})^2}{\sum_{i=1}^N (K_{pre,i} - K_{exr,mean})^2}$$

در این معادله ها:

K_{exp} : سرعت تجزیه آزمایشگاهی مواد (g om/g om day)

$K_{exp, mean}$: میانگین سرعت تجزیه آزمایشگاهی مواد (g om/g om day)

K_{pre} : میزان تجزیه پیش بینی شده آزمایشگاهی مواد (g om/g om day)

N: تعداد آزمایش ها

n: تعداد ثابت های واکنش

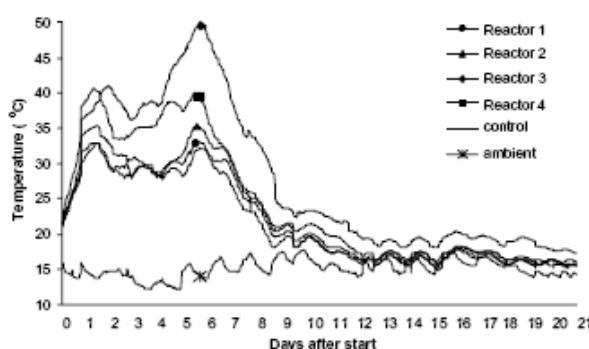
در آنالیز آماری (RMSE) مقدار محاسبه شده نشان دهنده انحراف بین مقادیر محاسبه شده و آزمایش می باشد و هر چه به صفر نزدیک تر باشد انحراف کمتری وجود دارد.

χ^2 نشان دهنده میانگین مربعات انحراف معیار بین مقادیر محاسبه شده و آزمایش شده می باشد. و برای انطباق مدل های سینتیکی به کار برده شده است. هر چه این مقدار کم تر باشد با مدل مطابقت بیشتری دارد.

EF نیز برای آنالیز میزان کارآمدی مدل را نشان می دهد و حداکثر مقدار آن ۱ می باشد و هر چه مقادیر به ۱ نزدیک تر شود میزان انطباق مدل بیشتر است.

یافته ها

تغییرات دمایی تمامی راکتورها در سرعت های هوادهی مختلف در نمودار شماره ۱ آورده شده است. نتایج نشان می دهد در فرآیند کمپوست سازی در راکتور سوم بعد از ۶ روز دمای توده کمپوست به ۵۰ °C می رسد و در راکتور چهارم بعد از سه روز به ۴۲ °C می رسد نتایج تغییرات دما در طی فرآیند در نمودار شماره ۱ آورده شده است. راکتور اول و دوم دمای کمتری نسبت به سایر راکتورها داشتند و راکتور شاهد دارای کمترین دما نسبت به چهار راکتور هوادهی شده داشت. بعد از گذشت حدود ۱۲ روز دمای تمامی راکتورها اختلاف معنی داری به هم ندارند و به دمای ثابت می رسد.



جدول ۴- نتایج آنالیز آماری مدل های سینتیکی واکنش

مدل	a	B	C	D	F	g	RMS E	χ^2	EF
$= K_{20} a^{(T-20)}$	۰/۰۴۸۹ ۱	-	-	-	-	-	۰۰۲ ۰/۰۰۷	۰۰۰۰ ۰/۰۰۷	۷۹ ۰/
$K_{23} = K_{20} a^{(T-23)}$	۰/۰۷۸۱۲ ۱	-	-	-	-	-	۰۰۲ ۰/۰۰۷	۰۰۰۰ ۰/۰۰۷	۷۶ ۰/
$(T - (M - 1))$	۰۰۰۰۱ ۰/۰۱۹	۱/۲۴۷ ۰	۲۰۳ ۱/	-	-	-	۰۰۲ ۰/۰۱	۰۰۰۰ ۰/۰۰۵	۸۷ ۰/
$(T - (M - 1))$	۰/۰۹۶۸۸ ۰	۰/۴۹۷ -۰	۸۸۹ ۴۵/	۸۷ ۲۰	۹۲ ۶۰	۱۷	۰۰۲ ۰/۰۵	۰۰۰۰ ۰/۰۰۹	۸۲ ۰/
$(T - (M - 1))$	۰/۰۱۲۰۶ ۰	۰/۸۸۸ -۶	۱۶۰ ۰/۶	۳۱ -۱	-	-	۰۰۱ ۰/۰۵	۰۰۰۰ ۰/۰۰۵	۸۹ ۰/
$(T - (M - 1))$	۰۰۰۰۰ ۰/۰۰۵	۰/۹۵۸۴ ۰	۲۱۷ ۰/۶	۲۳ -۲	-	-	۰۰۳ ۰/۰۵	۰۰۰۰ ۰/۰۱	۷۳ ۰/
$(V_b - a) \cdot K_{23} b^{(T-23)}$	۰/۰۶۱۱۶ -	۰/۵۱۹ -۰/۹	-	-	-	-	۰۰۲ ۰/۰۱	۰۰۰۰ ۰/۰۰۴	۷۴ ۰/

بحث

در این مطالعه هوادهی در راکتورهای اول و دوم ناکافی صورت گرفته است و مواد کمپوست دمای پایینی دارند. ولی در راکتور سوم به دلیل این که سرعت تجزیه مواد زیادتر است و در نتیجه دمای توده بالاتر است. بنابراین نسبت هوا به مواد آلی مناسب برای تهیه کمپوست کردن زائده های کشاورزی ۰/۴۱ (هوا در دقیقه به ازای هر کیلوگرم مواد آلی) است. نتایج آنالیز آماری مورد استفاده برای ارزیابی مدل های سینتیکی نشان داد بیشترین مقادیر EF و کمترین مقادیر RMSE مربوط به مدل شماره ۵ است بنابراین این مدل به عنوان بهترین مدل سینتیکی انتخاب شده است.

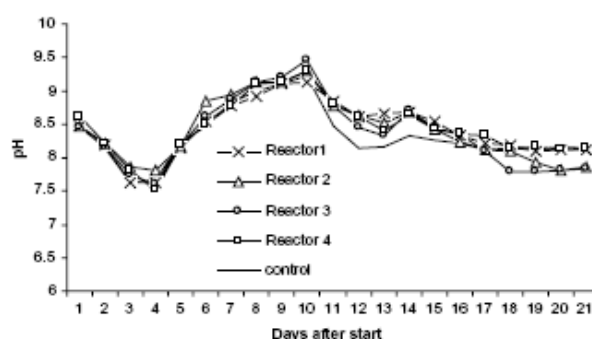
نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده ۰/۴۱ هوا در دقیقه به ازای هر کیلوگرم مواد آلی در فرآیند بیولوژیکی کمپوست سازی این زائده های کشاورزی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از مدل به دست آمده (مدل شماره ۵) می توان طراحی فرآیندهای بیولوژیکی تولید کمپوست از زائده های آلی کشاورزی و به خصوص طراحی هوادهای مناسب فرآیند بیولوژیکی هوازی را با اطمینان بیش تری انجام داد.

سپاسگزاری

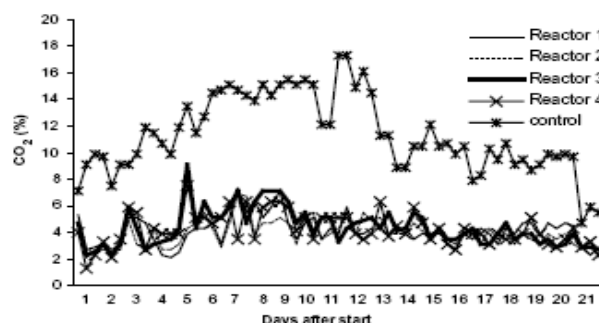
نویسندگان از دانشگاه آزاد خوی به خاطر همکاری در انجام پژوهش تشکر و قدردانی می نمایند.

تغییرهای pH در کمپوست نشان می دهد ابتدا از ۸/۵ به ۷/۵ کاهش می یابد و سپس تا ۹/۵ افزایش می یابد و در انتهای فرآیند به ۸-۸/۵ می رسد که الگوی عمومی فرآیند کمپوست سازی است. این تغییرها در تمامی راکتورها مشابه بوده است (نمودار ۴).



نمودار ۴- تغییرها pH کمپوست در راکتورها در طی فرآیند کمپوست سازی

CO₂ تولیدی در فرآیند کمپوست سازی ناشی از معدنی شدن مواد آلی است. مقدار گاز کربنیک تولیدی در تمامی راکتورها در طول فرآیند افزایش یافته است. مقدار CO₂ در راکتور شاهد بیش تر از سایر راکتورها بوده است به این دلیل که هوادهی کافی صورت نگرفته است و شرایط بی هوازی در راکتور اتفاق افتاده است. این نتایج در نمودار ۵ آورده شده است.



نمودار ۵- تغییرها گاز کربنیک تولیدی در راکتورها در طی فرآیند کمپوست سازی

نتایج آنالیز آماری مدل های سینتیکی در جدول شماره ۴ آورده شده است. آنالیز آماری نشان می دهد حداقل مقدار RMDE و حداکثر مقدار EF در مدل ۵ دیده شده است. هم چنین مقدار χ^2 در مدل ۷ کم تر از سایر مدل ها بوده است. با توجه به آنالیزهای آماری مدل ۷ در تمامی سرعت های هوادهی کاربردی تر است و بهترین مدل، مدل شماره ۵ است که در زیر آورده شده است:

$$K_T = \frac{a}{M_c} \exp \left[\left(T - c \right) \left(d \cdot \frac{M_c}{T} \right) \right]$$

منابع

1. APHA (American Public Health Association), Standard methods for the examination of water and wastewater, APHA, Washington, DC 2005.
2. Bari QH, Koenig A. Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. *Resources Conserve & Rec.* 2001. 33: 93-111.
3. Brodie HL, Carr LE, Condon P. A comparison of static pile and turned windrow methods for poultry litter compost production. *Compost Sci & Utilizes.* 2000. 8: 178-189.
4. Buchanan M, Gilessman SR. How compost fertilization affects soil nitrogen and crop yield. *Biocycle.* 1973. 32: 72-76.
5. Diaz MJ, Madejon E, Lopez F, Lopez R, Cabrera F. Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting process. *Process Biochem.* 2002. 37: 1143-1150.
6. Ekinci K, Keener HM, Michael FC, Elwell DL. Effects of temperature and initial moisture content on the composting rate of short paper fiber and broiler litter, ASAE Annual Meeting, California 2001.
7. Garcia C, Hernandez T, Costa F. Composted vs. uncomposted organics. *Biocycle.* 2009. 33: 70-72.
8. Golueke CG. *Composting—A Study of the Process and its Principles.* Rodale Press, Emmaus, PA 2007.
9. Hamoda MF, Qdais HAA, Newham J. Evaluation of municipal solid waste composting. *Resource. Conserve Recycle.* 1998. 23: 209-223.
10. Haung RT. *The Practical Handbook of Compost Engineering.* Lewis Publishers, Boca Raton, FL 1993.
11. Keener HM, Elwell DL, Ekinci K, Hoitink HAJ. Composting and value-added utilizasyon of manure from a highrise swine finishing facility. *Compost Sci & Utilizes.* 2001. 9 (4): 312-321.
12. Liang C, Das KC, McClendon RW. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresour. Technol.* 2003. 86: 131-137.
13. Miller FC, Finstein MS. Materials balance in the composting of wastewater sludge as affected by process control. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.* 2009. 57: 122-127.
14. Negro MJ, Solano PC, Carrasco J. Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. *Bioresour. Technol.* 2008. 67: 89-92.
15. Pos J. *Composting—theoretical applications, municipal and commercial composting workshop,* University of Guelph 2004.
16. Schlegel AJ. Effect of composted manure on soil chemical properties and nitrogen use by gain sorghum. *J. Prod. Agric.* 1992. 5: 153-157.
17. Vining MA. *Bench-Scale Compost Reactors System and the Self Heating Capabilities.* Master of Science thesis, Texas A & M University Department of Civil and Environmental Engineering 2002.
18. Wiley JS, Pierce GW. A preliminary study of high rate composting. In: *Proc. Am. Soc. Civil Engineering*, paper no: 846.81, 1995, pp. 1-28.
19. Wilson GB, Dalmat D. Measuring compost stability. *Biocycle.* 1973. 27: 34-37.

کمپوست سازی بیولوژیکی از برخی زائده های آلی کشاورزی و بررسی مدل های سینتیکی میکروارگانیسم ها

فتح اله غلامی بروجنی^۱، فاطمه نجات زاده^{۲*}

۱. گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ایران

۲. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران

چکیده

سابقه و هدف: هدف از انجام این مطالعه تعیین سرعت هوادهی و سینتیک های واکنش آن در کمپوست هوازی برخی از زائده های کشاورزی می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه به منظور ایجاد سرعت های هوادهی مختلف از چهار راکتور با هوادهی مکانیکی و یک راکتور با هوادهی طبیعی استفاده شده است. میزان تغییرهای غلظت دی اکسید کربن و دما در سه نقطه از راکتور پایش شده است. میزان رطوبت، pH و میزان مواد آلی به صورت روزانه پایش شد. متغیرهای کنترل کننده فرآیند (CO₂، دما، pH و میزان رطوبت) به عنوان عوامل مداخله کننده در فرآیند و تجزیه بیولوژیکی مواد آلی به عنوان پارامتر بررسی راندمان فرآیند به کار گرفته شده اند. در این مطالعه هفت مدل سینتیکی مختلف به منظور مدل سازی سرعت تجزیه بیولوژیکی مواد آلی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مواد با مخلوط چمن و زائده های گوجه فرنگی، سیب زمینی و هم چنین بادمجان به کار رفته است.

یافته ها: بر اساس نتایج به دست آمده چهار مدل سینتیکی از این مدل ها در این مطالعه کاربرد داشتند. این مدل ها با آنالیزهای آماری خطای مربعات میانگین ریشه ها (RMSE)، chi-square (λ^2) و کارآمدی مدل سازی modeling efficiency (EF) آنالیز شدند. بر اساس آنالیزهای آماری این مدل ها، بهترین مدل انتخاب شده مدل زیر بوده است:

$$K_T = \frac{\frac{a}{M_c}}{T - (C.b)} \cdot \exp\left[\left[(T.c) - \left(d \cdot \frac{M_c}{T}\right)\right]\right]$$

که در این مدل K_T سرعت تجزیه (gVS/gVS day)، T دمای فرآیند ($^{\circ}C$)، M_c میزان رطوبت روزانه (%Wb)، C میزان روزانه دی اکسید کربن در راکتور (%/ و a ، b ، c و d ثابت های واکنش می باشند.

بحث: بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، حداکثر تجزیه بیولوژیکی مواد آلی و میزان دما در نسبت هوادهی ۰/۴۱ هوا در دقیقه به ازای هر کیلوگرم مواد آلی به دست آمده است.

نتیجه گیری: بنابراین، این مقدار هوا در فرآیند بیولوژیکی کمپوست سازی این زائده های کشاورزی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: کمپوست، زائده های کشاورزی، سرعت هوادهی، سینتیک، میکرو ارگانیسم

مقدمه

مقدار زائده های تولیدی جهان روز به روز به موازات افزایش جمعیت رو به افزایش است. زائده های آلی مواد زائد جامد نقش مهمی در آلودگی محیط زیست دارند. فرآیندهای دفن در زمین، سوزاندن، پیرولیز، بیوگاز و کمپوست کردن از جمله روش های رایج برای مدیریت زائده های آلی است.

نویسنده مسئول:

گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، خوی، ایران

پست الکترونیکی: fnejatzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱

