Archive of SID

محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۵ پاییز ۸۹، صفحهٔ ۳۷-۴۲

بررسی فرایند پوشش‌کرمی پسماندهای آلی با کرم آیزینا فئوتیدا در بسترهای مختلف (مطالعهٔ موردی: میدان میوه و تره‌بار جلال آل‌احمد تهران)

محمدحسین فاتحی[۱]، جلال شایگان*[۲]

۱-دانشجوی دکتری محیط‌زیست دانشکدهٔ مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف mhfatehi@che.sharif.edu

۲- استاد محیط‌زیست دانشکدهٔ مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/٤/۱۵

چکیده

روشهای دفن در خاکچال و سوزانش (با وجود مخاطرات محیط زیستی مانند نشر گازهای سمی شامل دیوکسین، آلودگی منابع آبهای سطحی و زیرزمینی و نشر گازهای گلخانه‌ای) به عنوان دو روش رایج برای دفع پسماندها در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق، توانایی تبدیل زیستی پسماندهای آلی به مواد باارزش در بسترهای مختلف و در طی فرایند پوسش‌کرمی به عنوان روشی مؤثر و مقرون به صرفه مورد بررسی قرار گرفته است. به همین منظور پسماندهای آلی به دست آمده از میدان میوه و تره‌بار جلال آل‌احمد شهر تهران در فصل تابستان ۱۳۸۸ به عنوان خوراک (مادهٔ اولیه) برای گونه کرم «آیزینا فئوتیدا» و سه بستر مختلف شامل مخلوط خاک باغچه و کود گاوی، برگ‌های پوسیده جمع‌آوری شده از محوطه و خرده کاغذهای ایجاد شده با دستگاه کاغذ خردکن دانشکدهٔ مهندسی شیمی و نفت (دانشگاه صنعتی شریف) بررسی شد. آنالیز کرم پوسال حاصل نشان داد که میزان کربن آلی پس از گذشت ۷۵ روز از فعالیت کرم‌ها، در حدود ۵۰ درصد کاهش (تبدیل به دی‌اکسیدکربن) و میزان نیتروژن نیز به دلیل تثبیت نیتروژن هوا، از ۱۰۰ تا ۵۰۰ درصد (بسته به نوع بستر) افزایش یافته بود. پتاسیم و فسفر نیز به دلیل انتقال به حالت قابل دسترس، چندین برابر خوراک اولیه افزایش پیدا کرده بودند. بیشترین کاهش نسبت کربن به نیتروژن در بستر کاغذی و بیشترین افزایش فسفر و پتاسیم به ترتیب در بسترهای شمارهٔ دو و سه مشاهده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که روش پوسش‌کرمی می‌تواند به عنوان روش کارا و همسو با محیط‌زیست برای مدیریت ضایعات میادین میوه و تره‌بار استفاده شود.

کلید واژه

پسماندهای آلی، پوسش‌کرمی، مواد بستری، نسبت کربن به نیتروژن و آیزینا فئوتیدا.

سرآغاز

رشد جمعیت و افزایش روزافزون مصرف مواد در سالهای اخیر، مسئله مدیریت پسماندهای آلی را به یک بحران جدی بویژه برای شهرهای بزرگ تبدیل کرده است. روشهای دفن در خاکچال و سوزانش مخاطرات جدی برای محیط‌زیست را به دنبال دارند ولی به عنوان دو روش رایج برای دفع حجم زیادی از پسماندها در بسیاری از کشورها استفاده می‌شوند (Friedman, 2009). نشر گازهای سمی همچون دیوکسین، آلودگی منابع آبهای سطحی و زیرزمینی و نشر گازهای گلخانه‌ای مانند متان از جمله تهدیدات این روش‌ها است (Cheremisinoff, 2003). یکی از روشهای مؤثر و مقرون به صرفه در مدیریت پسماندهای جامد، فناوری پوسش‌کرمی[۱] است. این روش به عنوان یک روش همسو با حفظ محیط‌زیست می‌تواند برای تجزیهٔزیستی پسماندهای آلی در واحدهای کوچک (مانند منازل)، یا واحدهای بزرگ (مانند صنایع غذایی و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب) استفاده شود (Padmavathiamma, et al., 2008). در فرایند پوسش‌کرمی برخی از گونه‌های سطح‌زی[۲] کرم‌خاکی با همکاری سایر ریزاندام‌ها عملیات تثبیت‌زیستی پسماندهای آلی و تبدیل آنها را به مواد هوموسی با ارزش بالا یا همان کرم‌پوسال[۳] انجام می‌دهند (Gennaro, et al., 2009). کاربردهای متنوعی از کرم‌پوسال مانند جاذب طبیعی برای حذف یون‌های فلزی سنگین (Bianchina, et al.,2009; Jord˜ao, et., al.,2009)، بهبوددهندهٔ جمعیت میکربی و فعالیت آنزیمی (Vivas, et al.,2009; Yasir, et al.,2009)، افزایش‌دهنده رشد گیاهان و جوانه‌زنی بذر (Atiyeh, et al, 2002; Singh, et al., 2008)،

نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۱۶۵۴۲۰ -۰۲۱

E-Mail: shayegan@sharif.edu

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش هیدروکربن‌های مقاوم در خاک (Contreras-Ramos, et al., 2008)، مدیریت لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (Sangwan, et al., 2008) و کاهش غلظت برخی از آفت‌کش‌ها در خاک (Ferna´ndez-Bayo, et al., 2008) در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. فعالیت کرم‌ها می‌تواند در دو مقولهٔ فیزیکی و زیست‌شیمیایی بررسی شود. از نظر فیزیکی، کرم‌ها مواد آلی را در سنگدان خود به ذرات کوچکتر از دو میکرومتر تبدیل می‌کنند (Padmavathiamma, et al.,2008) و با حرکاتی که بروز می‌دهند موجب بهبود شرایط هوازی در بستر می‌شوند. از منظر زیست‌شیمیایی تأثیر آنزیم‌های درون رودهٔ کرم‌ها نقش اساسی در تجزیه پسماندهای آلی را دارد. بنابراین کاهش میزان پسماندهای آلی از یک‌سو و تبدیل آن به محصول باارزش از سویی دیگر، دو مزیت عمده برای فناوری پوسش‌کرمی به شمار می‌آیند (Doble and Kumar, 2005). کاغذهای خرد شده با دست، یا دستگاه، برگ درختان، کودهای حیوانی، فیبرهای گیاهی، خاک اره و پیت موس می‌توانند به منزلهٔ مادهٔ بستری برای کرم‌های خاکی مورد استفاده قرار گیرند (Appelhof, 1997). هر نوع از این مواد دارای مزایا و معایبی هستند که می‌باید زمان انتخاب مورد نظر قرار گیرد. برای مثال از دست دادن رطوبت در بستر کاغذی سریع انجام می‌شود، یا استفاده از تمامی کودهای حیوانی مجاز نیست. در میان انواع مختلف مواد بستری، کود گاوی در اکثر مطالعات و تحقیقات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است (Suthar, 2008; Gupta and Garg, 2009). همچنین مطالعات مختلفی برای بررسی تأثیر کرم‌های مولد پوسال بر تجزیه و تثبیت انواع مختلف پسماندهای آلی مانند ضایعات غلات، ضایعات آلی، پسماندهای صنایع تولید شکر (Senb and Chandra, 2007) و پسماند کارخانه روغن زیتون (Delgado-Moreno and Peña, 2009) صورت گرفته است. در شهر تهران روزانه بیش از ۸۰۰۰ تن انواع مختلف پسماندها تولید می‌شود که در حدود ۶۰ درصد آنها را پسماندهای آلی تشکیل می‌دهد. اگرچه روشهای مختلف بازیافت و تفکیک از مبدأ و همچنین پوسش در سالهای اخیر گسترش بیشتری پیدا کرده‌اند ولی هنوز دفن در خاکچال به عنوان اولین و اصلی‌ترین گزینه برای مدیریت پسماندها محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین منابع تولید پسماندهای آلی در تهران، میادین میوه و تره‌بار هستند که مشتمل بر ۱۵ میدان اصلی و ۱۶ میدان کوچک در سطح شهرند. بنا به موقعیت مکانی و فرهنگ خرید مردم منطقه، تعداد غرفه‌های هریک از میادین متفاوت است. تنوع زیاد محصولات، سرویس‌دهی متمرکز و قیمت مناسب از دلایل اصلی استقبال مردم از میادین میوه و تره‌بار است. متأسفانه به دلیل عدم کیفیت مناسب بسته‌بندی و سیستم بهینهٔ توزیع، در حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ تن در روز از انواع مختلف پسماندهای آلی در این میادین تولید می‌شود. وجود میادین عرضهٔ میوه به این صورت نوعی مزیت در خرید محسوب می‌شود، ولی متأسفانه از نظر میزان ضایعات، این میادین به نوعی منحصر به فرد هستند. هدف مطالعهٔ حاضر، بررسی تثبیت زیستی این پسماندها تحت فناوری پوسش‌کرمی و تبدیل آن به محصولات باارزش است.

مواد و روشها

تهیه کرم‌های خاکی و مواد بستری

در میان گونه‌های بسیار زیاد کرم خاکی، فقط تعداد کمی از کرم‌های خاکی سطحزی مانند آیزنیا فتادیا، آیزنیا آندری، لامبریکوس روبیلوس[۴] و اودریلوس اوجنیا[۵] می‌توانند پسماندهای آلی را به کرم‌پوسال تبدیل کنند (Pandey, et al., 2008). گونهٔ آیزینافئوتیدا به عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های شناخته شده است که در مشخصه‌هایی همچون زمان فرایند پوسش، کیفیت کرم‌پوسال، تکثیر سریع و توانایی بالا در سازگاری با شرایط مختلف محیطی بازده بالایی دارد. در مطالعهٔ حاضر از همین گونه استفاده شده است که از شرکت تاپ سویل انگلستان[۶] تهیه شد. در تحقیق حاضر، سه نوع مختلف از مواد بستری مورد استفاده قرار گرفته شدند. مخلوط خاک باغچه و کود گاوی «بستر شمارهٔ ۱»، برگ‌های پوسیده جمع‌آوری شده از محوطه دانشگاه «بستر شمارهٔ ۲» و خرده کاغذهای ایجاد شده با دستگاه کاغذ خردکن[۷] دانشکده مهندسی شیمی و نفت «بستر شمارهٔ ۳». میزان بسترها به نحوی انتخاب می‌شد که بتواند ۷۵ درصد حجم محفظه را پر کند.

تهیهٔ پسماندهای آلی (خوراک کرم‌ها) و محفظه‌های نگهداری

پسماندهای آلی مورد استفاده از بزرگترین میدان میوه و تره‌بار تهران (میدان جلال آل‌احمد) و در فصل تابستان سال ۱۳۸۸ و در چندین نوبت (به منظور جلوگیری از فاسد شدن) جمع‌آوری شدند (شکل شمارهٔ ۱). ترکیب اصلی پسماندها را هویج، سیب‌زمینی، کاهو و هندوانه‌های ضایعاتی تشکیل می‌دادند. پس از جمع‌آوری و به منظور یکنواختی بستر، پسماندها خرد شدند (اگرچه این کار در مقیاس صنعتی صورت نمی‌گیرد). خوراک‌دهی هر هفته و به میزان ۱۵۰۰ گرم برای هر بستر در طول آزمایش صورت گرفت. برای محفظه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

نگهداری کرم‌ها از جعبه‌های چوبی به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر، عرض ۴۰ سانتیمتر و طول ۵۰ سانتیمتر استفاده شد (شکل شمارهٔ ۲). بر روی دیواره‌ها و کف محفظه‌ها، سوراخ‌هایی با قطر ۲/۵ سانتیمتر به منظور تبادل هوای بستر با محیط اطراف ایجاد شد. محفظه‌های نگهداری در طول مدت آزمایش (۷۵ روز)، در زیرزمین تاریک و مرطوب با دمای حدود ۲۵ درجه سلزیوس قرار داده شدند. رطوبت بسترها با اضافه کردن تناوبی آب در مواقع مورد نیاز، در طول آزمایش در محدودهٔ ۶۵-۷۰ درصد ثابت نگه داشته شده بود (رستمی، نبئی و اسلامی ۱۳۸۷). در ابتدای آزمایش، ۳۰۰ گرم مخلوطی از کرم های جوان و بالغ به محفظه های نگهداری که شامل بسترهای مختلف به همراه خوراک (پسماندهای آلی) بودند، اضافه شد.

شکل شمارهٔ (۱): پسماندهای تهیه شده از میدان میوه‌و تره‌بار (خوراک کرم‌ها)

شکل شمارهٔ (۲): محفظه نگهداری در حال اضافه کردن مواد بستری

آنالیزهای فیزیکی–شیمیایی

ابتدا کرم‌پوسال تولیدشده با آب به نسبت ۱ به ۱۰ (وزنی/حجمی) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. سپس محلول حاصل با عبور از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ یک، صاف و در نهایت با استفاده از pHمتر و دستگاه تعیین هدایت الکتریکی، pH و ضریب هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار کربن آلی کل (TOC) از روش استاندارد اکسیداسیون با دی‌کرومات و سپس تیتراسیون با آمونیوم فروسولفات استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار فسفر کل، ابتدا نمونه به وسیله روش هضم خشک و با کمک اسید هیدروکلریدریک غلیظ آماده و پس از اضافه کردن محلول آمونیوم مولیبدات، از اسپکتروفتومتر Pharmacia Biotech Novaspec II استفاده شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم کل، پس از هضم با اسید هیدروکلریدریک غلیظ، از فلیم‌فتومتر Sherwood flame photometer 410 استفاده شد (Ryan, et al,2001). برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن کل، ابتدا نمونه با روش هضم تَر و با کمک اسید سولفوریک غلیظ آماده و در ادامه پس از افزودن محلول هیدروکسید سدیم از روش تقطیر با بخار استفاده شد (Raun, and Schepers,2008).

نتایج و بحث

pH و ضریب هدایت الکتریکی

pH اولیه در تمام بسترها در محدودهٔ خنثی بود که پس از اتمام فرایند پوسش‌کرمی، به میزان کمی (از ۴ تا ۱۵ درصد) افزایش پیدا کرد (جدول شمارهٔ ۱). بیشترین افزایش pH در بستر شمارهٔ دو اتفاق افتاد. برخی از مطالعات پیشین نتایج یکسانی را در مورد افزایش pH گزارش کرده بودند (Padmavathiamma, et al.,2008)، اما در برخی دیگر نیز عدم تغییر، یا مقداری کاهش در pH نهایی مشاهده شده است (Gupta and Garg, 2009) مهم‌ترین دلیل این عدم تطابق، ناشی از تفاوت مشخصات بستر بیان شده است (Ndegwa, et al., 2000).

محتمل‌ترین نظریه برای افزایش pH در طول فرایند پوسش‌کرمی را به فعالیت برخی از غدد درونی کرم‌ها[۸] و ترشح یون آمونیوم که منجر به کاهش یون هیدروژن می‌شود، ارتباط داده‌اند (Padmavathiamma, et al., 2008). مطالعات نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف از کرم‌های خاکی، تأثیر ناچیزی بر تغییرات pH بستر دارند (Suthar, 2009). ضریب هدایت الکتریکی در تمامی بسترها، افزایش پیدا کرده بود که بیشترین تغییر مربوط به بستر شماره سه جدول شمارهٔ (۲) است. افزایش این ضریب را می‌توان به کاهش مواد آلی و تولید مواد مختلف معدنی به شکل‌های دردسترس آنها از جمله فسفات، آمونیوم و پتاسیم مربوط دانست (Khwairakpam, and Bhargava., 2009). افزایش یون‌های فلزی سنگین، دلیل دیگری بر افزایش ضریب هدایت الکتریکی است (Gupta, and Garg, 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ (۱): خواص فیزیکی–شیمیایی بسترهای مختلف (قبل و بعد از فرایند پوسش)

مشخصه	بستر شمارهٔ یک*		بستر شمارهٔ دو*		بستر شمارهٔ سه*	
	قبل از فرایند	پس از ۷۵ روز	قبل از فرایند	پس از ۷۵ روز	قبل از فرایند***	پس از ۷۵ روز
کربن آلی کل (درصد)**	۳۲/۲	۲۰/۵	۴۸/۱	۳۷/۶	۵۱/۱	۱۶/۸
نیتروژن کل (درصد)**	۰/۴۳	۰/۸۹	۱/۰۷	۱/۸۵	۰/۲۰	۱/۲۸
نسبت کربن به نیتروژن	۷۴/۹	۲۳/۰	۴۴/۹	۲۰/۳	۲۵۵/۵	۱۳/۱
فسفر کل (درصد)**	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۰۷	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۷
پتاسیم کل (درصد)**	۰/۶۵	۱/۲۳	۱/۰۰	۲/۰۲	۰/۳۷	۱/۷۵
پی اچ	۷/۱	۷/۴	۶/۷	۸/۰	۷/۶	۸/۶
هدایت الکتریکی (dS/m)	۲/۲	۳/۱	۲/۸	۳/۴	۰/۵	۳/۱

*مراجعه شود به قسمت تهیهٔ کرم‌های خاکی و مواد بستری، **برحسب مقدار خشک و ***به دست آمده از (Gupta, and Garg, 2009).

باتوجه به مقادیر مشخصه‌ها در بعد از فرایند می‌توان میزان تغییرات آنها را نسبت به شروع فرایند مطابق جدول شمارهٔ (۲) محاسبه کرد.

جدول شمارهٔ (۲): میزان تغییرات خواص بسترهای مختلف پس از فرایند پوسش‌کرمی

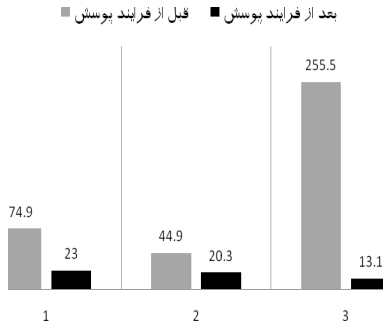
مشخصه	بستر شمارهٔ یک (درصد)	بستر شمارهٔ دو (درصد)	بستر شمارهٔ سه (درصد)
کربن آلی کل	−۳۶/۵	−۲۱/۸	−۶۷/۱
نیتروژن کل	+۱۰۶/۹	+۷۲/۹	+۵۴۰/۰
نسبت کربن به نیتروژن	−۶۹/۳	−۵۴/۸	−۹۴/۹
فسفر کل	+۳۱/۲	+۴۴۲/۸	+۲/۱
پتاسیم کل	+۸۹/۲	+۱۰۲/۰	+۳۷۳/۰
پی اچ	+۴/۲	+۱۵/۹	+۱۳/۲
هدایت الکتریکی	+۴۰/۹	+۲۱/۴	+۵۲۰/۰

مقادیر کربن آلی، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن

یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین میزان کامل بودن پوسال، نسبت کربن به نیتروژن است. اگر این نسبت کمتر از ۱۵ باشد، نشان می‌دهد که مواد آلی تا حد خوبی تثبیت شده‌اند. در مطالعهٔ حاضر و در تمام بسترها، میزان نیتروژن افزایش و مقدار کربن آلی کاهش یافته بود جدول شمارهٔ (۲). این تغییرات موجب بهبود (کاهش) نسبت کربن به نیتروژن در تمام بسترها شد (نمودار شمارهٔ ۱) که این نتیجه با مطالعات قبلی نیز مطابقت دارد (Suthar,2008 و عبدلی و روشنی، ۱۳۸۶). بیشترین کاهش نسبت کربن به نیتروژن در بستر شماره سه به میزان ۹۴/۹ درصد مشاهده شد (جدول شمارهٔ ۲). این کاهش را می‌توان به تثبیت نیتروژن هوا (افزایش میزان نیتروژن کل) و تبدیل کربن آلی به دی‌اکسید کربن (کاهش میزان کربن آلی) طی سوخت‌وساز کرم‌ها مربوط دانست (Pramanik, et al., 2007; Gupta, and Garg, 2009).

میزان فسفر و پتاسیم

در تمام بسترهای مورد آزمایش، میزان کل فسفر و پتاسیم براساس جدول شمارهٔ (۲) افزایش یافته بود. این افزایش با تحقیقات دیگران مطابقت دارد (سماوات، ۱۳۸۰). بیشترین تغییرات برای افزایش فسفر و پتاسیم به ترتیب در بسترهای شمارهٔ دو و شمارهٔ سه مشاهده شد (جدول شمارهٔ ۲). این افزایش را می‌توان به علت انتقال برخی از عناصر مغذی گیاهان مانند فسفر و پتاسیم از شکل غیرقابل دسترس به شکل محلول و در دسترس دانست که پس از گذشت مواد از رودهٔ کرم‌ها و تأثیر میکرب‌های موجود، صورت می‌گیرد. تولید اسید در طول تجزیهٔ مواد نیز به عنوان دلیلی دیگر برای این افزایش، بیان شده است (Pramanik, et al.,2007; Gupta, and Garg, 2009



شکل شمارهٔ (۳): کاهش نسبت کربن به نیتروژن بسترهای مختلف در فرایند پوسش کرمی

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که فرایند پوسش‌کرمی می‌تواند به منزلهٔ فناوری برای مدیریت پسماندهای جامد تجزیه‌پذیر زیستی، در کنار سایر روش‌ها مطرح باشد. در طول این فرایند، میزان کربن آلی کل به طور چشمگیری کاهش و درصد مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به سرعت افزایش می‌یابد.

بیشترین کاهش نسبت کربن به نیتروژن در بستر شمارهٔ سه و بیشترین افزایش فسفر و پتاسیم به ترتیب در بسترهای شمارهٔ دو و شمارهٔ سه مشاهده شد. در این مطالعه مشخص شد که برخی از گونه‌های کرم خاکی مانند آیزینا فئوتیدا، بخوبی قادرند از پسماندهای آلی میادین میوه و تره‌بار تغذیه کرده و آنها را به همراه مواد بستری مختلف (تهیه آنها به سادگی ممکن است) به مواد باارزش (کرم‌پوسال) تبدیل کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از پشتیبانی مالی صندوق حمایت از پژوهشگران کشور در انجام این تحقیق تقدیر و تشکر کنند.

یادداشت‌ها

1- Vermicomposting process
2- Epigeic
3- Vermicompost
4- Lumbricus rubellus
5- Eudrilus eugeniae
6- Tommy Topsoil firm
7- Paper shredder
8- Calciferous glands

منابع مورد استفاده

سماوات، س .۱۳۸۰. چگونگی تولید ورمی کمپوست از ضایعات شهری و کشاورزی، نشریهٔ فنی شمارهٔ ۲۱۰ مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب.

رستمی، ر. ا. ، نبئی، ا. و اسلامی، ا. ۱۳۸۷. بررسی دما و رطوبت بهینه برای رشد کرم‌ها و انجام فرایند تولید ورمی کمپوست از پسماندهای غذایی، مجلهٔ علمی و پژوهشی سلامت و محیط، دورهٔ اوّل، شمارهٔ دوم.

عبدلی، م.ع. و روشنی، م.ر .۱۳۸۶. ورمی کمپوست (طراحی، ساخت و اجرا)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اوّل.

Appelhof,M. 1997. Worms eat my garbage (2nd edition). Flower press.

Atiyeh,R.M., et al. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. 84: 7–14.

Bianchina,J.N., et al. 2009. Development of a flow system for the determination of cadmium in fuel alcohol using vermicompost as biosorbent and flame atomic absorption spectrometry. Talanta. 78: 333–336.

Cheremisinoff,N.P. 2003. Handbook of solid waste management and waste minimization technologies. Elsevier ltd.

Contreras-Ramos,S.M., et al. 2008. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil amended with biosolid or vermicompost in the presence of earthworms (Eisenia fetida). Soil Biology & Biochemistry. 40: 1954–1959.

Doble,M. and A.,Kumar. 2005. Biotreatment of industrial effluents. Elsevier ltd.

Delgado-Moreno, L. and A., Peña. 2009. Compost and vermicompost of olive cake to bioremediate triazines-contaminated soil. Science of the total environment. 407: 1489–1495.

Gennaro,P.D., et al. 2009. Dynamic changes in bacterial community structure and in naphthalene dioxygenase expression in vermicompost-amended PAH-contaminated soils. Journal of Hazardous Materials. Article in press.

www.SID.ir

Archive of SID

Gupta,R. and V.K.,Garg. 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. Journal of Hazardous Materials. 153: 1023–1030.

Gupta,R. and V.K.,Garg. 2009. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing Eisenia fetida. Journal of Hazardous Materials. 162: 430-439.

Ferna´ndez-Bayo,J.D., et al. 2008. Assessment of pesticide availability in soil fractions after the incorporation of winery-distillery vermicomposts. Environmental Pollution. 154: 330-337.

Friedman,L.S. 2009. Garbage and recycling. Greenhaven Press.

Jord˜ao,C.P., et al. 2009. Zn(II) adsorption from synthetic solution and kaolin wastewater onto vermicompost. Journal of Hazardous Materials. 162: 804–811.

Khwairakpam,M. and R.,Bhargava. 2009. Vermitechnology for sewage sludge recycling. Journal of Hazardous Material. 161: 948-954.

Ndegwa,P.M., et al. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of Biosolids. Bioresource Technology. 71: 5-12.

Padmavathiamma,P.K., et al. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bioresource Technology. 99: 1672–1681.

Pandey,A., et al. 2008. Current developments in solid-state fermentation. Springer.

Ryan,J., et al. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA press.

Sangwan,P., et al. 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. Bioresource Technology. 99: 8699–8704.

Schepers,J.S. and W.,Raun. 2008. Nitrogen in agricultural systems. ASA-CSSA-SSSA press.

Senb,B. and T.S.,Chandra. 2007. Chemolytic and solid-state spectroscopic evaluation of organic matter transformation during vermicomposting of sugar industry wastes. Bioresource Technology. 98: 1680–1683.

Singh,R., et al. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Bioresource Technology. 99: 8507–8511.

Suthar,S. 2008. Bioconversion of post harvest crop residues and cattle shed manure into value-added products using earthworm Eudrilus eugeniae Kinberg. Ecological engineering. 32: 206–214.

Suthar,S. 2009. Growth and fecundity of earthworms: Perionyx excavates and Perionyx sansibaricus in cattle waste solids. Environmentalist. 29: 78–84.

Vivas,A., et al. 2009. Assessing the impact of composting and vermicomposting on bacterial community size and structure, and microbial functional diversity of an olive-mill waste. Bioresource Technology. 100: 1319–1326.

Yasir,M., et al. 2009. Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity. Bioresource Technology. 100: 4396–4403

www.SID.ir