پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و یکم شماره ۸۵ آذر سال ۱۳۹۰ (۹۰-۸۵)

تعیین زمان رسیدن کمپوست حاصل از لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری

حسین علیدادی
علی اصغر نجف پور

چکیده

سابقه و هدف : از آن جایی که در حال حاضر در زمینه رسیدن فرآیند کمپوست لجن تصفیه خانه فاضلاب در کشور استاندارد خاصی وجود ندارد در این تحقیق سعی شده تا از روش‌های مختلف شیمیایی و بیولوژیک در ارزیابی فرآیند رسیدن کمپوست استفاده شود.

مواد و روش ها : لجن مورد استفاده در این تحقیق از بسترهای لجن خشک کن تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان تامین گردید و با خاک اره به عنوان ماده حجیم کننده مخلوط و فرآیند کمپوست به صورت ویندرو انجام شد. کمپوست هوازی به صورت ویندرو با ابعاد ۲/۵ متر طول، ۱/۵ متر عرض و ۱/۲ متر ارتفاع تشکیل و توده کمپوست در فاصله زمانی ۷ تا ۱۰ روز توسط کارگر زیرورو شد.

یافته ها : پس از گذشت زمان ۱۰۰ روز از شروع فرآیند کمپوست نسبت کربن به ازت به ۱۵/۱ رسید. با افزایش زمان ماند فرآیند کمپوست، از نسبت آمونیوم به نیترات کاسته شد و پس از گذشت این مدت زمان مقدار جامدات فرار ۲۸/۸ درصد کاهش یافت و تعداد کلی فرم‌های مدفوعی نیز به ۸۹۸ MPN در هر گرم وزن کمپوست رسید.

استنتاج : بعد از گذشت ۱۰۰ روز از فرآیندکمپوست لجن فاضلاب، با اطمینان می توان کود حاصله را در کشاورزی بکار برد.

واژه‌های کلیدی: رسیدن، تثبیت، کمپوست، لجن، تصفیه خانه فاضلاب

مقدمه

امروزه محدودیت‌های مربوط به روش‌های سوزاندن و دفن لجن تصفیه خانه فاضلاب در اراضی و اقیانوس‌ها، منجر به ایجاد مشکلاتی در دفع لجن فاضلاب شده است. از حدود یکصد سال پیش در کشورهای اروپایی و امروزه در بسیاری از کشورها از لجن فاضلاب در کشاورزی استفاده می‌شود. در کشور ما نیز در شهرهایی مانند اصفهان به دلیل وجود تصفیه خانه فاضلاب، استفاده از لجن در کشاورزی از دیرباز مرسوم بوده اما به جنبه‌های زیست محیطی آن توجه کافی نشده است. مهمترین مرحله پردازش لجن فاضلاب، تثبیت آن می‌باشد. هدف از این مرحله تبدیل مواد آلی فساد پذیر به حالت تثبیت شده، کاهش عوامل بیماریزا یا نابودی این عوامل، کاهش مواد جامد فرار آن و ایجاد یک محصول قابل استفاده و مفید می‌باشد(۱). در ایران نیز مانند اکثر کشورها از هاضم‌های بیهوازی برای تثبیت لجن فاضلاب شهری استفاده می‌شود که دارای مشکلات

مولف مسئول: حسین علیدادی– مشهد: خیابان دانشگاه ۱۸– دانشکده بهداشت– گروه بهداشت محیط– مرکز تحقیقات علوم بهداشتی E-mail: alidadih@mums.ac.ir
مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
تاریخ دریافت : ۹۰/۱/۲۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۹۰/۵/۱ تاریخ تصویب : ۹۰/۸/۵

Archive of SID
www.SID.ir

بهره‌برداری و عملیاتی فراوانی می‌باشد و عمل تثبیت لجن را نیز ناقص انجام می دهند. بنابراین لجن خروجی آن‌ها باید به صورت تکمیلی تثبیت شوند. امروزه فرایند کمپوست به دلیل فن آوری آسان برای تثبیت لجن فاضلاب مورد توجه قرار گرفته است، که با افزودن عوامل حجیم کننده، اختلاط مکانیکی و شرایط هوازی در تولید کمپوست فراهم می‌شود(۳،۲). آزمایشات مختلفی در رابطه با رسیدن کمپوست وجود دارد. این آزمایشات سمیت یا عدم سمیت کمپوست را اندازه‌گیری می‌کنند. کمپوست تثبیت شده دارای قدرت سمیت کمتری بر گیاهان می‌باشد(۶-۴). اداره کنترل کیفیت کمپوست کالیفرنیا، اندازه‌گیری دو یا چند خصوصیت شیمیایی یا بیولوژیکی را برای رسیدن کمپوست مناسب می‌داند. اندازه‌گیری مقدار فعالیت آنزیم دهیدروژناز به عنوان شاخصی در تعیین مقدار فعالیت کل میکروب‌های هتروتروفیک موجود در کمپوست نیز بکار می‌رود(۸،۷). به منظور رسیدن کمپوست از شاخص‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک استفاده می‌شود بر این اساس کمپوست رسیده دارای pH برابر با ۶ تا ۸/۵، رطوبت کمتر از ۶۵ درصد، نسبت کربن به ازت کمتر از ۱۵/۱، نسبت آمونیوم به نیترات کمتر از ۰/۵، درصد کاهش مواد آلی حدود ۳۸ درصد و تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی به کمتر از MPN ۱۰۰۰ در گرم وزن خشک جامدات می‌باشد(۱،۳،۴، ۸-۶). در حال حاضر از شاخص‌های فیزیکی مانند pH، درصد اکسیژن، درصد رطوبت و توزیع اندازه ذرات برای فرایند رسیدن کمپوست استفاده می‌شود. از آن‌جایی‌که استانداردی در زمینه رسیدن کمپوست در کشور وجود ندارد و عمدتاً از شاخص‌های فیزیکی استفاده می‌گردد، در این مطالعه به منظور تعیین زمان رسیدن کمپوست حاصل از لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری، از پارامترهای شیمیایی (مقدار جامدات فرار، نسبت کربن به ازت و نسبت آمونیوم به نیترات) و پارامترهای بیولوژیک (مقدار آنزیم دهیدروژناز، کربن محلول در آب و کلی‌فرم‌های مدفوعی) برای اولین بار استفاده شد تا با استفاده از پارامترهای شیمیایی و بیولوژیک بتوان بهترین زمان رسیدن کود کمپوست حاصل از لجن تصفیه خانه فاضلاب جنوب شهر اصفهان به دست آید.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر از نوع مقطعی- توصیفی بوده که در طی یک دوره یک‌ساله قابلیت رسیدن کود کمپوست حاصل از تصفیه خانه فاضلاب را مورد بررسی قرار داد. لجن مورد استفاده در این تحقیق از تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان تامین گردید. لجن خروجی از واحد آبگیری (واحد سانتریفوژ) که عمل تثبیت آن در هاضم‌های بیهوازی به طور ناقص صورت گرفته با خاک اره به عنوان ماده حجیم‌کننده مخلوط و فرایند کمپوست به صورت وینررو انجام شد تا به کود کمپوست تبدیل و تثبیت تکمیلی لجن صورت گیرد. بدین منظور لجن مورد استفاده توسط لودر از واحد آبگیری لجن که حاوی ۸۰ درصد رطوبت بود به محل پایلوت که در سوله‌ای در شرق تصفیه خانه جنوب اصفهان بود انتقال داده شد و سپس توسط کارگر با نسبت وزنی ۳ به ۱ لجن با خاک اره مخلوط شد تا نسبت کربن به ازت آن برابر با ۲۵/۱ و مقدار رطوبت آن ۶۰ درصد بود. کمپوست هوازی به صورت وینررو با ابعاد ۲/۵ متر طول، ۱/۵ متر عرض و ۱/۲ متر ارتفاع تشکیل شد. توده کمپوست هوازی حاصله در فاصله زمانی ۷ تا ۱۰ روز توسط کارگر به صورت دستی زیرورو می‌شد تا بدین ترتیب اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌های هوازی تامین شوند. پس از ۵ مرحله زیرورو کردن توده، دمای آن به ۵۵ درجه سانتیگراد رسید که این درجه حرارت مورد نیاز برای از بین رفتن اکثر پاتوژن‌ها می‌باشد(۱) پس از آن با هر مرحله زیرورو کردن دمای توده سردتر می‌شد. مراحل فوق ۱۰۰ روز به طول انجامید.

درجه حرارت توده کمپوست با قرار دادن ترمومتر

Archive of SID

www.SID.ir

در فاصله ۸۰ سانتیمتری از بالای توده کمپوست اندازه‌گیری می‌شد. برای نمونه برداری در حین عملیات زیرورو کردن توده کمپوست که کل توده به هم زده می‌شد نمونه برداشت شد. بدین ترتیب که توسط کارگر با استفاده از بیل مخلوط یکنواختی از توده کمپوست از ۲۰ محل مختلف و از عمق‌های متفاوت برداشت شد به طوری که حجم هر نمونه حدود یک کیلوگرم بود. سپس این نمونه‌ها توسط بیلچه با هم مخلوط شد و نمونه ترکیبی فوق حدود ۲۰ کیلوگرم شد. نمونه فوق به چهار قسمت تقسیم و از هر کدام از آن‌ها نیز یک نمونه برداشت شد و در نهایت یک نمونه از بین آن‌ها برداشت گردید که بیانگر کل توده کمپوست بود و به منظور انجام آزمایشات مختلف به آزمایشگاه ارسال شد. در زمان ماندهای ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ روز نمونه‌های مورد نظر برداشت گردید.

از طریق اندازه‌گیری مقدار خاکستر باقیمانده در دمای ۵۵۰ درجه در کوره به مدت ۳۰ دقیقه مقدار جامدات فرار، کل مقدار کربن موجود در نمونه ها از طریق سوزاندن در کوره در دمای ۷۵۰ درجه به مدت ۲ ساعت، کل مقدار ازت موجود در نمونه‌ها از طریق روش هضم کجلدال توسط اسیدسالیسیلیک و تیوسولفات، نسبت کربن به ازت از طریق تقسیم مقدار کربن به مقدار ازت، مقدار آمونیوم و نیترات موجود در نمونه از طریق روش استخراج با کلرید پتاسیم و رنگ سنجی، مقدار آنزیم دهیدروژناز از طریق روش رنگ سنجی با ۲، ۳ و ۵ تری فنیل تترازولیوم و استخراج با متانول در طول موج ۴۸۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Spectronic 20 Genesys.TM ، مقدار کربن محلول در آب از طریق اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم و جذب نور در طول موج ۵۹۰ نانومتر، تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی نیز از طریق روش 9221E و شمارش به صورت MPN تعیین مقدار می‌شدند(۱۳-۹). جهت پردازش اطلاعات و ترسیم نمودارهای مورد نیاز نرم افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت.

یافته ها

خصوصیات لجن و خاک اره مورد استفاده در این تحقیق به شرح جدول شماره ۱ می‌باشد.

جدول شماره ۱: مشخصات لجن و خاک اره مورد استفاده در فرآیند کمپوست

پارامترها	لجن تصفیه خانه فاضلاب	خاک اره
درصد رطوبت	۸۵	۱۰
درصد نیتروژن	۱/۳۵	۰/۱۲۵
نسبت کربن به ازت	۱۵/۱	۳۱۰/۱

نتایج مربوط به پارامترهای شیمیایی مورد بررسی در تثبیت کمپوست حاصل از لجن تصفیه خانه فاضلاب مانند نسبت کربن به ازت، نسبت آمونیوم به نیترات، جامدات فرار در نمودارهای ۱ تا ۳ آورده شده است.

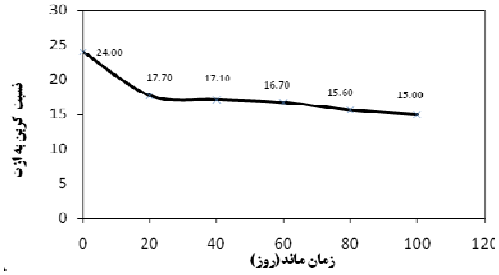
با توجه به نمودار شماره ۱، در شروع فرایند کمپوست به منظور تسریع در امر رسیدن کمپوست از نسبت کربن به ازت ۲۴/۱ استفاده شد و با گذشت زمان و ادامه فرآیند با توجه به فعالیت میکروارگانیسم‌ها و مصرف مواد آلی این نسبت کاهش یافته به‌طوری‌که در روز ۱۰۰ مقدار این نسبت به ۱۵/۱ رسید. از طرف دیگر در روزهای ابتدایی فعالیت میکروارگانیسم‌ها، مصرف موادآلی نسبت به سایر روزها با روند بیشتری ادامه یافت و سپس این روند یکنواخت‌تر گردید.

با توجه به به نمودار شماره ۲، با گذشت زمان و انجام فرآیند نیتریفیکاسیون در کمپوست، در مقادیر گونه‌های مختلف ترکیبات نیتروژنه تغییر ایجاد شد، به‌طوری‌که مقدار نسبت آمونیوم به نیترات کاهش یافت.

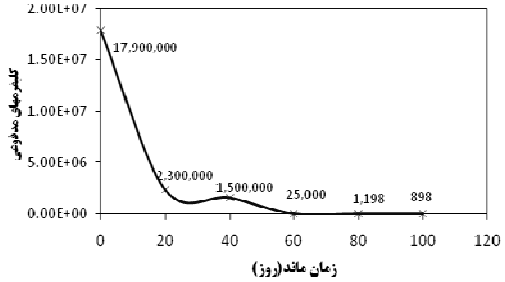
با توجه به نمودار شماره ۳، مقدار جامدات فرار موجود در کمپوست با گذشت زمان، به دلیل تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها کاهش یافت.

همچنین نتایج مربوط به پارامترهای بیولوژیک مانند تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی و نسبت فعالیت آنزیم دهیدروژناز به کربن آلی محلول در آب در نمودارهای شماره ۴ و ۵ بیان شده‌اند.

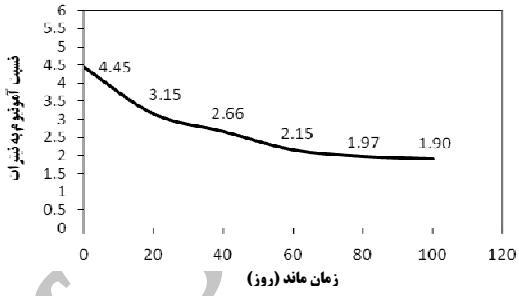
Archive of SID
www.SID.ir



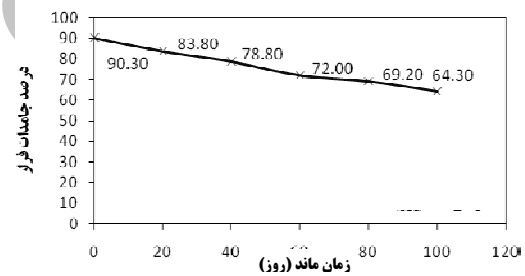
نمودار شماره ۱ : تغییرات نسبت کربن به ازت در فرآیند کمپوست



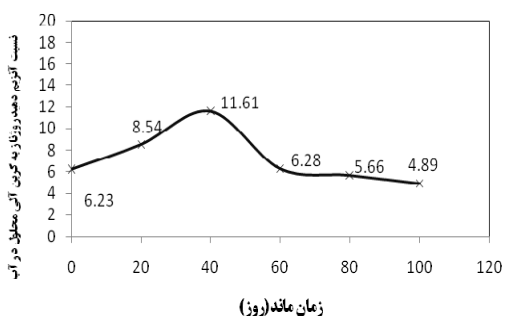
نمودار شماره ٤ : تغییرات کلیفرم‌های مدفوعی در فرآیند کمپوست



نمودار شماره ۲ : تغییرات نسبت آمونیوم به نیترات در فرآیند کمپوست



نمودار شماره ۳ : تغییرات جامدات فرار در فرآیند کمپوست



نمودار شماره ٥ : تغییرات نسبت آنزیم دهیدروژناز به کربن آلی محلول در آب در فرآیند کمپوست

بحث

نسبت کربن به ازت در شروع فرآیند کمپوست لجن تصفیه خانه فاضلاب برابر با ۲۴ بود و پس از گذشت مدت زمان ۱۰۰ روز مقدار این نسبت به عدد ۱۵ رسید که این امر بیانگر رسیدن کمپوست (C/N< ۱۵) حاصله می‌باشد. حداکثر درصد کاهش نسبت فوق در مرحله اول فرایند کمپوست در بین روزهای صفر تا ۲۰ اتفاق افتاد(نمودار شماره ۱). نتایج فوق با نتایج حاصل از مطالعات Buenno (۵)، Busby (۶)، Abdoli (۱۰)، Uicab (۱۴)، و Rekha (۱۵) مطابقت دارد.

نسبت آمونیوم به نیترات در طی فرآیند کمپوست کاسته شد و مقدار آن ۵۷/۳ درصد کاهش یافت. حداکثر درصد کاهش این نسبت در روزهای اولیه فرآیند یعنی بین روزهای صفر تا ۲۰ اتفاق افتاد. بر طبق رهنمودهای موجود اگر مقدار این نسبت به عدد ۲ برسد کمپوست حاصل رسیده می‌باشد که این حالت بین روزهای ۶۰ تا ۸۰ صورت گرفت (نمودار شماره ۲).

با گذشت زمان و افزایش دمای توده کمپوست به حدود ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد از تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی کاسته می‌شد به طوری‌که بیشترین درصد کاهش در ۲۰ روز اول فرایند که دمای توده کمپوست به شدت در حال افزایش بود، رخ داد (نمودار شماره۴).

با گذشت زمان از شروع فرایند کمپوست و رسیدن به روز ۲۰ و ۴۰، نسبت آنزیم دهیدروژناز به کربن آلی محلول در آب به شدت افزایش یافت که بیانگر فعالیت بالای میکروبی در این محدوده زمانی است. سپس از فعالیت میکروبی کاسته شده و این نسبت کاهش یافت (نمودار شماره ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج فوق با نتایج حاصل از مطالعات Uicab (۱۴)، Rekha (۱۵)، Wu (۱۶) مطابقت دارد. دلیل اصلی افزایش یا کاهش زمان رسیدن با استفاده از پارامتر نسبت آمونیوم به نیترات در سایر مطالعات می تواند ماهیت مواد بکار رفته در کمپوست باشد.

مقدار جامدات فرار موجود در کمپوست با گذشت زمان کاهش یافته که این امر به دلیل تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد به طوری‌که با توجه به نمودار شماره ۳، درصد کاهش در انتها به ۲۸/۸ درصد می‌رسد. طبق رهنمودهای سازمان حفاظت از محیط زیست کشور آمریکا وقتی مقدار کاهش جامدات فرار در کمپوست به ۳۸ درصد برسد آن کمپوست رسیده می‌باشد. بنابراین پس از مدت زمان ۱۰۰ روز، کمپوست حاصله به حالت رسیدن می‌رسد. نتایج فوق با نتایج حاصل از مطالعات Francou (۱)، Adani (۷)، Ofosu (۱۱) و Fukushima (۱۳) مطابقت دارد.

تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی در اوایل فرایند کمپوست $۱۰^{۶} \times ۱۷/۹۱$ و در انتهای فرایند به MPN ۸۹۸ در هر گرم وزن کمپوست رسید، که این امر نشان از غیرفعال شدن کلی‌فرم‌های مدفوعی دارد. طبق معیارهای کاهش پاتوژن هر موقع تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی به کمتر از MPN ۱۰۰۰ در هر گرم وزن کمپوست برسد به استاندارد کلاس A حذف پاتوژن‌ها دست یافته‌ایم. با توجه به نمودار شماره ۴ بین روزهای ۸۰ تا ۱۰۰ روز به این حد دست می‌یابیم. نتایج فوق با نتایج حاصل از مطالعات Kato (۳) و Moreira (۸) مطابقت دارد.

با توجه به نمودار شماره ۵، ماکزیمم مقدار نسبت آنزیم دهیدروژناز به کربن آلی محلول در آب در روزهای ۲۰ تا ۴۰ اتفاق می‌افتد که این مقدار بالا بیانگر فعالیت بالای میکروبی است. بعد از گذشت ۴۰ روز از شروع فرایند مقدار شاخص فوق روند کاهشی دارد که این امر نشان از فرا رسیدن مرحله تثبیت کمپوست دارد. همچنین رنگ محلول استخراج شده از مراحل اولیه کمپوست زرد رنگ می‌باشد و پس از گذشت ۴۰ روز رنگ محلول فوق سیاه تیره شده و در انتهای فرایند نیز رنگ آن قهوه‌ای روشن می‌شود که این تغییر رنگ به نوع و غلظت مواد آلی محلول موجود در آب بستگی دارد. نتایج فوق با نتایج حاصل از مطالعات Dimporzano (۲)، Kalamdhad (۴)، Adani (۷) و Sellami (۹) مطابقت دارد.

با توجه به نمودارهای فوق که از پارامترهای مختلف شیمیایی و بیولوژیک به دست آمده‌اند در کمپوست حاصل از لجن تصفیه خانه فاضلاب اصفهان سه مرحله وجود دارد:

- مرحله تجزیه سریع مواد آلی در ۴۰ روز اول
- مرحله تثبیت کمپوست، بین روزهای ۴۰ تا ۸۰
- مرحله رسیدن کمپوست، بین روزهای ۸۰ تا ۱۰۰

با توجه به نتایج به دست آمده از نمودارها و رهنمودهای سایر کشورها می‌توان بیان نمود، بعد از گذشت ۱۰۰ روز از فرایند کمپوست لجن تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان، کود حاصله را می‌توان با اطمینان در کشاورزی استفاده نمود.

References

1. Francou C, Poitrenaud M, Houot S. Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. Compost Sci Utilization 2005; 13(1): 72-83.
2. D'Imporzano G, Crivelli F, Adani F. Biological compost stability influences odor molecules production measured by electronic nose during food-waste high-rate composting. Sci Total Environ 2008; 402(2-3): 278-284.
3. Kato K, Miura N. Effect of matured compost as a bulking and inoculating agent on the microbial community and maturity of cattle

Archive of SID
www.SID.ir

manure compost. Bioresour Technol 2008; 99(9): 3372-3380.
4. Kalamdhad AS, Pasha, M, Kazmi AA. Stability evaluation of compost by respiration techniques in a rotary drum composter. Resour Conserv Recy 2008; 52(5): 829-834.
5. Bueno P, Tapias R, López F, Díaz MJ. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in composting. Bioresour Technol 2008; 99(11): 5069-5077.
6. Busby RR, Torbert HA, Gebhart DL. Carbon and nitrogen mineralization of non-composted and composted municipal solid waste in sandy soils. Soil Biology and Biochemistry 2007; 39(6): 1277-1283.
7. Adani F, Ubbiali C, Generini P. The determination of biological stability of composts using the Dynamic Respiration Index: the results of experience after two years. Waste Manag 2006; 26(1): 41-48.
8. Moreira R, Sousa JP, Canhoto C. Biological testing of a digested sewage sludge and derived composts. Bioresour Technol 2008; 99(17): 8382-8389.
9. Sellami F, Hachicha S, Chtourou M, Medhioub K, Ammar E. Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters. Bioresour Technol 2008; 99(15): 6900-6907.
10. Abdoli MA, Azimi A, Omrani GhA, Dadi Ia, Roshani MR. Effect of dry solids and bulking material on stability biosolids with E. Foetida. J Water and Wastewater 2009; 20(7): 48-54.
11. Ofosu-Budu Gk, Hogarh JN, Fobil JN, Quaye A, Danso SKA, Carboo D. Harmonizing procedures for the evaluation of compost maturity in two compost types in Ghana. Resour Conserv Recy 2010; 54(Issue 3): 149-210.
12. Anonymous A. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: APHA. AWWA. WPC; 2002.
13. Fukushima M, Yamamoto K, Ootsuka K, Komati T, Aramaki T, Ueda S, et al. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. Bioresour Technol 2009; 100(2): 791-797.
14. Uicab Brito L, Armendariz Yanez I, Camal Maldonado A, Sarmiento Franco L, Segura Correa JC, Santos Ricalde R. Effect of Pig Litter Composted on Growth of Maize (Zea maiz) and Havanan Pepper (Capsicum chinense) Plants. J Biol Sci 2009; 4(Issue 4): 514-518.
15. Rekha P, Suman Raj DS, Aparna S. Bioremediation of contaminated lake sediments and evaluation of maturity indicies as indicators of compost stability. Int J Environ Res Public Health 2005; 2(2): 251-262.
16. Wu L, Ma LQ, Martinez GA. Comparison of Methods for Evaluating Stability and Maturity of Biosolids Compost. J Environ Qual 2000; 29(2): 424-429.

Archive of SID

www.SID.ir