مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۴۹۳ تا ۵۰۲

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

بررسی امکان تولید کمپوست از لجن آبگیری شده تصفیه خانه فاضلاب یزد به روش ویندرو با تیمارهای مختلف

مهدی مختاری[۱]، اکبر صالحی وزیری[۲]، طاهره زارعی[۱]، ماهرخ جلیلی[۱*]

۱- (نویسنده مسئول): گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، ناظر و بهره بردار تصفیه خانه فاضلاب شهری یزد، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۳۰
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۴/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۴/۲۸
تاریخ انتشار: ۹۵/۱۲/۱۶

واژگان کلیدی: کمپوست، لجن آبگیری شده یزد، عوامل حجیم کننده، پسماند سبز، پسماند کشاورزی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
nedajalili52@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: لجن آبگیری شده فاضلاب نوعی محصول فرعی در فرایند تصفیه فاضلاب است که در صورت عدم مدیریت مناسب می‌تواند مشکلات بهداشتی و زیست محیطی ایجاد کند. مطالعه حاضر با هدف تعیین قابلیت کمپوست شدن لجن آبگیری شده تصفیه خانه فاضلاب شهری یزد به روش ویندرو با تیمارهای مختلف انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه، لجن آبگیری شده فاضلاب با دو تیمار پسماند کشاورزی (کاه) و پسماند سبز (باغبانی) به ترتیب با نسبت وزنی ۱:۲۰ و ۱:۱۰ (پسماند کشاورزی: لجن آبگیری شده و پسماند سبز: لجن آبگیری شده) برای رسیدن به نسبت C/N:۲۰ مخلوط و ویندروهایی به طول ۲ m، عرض ۷۵ cm و ارتفاع ۱/۵ m ساخته شد. فرایند کمپوست‌سازی از طریق اندازه‌گیری پارامترهای دما، رطوبت، جامدات فرار، خاکستر، pH، EC، کربن آلی و برآورد نسبت C/N کنترل و در نهایت با مقادیر استاندارد اعلام شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مقایسه گردید.

یافته‌ها: پس از گذشت ۱۰۰ روز از شروع فرایند کمپوست‌سازی نسبت C/N در تیمار پسماند سبز به ۶/۲۵±۱۳/۰۸ و در تیمار پسماند کشاورزی به ۵/۳۵±۱۵/۴۶ رسید. مقدار جامدات فرار در تیمار پسماند سبز ۱۴/۰۱±۱۹/۸ درصد و در تیمار پسماند کشاورزی ۱۶/۰۶±۲۰/۷۱ درصد کاهش یافت. میزان EC در هر دو تیمار روند افزایشی داشت.

نتیجه‌گیری: کمپوست‌سازی منجر به بهبود شاخص‌های کود آلی در لجن آبگیری فاضلاب با هر دو تیمار شد. به هر حال ویندرو حاوی پسماند سبز از لحاظ زمانی زودتر از ویندرو حاوی پسماند کشاورزی به استانداردهای تعیین شده کمپوست رسیده، رسید.

Please cite this article as: Mokhtari M, Salehi Vaziri A, Zareyi T, Jalili M. An investigation on feasibility of composting of Yazd WWT dewatered sludge with windrow method using different treatments. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):493-502.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

مقدمه

لجــن فاضلاب جزء مواد زائد جامد باقیمانده حاصل از تصفیه فاضــلاب خانگی است (۱). نظر به آنکه حجم لجن تولید شده در تصفیــه خانه‌ها به طور عام زیاد بوده و مصرف مشــخصی نیز برای آنها تعریف نشــده است، بحث مشــکل انباشت لجن در محوطه تصفیه‌خانه‌ها مطرح است همچنین محدودیت‌های نگهداری اهمیت بســیاری دارد، از اینرو مدیریت صحیح لجن تولیدی در تصفیه‌خانه‌ها امری ضروریست (۲). دفع این مواد به نحوی که هم به بهداشت عمومی آسیب نرساند و هم مشکلات زیســت محیطی ایجاد نکند، به برنامه‌ریزی و تلاش فراوان نیاز دارد. به عبارت دیگر رها کردن لجن در محیط زیســت به دلیل وجود مواد فسادپذیر، میکروب‌های بیماری‌زای موجود در آن، به اشاعه بیماری‌های عفونی و تخریب محیط زیست می‌انجامد (۳). سالیان زیادی است کــه از لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهــری بــه منظور بهبــود شرایــط و حاصلخیــزی زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شود (۴). اما به جنبه‌های زیست محیطی آن توجه کافی نشــده اســت (۵). لجــن تصفیه‌خانه فاضلاب قبــل از استفاده روی زمیــن باید مراحل مختلــف پردازش را طــی کند تا عاری از مواد خطرناک برای محیط زیســت شود. فرایندهای مــورد استفاده برای تصفیه لجن، خصوصیات آن را تغییر داده و برای دفع قابل قبول می‌سازد (۱). کاربرد مســتقیم لجن فاضلاب در کشــاورزی به علت حضور پاتوژن‌ها، تخمیر نامناسب پســماند آلی و وجود فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی و معدنــی در لجن، موجب اثرات نامطلوب زیســت محیطی و بهداشتــی می‌گردد (۶، ۷). لذا مهمتریــن مرحله پردازش لجن فاضلاب تثبیــت آن است (۵). لجن تولیــدی از تصفیه فرایند کمپوست لجن فاضلاب نسبت به سایر مواد زائد متفاوت است زیــرا وجود مقدار زیاد آب موجود در لجن فاضلاب تشــکیل ویندرو اولیه کمپوست را با مشــکل مواجه می‌کند که می‌توان با افــزودن عوامل حجیــم کننده، اختــلاط مکانیکی و شرایط هــوازی، این مشــکل را برطــرف نمــود (۸). کمپوست‌سازی از لجــن فاضلاب با استفاده از این عوامــل پایداری مواد آلی، کاهش پاتوژن‌ها و انگل‌ها را تشــدید نموده و کیفیت کود آلی نهایی به عنــوان سبک کننده خاک را افزایش می‌دهد (۱۱-۹). قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌ها به آب و اکسیژن مستقیما با تخلخل کل و تخلخل پر شده با هوا (Air-filled porosity (AFP)) ارتبــاط دارد. بنابراین استفاده از عوامل حجیم کننده در کمپوست‌سازی لجن فاضلاب مورد نیاز است زیرا تخلخل پر شده یا هوای لجن بسیار پایین است (۱۲). از جمله مطالعات انجــام شده در ایــن زمینه می‌توان به مطالعــه Farzadkia و همکاران که کمپوست تولیدی در دو کارخانه کمپوست خمین و تهــران را از نظــر کیفی بررسی و مقایســه کردند، نتایج این تحقیق نشــان داد هــر دو نمونه کمپوست قابلیــت کاربرد در خاک‌های ضعیف به عنــوان عامل اصلاح کننده را دارند (۱۳) و نتایج مطالعه Jaafarzadeh Haghighifard و همکاران که کمپوست همزمان پســماند فضای سبز و لجن آبگیری شده تصفیه‌خانــه فاضلاب غرب اهواز را مــورد بررسی قرار دادند، نشان داد پارامترهای مورد بررسی این تحقیق در سطح رده اول استانداردهــای ایران و از لحاظ کیفیــت میکروبی در سطح A استانداردهای USEPA و ایران است و با اطمینان می‌توان آن را در زمین‌های کشــاورزی و فضای سبز مورد استفاده قرار داد (۱۴)، همچنین در مطالعه Alidadi و همکار از عوامل حجیم کننده در تولید کمپوست از لجن تصفیه خانه فاضلاب استفاده گردید، نتایج نشــان داد با افزودن ماده حجیم کننده (خاک اره) می‌تــوان فرایند کمپوست لجن را بهتر پیش برد (۵)، لذا هدف از ایــن مطالعه بررسی امکان تولیــد کمپوست از لجن آبگیری شــده تصفیه خانه فاضلاب یزد بــه روش ویندرو با تیمارهای پسماند سبز (باغبانی) و کشاورزی (کاه) به عنوان روشی جهت بازیافت لجن فاضلاب شهری و کاهش اثرات مضر بهداشتی و زیست محیطی آن بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه تجربی بوده که در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد، به مدت ۱۰۰ روز در فصل بهار (اواخر ماه خرداد) و تابستان (ماه‌های تیر، مرداد و شهریور) صورت گرفت. به لجن تولیــدی در تصفیه خانه (Sequencing batch reactor (SBR)) فاضــلاب شهــری یزد، پس از عبور از هاضم هــوازی، طی دو مرحلــه پلیمر اضافه گردید و سپــس از واحد فیلتر پرس عبور داده شــد. لجــن خروجی از واحد فیلتر پــرس حاوی ۲۰-۱۵ درصــد رطوبت بود که بدلیل پایین بودن درصد رطوبت، لجن آبگیری شــده نامیده می‌شود که در این مطالعــه مورد استفاده

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

جدول ۱- مشخصات لجن آبگیری شده فاضلاب شهری و تیمارهای مورد استفاده در فرایند کمپوست‌سازی

پارامترها	مشخصات لجن آبگیری شده فاضلاب			مشخصات تیمار پسماند سبز(باغبانی)			مشخصات تیمار پسماند کشاورزی (کاه)		
	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین± انحراف معیار	حداقل	حداکثر
رطوبت (درصد)	۱۷/۲۵±۲/۲۱	۱۵	۲۰	۷/۶۶±۲/۵۱	۵	۱۰	۴/۵±۲/۶۴	۲	۸
pH	۷/۰۶±۱/۰۹	۵/۸۶	۸/۱۱	۵/۹۷±۰/۴۱	۵/۵	۶/۵	۵/۶۶±۰/۳۵	۵/۲۴	۶
EC (mmhos/cm)	۲/۱۷±۰/۶۹	۱/۴	۲/۹	۰/۹۵±۰/۴۵	۰/۴	۱/۵	۱/۹۱±۰/۳۸	۱/۵	۲/۴
کربن آلی (درصد)	۴۴/۷۵±۸/۰۶	۴۰/۳	۴۸/۴۱	۳۹/۵۹±۰/۳۸	۲۹	۴۷/۵	۴۰/۸۷±۱۰۵/۳۱	۳۸	۴۵/۲
جامدات فرار (درصد)	۸۰/۵۶±۶/۴۸	۷۲/۶	۸۷/۱۴	۷۱/۲۷±۱۵/۰۲	۵۱/۲	۸۵/۴	۷۳/۵۷±۶/۹۷	۶۴/۸	۸۱/۲
خاکستر (درصد)	۱۹/۴±۶/۴۲	۲۷/۴	۱۲/۸۶	۲۸/۷۳±۱۴/۵۹	۴۸/۸	۱۴/۶	۲۶/۴۳±۷/۱۷	۳۵/۲	۱۸/۸
نسبت C/N	۱۳/۹±۳/۵۴	۱۹/۱۶	۱۰/۱۰	۶۰±۳/۲۱	۵۷/۶۹	۳۲/۰۸	۲۵۰±۴/۰۸	۱۶۸/۴۲	۱۱۶/۶
ازت کجلدال(درصد)	۳/۲۱±۰/۶۵	۲/۱	۴/۷۹	۰/۶۵±۱/۳۹	۰/۵۶	۱/۵	۰/۱۶±۱/۳۴	۰/۲۲	۰/۳۸

قرار گرفته است. مشخصات لجن آبگیری شده در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای پسماند سبز، از برگ درختان بید موجود در محوطه تصفیه‌خانه تهیه و پسماند کشاورزی (کاه) خریداری و آزمایشات لازم بر روی لجن و تیمارها انجام شد و در نهایت به نسبت وزنی ۱:۱۰ (پسماند سبز: لجن آبگیری شده) و ۱:۲۰ (پسماند کشاورزی: لجن آبگیری شده)، جهت دستیابی به نسبت کربن به ازت بهینه (C/N:۲۰) و به عنوان عامل حجیم کننده با لجن آبگیری شده ترکیب گردیدند، پس از ترکیب تیمارها با لجن آبگیری شده با توجه به پایین بودن درصد رطوبت در لجن و تیمارها، مقداری آب توسط آبپاش به هر دو ویندرو افزوده شد، سپس مقداری از نمونه به آزمایشگاه منتقل و درصد رطوبت در تیمار پسماند کشاورزی ۵۸ درصد و در تیمار پسماند سبز ۶۵ درصد برآورد گردید که برای شروع فرایند کمپوست‌سازی مناسب بود. با توجه به بالا بودن دما در فصل تابستان در شهر یزد و افزایش سرعت تبخیر هر ۲ روز یکبار رطوبت ویندروها اندازه‌گیری و در صورت لزوم ویندروها آب‌پاشی شدند، به طوری که رطوبت روزانه تامین گردید.

وزن نهایی ویندرو ساخته شده با تیمار پسماند سبز به ۱۱۸۳kg (۱۰۰۰ kg لجن آبگیری شده با ۱۸۳ kg از پسماند سبز) و تیمار پسماند کشاورزی به ۱۰۴۴ kg (۱۰۰۰ kg لجن آبگیری شده با ۴۴ kg از پسماند کشاورزی) رسید. ویندروها جهت مدیریت شیرابه تولیدی در قسمت شیب‌دار زمین به طول ۲m، ارتفاع ۱/۵ m و عرض ۷۵ cm (حجم ویندروها ۲/۲۵m^3) ساخته شدند.

نمونه‌برداری از ویندروها به روش TMECC (Test Methods for the Examination of Composting and Compost) که نمونه‌گیری مرکب کمپوست است پس از هر بار زیرورو کردن توسط کارگران به صورت مرتب هر هفته یکبار صورت گرفت (۱۵).

بدین صورت که پس از هر بار زیرورو شدن مناسب ویندروها، از هر ویندرو دو نمونه (در کل ۴ نمونه ۲ نمونه از ویندرو با تیمار پسماند سبز و ۲ نمونه از ویندرو با تیمار پسماند کشاورزی) به وزن ۱kg برداشته و در کیسه پلاستیکی تیره رنگ به آزمایشگاه منتقل گردید و پارامترهای دما، رطوبت، جامدات فرار، خاکستر، pH، EC، کربن آلی و نسبت C/N با ۴ بار تکرار برای هر پارامتر مورد بررسی قرار گرفت. آزمون تعیین درصد کربن، درصد نیتروژن و نسبت C/N براساس استاندارد ملی شماره ۱۳۳۲۰ انجام شد (۱۶). میزان pH براساس استاندارد ملی شماره ۶۸۳۱ انجام گرفت (۱۷، ۱۸). درصد رطوبت و جامدات کل کمپوست از طریق خشک کردن نمونه‌ها در دمای ۱۰۵-۱۰۳ °C (۱۹) و جامدات معدنی و فرار توسط قرار دادن نمونه کمپوست خشک شده در کوره و دمای ۵۵۰ °C بدست آمد (۲۰). جهت تعیین درصد ازت به روش هضم کجلدال، ابتدا نمونه در هاضم هضم شده (به ۲g از نمونه برداشت شده از توده‌ها اسید سالسیلیک و

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

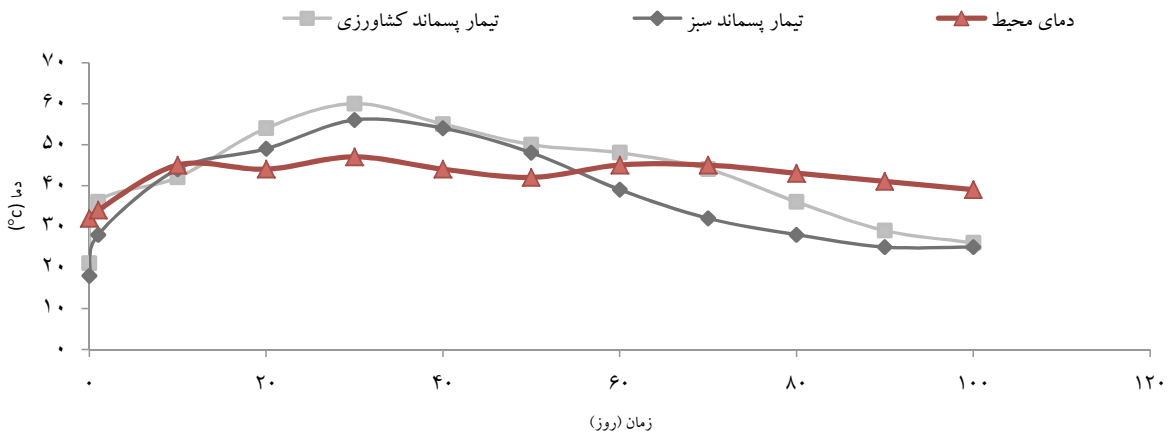
اسیدسولفوریک اضافه نموده و به مدت ۴۰min همزده شدند سپس تیوسولفات سدیم و سولفات پتاسیم اضافه شد) و نمونه‌های هضم شده توسط اسپکتروفتومتر DR۶۰۰۰ قرائت گردید. برای محاسبه درصد کربن آلی از عدد بدست آمده برای جامدات فرار استفاده می‌شود. بدین صورت که درصد کربن آلی از تقسیم درصد جامدات فرار بر عدد ۱/۸ بدست می‌آید. داده‌های بدست آمده در نرم افزار Excel ثبت و نمودارهای مربوطه رسم شد. در تحلیل آماری نتایج بدست آمده از نمونه‌برداری‌های انجام شده از نرم افزار SPSS16 و با کاربرد روش تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شده است. سطح معنی‌داری موردنظر برای تمامی آزمون‌ها ($P<۰/۰۵$) بود. همچنین مشخصات کود نهایی هر یک از بسترها با استاندارد ملی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مقایسه و کیفیت محصول نهایی تعیین گردید.

یافته‌ها

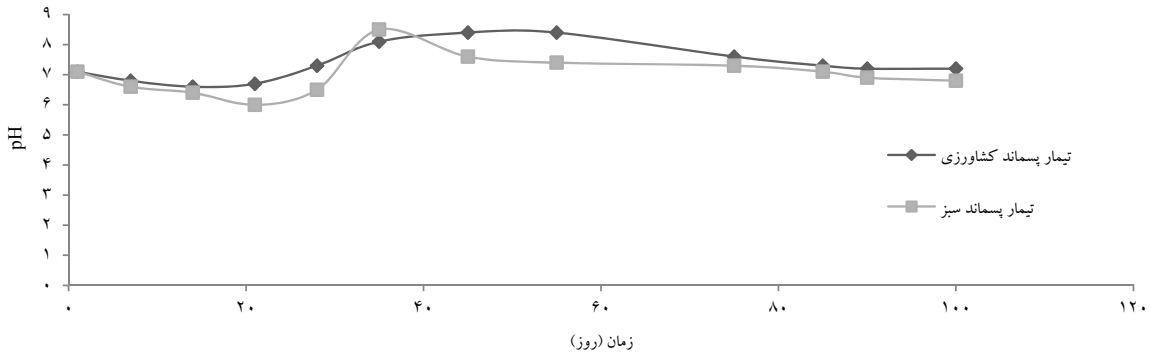
نتایج آنالیزهای شیمیایی حاصل از آزمایشات طی فرایند کمپوست‌سازی در جداول و اشکال زیر درج شده است.

بیشینه دما در ویندرو با تیمار پسماند کشاورزی ۵۶ °C و با تیمار پسماند سبز ۶۰ °C بود (نمودار ۱). در انت های ۱۰۰ روز دمای توده به دمای محیط رسید که نشان‌دهنده کاهش فعالیت بیولوژیک و مواد قابل تجزیه بیولوژیک است.

میزان pH در هر دو تیمار به مرور زمان به طور معنی‌داری کاهش ($P<۰/۰۰۷$) و مجددا افزایش یافته است (نمودار ۲). همچنین نتایج نشان داد که روند تغییرات هدایت الکتریکی با وجود نوسانات طی فرایند کمپوست‌سازی به روش ویندرو در هر دو تیمار به طور کلی افزایش داشته است ($P<۰/۰۰۱$) (نمودار ۳).

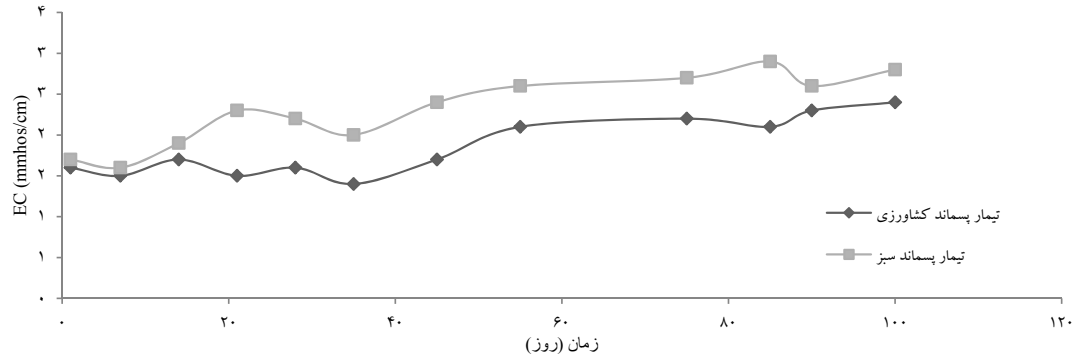


نمودار ۱- روند تغییرات دمایی طی فرایند کمپوست‌سازی



نمودار ۲- روند تغییرات pH طی فرایند کمپوست‌سازی

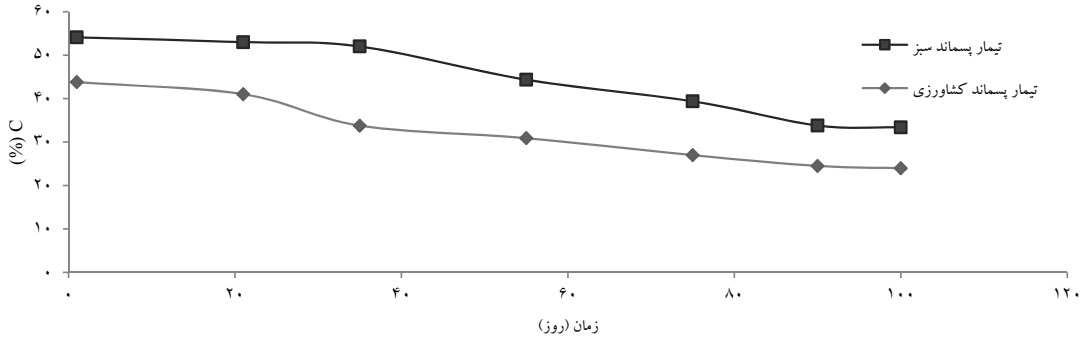
Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018



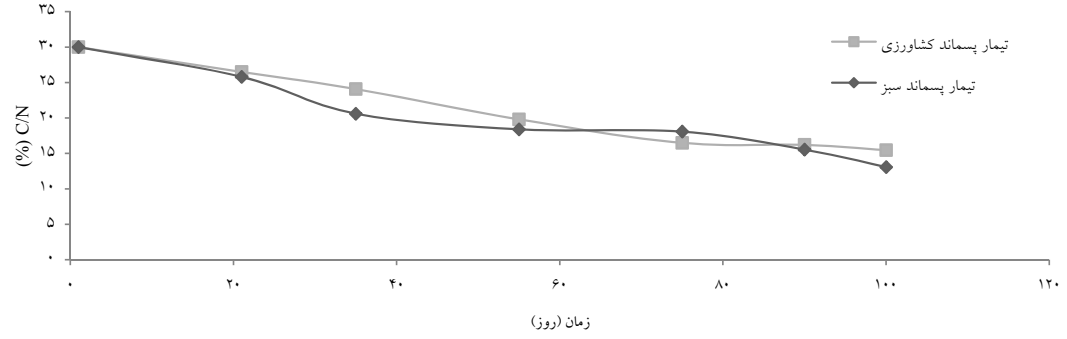
نمودار ۳- روند تغییرات EC طی فرایند کمپوست‌سازی

میـزان کربن آلی در هـر دو تیمار به طور معنـی‌داری کاهش نشان داد ($P<۰/۰۰۶$) و همواره درصد کربن در تیمار پسماند کشاورزی بیشتر از پسماند سبز بود (نمودار ۴).

براسـاس نتایج آزمایشـات، طـی فراینـد کمپوست‌سازی به روش ویندرو در هر دو تیمار نسـبت C/N به طور معنی‌داری افزایـش یافته اسـت ($P<۰/۰۰۱$) و در انتهـای ۱۰۰ روز در تیمار پسـماند کشـاورزی به ۱۵/۴۶ درصد و در تیمار پسماند سبـز به ۱۳/۰۸ درصد رسید (نمـودار ۵). ویندرو حاوی تیمار پسـماند سبز (باغبانی)، براساس علائم کمی و کیفی، زودتر از ویندرو حاوی تیمار پسـماند کشاورزی به سطح استانداردهای کمپوست رسیده، رسید.



نمودار ۴- روند تغییرات کربن آلی طی فرایند کمپوست‌سازی



نمودار ۵- روند تغییرات نسبت C/N طی فرایند کمپوست‌سازی

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و P-value پارامترهای فیزیکی و شیمیایی طی فرایند کمپوست‌سازی

پارامترها	میزان تغییرات پارامترهای مورد سنجش طی فرایند کمپوست‌سازی با تیمار پسماند کشاورزی			میزان تغییرات پارامترهای مورد سنجش طی فرایند کمپوست‌سازی با تیمار پسماند سبز			P-value
	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر	کمپوست رسیده	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر	کمپوست رسیده	
pH	۷/۳۹±۰/۶۱	۶/۶	۸/۴	۷/۲	۷/۰۱±۰/۶۵	۶	۸/۵	۶/۸	P<۰/۰۵
EC (mmhos/cm)	۱/۸۴±۰/۳۵	۱/۴	۲/۴	۲/۳	۲/۳±۰/۴۳	۱/۶	۲/۹	۲/۹	P<۰/۰۵
کربن آلی (درصد)	۳۲/۱۴±۷/۸۵	۲۴	۴۳/۸	۳۳/۴	۴۴/۲۹±۸/۹۸	۳۳/۴	۵۴/۸	۲۴	P<۰/۰۵
نسبت C/N	۲۰/۶۵±۵/۳۵	۱۵/۴۶	۳۰	۱۵/۴۶	۲۰/۷۸±۶/۲۵	۱۳/۰۸	۳۰	۱۳/۰۸	P<۰/۰۵
خاکستر (درصد)	۲۰/۲±۱۵/۹۹	۲/۶	۳۸/۹۱	۳۸/۹۱	۴۲/۰۴±۱۳/۸۸	۲۱/۱۶	۵۵/۴	۵۵/۴	P<۰/۰۵
جامدات فرار (درصد)	۷۹/۸۳±۱۶/۰۶	۶۰/۷۵	۹۷/۴	۶۰/۷۵	۵۷/۸۴±۱۴/۰۱	۴۳/۸	۷۸/۹۴	۴۳/۸	P<۰/۰۵
جامدات کل (درصد)	۵۳/۷۷±۸/۶۰	۴۵/۱	۶۹/۴	۴۵/۱	۵۵/۷۴±۹/۴۵	۴۵/۹	۷۰	۴۵/۹	P<۰/۰۵

میزان تغییرات پارامترهای مورد سنجش طی فرایند کمپوست‌سازی و کمپوست رسیده با هر دو تیمار پسماند کشاورزی و پسماند سبز در جدول ۲ آورده شده است.

بحث

در انتخاب فرایند کودسازی، شرط مهم و اساسی، میزان درصد مواد آلی است (۲۱). با توجه به این که تقریبا بیش از ۷۰/۲۶±۸/۰۶ درصد بافت لجن آبگیری شده فاضلاب شهری یزد را مواد آلی تشکیل داده و میزان تخلخل پر شده از هوا در بافت لجن بسیار کم است، کمپوست‌سازی به روش ویندرو و استفاده از عوامل حجیم‌کننده مانند پسماندهای کشاورزی و سبز می‌تواند یکی از روش‌های مدیریتی جدید و کارآمد جهت بازیافت و استفاده مجدد از لجن آبگیری شده فاضلاب شهری باشد.

بالا بودن دما در فصل تابستان در شهر یزد و اندازه‌گیری دمای ویندروها در ساعات اوج گرما (جهت بررسی بیشینه دمای ویندرو طی فرایند کمپوست‌سازی برای نابودی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا) و همچنین انرژی و حرارت تولیدی توسط میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده مواد آلی موجود در ویندرو، رسیدن به دمای ۶۰ °C در ویندرو حاوی تیمار پسماند کشاورزی و دمای ۵۶ °C در ویندرو حاوی پسماند سبز قابل توجیه است. این میزان افزایش دما به مدت ۲۴ h سبب نابودی پاتوژن‌های موجود در لجن می‌گردد.

میزان کاهش جامدات فرار در ویندرو حاوی تیمار پسماند کشاورزی بیشتر از تیمار پسماند سبز بود (P<۰/۰۰۱). این امر به دلیل تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌هاست، طبق رهنمود حفاظت محیط زیست کشور آمریکا وقتی مقدار کاهش جامدات فرار در کمپوست به ۳۸ درصد برسد آن کمپوست رسیده است. در نتیجه کمپوست تولیدی از لجن آبگیری شده با دو تیمار پسماند کشاورزی و سبز پس از گذشت ۱۰۰ روز به حالت رسیدن، رسیده است. با یافته‌های Alidadi و همکار (۵) که ۲۸/۸ درصد کاهش در پایان ۱۰۰ روز، همچنین Jaafarzadeh Haghighifard و همکاران (۱۴) که شاهد یک روند کاهشی در میزان کربن آلی و جامدات فرار بودند، Wang و همکاران (۲۲) میزان کربوهیدرات، چربی و اسیدهای آمینه را از روش رنگ آمیزی طی کمپوست‌سازی بررسی کردند که روند کاهشی داشته و در نهایت بیانگر کاهش در میزان کربن و مواد آلی بود و در مطالعه Gao و همکاران (۲۳) که میزان مواد آلی به دلیل معدنی شدن مواد و تولید مواد هیومیکی کاهش یافته بود، مطابقت داشت. کاهش pH طی فرایند می‌تواند به دلیل تولید CO_2 و اسیدهای آلی توسط میکروارگانیسم‌هاست (۲۴). تفاوت در تغییرات pH در دو

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

تیمـار به علـت وجود لیگنین در بافت کـاه است که به کندی توسط باکتری‌ها تجزیه شده و زمان بیشـتری برای تجزیه نیاز دارد. در مطالعـه Gunadi و همکـاران در سال ۲۰۰۲، یکی دیگـر از دلایـل کاهـش pH، تبدیل بیولوژیکی مـواد آلی به انـواع مواد حد واسط و معدنی شدن شدید نیتروژن به نیترات، نیتریت و فسـفر به ارتوفسـفات ذکر شد (۲۵). نتایج تجزیه و تحلیـل آماری نشـان داد، تغییرات pH طـی فرایند در هر دو تیمـار، اختلاف معنی‌داری در سطـح ۰/۰۵ دارد (P=۰/۰۰۷) و میـزان نهایی آن در رده یـک و دو استاندارد ملی ایران قرار داشت. ایـن نتایج بـا یافته‌های Rama و همکـاران (۲۶) و یافته‌هـای Jaafarzadeh Haghighifard و همکـاران که pH تا روز ۱۵ روند افزایشـی ناشـی از پدیده آمونیفیکاسیون و معدنی‌سازی مـواد نیتروژنه آلی در اثر فعالیت‌های میکروبی داشـت و سپس کاهش یافت (۱۴) و ایـن میزان کاهش ناشی از پدیـده نیتریفیکاسیون و تشـکیل گاز آمونیوم و انتشـار آن به اتمسـفر و نهایتا رها شدن یون‌های هیـدروژن است (۲۷)، مطابقت داشت.

تجزیه و تحلیل آماری هدایت الکتریکی در دو تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ نشـان داد (P=۰/۰۰۱). میزان نهایی آن در هر دو تیمار در رده یک استاندارد ملی ایران قرار داشت و بـا یافته‌های Sadef و همکـاران (۲۸) مطابقت داشت. طی فرایند کمپوست‌سازی نسـبت C/N روند کاهشی داشته و در پایان ۱۰۰ روز در تیمار پسماند کشاورزی در رده دو استاندارد ملی USEPA و ایران بود. میزان این نسـبت در تیمار پسماند سبـز در رده یک استاندارد ملی ایران قرار داشت. نتایج فوق با یافته‌هـای Alidadi و همکـاران که پس از گذشت ۱۰۰ روز نسـبت C/N از ۲۴ به ۱۵ رسید که حداکثر درصد کاهش این نسبت در بین روزهای ۲۰-۰ اتفاق افتاد (۵) و نتایج Yousefi و همکاران که بهینه این نسـبت در کمپوست رسیده ۱۶ درصد تعییـن شد (۲۹)، مطابقت داشت. بـا توجه به مطالعه Gao و همکاران در طی فرایند کربن به دی اکسـید و هوموس تبدیل شده در حالی‌که منبع نیتروژن به طور جزئی در قالب گاز منتشر شـده یا از طریق نیتریفیکاسیون به نیتریت‌ها و نیترات‌ها تبدیل و توسـط موجودات زنـده جذب می‌شوند در نهایت نسـبت C/N کاهـش می‌یابد. کاهـش ازت در کمپوست پوسته برنج کمتر از کمپوست ساقه ذرت بود (۲۳). با توجه به اینکه هدف از ایـن مطالعه صرفـا بررسی امکان تولیـد کمپوست و تثبیت هرچه بیشـتر لجن آبگیری شده تصفیـه خانه فاضلاب یزد به روش وینـدرو با تیمارهای مختلف بود لـذا در این مطالعه به پارامترهـای پایه (دما، رطوبت، جامدات فرار، خاکسـتر، pH، EC، کربـن آلی و برآورد نسـبت C/N) جهت بررسی تثبیت لجن کمپوست و رسیدگی کمپوست پرداخته شده است.

محدوده برخی از استانداردهای مورد بررسی در این مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

از جمله مشـکلات موجود در تولید کمپوست از لجن آبگیری شـده حفظ رطوبت در ویندروها بـود زیرا بدلیل بالا بودن دما در فصل تابسـتان رطوبت ویندروها بـه سرعت تبخیر شده و بایـد توسط آب‌پاشی کنترل می‌گردیـد. همچنین بدلیل وجود لارو حشـرات در لجن و خروج حشرات از لارو در هفته‌های اول تعـداد حشـرات به طـور قابـل ملاحظـه‌ای در محوطه کمپوست‌سازی افزایش یافت.

با توجه به پارامترهای اندازه‌گیری شده طی فرایند مشاهده شد

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست

نوع ویژگی	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران	
	حدود قابل قبول رده "یک"	حدود قابل قبول رده "دو"
کربن آلی (براساس وزن ماده خشک)	حداقل ۲۵ درصد	حداقل ۱۵ درصد
نسبت (C/N)	۱۵-۲	۱۵-۱
هدایت‌الکتریکی (محلول ۱ درصد ماده خشک)	حداکثر ۸ ds/m	حداکثر ۱۴ ds/m
pH (محلول ۱ درصد ماده خشک)	۸-۶	۸-۶

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

که ویندرو ساخته شده با تیمار پسماند سبز (باغبانی) نخستین بستری بود که به استانداردهای تعیین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران رسید در نتیجه فرایند قبل از ۱۰۰ روز به اتمام رسید اما ویندرو حاوی تیمار پسماند کشاورزی (کاه) در پایان ۱۰۰ روز به استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران رسید.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که از لجن آبگیری شده تصفیه خانه یزد با دو تیمار مورد نظر (پسماند سبز (برگ درختان) و پسماند کشاورزی (کاه)) می‌توان کمپوست (کود آلی) منطبق با استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران موجود تولید کرد، که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در محدوده این استاندارد قرار داشته باشد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که هر دو تیمار به عنوان عامل حجیم‌کننده می‌توانند قابلیت کمپوست شدن را در لجن آبگیری شده ایجاد کنند و محصول نهایی نیز استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران کمپوست را داشته باشند. با توجه به این که در محوطه تصفیه خانه اقدام به کاشت درختان متفاوت (از جمله انار، پسته و ...) نموده‌اند و در حال حاضر پسماند سبز این درختان در محوطه سوزانده می‌شود و مشکلاتی از جمله آلودگی هوا را در پی دارد، می‌توان بیان کرد که تیمار برگ درختان از نظر سهولت دسترسی، گزینه مناسب‌تری نسبت به پسماند کشاورزی باشد. با توجه به بالا بودن درصد مواد آلی فرار در لجن آبگیری شده فاضلاب، هضم آن توسط هاضم بی‌هوازی پیشنهاد می‌گردد. همچنین با توجه به بالا بودن میزان تولید شیرابه در فرایند کمپوست‌سازی به روش ویندرو پیشنهاد می‌گردد میزان فلزات سنگین و آلودگی‌های میکروبی در شیرابه مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی امکان تولید کمپوست از لجن تغلیظ شده تصفیه‌خانه فاضلاب یزد به روش ویندرو با تیمارهای مختلف" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد در سال ۹۴ با کد ۴۱۹۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد اجرا شده است. بدین وسیله از همکاری مدیریت، ناظر و بهره‌بردار و کارکنان محترم تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد و تمام افرادی که در انجام این مطالعه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Bina B, Movehediyan Attar H, Amini AA. Evaluation of Potentially Harmful Substances in Dried Sludge of Isfahan Wastewater Treatment Plants. Journal of Water and Wastewater. 2004;15(1):34-42 (in Persian).
2. Maghsoodloo B, Ghaneia MT, Abdollahi T. Benefit from the TOPSIS and AHP models to optimize decision-making process reuse of sludge municipal wastewater treatment plants (Case Study: Wastewater Treatment in Ardabil). Sixteenth National Conference on Environmental Health; 2013; Tabtiz University of Medical Science, Tabriz (in Persian).
3. Parvaresh A, Movehediyan H, Bazrafshan E. Additional fixation of South of Isfahans Refinery dewatered sludge using aerobic compost by adding the bulk materials. Research in Medical Sciences. 2001;6(4):287-91 (in Persian).
4. Lu L-A, Kumar M, Tsai J-C, Lin J-G. High-rate composting of barley dregs with sewage sludge in a pilot scale bioreactor. Bioresource Technology. 2008;99(7):2210-17.
5. Alidadi H, Najafpoor AA. Determining the compost maturity time in biosolids of municipal wastewater treatment plant. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2011;21(85):85-90 (in Persian).
6. Wei Y-S, Fan Y-B, Wang M-J. A cost analysis of sewage sludge composting for small and mid-scale municipal wastewater treatment plants. Resources, Conservation and Recycling. 2001;33(3):203-16.
7. Jouraiphy A, Amir S, El Gharous M, Revel J-C, Hafidi M. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. International Biodeterioration & Biodegradation. 2005;56(2):101-108.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018

8. Alidadi H, Parvaresh A, Poormoghaddas H, Shahmansouri M. Use of riched compost as a bulking agent in the sludge composting process. Journal of Research in Agricultural Science. 2007;3(1):109-16 (in Persian).
9. D'Imporzano G, Crivelli F, Adani F. Biological compost stability influences odor molecules production measured by electronic nose during food-waste high-rate composting. Science of the Total Environment. 2008;402(2):278-84.
10. Kato K, Miura N. Effect of matured compost as a bulking and inoculating agent on the microbial community and maturity of cattle manure compost. Bioresource Technology. 2008;99(9):3372-80.
11. Rihani M, Malamis D, Bihaoui B, Etahiri S, Loizidou M, Assobhei O. In-vessel treatment of urban primary sludge by aerobic composting. Bioresource Technology. 2010;101(15):5988-95.
12. Ruggieri L, Artola A, Gea T, Sánchez A. Biodegradation of animal fats in a co-composting process with wastewater sludge. International Biodeterioration & Biodegradation. 2008;62(3):297-303.
13. Farzadkia M, Salehi S, Ameri A, Jafari AJ, Nabizadeh R. Study on the quality and comparing of the compost produced by Khomain and Tehran Compost Factories. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;2(3):160-69 (in Persian).
14. Jaafarzadeh Haghighifard N, Abbasi N, Aalivar Babadi M, Bohrani R, Mirzayi Zadeh H. Co-compost green waste and dehydrated sludge, wastewater treatment plant at West Ahvaz. Journal of Soil and Water Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. 2015;19(71):205-16 (in Persian).
15. Gerngross C, Farland M, Thompson W. Compost sampling guideline dairy compost utilization. Washington DC: Environmental Protection Agency; 2006.
16. WEF, APHA, AWWA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. Washington DC: American Public Health Association; 1995.
17. Rezayi M, Monavari SM, Omrani GA. Comparison of the two methods of composting and waste disposal in the city Khomeini emphasis on the economic and environmental considerations. Journal of Environmental Science and Technology. 2013;15(1):111-20 (in Persian).
18. Raanai A, Mokhtari M, Alidadi H, Ehrampoosh MH. Investigation on chemical properties and the maturation degree of vermicompost obtained from button mushroom production process waste. Tolooe-behdasht. 2016;14(6):176-82 (in Persian).
19. Amouei A, Asgharni HA, Khodadi A. Study of compost quality from rural solid wastes (Babol, Iran). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2010;19(74):55-61 (in Persian).
20. Beirouti Z, Pourzamani H, Majd S, Vahdatpoor A, Jafari M. A review of compost quality standards and guidelines. Journal of Health Systems Research. 2010;6(4):809-20 (in Persian).
21. Shaker Ardekani A. Solutions of use of pistachio processing waste. 6th Conference of Iranian Agricultural Economics; 2007; Mashhad (in Persian).
.22 Wang K, He C, You S, Liu W, Wang W, Zhang R, et al. Transformation of organic matters in animal wastes during composting. Journal of Hazardous Materials. 2015;300:745-53.
23. Gao H, Zhou C, Wang R, Li X. Comparison and Evaluation of Co-composting Corn Stalk or Rice Husk with Swine Waste in China. Waste and Biomass Valorization. 2015;6(5):699-710.
24. Gunadi B, Blount C, Edwards CA. The growth and fecundity of Eisenia fetida (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. Pedobiologia. 2002;46(1):15-23.
25. Wani KA, Mamta, Rao RJ. Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm Eisenia fetida. Saudi Journal of Biological Sciences. 2013;20(2):149-54.
26. Rama L, Vasanthy M. Market Waste Management using Compost Technology. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2014;4(4):57-61.
27. Wong J, Mak K, Chan N, Lam A, Fang M, Zhou L, et al. Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong. Bioresource Technology. 2001;76(2):99-106.
28. Sadef Y, Poulsen TG, Bester K. Modeling organic micro pollutant degradation kinetics during sewage sludge composting. Waste Management. 2014;34(11):2007-13
29. Yousefi J, Youesi H. Composting of municipal waste and sawdust to retain moisture and prevent loss of nitrogen from the compost pile. Journal of Environmental Science and Technology. 2014;15(4):75-84 (in Persian).

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

An Investigation on Feasibility of Composting of Yazd WWT Dewatered Sludge with Windrow Method Using Different Treatments

M Mokhtari[1], A Salehi Vaziri[2], T Zareyi[1], M Jalili[1,*]

1. Department of Environmental Health, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
2. Wastewater Treatment Plant of Yazd, Environmental Science and Technology Research Center, Yazd, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 18 April 2016
Revised: 10 July 2016
Accepted: 18 July 2016
Published: 6 March 2017

Key words: Compost, Dewatered sludge of Yazd, Bulking agents, Green waste, Agricultural waste

***Corresponding Author:**
nedajalili52@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Dewatered sewage sludge is a by-product of wastewater treatment process which can cause health and environmental problems if not properly managed. The aim of this study was to determine the feasibility of composting of Yazd WWT dewatered sludge with windrow method using different treatments.

Materials and Methods: In this study, the dewatered sewage sludge was mixed with two treatments of agricultural wastes (straw) and green waste (leaves), respectively. The mixture was done based on weight ratio of 20:1 and 10:1 (agricultural waste: dewatered sludge, and green waste: dewatered sludge) to achieve a ratio of C/N:20. The windrows were built with a length of 2 m, width of 75 cm and height of 1.5 m. Composting process was controlled by measuring the temperature, humidity, volatile solids, ash, pH, EC, organic carbon and estimating the C/N ratio. The results were compared with those of the Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

Results: After 100 days of composting, C/N ratio was 13.08±6.25 in the treatment with green waste and reached to 15.46±5.35 in the treatment with agricultural waste. The amount of volatile solids decreased to 19.8±14.01% and 20.71±16.06% in the treatments with green waste and agricultural waste, respectively. The amount of EC had an increasing trend in both treatments.

Conclusion: composting with both treatments was led to an improvement in indicators of organic fertilizers in dewatered sewage. However, the windrow containing green waste reached to the mature compost standards sooner than the windrow containing agricultural waste.

Please cite this article as: Mokhtari M, Salehi Vaziri A, Zareyi T, Jalili M. An investigation on feasibility of composting of Yazd WWT dewatered sludge with windrow method using different treatments. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):493-502.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 20:45 IRST on Wednesday October 17th 2018