Journal of Research in Environmental Health

Volume 7, Issue 3, Autumn 2021

Co-composting of Wastewater Treatment Plant Sludge and Various Types of Organic Waste, a Strategy to Reduce Pollution: A Review Study

SeyedehFatemeh Mousavi
M.Sc. student of Environmental Health Engineering, Students Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Fathollah Gholami-Borujeni
* Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (Corresponding Author): gholami_b_f@yahoo.com

Received: 2021/03/09
Accepted: 2021/10/30

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Due to the adverse effects of sewage sludge and environmental problems of organic waste, today, composting is proposed as a new method for the reuse of sludge to safely dispose of sludge and organic waste. The purpose of this study was to review the co-composting of wastewater treatment plant sludge and various organic wastes, as a strategy to reduce environmental and agricultural pollution.

Material and Methods: In the present study, articles from Scopus, Springer, Web of Science, and PubMed databases in English, and google scholar in Persian, were searched and parameters such as pH, carbon to nitrogen ratio, moisture content, and process time were studied. The keywords included "co-compost", "wastewater treatment sludge", "organic wastes", "environmental pollution", "agricultural", and "agriculture".

Results: From 2011 to 2020, 14 articles were found with the mentioned keywords. However, 24 items that did not have the keywords “wastewater treatment sludge”, as well as five books and six items related to wastewater, were excluded from the study. To improve the composting process, we can increase the quality of the product by reducing the size of the raw material and using bulking materials to reduce the processing time, as well as measuring and controlling the pH, carbon to nitrogen ratio, and daily moisture content.

Conclusion: In most previous studies, bulking agents and particle size reduction were used to increase compost aeration and reduce the processing time. The most important parameter influencing the co-composting process was the adjustment of pH and temperature. The composting process, with reducing environmental adverse effects of the sludge produced by the treatment plant and organic waste, as an environmentally friendly process, increases the health and well-being of the community.

Keywords: Co-compost; Sludge Treatment Plant; Organic Waste; Bulking Agents

▶ **Citation:** Mousavi SF, Gholami-Borujeni F. Co-composting of Wastewater Treatment Plant Sludge and Various Types of Organic Waste, a Strategy to Reduce Pollution. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2021; 7(3): 235-243.

کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب و انواع زائدات آلی، راهبردی برای کاهش آلودگی محیط‌زیست: یک مطالعه مروری

سیده فاطمه موسوی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

فتح‌اله غلامی بروجنی
* دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.
(نویسنده مسئول): پست الکترونیک:
gholami_b_f@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸
نوع مقاله: مقاله مروری

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اثرات سوء لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و مشکلات زیست‌محیطی زائدات آلی، امروزه کمپوست همزمان به‌عنوان روشی جدید برای استفاده مجدد از لجن مطرح شده است تا منجر به دفع ایمن لجن و زائدات آلی شود. مطالعه مروری حاضر با هدف بررسی کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب و انواع زائدات آلی جهت راهبردی برای کاهش آلودگی محیط زیست و کشاورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در مطالعه مروری حاضر مقالات پایگاه‌های داده Scopus, Springer, Web of Sciences و PubMed به زبان انگلیسی و google scholar به زبان فارسی جستجو شد و پارامترهایی نظیر pH، نسبت کربن به نیتروژن، درصد رطوبت و زمان انجام فرآیند مورد مطالعه قرار گرفت. بدین‌منظور از کلیدواژه‌های Co-compost, wastewater treatment sludge, organic wastes, environmental pollution و agricultural و همچنین کمپوست همزمان، لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب، زائدات آلی، آلودگی محیط‌زیست و کشاورزی استفاده شد.

یافته‌ها: در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۱، از مجموع ۳۸ مقاله دریافت شده ، تعداد ۱۴ مقاله با واژه‌های مذکور یافت شد و ۲۴ مورد از مقالات به‌دلیل اینکه فاقد واژهٔ لجن تصفیه‌خانه بودند، ۵ کتاب و ۶ مقاله که در رابطه با فاضلاب بودنداز مطالعه حذف شدند. بررسی مقالات نهایی نشان داد، برای بهبود فرآیند کمپوست می‌توان با کاهش اندازه مواد خام اولیه و استفاده از مواد حجیم کننده به‌منظور کاهش زمان فرآیند و همچنین اندازه‌گیری و کنترل pH، نسبت کربن به ازت و درصد رطوبت به‌صورت روزانه، به افزایش کیفیت محصول اشاره کرد.

نتیجه‌گیری: در اکثر مطالعات گذشته از مواد حجیم کننده و کاهش اندازه ذرات به‌منظور افزایش هوادهی کمپوست و کاهش زمان استفاده شده بود. مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در فرآیند کمپوست همزمان، تنظیم pH و درجه حرارت بود. فرآیند کمپوست همزمان با کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی لجن تولیدی تصفیه‌خانه و زائدات آلی، به‌عنوان یک فرآیند دوست‌دار محیط‌زیست سبب افزایش بهداشت و سلامت افراد جامعه می‌شود.

کلید واژه‌ها: زائدات آلی، عوامل حجیم کننده، کمپوست همزمان، لجن تصفیه‌خانه

◀ **استناد:** فاطمه موسوی س ف، غلامی بروجنی ف. کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب و انواع زائدات آلی، راهبردی برای کاهش آلودگی محیط‌زیست: یک مطالعه مروری. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۴۰۰؛۷(۳): ۲۳۵-۲۴۳.

مقدمه

امروزه، فرآیند کمپوست همزمان به‌طور گسترده‌ای برای تبدیل لجن فاضلاب و مواد زائد آلی به کمپوست بدون خطر زیست‌محیطی، باارزش و کاربردی برای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱, ۲). اولین کارخانه کمپوست در کشور ایران در سال ۱۳۲۸ تأسیس شد و تا به امروز مشغول به‌کار است (۳). حدود ۷۰٪ از زائدات‌های تولیدی در ایران به‌صورت زائدات آلی بوده که این زائدات به معضل زیست‌محیطی با ریسک بالا تبدیل شده‌اند (۴)، که با تبدیل زایدات فساد پذیر به کمپوست می توان آثار زیست محیطی مخرب آن را کاهش داد (۵). بنابراین در بسیاری از کشورها، از لجن فاضلاب تولیدی تصفیه خانه های فاضلاب که حاوی مقدار قابل توجهی مواد آلی و مواد مغذی است به عنوان کود مناسب برای تقویت محصولات کشاورزی استفاده می شود (۶). در سال های اخیر با توجه به تولید بیش از حد لجن فاضلاب به عنوان محصول فرآیند لجن فعال منجر به استفاده از روش های دفع نامناسب شده است (۷). اکثرکشورهای در حال توسعه از روش های دفع سنتی من جمله لندفیل و دفع روی سطح زمین استفاده می کنند (۸). به منظور کمپوست لجن باید مخلوط اولیه شامل ماده ی حجیم کننده، اصلاح کننده و مواد اولیه دارای خاصیت تجزیه پذیری باشد (۹). اصطلاح کمپوست همزمان به کمپوست انواع مختلفی از مواد باقی‌مانده نی برنج، کودهای حیوانی، لجن فاضلاب و مواد زائد کشاورزی گفته می‌شود (۱۰). با توجه به پیچیدگی پارامترهای مورد کمپوست تعیین بهینه ترین نسبت در یک مخلوط کمپوست از اهمیت بالایی برخوردار است، نسبت متنوعی برای لجن به خاک اره و یا لجن به تراشه های چوبی در منابع برای فرآیند کمپوست سازی گزارش شده است (۱۱).

زائدات آلی جامد مانند بقایای کشاورزی و جنگل‌ها و مواد زائد جامد شهری به مشکلات بزرگ زیست‌محیطی و اجتماعی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در سراسر جهان تبدیل شده‌اند (۱۲). برای رسیدگی کامل کمپوست در فرآیند کمپوست‌سازی، همزمان میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، اکتینومیست‌ها نظیر پروتئوباکترها و آکتینوباکترها به تجزیه مواد آلی و معدنی کمک می‌کنند (۱۳). با وجود تقویت فرآیند هوازی و تأمین هوای مورد نیاز در کمپوست‌سازی، در گذشته برای کاهش شیرابه به‌ندرت از حجیم کننده‌ها بهره می‌بردند (۱۴)، اما امروزه از پومیس (نوعی سنگ‌ریزه سخت)، کاه برنج، نی ذرت، زائدات میوه خام، سبزیجات با پوسته برنج، خاک اره با پوسته برنج، زائدات چمن، برگ آناناس و زائدات گیاهی (که در صورتی‌که مستقیماً دفع شوند، باعث اشغال فضای محیط و مشکلات زیست‌محیطی و زیبایی‌شناختی می‌شوند) استفاده شده و در نتیجه باعث افزایش حجم اکسیژن مورد نیاز بافت کمپوست و کاهش شرایط بی‌هوازی و آمونیاک می‌شود (۱۵-۲۳). بر اساس نتایج مطالعات گذشته، پارامترهای مهم تهیه کمپوست، رطوبت، pH و دمای مناسب می‌باشد. علاوه بر این، اندازه ذرات و نسبت کربن به ازت نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۲۴, ۲۵). در کمپوست همزمان لجن فاضلاب و زایدات سبز جنگلی با تنظیم دقیق با دما، pH،کل کربن آلی ، نسبت کربن به ازت و کل نیترژن می توان کیفیت کمپوست حاصله را بهبود بخشید (۲۶). همچنین بسیاری از تحقیقات نشان داده اند که عوامل محیطی (دما، pH، رطوبت و آب و هوا و غیره) می توانند بر فراوانی و ساختار جامعه باکتریایی یا قارچی تأثیر بگذارند و این عوامل می توانند با یکدیگر تعامل داشته باشند (۲۷). هوادهی موجب ایجاد جریان اکسیژن در توده ی کمپوست و آزاد سازی گرمای متابولیکی می شود (۲۸). ب بنابراین، به منظور دستیابی به حداکثر نرخ تجزیه بیولوژیکی، تخریب پاتوژن و تثبیت کمپوست دستیابی به دمای بالا و حفظ آنها در طول مرحله تجزیه بسیار مهم است (۲۹). افزودن خاک‌اره چوب باعث افزایش نیتروژن و ایجاد محیط قلیایی شده و اثر مستقیم بر جوانه‌زنی بذرها دارد (۳۰). مطالعه ی دیگری نشان داد با ایجاد تغییرات دما در هنگام کمپوست همزمان مقدار زیادی آب تبخیر شده و محتوای آب کمپوست و میزان تخریب بستر کاهش می یابد. بدین ترتیب، به منظور حفظ رطوبت مناسب برای فعالیت های میکروبی در توده ی کمپوست به آن آب اضافه می شود (۳۱). مطالعه حاضر به‌منظور بررسی روند مطالعات

گذشته در خصوص فرآیند کمپوست همزمان و ایجاد سهولت در دسترسی به مروری بر فواید کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و زائدات آلی مختلف انجام شد.

روش کار

در مطالعهٔ حاضر مقالات از پایگاه‌های داده Scopus، Springer، Web of Sciences و PubMed به زبان انگلیسی و google scholar به زبان فارسی جستجو و مورد مطالعه قرار گرفت. از کلیدواژه‌های "Co-compost"، "wastewater treatment"، "environmental pollution" و "agricultural" و همچنین "کمپوست همزمان"، "لجن تصفیه‌خانهٔ فاضلاب"، "زائدات آلی"، "آلودگی محیط‌زیست" و "کشاورزی" استفاده شد. پارامترهای مختلف نظیر pH، نسبت کربن به نیتروژن، درصد رطوبت و زمان انجام فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا چکیده تمام مقالات مرتبط جستجو و بررسی شد و سپس ۱۴ مورد از مطالعات که مربوط به کمپوست همزمان با زائدات آلی بود، برای تجزیه و تحلیل انتخاب شدند. از مقالاتی که در عنوان و چکیده آنها واژه‌های Co-compost و Waste ذکر شده بود، استفاده شد. تمامی موارد انتخاب شده از مقالات پژوهشی انجام شده در بازهٔ زمانی مذکور بود و از این بین، ۵ مورد کتاب و ۶ مورد درباره فاضلاب بودند که از این مطالعه حذف شدند. هدف از این کار، انتخاب مقالات اصلی مرتبط با موضوع مورد مطالعه بود. مقالاتی که عنوان و یا چکیده آنها ارتباطی با کمپوست همزمان با زائدات آلی نداشتند، با وجود درج کلمات کلیدی انتخاب شده از مطالعه حذف شدند. چکیده و روش کار ۲۷ مقالهٔ منتخب، یک‌بار دیگر مورد بررسی شد قرار گرفت تا مقالاتی انتخاب شود که محتوای موضوعی آن متناسب با کمپوست همزمان با زائدات آلی باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

بحث

بررسی مطالعات نشان داد، روند رشد تحقیقات در این زمینه از سال ۲۰۱۷ سیر صعودی داشته است. کمترین میزان مقالات چاپ شده در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸ بوده است که پس از آن به‌علت اهمیت موضوع، تعداد مقالات چاپ شده در این زمینه افزایش یافته است (۳۲). از دلایل روند افزایشی مطالعات در زمینه کمپوست همزمان می‌توان به تولید بالای زائدات آلی در فضاهای شهری مانند پارک‌ها و باغ‌ها اشاره کرد (به‌عنوان مثال پکن سالانه حدود ۶ میلیون تن زائدات آلی تولید می‌کند) (۳۳).

مشخصات فیزیکی و شیمیایی زائدات آلی و مواد حجیم کننده (کیفیت مواد اولیه)

مطالعات کمی در رابطه با ترکیب فیزیکی مواد اولیه در فرآیند کمپوست همزمان موجود است، در نتیجه روند بررسی دشوار می‌شود. کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و زائدات سبز جنگلی سبب بهبود کیفیت کود تولیدی می‌شود (۲۶). افزودن مواد حجیم کننده به کمپوست همزمان لجن فاضلاب و زائدات آلی غذایی (بادمجان)، منجر به کاهش بوی آزاردهنده و آثار زیست‌محیطی لجن می‌شود (۳۴). مطالعات گذشته نشان داد، استفاده از مواد حجیم کننده نظیر زائدات گیاهی سبز (برگ اکالیپتوس، نخل و ...) و قهوه‌ای (خاک اره، شاخه و تنه درختان و ...) در انجام فرآیند کمپوست مؤثرند (۳۵). افزودن خاک‌اره چوب به کمپوست همزمان لجن تصفیه‌خانه فاضلاب و کاه گندم، سبب افزایش نیتروژن محیط و ایجاد محیط قلیایی می‌شود. در مطالعه کبیبچ و همکاران، این امر منجر به افزایش قدرت جوانه‌زنی بذرها و کاهش زمان رسیدگی کمپوست شده بود (۳۰). در مطالعه مختاری و همکاران که با دو محیط با نسبت‌های ۲۰ به ۱ و ۱۰ به ۱، حاوی لجن فاضلاب آبگیری شده و زائدات کشاورزی (کاه) و زائدات سبز (برگ) انجام شد، در طی دوره ۱۰۰ روزه، کمپوست حاوی زائدات سبز زودتر از کمپوست حاوی زائدات کشاورزی به حالت رسیده تبدیل شده بود (۳۶). در مطالعه راووتیا و همکاران با افزودن کارتن و کاغذ به کمپوست به‌دلیل بالا بودن میزان لیگنوسلولز در این ماه، سرعت کمپوست کاهش یافت، همچنین کمپوست تولیدی ظرفیت نگهداری آب مناسبی داشت (۳۷). توسعه مطالعات در رابطه با شناسایی کیفیت فیزیکوشیمیایی

مواد اولیه در فرآیند کمپوست همزمان که تابعی از ترکیب فیزیکی می‌باشد، سبب افزایش کیفیت کمپوست نهایی می‌شود (۳۸). انواع زائدات آلی و مواد حجیم کننده مورد استفاده در مقالات گذشته در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱. انواع زائدات آلی و مواد حجیم کننده مورد استفاده در مقالات گذشته

نوع ماده مورد استفاده	تعداد مقالات
زائدات گیاهی (اکالیپتوس، نخل و ...)	۶
زائدات‌های غذایی	۴
کود حیوانی (گاو، مرغ، خوکی و ...)	۳
خاک‌اره	۳
انواع کاه (ذرت، گندم و ...)	۲

پارامترهایی نظیر pH، نسبت کربن به ازت، درصد رطوبت و زمان انجام فرآیند، از جمله مواردی هستند که به‌طور مستقیم بر فرآیند کمپوست‌سازی و کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارند. در مطالعهٔ یه و همکاران در چین در بهینه‌سازی پارامترهای کمپوست زائدات‌های غذایی و ارزیابی تولید گرما، مخلوط کمپوست اولیه با pH=۴/۵ پس از ۱ روز به ۳/۶ افزایش یافته بود. پس از روز ۲۰، pH مخلوط در ۷/۷~۷/۰ نوسان داشت که نشان می‌دهد منبع نیتروژن در حال کاهش بوده و فعالیت‌های میکروبی کند شده بود (۳۹). نتایج مطالعه گئو و همکاران در رابطه با فرآیند کمپوست همزمان لجن فاضلاب و زائدات سبز جنگل در سه راکتور به ترتیب؛ ۳ به ۱، ۳ به ۲ و ۳ به ۳ نشان داد نسبت بالای زائدات جنگلی، سبب نرسیدن دمای توده کمپوست به ۵۰ درجه سانتی‌گراد شده و متعاقباً محصول کمپوست کمتری تولید می‌شود (۲۶). نتایج مطالعه علیدادی و همکاران نشان داد، افزودن زائدات فضای سبز و خاک اره به لجن آبگیری شده تصفیه‌خانه فاضلاب باعث کاهش نسبت آمونیوم به نیترات و مقدار جامدات و تجزیه مواد آلی می‌شود. با انجام این فرآیند و کاهش تعداد کلیفرم‌های مدفوعی می‌توان از کود تولیدی در زمین‌های کشاورزی استفاده نمود (۴۰). با وجود ناهمگنی و کمبود اطلاعات در مورد زمان انجام فرآیند در مطالعات گذشته، محدوده‌ای از چند پارامتر کلیدی مقالات بررسی شده بر اساس وزن خشک که در مطالعات پیشین به آن اشاره شده بود، در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. محدوده‌ای از چند پارامتر کلیدی مقالات بررسی شده بر اساس وزن خشک

پارامتر	تعداد مقالات	رنج عددی یافت شده در مقالات
pH	۶	۹-۶/۳
نسبت کربن به ازت	۸	۳۰-۱۶
درصد رطوبت	۷	۷۰-۵۰
زمان انجام فرآیند (روز)	۱۴	۱۷۱-۱۴

شرایط انجام فرآیند کمپوست همزمان

ارزیابی فرآیند کمپوست همزمان از طریق پارامترهای مختلف مانند pH، نسبت کربن به ازت، درصد رطوبت و به ویژگی‌های ماده اولیه بستگی دارد. در مطالعه اسپرون و همکاران که در ارتباط با ارزیابی مزایای استفاده از کود مرغی در کاهش بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها در کمپوست همزمان انجام شد، آنتی‌بیوتیک‌ها به‌صورت دستی با غلظت‌های مختلف به کود اضافه شد، پس از ۱۰ هفته نتایج نشان داد کود مرغی باعث کاهش بقایای آنتی‌بیوتیک و باکتری‌های مقاوم شده است (۴۱). کمپوست همزمان زائدات فرآوری زیتون، ساقه‌های گوجه‌فرنگی، لجن تصفیه‌خانه فاضلاب یا کود دامی نشان داد استفاده از زائدات فرآوری زیتون در مخلوط‌ها اثرات سویی بر روند تجزیه داشته است. مخلوطی که حاوی لجن تصفیه‌خانه فاضلاب بوده، سریع از مخلوط کود لبنی به کمپوست تبدیل شده است (۴۲). معمولاً pH فرآیند، یکی از شاخص‌های مهم در رسیدگی محصول نهایی می‌باشد. کاراک و همکاران در ارزیابی کمپوست‌های حاصل از زائدات کشاورزی با مواد حجیم کننده برای بهبود کیفیت کمپوست دریافتند pH مناسب برای کمپوست بالغ در یک محدوده خنثی می‌باشد (۴۳). در گذشته، حضور نیترات در کمپوست به‌وضوح به‌عنوان یک شاخص بلوغ بوده است. امروزه نیترات نیز به‌عنوان راهی برای حفظ نیتروژن در کمپوست می‌باشد. مطالعه کاسرس و همکاران نشان داد، در صورت انجام نیتریفیکاسیون در طی فرآیند کمپوست، pH محیط

کاهش می‌یابد (۴۴). مواد مورد کمپوست و pH فرآیند در مقالات بررسی شده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. مواد مورد کمپوست و pH فرآیند در مقالات بررسی شده

مواد مورد کمپوست	pH	رفرنس
لجن فاضلاب، زائدات سبز جنگل	۷/۲	(۲۶)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، زائدات نخل	۷/۳	(۴۵)
زائدات فضای سبز، لجن آبگیری شده تصفیه‌خانه فاضلاب	۷/۷	(۴۶)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، خاک‌اره	۷/۲	(۴۰)

نتایج مطالعهٔ کمپوست همزمان کود گاو با خاکستر چوب نشان داد که این ترکیب پس از ۱۱۷ روز، به کود آلی دارای مواد مغذی تبدیل شده و می‌توان از آن در مزارع مناطق گرمسیری برای اصلاح اسیدیته خاک استفاده نمود (۴۷). مطالعه ژانگ و همکاران نشان داد افزودن خاک اره چوب و زائدات‌های سبز باعث افزایش هوادهی و سرعت تخریب زائدات‌های سبز می‌شود. در نتیجه کمپوست همزمان تنها در ۲۴ روز به کمپوست بالغ و باکیفیت تبدیل شد (۴۸). جدول ۴ تغییرات زمان فرآیند کمپوست همزمان با استفاده از ترکیبات مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۴. زمان فرآیند کمپوست همزمان با استفاده از ترکیبات مختلف در مقالات بررسی شده برحسب روز

مواد اولیه خام	زمان مورد نیاز فرآیند	رفرنس
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، نی برنج و گیاه نی	۳۵	(۱)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، زائدات سبز جنگل	۵۰	(۲۶)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، زائدات حیاط	۱۲۰	(۴۹)
خاک‌اره چوب، لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، کاه گندم	۹۰	(۳۰)
زائدات پسته کمپوست همراه با کود دامی، لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهری	۱۲۰	(۵۰)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، زائدات نخل	۸۶	(۴۵)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، زائدات‌های بادمجان، تراشه چوب	۴۰	(۳۴)
زائدات میوه و فضولات دامی، لجن تصفیه‌خانه فاضلاب، کاه	۵۵	(۵۱)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب اسیدی تولید شده توسط صنایع تصفیهٔ مجدد فاضلاب	۵۰	(۵۲)
زائدات کشاورزی و لجن آبگیری شده تصفیه‌خانه فاضلاب و زائدات سبز: لجن آبگیری شده	۶۵	(۳۶)
کمپوست زائدات‌های فرآوری زیتون و ساقه‌های گوجه‌فرنگی به‌همراه لجن تصفیه‌خانه فاضلاب یا کود دامی	۴۰	(۴۲)
کمپوست کود گاو	۲۴	(۵۳)
زائدات فضای سبز، لجن آبگیری شده تصفیه‌خانه فاضلاب	۲۳	(۴۶)
لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، خاک اره	۱۰۰	(۴۰)

نتیجه گیری

فرایند کمپوست همزمان یک فرایند مناسب برای مدیریت موثر انواع پسماند آلی جامد است که به مدیریت انواع پسماند جامد کمک می کند (ضایعات دام و طیور و حیوانی، پسماندهای کشاورزی، بخش آلی زباله های جامد شهری، لجن های حاصل از فرایند های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی و غیره) و آنها را به محصولی با ارزش تبدیل می کند که ممکن است با بهبود کیفیت فیزیکی خاک ، حاصلخیزی و ظرفیت نگهداشت آب را در خاک افزایش دهد. این فرآیند ساده است و دارای کمترین هزینه عملیاتی و جایگزینی برای کود گران قیمت است که برای تقویت خاک استفاده می شود. محصولات نهایی فرآیند کمپوست همزمان می تواند منجر به ایجادکمپلکس فلزات سنگین شود که این امر منجر به کاهش دسترسی گیاهان به فلزات و در نتیجه

کاهش سمیت فلزات سنگین شود. مرور مطالعات گذشته نشان داد به‌منظور افزایش هوادهی و کاهش زمان انجام فرآیند کمپوست همزمان، می‌توان اندازه مواد خام اولیه را کاهش و از مواد حجیم کننده مانند تراشه‌های چوبی، خاک‌اره و ... استفاده نمود. بنابراین به‌منظور بهبود فرآیند و افزایش کیفیت محصول نهایی و استفادهٔ مستقیم کود حاصله در زمین‌های کشاورزی پیشنهاد می‌شود، pH و درصد رطوبت به‌صورت روزانه مورد ارزیابی قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود از این روش دوست‌دار محیط‌زیست برای استفاده مجدد از لجن فاضلاب در تصفیه‌خانه‌های دارای محدودیت فراوری لجن استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می کنند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح پژوهشی کمیته تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مازندران با کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1399.768 می‌باشد. بدین‌وسیله از معاونت تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی مازندران به‌خاطر حمایت مالی از مطالعه حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Hu J, Yang Z, Huang Z, Li H, Wu Z, Zhang X, et al. Co-composting of sewage sludge and Phragmites australis using different insulating strategies. Waste Management. 2020;108:1-12.
2. Gusain R, Pandey B, Suthar S. Composting as a sustainable option for managing biomass of aquatic weed Pistia: A biological hazard to aquatic system. Journal of Cleaner Production. 2018;177:803-12.
3. Navaei A, Alidadi H, Najafpoor AA, Dankoob M, Yazdani M, Saghi M, et al. An Evaluation on the effects of composting plants on the environment in Iran (A review study). Environmental Health. 2016;2:38-51.
4. aa Najafpoor MP, R shorabi. the risk of mixed municipal waste compost production and its role in the contamination of soil. Waste Management 2008:(in persian(
5. Najafpoor aa PMsR. The risks of mixed municipal waste compost production and its role in the contamination of soil. Fourth National Conference on Waste Management2008 (persian).
6. Guerrini IA, Croce CGG, Bueno OdC, Jacon CPRP, Nogueira TAR, Fernandes DM, et al. Composted sewage sludge and steel mill slag as potential amendments for urban soils involved in afforestation programs. Urban Forestry & Urban Greening. 2017;22:93-104.
7. Meng L, Zhang S, Gong H, Zhang X, Wu C, Li W. Improving sewage sludge composting by addition of spent mushroom substrate and sucrose. Bioresource technology. 2018;253:197-203.
8. Gupta R, Garg V. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. Journal of hazardous materials. 2008;153(3):1023-30.
9. Golbaz S, Zamanzadeh MZ, Pasalari H, Farzadkia M. Assessment of co-composting of sewage sludge, woodchips, and sawdust: feedstock quality and design and compilation of computational model. Environmental Science and Pollution Research. 2021;28(10):12414-27.
10. Petric I, Helić A, Avdić EA. Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure. Bioresource technology. 2012;117:107-16.
11. Zhao Y, Lu W, Damgaard A, Zhang Y, Wang H. Assessment of co-composting of sludge and woodchips in the perspective of environmental impacts (EASETECH). Waste Management. 2015;42:55-60.
12. Rashad FM, Saleh WD, Moselhy MA. Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems: 1. Composting, quality, stability and maturity indices. Bioresource Technology. 2010;101(15):5952-60.
13. Wei H, Wang L, Hassan M, Xie B. Succession of the functional microbial communities and the metabolic functions in maize straw composting process. Bioresource technology. 2018;256:333-41.
14. Waqas M, Nizami A, Aburiazaiza A, Barakat M, Ismail I, Rashid M. Optimization of food waste compost with the use of biochar. Journal of environmental management. 2018;216:70-81.
15. Ye S, Zeng G, Wu H, Liang J, Zhang C, Dai J, et al. The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil. Resources, Conservation and Recycling. 2019;140:278-85.
16. Awasthi MK, Pandey AK, Bundela PS, Khan J. Co-composting of organic fraction of municipal solid waste

mixed with different bulking waste: characterization of physicochemical parameters and microbial enzymatic dynamic. Bioresource Technology. 2015;182:200-7.
17. Lim S-S, Park H-J, Hao X, Lee S-I, Jeon B-J, Kwak J-H, et al. Nitrogen, carbon, and dry matter losses during composting of livestock manure with two bulking agents as affected by co-amendments of phosphogypsum and zeolite. Ecological Engineering. 2017;102:280-90.
18. Covino S, Fabianová T, Křesinová Z, Čvančarová M, Burianová E, Filipová A, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons degradation and microbial community shifts during co-composting of creosote-treated wood. Journal of hazardous materials. 2016;301:17-26.
19. Ch'ng HY, Ahmed OH, Kassim S, Ab Majid NM. Co-composting of pineapple leaves and chicken manure slurry. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2013;2(1):23.
20. Zeng Y, De Guardia A, Dabert P. Improving composting as a post-treatment of anaerobic digestate. Bioresource technology. 2016;201:293-303.
21. Wu C, Li W, Wang K, Li Y. Usage of pumice as bulking agent in sewage sludge composting. Bioresource technology. 2015;190:516-21.
22. Wang K, Mao H, Li X. Functional characteristics and influence factors of microbial community in sewage sludge composting with inorganic bulking agent. Bioresource technology. 2018;249:527-35.
23. Wu S, Shen Z, Yang C, Zhou Y, Li X, Zeng G, et al. Effects of C/N ratio and bulking agent on speciation of Zn and Cu and enzymatic activity during pig manure composting. International Biodeterioration & Biodegradation. 2017;119:429-36.
24. El Jalil MH, Elkrauni H, Khamar M, Bouyahya A, Elhamri H, Cherkaoui E, et al., editors. Physicochemical characterization of leachates produced in the Rabat-Salé-Kénitra Region landfill technical center and monitoring of their treatment by aeration and reverse osmosis. E3S Web of Conferences; 2020: EDP Sciences.
25. Zhang J, Ying Y, Yao X, Huang W, Tao X. Degradations of Tannin and Saponin and Changes in Nutrition during Co-composting of Shell and Seed Cake of Camellia oleifera Abel. BioResources. 2020;15(2):2721-34.
26. Guo Y, Rene ER, Wang J, Ma W. Biodegradation of polyaromatic hydrocarbons and the influence of environmental factors during the co-composting of sewage sludge and green forest waste. Bioresource technology. 2020;297:122434.
27. Zhang L, Zhang J, Zeng G, Dong H, Chen Y, Huang C, et al. Multivariate relationships between microbial communities and environmental variables during co-composting of sewage sludge and agricultural waste in the presence of PVP-AgNPs. Bioresource Technology. 2018;261:10-8.
28. Himanen M, Hänninen K. Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges – Effect of feedstock on the process and quality of compost. Bioresource Technology. 2011;102(3):2842-52.
29. Cáceres R, Coromina N, Malińska K, Marfà O. Evolution of process control parameters during extended co-composting of green waste and solid fraction of cattle slurry to obtain growing media. Bioresource Technology. 2015;179:398-406.
30. Kebibeche H, Khelil O, Kacem M, Harche MK. Addition of wood sawdust during the co-composting of sewage sludge and wheat straw influences seeds germination. Ecotoxicology and environmental safety. 2019;168:423-30.
31. Asses N, Farhat A, Cherif S, Hamdi M, Bouallagui H. Comparative study of sewage sludge co-composting with olive mill wastes or green residues: Process monitoring and agriculture value of the resulting composts. Process Safety and Environmental Protection. 2018;114:25-35.
32. Reyes-Torres M, Oviedo-Ocaña E, Dominguez I, Komilis D, Sánchez A. A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies. Waste Management. 2018;77:486-99.
33. Zhang L, Sun X. Addition of fish pond sediment and rock phosphate enhances the composting of green waste. Bioresource technology. 2017;233:116-26.
34. Toledo M, Márquez P, Siles J, Chica A, Martín M. Co-composting of sewage sludge and eggplant waste at full scale: Feasibility study to valorize eggplant waste and minimize the odoriferous impact of sewage sludge. Journal of environmental management. 2019;247:205-13.
35. López M, Soliva M, Martínez-Farré FX, Bonmatí A, Huerta-Pujol O. An assessment of the characteristics of yard trimmings and recirculated yard trimmings used in biowaste composting. Bioresource technology. 2010;101(4):1399-405.
36. 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.
37. Rawoteea SA, Mudhoo A, Kumar S. Co-composting of vegetable wastes and carton: Effect of carton composition and parameter variations. Bioresource technology. 2017;227:171-8.
38. Vandecasteele B, Willekens K, Steel H, D'Hose T, Van Waes C, Bert W. Feedstock mixture composition as key factor for C/P ratio and phosphorus availability in composts: role of biodegradation potential, biochar amendment and calcium content. Waste and biomass valorization. 2017;8(8):2553-67.
39. Yeh CK, Lin C, Shen HC, Cheruiyot NK, Camarillo ME,

Wang CL. Optimizing food waste composting parameters and evaluating heat generation. Applied Sciences. 2020;10(7):2284.
40. 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.
41. Esperón F, Albero B, Ugarte-Ruíz M, Domínguez L, Carballo M, Tadeo JL, et al. Assessing the benefits of composting poultry manure in reducing antimicrobial residues, pathogenic bacteria, and antimicrobial resistance genes: a field-scale study. Environmental Science and Pollution Research International. 2020.
42. Şevik F, Tosun İ, Ekinci K. Composting of olive processing wastes and tomato stalks together with sewage sludge or dairy manure. International journal of environmental science and technology. 2016;13(5):1207-18.
43. Karak T, Bhattacharyya P, Paul RK, Das T, Saha SK. Evaluation of composts from agricultural wastes with fish pond sediment as bulking agent to improve compost quality. Clean–Soil, Air, Water. 2013;41(7):711-23.
44. Cáceres R, Malińska K, Marfà O. Nitrification within composting: a review. Waste Management. 2018;72:119-37.
45. Khadra A, Ezzariai A, Merlina G, Capdeville M-J, Budzinski H, Hamdi H, et al. Fate of antibiotics present in a primary sludge of WWTP during their co-composting with palm wastes. Waste Management. 2019;84:13-9.
46. Jafarzadeh haghighi fard n, Abbasi m, Alivar babadi r, Bahrani h, Mirzaie a, Ravanbakhsh m. Cocomposting Of Green Waste And Wastewater Dewatering Sludge Of Wastewater Treatment Plant (Chonibieh) In West Of Ahvaz- Iran. Water and soil science (journal of science and technology of agriculture and natural resources). 2015;19(71)
47. Zhang L, Sun X. Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. Waste Management. 2016;48:115-26.
48. Zhang M, He L-Y, Liu Y-S, Zhao J-L, Zhang J-N, Chen J, et al. Variation of antibiotic resistome during commercial livestock manure composting. Environment International. 2020;136:105458.
49. Gómez-Silván C, Andersen GL, Calvo C, Aranda E. Assessment of bacterial and fungal communities in a full-scale thermophilic sewage sludge composting pile under a semipermeable cover. Bioresource Technology. 2020;298:122550.
50. Jalili M, Mokhtari M, Eslami H, Abbasi F, Ghanbari R, Ebrahimi AA. Toxicity evaluation and management of co-composting pistachio wastes combined with cattle manure and municipal sewage sludge. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019;171:798-804.
51. Jonidi Jafari A, Farzadkia M, Gholami M, mohagheghi m. Evaluation of Ciprofloxacin Degradation during Composting Process. Journal of health research in community. 2018;3(4):1-11.
52. Asgari A, Nabizadeh R, Mahvi AH, Nasseri S, Dehghani MH, Nazmara S, et al. Biodegradation of total petroleum hydrocarbons from acidic sludge produced by re-refinery industries of waste oil using in-vessel composting. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2017;15(1):3.
53. Qian X, Sun W, Gu J, Wang X-J, Sun J-J, Yin Y-N, et al. Variable effects of oxytetracycline on antibiotic resistance gene abundance and the bacterial community during aerobic composting of cow manure. Journal of hazardous materials. 2016;315:61-9.