مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم ، شماره اول، بهار ۱۴۰۴، صفحات ۵۹ تا ۷۰

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

بررسی کیفیت میکروبی لجن آبگیری شده و دپو شده در یکی از تصفیه خانه‌های فاضلاب شهر تهران در فصل زمستان برای مصارف کشاورزی

مریم غنی[۱]، معصومه عسکری[۱]، بابک محمودی[۱]، نجات موسوی پور[۱]، رضا براتی رشوانلو[۳،۲]، شاهرخ نظم آرا[۴،۱*]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات فناوری بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

واژگان کلیدی: واحد آبگیری لجن، واحد دپوی لجن، کلی فرم مدفوعی، سالمونلا، تخم انگل

چکیده

زمینه و هدف: لجن فاضلاب از محصولات جانبی تصفیه خانه فاضلاب و سرشار از مواد آلی و مغذی است که با تصفیه مناسب می توان از آن به عنوان کود کشاورزی و اصلاح خاک استفاده کرد. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت میکروبی لجن یکی از تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران است.

روش بررسی: این مطالعه در زمستان ۱۳۹۷ انجام شد. تعداد ۲۵ نمونه از واحد آبگیری لجن و مناطق دپوی لجن برداشت شد. برای شمارش کلی فرم مدفوعی، از روش استاندارد ۱۶۸۱ EPA و برای شمارش سالمونلا و تخم انگل به ترتیب از روش‌های استاندارد ۱۶۸۲ و ۱۹۹۲ EPA استفاده شد.

یافته‌ها: در لجن آبگیری شده، کمترین و بیشترین میزان کلی فرم مدفوعی به ترتیب در روز اول MPN/g.TS ۶۷ و سوم MPN/g.TS ۱۸۵۱۸ به دست آمد. سالمونلا در روزهای پنجم، هشتم و دهم به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۳۲ و MPN/4g.TS ۰/۶۶ بود. سطوح تخم انگل در روزهای دوم، نهم و دهم برابر با OVA/4g.TS ۴ بود. در لجن دپو شده، کلی فرم مدفوعی در زمان نگهداشت لجن به مدت ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و year ۹ به ترتیب ۱۰، ۱۸۶، ۴۸۰، ۳۰، ۲۷، ۲۹۰۳۲، ۲ و MPN/g.TS ۱۱ بود. سالمونلا و تخم انگل در لجن دپو شده مشاهده نشدند.

نتیجه‌گیری: در تصفیه خانه مورد مطالعه به خصوص در واحد لجن دپو شده در مقایسه با واحد آبگیری لجن می توان با پایش کیفی مداوم، لجنی در محدوده استاندارد کلاس A تأمین کرده و بدون رعایت هیچ گونه محدودیتی از آن برای مصارف مختلف استفاده نمود.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
snazmara@gmail.com

Please cite this article as: Ghani M, Askari M, Mahmoudi B, Mousavipour N, Barati Rashvanlou R, Nazmara Sh. The microbiological quality assessment of dewatered and stored sludge in one of the wastewater treatment plants in Tehran during the winter season for agricultural use. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(1):59-70.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

مقدمه

لجن، یکی از محصولات باقیمانده در تصفیه خانه های فاضلاب است (۱)، که حاوی مواد بالقوه آلاینده مانند فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی و موجودات مختلف از جمله باکتری‌ها، تک یاخته‌ها، کرم‌ها، ویروس‌ها و جلبک‌ها است که برخی از آنها ممکن است بیماری‌زا باشند. همچنین مطالعات زیادی حضور میکروارگانیسم های پاتوژن مانند سالمونلا، لیستریا، اشرشیاکلی، مایکوباکتریوم، کمپیلوباکتر، یرسینا، کلستریدیوم، کریپتوسپوریدیوم، ژیاردیا و نوروویروس ها را در لجن خام فاضلاب تأیید کرده اند (۲-۶). میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سبزیجات خام یا مراتع را در هنگام استفاده از لجن در کشاورزی آلوده کنند. علاوه بر این، حیوانات ممکن است نقش مهمی در چرخه‌های عفونی داشته باشند زیرا می‌توانند در اثر تماس با لجن وارد شده به زمین، آلوده یا ناقل شوند و سپس میکروارگانیسم‌ها را به سایرین منتقل کنند (۲، ۷).

تصفیه لجن خام در تصفیه خانه های فاضلاب می تواند مواد خطرناک و مشکل ساز را تبدیل به مواد بی اثر کند (۸). همچنین لجن تصفیه شده تصفیه خانه های فاضلاب می تواند مواد مغذی مورد نیاز گیاهان را تأمین کرده و باعث بهبودی مواد آلی، تنظیم تخلل خاک و نیز افزایش قدرت نگهداشت آب در خاک شود (۹). در کشورهای اروپایی، تولید لجن خام حاصل از تصفیه خانه فاضلاب نسبت به ۲۰ سال گذشته و در چین نسبت به ۵ سال گذشته ۲ برابر شده است. به همین دلیل، در کشورهای در حال توسعه تصفیه این لجن هنوز هم به عنوان یک امر مهم مطرح می شود (۱۰).

تصفیه لجن فاضلاب معمولاً شامل فرآیندهایی همچون تغلیظ، تثبیت، آبگیری و دفع نهایی است (۹). باید این نکته مدنظر قرار گیرد که استفاده از لجن حاصل از تصفیه خانه های فاضلاب و دفع آن در محیط زیست، مستلزم تصفیه اصولی و مناسب لجن و تأمین کیفیت میکروبی و شیمیایی آن در حد مطلوب استانداردهای بین المللی است (۱۱). در سال های اخیر به دلیل ساخته شدن تصفیه خانه های مدرن از روش های بسیار مؤثر برای تصفیه لجن خام فاضلاب استفاده می شود (۱۲). کاربرد این روش ها به نوع، میزان، محل تصفیه خانه و در نهایت روش دفع نهایی لجن بستگی دارد (۱۳). تصفیه خانه های فاضلاب نیز در دهه های گذشته، بیشترین تمرکز خود را بر روی به کار بردن فرآیندهای مناسب تصفیه لجن گذاشته اند (۷).

استفاده از لجن تصفیه شده بی کیفیت برای مصارف کشاورزی برای مصرف کنندگان محصولات حاصل از آن می تواند تهدیدی برای سلامت عمومی و محیط زیست باشد که این موضوع در سال های اخیر نگرانی های زیادی به همراه داشته است. بنابراین ارزیابی کیفی لجن های تصفیه شده در تصفیه خانه های فاضلاب قبل از کاربرد آنها برای مصارف خاص به خصوص اصلاح و تقویت زمین های کشاورزی امری بسیار ضروری است (۹، ۱۴، ۱۵).

مطالعات مختلفی به بررسی کیفیت لجن فاضلاب در مراحل مختلف تصفیه پرداخته اند. این مطالعات در چارچوب استفاده مجدد لجن تصفیه شده برای کشاورزی بوده است. در اکثر این مطالعات به بررسی شاخص های میکروارگانیسم های پاتوژن همچون کلی فرم ها، سالمونلا و تخم انگل در لجن تصفیه شده پرداخته شده است (۱۰). Andres و همکاران (۱۶) در سال ۲۰۱۱ در مطالعه خود بر روی لجن تصفیه شده و آبگیری شده فاضلاب، تصفیه لجن فاضلاب و استفاده از آن را در زمین های کشاورزی یکی از اصلی ترین راه های خروج لجن از فاضلاب عنوان کردند. Baldantoni و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۲۰ به مطالعه ای در زمینه اهمیت کمپوست و لجن فاضلاب در بهبود و حاصلخیزی خاک های کشاورزی پرداختند. در این مطالعه، آماده سازی لجن فاضلاب تصفیه شده و با کیفیت از نظر میکروبی و شیمیایی به عنوان یک جایگزین مناسب برای بازگرداندن حاصلخیزی طولانی مدت خاک های کشاورزی بیان شد. Garg و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۲۱، استفاده از لجن فاضلاب را به عنوان کود در خاک های مورد استفاده برای کشاورزی، یک جایگزین بالقوه برای دفع مناسب آن، افزایش

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

تهویه و حاصلخیزی خاک به دلیل محتوای بالای مواد مغذی عنوان کردند.

هدف این مطالعه، بررسی کیفیت میکروبی لجن یکی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر تهران در سال ۱۳۹۷ و مقایسه نتایج حاصل از آن با استاندارد بین المللی سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) در خصوص لجن و همچنین کاربرد بالقوه آن در کشاورزی است. در این مطالعه، شاخص های میکروبی کلی فرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل در دو واحد آبگیری و دپوی لجن بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعه

استان تهران در محدوده مختصات northern ۳۵/۷۱۱۷°، eastern ۵۱/۴۰۷۰° قرار دارد و پرجمعیت ترین استان ایران است (۱۹). عمده ترین منابع تأمین آب آشامیدنی استان تهران، منابع آب سطحی و زیرزمینی هستند (https://amar.thmporg.ir/main-topic/79553-energy-and-water/56203-water).

تعداد کل تصفیه خانه‌های فاضلاب در استان تهران در سال ۲۰۲۳، ۲۵ تصفیه خانه است (https://amar.thmporg.ir/main-topic/28695-climate-and-environment/175-wastewater).تصفیه خانه فاضلاب مورد مطالعه در یکی از مناطق استان تهران واقع شده است و مساحتی در حدود ۱۱۰ ha دارد. این تصفیه خانه برای جمعیت ۴۲۰۰۰۰۰ نفر در نظر گرفته شده است و فاضلاب جمعیت معادل ۲۱۰۰۰۰۰ نفر را تصفیه می‌کند. لجن حاصل از فرآیند تصفیه به عنوان کود برای محدوده‌ای در حدود ۶۰۰۰ ha از زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. واحد تصفیه لجن شامل ۳ واحد تغلیظ ثقلی و مکانیکی، هضم بی‌هوازی و آبگیری لجن است. لجن حاصل از واحد ته نشینی ثانویه پس از طی کردن فرآیند آمایش شیمیایی با لجن حاصل از واحد ته نشینی اولیه ترکیب شده و وارد واحد تغلیظ ثقلی و مکانیکی می‌شود. لجن های ترکیب شده پس از گذراندن واحد هضم بی‌هوازی به سمت واحدهای آبگیری فیلترپرس منتقل شده و پس از آبگیری در منطقه اختصاص داده شده دپو می‌شوند.

شکل ۱ واحد آبگیری و منطقه دپوی لجن را نشان می‌دهد.

(الف) (ب)

شکل ۱- (الف) واحد آبگیری، (ب) عکس هوایی از منطقه دپوی لجن

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

روش نمونه گیری و حجم نمونه

نمونه برداری در فصل زمستان در سال ۱۳۹۷ و به مدت ۱۰ روز متوالی صورت گرفت. نمونه های مربوط به واحد آبگیری لجن از خروجی نوار نقاله این واحد برداشت شدند. قسمت دپوی لجن به ۵ ناحیه شمال شرقی، شمال غربی، مرکز، جنوب شرقی و جنوب غربی تقسیم شده بود (شکل ۱ (ب)). لجن حاصل از فرآیند آبگیری ابتدا در عمق (متر) m ۳ به ترتیب در مناطق جنوب شرق (زمان نگهداشت لجن: year ۹)، شمال شرق و شمال غرب (زمان نگهداشت لجن: year ۸)، جنوب غرب (زمان نگهداشت لجن: year ۷) و میانه (زمان نگهداشت لجن: year ۶) تخلیه می شدند. سپس در عمق m ۲ به ترتیب در مناطق جنوب شرق، شمال شرق و میانه (زمان نگهداشت لجن: year ۵)، جنوب غرب و شمال غرب (زمان نگهداشت لجن: year ۴) تخلیه می شدند و در آخر لجن حاصل از فرآیند آبگیری در عمق m ۰/۵ از سطح زمین به ترتیب در مناطق جنوب شرق، شمال شرق، میانه (زمان نگهداشت لجن: year ۳)، جنوب غرب و شمال غرب (زمان نگهداشت لجن: year ۲) تخلیه می شدند. نمونه برداری از هر ۵ ناحیه و به جهت بررسی سن لجن از سه عمق ۰/۵، ۲ و m ۳ با استفاده از تجهیزات مخصوص حفاری و نمونه برداری از عمق (شکل ۲) انجام شد. در مجموع ۱۵ نمونه از محل دپو جمع آوری شد. همچنین در طول ۱۰ روز نمونه برداری متوالی، روزانه از واحد آبگیری لجن یک نمونه برداشت شد (در مجموع ۱۰ نمونه). تعداد کل نمونه های برداشت شده از واحد آبگیری و دپوی لجن در طی ۱۰ روز ۲۵ نمونه با وزنی معادل (گرم) g ۱۰۰ از هر نمونه بود. نظر به اینکه این تحقیق به درخواست کارفرمای شرکت آب و فاضلاب استان تهران صورت گرفته است و با توجه به بودجه مطالعه و محدودیت در انتخاب و انجام محاسبات درخصوص تعداد نمونه ها، مقرر شد ۲۵ نمونه به شرحی که ذکر گردید طوری جمع آوری گردند که گویای وضعیت کلیه لجن های آبگیری شده و دپو شده در محل تصفیه خانه باشند. همچنین به دلیل درخواست کشاورزان مناطق اطراف جهت استفاده از لجن های دپو شده به عنوان کود در زمین های اطراف تصفیه خانه و نیز به دلیل تولید حجم بیشتر لجن در فصل زمستان در تصفیه خانه مذکور، این فصل برای نمونه برداری و آنالیز میکروبی انتخاب گردید. کلیه نمونه ها پس از جمع آوری به ظروف نمونه برداری شیشه ای که از قبل در آزمایشگاه شستشوی کامل، آماده سازی و عاری از آلودگی شده بود، منتقل شدند. نمونه ها با یخدان (Cool box) در دمای ۰-۴ °C در طول حمل و نقل به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از ورود به آزمایشگاه، فوراً مورد آنالیز میکروبی قرار گرفتند. کلیه آنالیزهای میکروبی در آزمایشگاه میکروبیولوژی محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شدند.

شکل ۲- دستگاه اوگر (Auger) برای نمونه برداری از عمق های مختلف از محل دپوی لجن

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

آنالیزهای میکروبی

آزمایش های میکروبیولوژی شامل شمارش تعداد کلی فرم های مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل بودند که بر روی نمونه های لجن انجام شدند. برای شمارش باکتری های کلی فرم مدفوعی از روش ۱۶۸۱ استاندارد EPA استفاده شد (۲۰). ابتدا رقت‌های مناسب از نمونه ها تهیه شد. هر رقت نمونه به ۱۵ لوله آزمایش حاوی محیط کشت A1-medium تلقیح و ویال وارونه درون لوله ها قرارداده شد. پس از گذشت مدت زمان انکوباسیون، لوله های حاوی نمونه در انکوباتور در ۳۵ °C به مدت ۳ h قرار گرفتند، سپس به یک حمام آب با دمای ۴۴/۵ °C منتقل شدند. پس از ۲۱±۲ h، لوله ها برای رشد و تولید گاز مورد بررسی قرار گرفتند. برای شمارش باکتری های سالمونلا از روش ۱۶۸۲ استاندارد EPA استفاده شد (۲۱). روش شناسایی سالمونلا شامل ۳ فاز غنی سازی، انتخابی و تأیید بیوشیمیایی بود. نمونه ها در سری ۱۵ تایی لوله حاوی محیط کشت TSB ریخته شده و در انکوباتور ۳۵/۵ °C به مدت ۲۴±۲ h برای سنجش کدورت نگهداری شدند. در فاز انتخابی، نمونه ها وارد محیط کشت نیمه جامد MSRV شدند. انکوباسیون در دمای ۴۲/۵ °C به مدت ۱۷±۱ h انجام شد. پس از دیدن هاله سفید، نمونه ها به محیط XLD منتقل شدند و در انکوباتور در دمای ۳۶±۱/۵ °C به مدت ۲۱±۳ h قرار داده شدند. با ظاهر شدن کلنی های صورتی با مرکز سیاه فاز تأییدی بیوشیمیایی آغاز شد. این مرحله شامل سه محیط کشت UREASE,LIA,TSI است که نمونه ها به صورت خطی و عمقی در محیط های مذکور کشت داده شدند. همچنین برای شناسایی تخم انگل روش ۱۹۹۲ استاندارد EPA مورد استفاده قرار گرفت (۲۲).

آنالیزهای آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار (IBM SPSS Statistics 21) برای بررسی رابطه بین متغیرها انجام شد. ابتدا سنجش نرمالیته داده ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk انجام گرفت و سپس ارتباط بین تعداد کلی فرم های مدفوعی و سن لجن در منطقه دپوی لجن با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن سنجش شد.

یافته‌ها

_ لجن آبگیری شده

جدول ۱ سطوح کلی فرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل را در مقایسه با میزان استاندارد EPA نشان می دهد.

جدول ۱- سطوح کلی فرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل در مقایسه با میزان استاندارد EPA

پارامترهای میکروبی	روزهای نمونه برداری										استاندارد کلاس A، EPA	استاندارد کلاس B، EPA
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم		
کلی فرم مدفوعی (MPN/g.TS)	٦٧	١٢٥٠٠	١٨٥١٨	٥٣٨٤	٥٨٦٢	٦٢٩٦	١٣٧٥	١٨٤٠	٥٢٠٠	٤٥٨٣	١٠٠٠	٢٠٠٠٠٠٠
سالمونلا (MPN/٤g.TS)	٠	٠	٠	٠	٠/٥٥	٠	٠	٠/٣٢	٠	٠/٦٦	٠	<٣
تخم انگل (OVA/٤g.TS)	٠	٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٤	٤	٠	<١

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

سطوح کلی فرم مدفوعی در روزهای اول تا دهم به ترتیب ۶۷، ۱۲۵۰۰، ۱۸۵۱۸، ۵۳۸۴، ۵۸۶۲، ۶۲۹۶، ۱۳۷۵، ۱۸۴۰، ۵۲۰۰ و (عدد در گرم جامدات خشک) ۴۵۸۳ MPN/g.TS به دست آمدند. سالمونلا در روزهای پنجم، هشتم و دهم به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۳۲ و ۰/۶۶ MPN/4g.TS بود ولی در سایر نمونه های جمع آوری شده در روزهای اول، دوم، سوم، چهارم، ششم، هفتم و نهم سالمونلا یافت نشد. تخم انگل تنها در ۳ نمونه از ۱۰ نمونه مشاهده شد. سطوح تخم انگل شمارش شده در روزهای دوم، نهم و دهم برابر با یکدیگر و معادل (تخم انگل در ۴ گرم جامدات خشک) ۴ OVA/4g.TS بود.

_لجن دپو شده

میزان کلی فرم مدفوعی شمارش شده در نقاط مختلف جغرافیایی (شمال غرب، جنوب غرب، میانه، شمال شرق و جنوب شرق) در اعماق ۰/۵، ۲ و ۳ m و مقایسه آن با استاندارد EPA در جدول ۲ بیان گردیده است.

جدول ۲- سطح کلی فرم مدفوعی در نقاط مختلف جغرافیایی (شمال غرب، جنوب غرب، میانه، شمال شرق و جنوب شرق) در اعماق ۰/۵، ۲ و ۳ m و مقایسه آن با استاندارد EPA

عمق(m)	موقعیت جغرافیایی					سن لجن (year)
	شمال غرب	جنوب غرب	میانه	شمال شرق	جنوب شرق	
۰/۵	۸	۱۲	–	–	–	۲
	–	–	۲	۱۲۷	٤۲۹	۳
۲	۹٤٥	۳۰	–	–	–	٤
	–	–	۱۰	۱۷	٦۲	٥
۳	–	–	۲۷	–	–	٦
	–	۲۹۰۳۲	–	–	–	۷
	–	–	–	۹	–	۸
	–	–	–	–	۱۱	۹

سطح کلی فرم مدفوعی لجن حاصل از فرآیند آبگیری در عمق ۰/۵ m از سطح زمین دفع، در مناطق جغرافیایی شمال غرب، جنوب غرب با زمان نگهداشت (سن لجن) ۲ year به ترتیب معادل ۸ و۱۲ MPN/g.TS بود. در همین عمق در مناطق جغرافیایی میانه، شمال شرق و جنوب شرق با زمان ماند ۳ year، میزان کلی فرم مدفوعی شمارش شده به ترتیب ۲، ۱۲۷ و ۴۲۹ MPN/g.TS به دست آمد. در عمق ۲ m از سطح زمین دفع، سطح کلی فرم مدفوعی در مناطق جغرافیایی شمال غرب و جنوب غرب با زمان ماند لجن به مدت ۴ year معادل ۹۴۵ و ۳۰ MPN/g.TS بود. در عمق مذکور در مناطق جغرافیایی میانه زمین دفع لجن، شمال شرق و جنوب شرق با زمان ماند ۵ year سطح کلی فرم مدفوعی به ترتیب معادل ۱۰، ۱۷ و ۶۲ MPN/g.TS بود. در عمق ۳ m از سطح زمین، سطح کلی فرم مدفوعی در منطقه جغرافیایی میانه با زمان ماند ۶ year معادل ۲۷؛ در منطقه جغرافیایی جنوب غرب با زمان ماند ۷ year معادل ۲۹۰۳۲؛ در منطقه جغرافیایی شمال شرق با زمان ماند ۸ year معادل ۹ و در منطقه جغرافیایی جنوب شرق با زمان ماند ۹ year معادل ۱۱ MPN/g.TS بود.

جدول ۳ میانگین سطح کلی فرم مدفوعی در اعماق مختلف لجن دفعی با زمان ماندهای متفاوت را در مقایسه با میزان استاندارد EPA نشان می دهد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

جدول ۳- میانگین کلی فرم مدفوعی در اعماق و زمان های ماند مختلف در لجن دفعی و مقایسه آن با استاندارد EPA

عمق لجن دفعی	سن لجن (year)							
(m)	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۰/٥	۱۰	۱۸٦	–	–	–	–	–	–
۲	–	–	٤۸۰	۳۰	–	–	–	–
۳	–	–	–	–	۲۷	۲۹۰۳۲	۲	۱۱

*استاندارد کلاس A ، ۱۰۰۰ :EPA

استاندارد کلاس B ، ۲۰۰۰۰۰۰ :EPA

در لجن حاصل از فرآیند آبگیری در عمق m ۰/۵ منطقه اختصاص داده شده برای دفع، میانگین کلی فرم مدفوعی در مناطق جغرافیایی دفع شده با زمان ماند year ۲ معادل MPN/g.TS ۱۰ و با زمان ماند year ۳ معادل MPN/g.TS ۱۸۶ گزارش شد. در لجن حاصل از فرآیند آبگیری در عمق m ۲ منطقه اختصاص داده شده برای دفع، میانگین کلی فرم مدفوعی در مناطق جغرافیایی دفع شده با زمان ماند year ۴ معادل MPN/g.TS ۴۸۰ و با زمان ماند year ۵ معادل MPN/g.T ۳۰ به دست آمد. همچنین در عمق m ۳ از سطح زمین دفع، میانگین کلی فرم مدفوعی در مناطق جغرافیایی دفع شده با زمان ماند year ۶ برابر MPN/g.TS ۲۷، با زمان ماند year ۷ برابر MPN/g.TS ۲۹۰۳، با زمان ماند year ۸ معادل MPN/g.TS ۲ و با زمان ماند year ۹ معادل MPN/g.TS ۱۱ گزارش شد. در سه عمق ۰/۵، ۲ و m ۳ در مناطق جغرافیایی مختلف با زمان ماندها ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ ،۸ و year ۹، سطوح سالمونلا و تخم انگل به ترتیب MPN/4g.TS ۰ و OVA/4g.TS ۰ بودند.

بحث

_ لجن آبگیری شده

حضور پاتوژن های بالقوه مضر در لجن فاضلابی که به شیوه مناسب تصفیه نشده باشد، یک تهدید اصلی در زمینه استفاده مجدد لجن فاضلاب در کشاورزی به حساب می آید (۱). در این مطالعه، پاتوژن های شاخص در لجن تصفیه شده یکی از تصفیه خانه های فاضلاب تهران مورد بررسی قرار گرفت. باکتری کلی فرم مدفوعی یکی از شاخص های EPA برای طبقه بندی لجن فاضلاب است که مقدار آن برای لجن کلاس A، MPN/g.TS ۱۰۰۰ و برای لجن کلاس B MPN/g.TS ۲۰۰۰۰۰۰ است (۲۳، ۲۴). حضور باکتری های کلی فرم مدفوعی از این نظر قابل توجه است که در صورت استفاده از لجن‌های آلوده در زمین های کشاورزی، این لجن ها به صورت بالقوه قادر به آلوده کردن خاک منطقه و در نتیجه محصولات کشاورزی خواهند بود. تعداد باکتری های کلی فرم مدفوعی در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و مقادیر متفاوتی برای آنها گزارش گردیده است (۲۵، ۲۶). شمارش باکتری های کلی فرم مدفوعی در واحد آبگیری لجن و مقایسه آن با استانداردهای لجن کلاس A و EPA B در این مطالعه نشان داد که لجن تصفیه خانه فاضلاب مورد مطالعه در اکثر روزهای نمونه برداری استاندارد کلاس B توصیه شده توسط EPA را تأمین نموده است. تنها در یکی از روزهای نمونه برداری، استاندارد کلاس A را داشته است. با این وجود و همچنین با توجه به فرآیندهای تصفیه لجن می توان اینگونه بیان کرد که نحوه راهبری فرآیند تصفیه لجن در کاهش باکتری های کلی فرم مدفوعی تأثیرگذار بوده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

نتایج حاصل از مطالعات تحقیقات مختلف نشان می دهند که آبگیری لجن، مواد آلی داخل لجن را از ۷۱ درصد به ۵۲ درصد وزن خشک جامدات کاهش می دهد (۲۶، ۲۷). بنابراین براساس توصیه های EPA این گونه لجن ها را می توان با در نظرگرفتن محدودیت هایی که در استانداردها آمده است برای کشاورزی به کار گرفت (۲۶، ۲۸). نتایج این مطالعه با مطالعه Alavi و همکاران (۲۹) در سال ۲۰۰۷ که بر روی کیفیت لجن آبگیری شده تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران انجام شد مشابه است. نتایج به دست آمده از مطالعه Alavi و همکاران نشان دادند که لجن آبگیری شده تصفیه خـانه های فاضلاب شهـر تـهران استـاندارد کلاس EPA B را داشته است. نتایج به دست آمده از مطالعه Bina و همکاران (۳۰) که در سال ۲۰۰۴ بر روی لجن آبگیری شده تصفیه خانه اصفهان انجام شد، مشابه نتایج به دست آمده از این مطالعه بود.

در این مطالعه، سطح سالمونلا در لجن آبگیری از میزان استاندارد EPA فراتر نرفت. برخلاف مطالعه حاضر، مطالعه Mosaferi و همکاران (۲۶) در سال ۲۰۱۹ در لجن آبگیری شده تصفیه خانه فاضلاب شهر تبریز تـعداد سالمونلا MPN/g.TS ۸۳ مشاهده گردید. در نتایج این مطالعه بیان گردید که این میزان از استاندارد EPA فراتر رفته بود.

با توجه به این که استفاده از شاخص باکتریایی به عنوان تنها اندیکاتور برای دفع لجن نامناسب است و از طرفی دیگر تخم کرم ها طی پروسه های مختلف تصفیه، مقاومت بالایی دارند (۳۱)، بنابراین آزمایشات انگل شناسی به منظور استفاده مجدد از لجن ضرورت دارد (۳۲). در روز دوم، نهم و دهم نمونه برداری، تعداد تخم انگل شمارش شده در لجن آبگیری شده بالاتر از محدوده استاندارد EPA (<۱ OVA/4g.TS) بـود. بالابـودن مـیزان تخم انگل از حد استاندارد در برخی روزهای نمونه برداری از لجن آبگیری شده می تواند نشانه عدم تصفیه مناسب در این روزها بوده باشد (۹, ۲۲). Sabahi و همکاران (۱) در سال ۲۰۲۲ مطالعه ای را در زمینه ارزیابی انگل شناسی نمونه های لجن فاضلاب در کشور تونس انجام دادند. نتایج به دست آمده از این مطالعه بر خلاف نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر در برخی از روزهای نمونه برداری از واحد آبگیری لجن نشان دادند که میانگین غلظت تخم کرم در نمونه های لجن خشک شده در طول مدت مطالعه در محدوده استانداردهای بین المللی قرار داشته است. در مطالعه Aghili و همکاران (۳۳) در سال ۲۰۱۹، سطوح کلی فرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل در لجن آبگیری شده تصـفیه خـانه شـهر ساری به ترتیب MPN/g.TS ۲/۳۷×۱۰^{۶}، MPN/4g.TS ۴۷ و OVA/4g.TS ۴۶۶ بودند و لجن در کلاس B استاندارد EPA قرار داشت. در این مطالعه، سطوح کلی فرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل در مقایسه با لجن آبگیری شده تصفیه خانه شهر ساری در حد پایین تری قرار داشتند.

_ لجن دپو شده

بررسی نتایج حاصل از آزمایشات صورت گرفته بر روی لجن دپو شده نشان دادند که در اعماق ۰/۵، ۲ و ۳ m دفع لجن، و در زمان ماندهای مطالعه شده در محدوده کلاس A استاندارد EPA لجن بوده است. در عمق ۳ m، میانگین سطح کلی فرم مدفوعی در نقاط مختلف جغرافیایی تنها در زمان ماند ۷ year افزایش چشمگیری داشت و در نتیجه در عمق ۳ m در زمان ماند ۷ year، لجن دپو شـده تـوانسـته بـود اسـتاندارد کلاس B EPA را تأمین کند.

در بررسی ارتباط بین سن لجن و سطوح کلی فرم مدفوعی صرف نظر از عمق نمونه برداری، ارتباط معنی داری بین سطوح کلی فرم مدفـوعی و سـن لـجـن دفـعی به دسـت نیـامـد (Pearson coefficient =۰/۶). همچنین کلی فرم مدفوعی در لجن هایی که در عمق زمین دفع شده بودند در مقایسه با لجن های دفع شده در سطح زمین، تا حدودی سطح کمتری داشت. علت این امر می تواند به دلیل ایجاد شرایط بی هوازی در اعماق باشد که سبب کاهش بار میکروبی می شود (۳۴).

به نظر می رسد لجن واحد آبگیری به دلیل تازه تر بودن لجن در مقایسه با لجن مناطق مختلف دپوی لجن از کیفیت پایین تری برخوردار بوده است. لجن در مناطق دپو بیشتر تحت تأثیر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

محیط قرار دارد و نوسانات دمایی و همچنین مدت زمان عمر لجن در کاهش بار میکروبی آن تأثیر قابل اهمیتی داشته است.

نتیجه‌گیری

لجن حاصل از فرآیند آبگیری در تصفیه خانه فاضلاب تهران در مجموع روزهای نمونه برداری در سطح کلاس B استاندارد EPA لجن قرار داشت. بنابراین لجن حاصل از این فرآیند قابلیت استفاده برای کشاورزی، احیای زمین، جنگل کاری، توسعه مراکز تفریحی و پارک ها و مراتع را دارد. در یک روز از روزهای نمونه برداری از واحد آبگیری، استاندارد کلاس A لجن فراهم شده بود و قابلیت استفاده در کلیه مصارف کشاورزی، احیای اراضی، زمین های چمن، جنگل کاری، اماکن تفریحی و پارک ها، باغچه های خانگی، گلدان ها و مراتع را دارا بود. لجن دپو شده تنها در زمان ماند ۷ year در عمق دفع ۳ m در مناطق جغرافیایی مختلف در محدوده کلاس B استاندارد EPA قرار داشت. باید این نکته مورد توجه قرار گیرد که در مواقعی که لجن آبگیری و دپو شده در محدوده استاندارد کلاس B قرار دارد می توان از لجن با در نظر گرفتن محدودیت هایی برای مصارف کشاورزی استفاده کرد. این محدودیت ها در محل کاربرد لجن و در یک محدوده زمانی معین قابل اجرا هستند و شامل مواردی همچون برداشت محصولات کشاورزی، چرا کردن حیوانات و تماس مردم و اقدامات لازم جهت کاهش جذب ناقلین هستند. لازم به ذکر است که این نوع لجن را نمی‌توان به صورت بسته بندی در کیسه یا سایر ظروف سربسته به فروش رساند. توصیه می شود افراد مسئول و ناظرین در تصفیه خانه مورد مطالعه در صورت امکان، در مرحله نخست با استفاده از فرآیندهای به روز و پیشرفته در تصفیه لجن، در مرحله دوم با نظارت و پایش دقیق بر انجام صحیح فرآیندهای تصفیه و برطرف نمودن مشکلات و موانع پیش رو در این زمینه و در مرحله آخر با نظارت و پایش مستمر کیفیت میکروبی لجن پس از آبگیری و همچنین بعد از گذشت مدت زمان ماندگاری لجن در منطقه دپو، بتوانند لجنی با کیفیت بالا و در محدوده استاندارد کلاس A برای کشاورزان و سایر مصرف کنندگان تأمین نمایند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح ارتباط با صنعت با عنوان "بررسی کیفیت لجن آبگیری شده تصفیه خانه فاضلاب تهران و امکان سنجی استفاده از آن برای مصارف کشاورزی" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۷ با کد ۵۱۹۳۸ است که با حمایت این دانشگاه اجرا شده است.

References

1. Sabbahi S, Ben Ayed L, Trad M, Berndtsson R, Karanis P. Parasitological assessment of sewage sludge samples for potential agricultural reuse in Tunisia. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(3):1657.

2. López A, Baguer B, Goñi P, Rubio E, Gómez J, Mosteo R, et al. Assessment of the methodologies used in microbiological control of sewage sludge. Waste Management. 2019;96:168-74.

3. Hellmér M, Paxéus N, Magnius L, Enache L, Arnholm B, Johansson A, et al. Detection of pathogenic viruses in sewage provided early warnings of hepatitis A virus and norovirus outbreaks. Applied and Environmental Microbiology. 2014;80(21):6771-81.

4. Sidhu JP, Toze SG. Human pathogens and their indicators in biosolids: a literature review. Environment

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

International. 2009;35(1):187-201.

5. Smith S, Lang N, Cheung K, Spanoudaki K. Factors controlling pathogen destruction during anaerobic digestion of biowastes. Waste Management. 2005;25(4):417-25.

6. Sahlström L. A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. Bioresource Technology. 2003;87(2):161-66.

7. Nielsen S, Bruun EW. Sludge quality after 10–20 years of treatment in reed bed systems. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(17):12885-91.

8. Salgot M, Folch M. Wastewater treatment and water reuse. Current Opinion in Environmental Science & Health. 2018;2:64-74.

9. Mohammadi MJ, Yari AR, Fahiminia M, Shayesteh N, Biglari H, Doosti Z, et al. Sludge quality in wastewater treatment plant in Shokohieh industrial Park of Qom province in Iran. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2018;5(2):991-96.

10. López A, Rodríguez Chueca J, Mosteo R, Gómez J, Ormad MP. Microbiological quality of sewage sludge after digestion treatment: A pilot scale case of study. Journal of Cleaner Production. 2020;254:120101.

11. Chipasa KB. Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system. Waste Management. 2003;23(2):135-43.

12. Bartkowska I, Biedka P, Tałałaj IA. Analysis of the quality of stabilized municipal sewage sludge. Journal of Ecological Engineering. 2019;20(2).

13. Cieślik BM, Świerczek L, Konieczka P. Analytical and legislative challenges of sewage sludge processing and management. Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly. 2018;149:1635-45.

14. Zhang Q, Hu J, Lee DJ, Chang Y, Lee YJ. Sludge treatment: Current research trends. Bioresource Technology. 2017;243:1159-72.

15. Dai J, Xu M, Chen J, Yang X, Ke Z. PCDD/F, PAH and heavy metals in the sewage sludge from six wastewater treatment plants in Beijing, China. Chemosphere. 2007;66(2):353-61.

16. Andrés P, Mateos E, Tarrasón D, Cabrera C, Figuerola B. Effects of digested, composted, and thermally dried sewage sludge on soil microbiota and mesofauna. Applied Soil Ecology. 2011;48(2):236-42.

17. Picariello E, Pucci L, Carotenuto M, Libralato G, Lofrano G, Baldantoni D. Compost and sewage sludge for the improvement of soil chemical and biological quality of Mediterranean agroecosystems. Sustainability. 2020;13(1):26.

18. Dhanker R, Chaudhary S, Goyal S, Garg VK. Influence of urban sewage sludge amendment on agricultural soil parameters. Environmental Technology & Innovation. 2021;23:101642.

19. Borhani F, Ehsani AH, McGuirk SL, Shafiepour Motlagh M, Mousavi SM, Rashidi Y, et al. Examining and predicting the influence of climatic and terrestrial factors on the seasonal distribution of ozone column depth over Tehran province using satellite observations. Acta Geophysica. 2024;72(2):1191-226.

20. USEPA. Method 1681: Fecal coliforms in sewage sludge (biosolids) by multiple tube fermentation using A-1 medium. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency; 2006 Jul. Report No.: EPA-821-R-06-013.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

21. USEPA. Method 1682: Salmonella in sewage sludge (biosolids) by modified semisolid rappaport-vassiliadis (MSRV) medium. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency; 2006 Jul. Report No.: EPA-821-R-06-14.

22. Yousefi Z, Ziaei Hezarjaribi H, Mousavinasab N, Soltani A. Identifying parasites in the outlet sludge of industrial wastewater treatment plant: a case study in Babolsar, Iran 2015. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2018;27(156):177-86 (in Persian).

23. Pescod M. Wastewater treatment and use in agriculture-FAO irrigation and drainage paper 47. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1992.

24. USEPA. Process design manual: land application of sewage sludge and domestic septage. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 1995. Report No.: EPA/625/K-95/001.

25. Odey EA, Li Z, Zhou X, Kalakodio L. Fecal sludge management in developing urban centers: a review on the collection, treatment, and composting. Environmental Science and Pollution Research. 2017;24:23441-52.

26. Ghoreishi B, Khatibi M, Aslani H, Dolatkhah A, Seilabi A, Mosaferi M. Evaluation of microbial quality in biosolids generated from municipal wastewater treatment plants. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):6-2016 (in Persian).

27. Kołecka K, Gajewska M, Obarska Pempkowiak H, Rohde D. Integrated dewatering and stabilization system as an environmentally friendly technology in sewage sludge management in Poland. Ecological Engineering. 2017;98:346-53.

28. Farzadkia M, Mirzaiee R, Ghaffarkhani M, Bagheri F. Microbial quality assessment of disposal effluent and sludge from four decentralized wastewater. Journal of Health in the Field. 2013;1(3):24-30 (in Persian).

29. Mirhosseini G, Alavimoghaddam MR, Maknon R. Investigation of application of Tehran municipal WWTPs' dried sludge in agriculture. Environmental Sciences. 2007;4(4):47-56 (in Persian).

30. Bina B, Movahedian H, Amini A. Evaluation of potentially harmful substances in dried sludge of Isfahan Wastewater Treatment Plants. Water and Wastewater. 2004;15(1):34-42 (in Persian).

31. Santos LU, Bonatti TR, Cantusio Neto R, Franco RMB. Occurrence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in activated sludge samples in Campinas, SP, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo. 2004;46:309-13.

32. Karkashan A, Khallaf B, Morris J, Thurbon N, Rouch D, Smith SR, et al. Comparison of methodologies for enumerating and detecting the viability of Ascaris eggs in sewage sludge by standard incubation-microscopy, the BacLight Live/Dead viability assay and other vital dyes. Water Research. 2015;68:533-44.

33. Aghili SM, Mehrdadi N, Aminzadeh B, Zazouli MA. An investigation of agricultural use potential of dewatered sewage sludge. Environmental Health Engineering and Management Journal 2. 2019;6(3):179-84.

34. Forbis Stokes AA, O'Meara PF, Mugo W, Simiyu GM, Deshusses MA. On-site fecal sludge treatment with the anaerobic digestion pasteurization latrine. Environmental Engineering Science. 2016;33(11):898-906.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]

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

Orginal Article

The microbiological quality assessment of dewatered and stored sludge in one of the wastewater treatment plants in Tehran during the winter season for agricultural use

Maryam Ghani[1], Masoomeh Askari[1], Babak Mahmoudi[1], Nejat Mousavipour[1], Reza Barati Rashvanlou[2,3], Shahrokh Nazmara[1,4,*]

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4- Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 07 October 2024
Revised: 28 December 2024
Accepted: 01 January 2025
Published: 28 May 2025

Keywords: Sludge dewatering unit, Sludge storage unit, Fecal coliform, Salmonella, Parasite eggs

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

ABSTRACT

Background and Objective: Sewage sludge, a byproduct of wastewater treatment plants, is rich in organic matter and nutrients. With appropriate treatment, sludge can be utilized as a fertilizer for agriculture and soil amendment. This study aimed to evaluate the microbial quality of wastewater treatment plants in Tehran.

Materials and Methods: This study was conducted during the winter of 2018. A total of 25 samples were collected from the dewatering tank and sludge storage areas. Fecal coliform counts were determined using EPA Method 1681, while Salmonella and parasite egg counts were assessed using EPA Methods 1682 and 1992, respectively.

Results: In the dewatered sludge, fecal coliform levels ranged from a minimum of 67 MPN/g.TS on the first day to a maximum of 18,518 MPN/g.TS on the third day. Salmonella levels measured on the fifth, eighth, and tenth days were 0.55, 0.32, and 0.66 MPN/4g. TS, respectively. Parasite egg counts recorded on the second, ninth, and tenth days were 4 OVA/4g.TS. In the stored sludge, regardless of depth or geographic location of the disposal land, fecal coliform counts during retention times of 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9 years were 10, 186, 480, 30, 27, 29032, 2, and 11 MPN/g.TS, respectively. Salmonella and parasite eggs were not detected in the stored sludge.

Conclusion: The findings indicate that, in the sludge storage unit compared to the sludge dewatering unit, achieving Class A standards for sludge is feasible through continuous quality monitoring.

Please cite this article as: Ghani M, Askari M, Mahmoudi B, Mousavipour N, Barati Rashvanlou R, Nazmara Sh. The microbiological quality assessment of dewatered and stored sludge in one of the wastewater treatment plants in Tehran during the winter season for agricultural use. Iranian Journal of Health and Environment. 2025;18(1):59-70.

Copyright © 2025 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-11]