



بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران در کشاورزی

حمیدرضا سمواتی^{۱*}، محمد جابر طاووسی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان. (hamidreza.environment@yahoo.com)

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست گرایش آلودگی های محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.

چکیده

امروزه، دفع مناسب لجن یکی از مشکلات اساسی تصفیه خانه های فاضلاب در همه کشورها اعم از توسعه یافته و در حال توسعه، محسوب می شود. یکی از گزینه های مطرح دفع لجن، استفاده از آن در زمین های کشاورزی به عنوان کود می باشد. نتایج حاصل از این تحقیق، نشان می دهد که مقادیر میانگین کلیفرم مدفوعی برای سه تصفیه خانه شوش، شهرک غرب و محلاتی به ترتیب $۳/۷ \times ۱۰^۳$ ، $۴/۹ \times ۱۰^۳$ و $۱/۲۱ \times ۱۰^۴$ (MPN بر گرم جامدات خشک) می باشد که با توجه به مقررات بخش ۵۰۳ آیین نامه 40CFR استاندارد EPA، در کلاس B واقع می شوند. بر این اساس، رعایت محدودیت های مصرف آنها در کشاورزی (از نظر نوع محصول و زمان برداشت) ضروری است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه آماری بین مقادیر تخم انگل با کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل موجود در نمونه ها وجود دارد.

واژه های کلیدی: لجن، زمین های کشاورزی، کلیفرم مدفوعی، استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا، تخم انگل

مقدمه

لجن فاضلاب، مواد جامدی است که در روشهای مختلف تصفیه به منظور حذف آلاینده های معلق و محلول از فاضلاب از طریق جداسازی مواد جامد از مایع، ترکیب شیمیایی و یا فعالیت های بیولوژیکی در تصفیه خانه های فاضلاب به دست می آید و در حقیقت نوعی محصول فرعی مهم در فرآیند تصفیه است (METCALF and eddy, 1991). هدف از تصفیه لجن، تبدیل لجن خام حجیم و بدبو به مواد خنثی و بدون بو که بتواند به آسانی آب خود را از دست بدهد، می باشد (Bina, et al., 2005). روش هایی که برای تصفیه لجن به کار می روند، به اندازه، نوع و موقعیت تصفیه خانه، عملیات واحدهای موجود در آن، خصوصیات و مقدار جامدات و بالاخره به طریقه دفع نهایی لجن بستگی دارد (Maghol, 1995).

امروزه، مدیریت لجن، با توسعه تصفیه خانه های فاضلاب اعم از احداث واحدهای تصفیه خانه جدید و یا بهبود تأسیسات موجود، به یکی از بحرانی ترین موضوعات زیست محیطی، تبدیل شده است (Ludovico, 2007).

در حال حاضر در ایالات متحده سالانه ۷ میلیون تن جامدات خشک، در اتحادیه اروپا ۸ میلیون تن، در ژاپن ۳/۵ میلیون تن، در تایوان ۰/۲ میلیون تن، در کره ۲/۴۳ میلیون تن جامدات خشک و تنها در یکی از شهرهای ترکیه روزانه ۲۲۰ تا ۳۳۰ مترمکعب لجن تولید می شود (Hwang, et al., 2007; Cakmakci, 2007).

در ایران نیز تا پایان سال ۸۱ و تعداد ۵۰ تصفیه خانه شهری در سطح کشور در حال بهره برداری بوده اند که در پایان سال ۸۲ تعداد آنها به ۷۵ تصفیه خانه افزایش پیدا کرده است که این به معنی افزایش روز افزون میزان لجن تولیدی است که باید راهکارهایی برای دفع مناسب آن یافت (Shayegan and Afshari, 2005). گزینه های مختلفی برای دفع نهایی لجن وجود دارد که مهمترین آنها، سوزاندن، دفع در محل های دفن بهداشتی و استفاده در کشاورزی است. علاوه بر روش های یاد شده، روش های جدیدی نیز در سالهای اخیر گسترش پیدا کرده است که می توان استفاده از لجن به عنوان ماده خام برای تولید آفت کشها (Yan, 2007) اشاره نمود. با این وجود، استفاده در زمین، همچنان یکی از متداول ترین روش های موجود دفع لجن در بسیاری از کشورها محسوب می شود. برای به کارگیری لجن تصفیه خانه های شهری در کشاورزی مسائل مختلفی مانند نحوه تصفیه لجن، فاصله تصفیه خانه از اراضی مورد نظر، عوامل اجتماعی موثر و سایر عوامل باید مورد مطالعه دقیق قرار بگیرند تا حتی الامکان از بروز مسائل بهداشتی و زیست محیطی جلوگیری شود (USEPA, 1977, 1979). لجن حاصل از تصفیه خانه فاضلاب علاوه بر مواد مغذی مفید برای گیاه، دارای باکتری ها، ویروس ها و سایر میکروارگانیسم های مولد بیماری و یا فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی نیز می باشد که می تواند استفاده از آن را برای محصولات کشاورزی، انسان و حیوان خطرناک سازد (U.S.EPA, 1983).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه های فاضلاب تهران به عنوان کود در کشاورزی با در نظر گرفتن استانداردهای معتبر موجود می باشد. در این راستا، سه تصفیه خانه فاضلاب شوش، شهرک غرب و

شهید محلاتی انتخاب شدند و آزمایشهای مربوطه در سه فصل پاییز، زمستان و بهار انجام و با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) مقایسه گردید. لازم به ذکر است که داده های این تحقیق با استاندارد EPA تحت عنوان Code of Federal Regulations (40CFR) مقایسه شده اند که به دلیل اهمیت آن، خلاصه ای از این استاندارد در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خلاصه ای از مقررات سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) (U.S.EPA, 1992; Pesod, 1992)

مقررات	توضیحات
مقررات کلاس A	کمتر از 3 MPN سالمونلا 1 PFU و ویروس زوده ای و یک تخم انگل بارود در هر ۴ گرم ساسات کل بر حسب وزن خشک لجن (DS) و یا کمتر از 1000 MPN/g.DS کلیفرم مدفوعی.
	کمتر از 10 ² MPN/g.DS کلیفرم مدفوعی
مقررات کلاس B	محدودیهایی استفاده:
	1- محصولات غذایی که سمبول آنها یا خاک پرشورده می گند نباید نزل از ۱۴ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، رو شود.
	2- محصولات غذایی که محصول آنها زیر خاک است نباید قبل از ۶۰ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، دور شوند. (در حالی که لجن بیش از چهار ماه در روی سطح خاک باشد)
	3- محصولات غذایی که سمبول آنها زیر خاک است نباید قبل از ۲۸ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، دور شوند. (در حالی که لجن کمتر از چهار ماه در روی سطح خاک باشد)
	4- در سایر حالات (محصولات غذایی که محصول آنها با خاک تماس ندارد) محصولات باید حداقل ۳۰ روز بعد از کاربرد لجن در زمین، رو شود.
5- به حیوانات نباید اجازه داد، شود قبل از ۲۰ روز در این زمینها چرا کنند.	
مقررات وضع شده به منظور کنترل و کاهش پاتوژنها در لجن فاضلاب (در زیر قسمت D از قسمت 40CFR 503 آیین نامه)	
قسمت 503 آیین نامه، ۱۲ گزینه برای کاهش جذب ناقلین مانند حشرات، پرندگان و... که توانایی انتقال پاتوژن را دارند و می توانند انسان یا حیوان را در تماس با پاتوژنهای لجن فاضلاب قرار دهند و به عنوان یک خطر مطرح باشند ارائه کرده است.	مقررات وضع شده به منظور کاهش توانایی جذب ناقلین (vector attraction)
مسکن است لجن، علاوه بر مواد آلی حاوی میزان کمی از آلاینده هایی مانند فلزات سنگین نیز باشد که می تواند برای گیاهان و حیوانات مضر باشد و لازم است که میزان آنها در خاک کنترل شود.	محدودیهایی فلزات سنگین و ترکیبات آلی

مواد و روشها

این تحقیق در سال ۸۵-۸۶ گرفت. از آنجایی که در مدت انجام این تحقیق از بین ۷ تصفیه خانه فاضلاب شهر تهران تنها ۳ تصفیه خانه فاضلاب (تصفیه خانه فاضلاب شوش، شهرک غرب و شهید محلاتی)، لجن تولیدی خود را خشک کرده و از آن به عنوان کود استفاده می شود، نمونه برداری از این سه تصفیه خانه انجام گرفت. برای هر تصفیه خانه فاضلاب، نمونه برداری در سه فصل پاییز، زمستان و بهار انجام شد. نمونه های یکنواخت با توجه به شرایط ذکر شده در مراجع معتبر (U.S.EPA., 1992; Standard Methods, 1983)، از محل بسترهای خشک کن تصفیه خانه ها در ظروف استریل شده برداشت شدند و برای جلوگیری از تغییر وضعیت نمونه ها و حفظ شرایط واقعی، ظروف نمونه تا انتقال به آزمایشگاه در شرایط مناسب از نظر درجه حرارت (بین صفر تا ۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شدند.

برای نمونه های جمع آوری شده مقادیر کلیفرم مدفوعی (MPN)، کلیفرم کل و تخم انگل مورد اندازه گیری قرار گرفتند. از آنجایی که فاضلاب های شهری دارای مقادیر کافی نیترژن، کربن، پتاسیم، ازت، فسفر و دیگر مواد مغذی لازم برای استفاده به عنوان کود می باشند (مقادیر متداول موارد ذکر شده در جدول ۲ آورده شده است)، لذا در این تحقیق این پارامترها اندازه گیری نشده و پارامترهای بسیار مهم کلیفرم مدفوعی، کلیفرم کل و تخم انگل مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش ها با استفاده از روش های استاندارد ذکر شده در مراجع معتبر مانند استاندارد متد (U.S.EPA 1992) به دقت انجام و نتایج گزارش شدند. دستگاه های استفاده شده در این آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. برای بالا بردن دقت اندازه گیری ها، کلیه آزمایش های انجام شده در این تحقیق تکرار (برای هر تصفیه خانه در هر فصل ۵ نمونه مورد آزمایش قرار گرفته) و نتایج به صورت میانگین گزارش شده است. در خاتمه داده های مورد نظر با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد بررسی قرار گرفتند تا ارتباط احتمالی بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی موجود در نمونه های گرفته شده از بستر خشک کن تصفیه خانه ها بررسی شود.

نتایج و بحث

بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه های فاضلاب شهر تهران به عنوان کود در کشاورزی با در نظر گرفتن استانداردهای معتبر موجود و همچنین بررسی وجود ارتباط احتمالی بین مقدار تخم انگل با کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل، از نظر آماری (با استفاده از نرم افزار SPSS) از اهداف این تحقیق بود. لذا در این قسمت به ارائه نتایج و بررسی و بحث در مورد نتایج تحقیق پرداخته می شود.

بررسی مقادیر MPN نمونه ها

مقادیر کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل در سه تصفیه خانه شوش، شهرک غرب و شهید محلاتی برای سه فصل پاییز، زمستان و بهار در نمودارهای ۱ و ۲ آورده شده است. همان طور که از نمودارها پیداست، میزان کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل در هر سه

تصفیه خانه در فصل پاییز، بیشترین مقدار و در فصل بهار، کمترین مقدار را داشته است. از بین این سه تصفیه خانه، تصفیه خانه شوش کمترین مقدار کلیفرم مدفوعی و تصفیه خانه شهید محلاتی بیشترین مقدار کلیفرم مدفوعی را دارد. همچنین بیشترین مقدار کاهش در کلیفرم مدفوعی (۷۰/۵۸ درصد کاهش نسبت به پاییز) در تصفیه خانه شهید محلاتی و در فصل زمستان، مشاهده می شود.

جدول ۲ - مقادیر معمول پارامترهای ارزشی کودی لجن حاصل از تصفیه خانه‌های فاضلاب (Bina, et al., 2005)

پارامتر	کربن(درصد)	ازت(درصد)	فسفر(درصد)	سدیم(درصد)	پتاسیم(درصد)	C/N
مقادیر معمول	۸-۵۰	۰/۱-۳/۵	۰/۳-۳/۵	۰/۲-۰/۵	۰/۱-۲/۸	۲۰

جدول ۳ - دستگاه‌های استفاده شده در اندازه گیری پارامترها

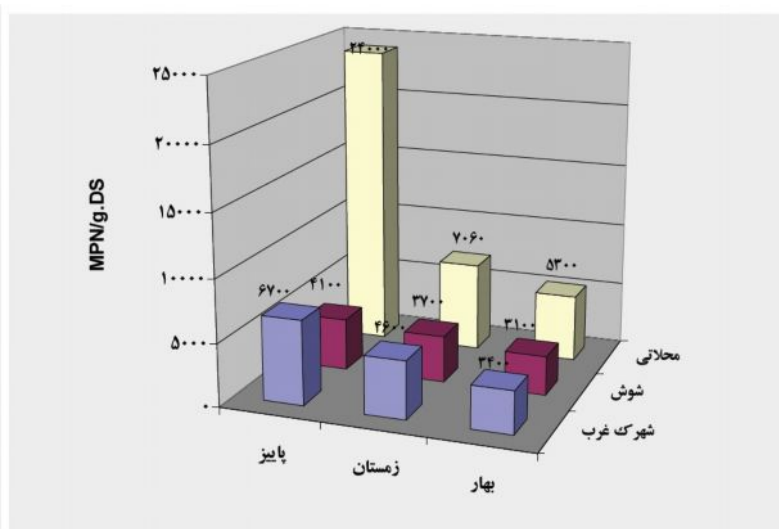
پارامتر مطالعه شده	وسیله مورد استفاده
کلیفرم مدفوعی	انکوباتور Memmert- اتوکلاو HV-85 L HMC-HICLAVE, HV-85 L - ماری GFL
کلیفرم کل	انکوباتور Memmert- اتوکلاو HV-85 L HMC-HICLAVE, HV-85 L
نخم انگل	سانتریفوز Hettich, EBA21 - میکروسکوپ Hund S200, wetzlar

همان طور که ملاحظه می شود، لجن تمام این تصفیه خانه ها در کلاس B استاندارد EPA قرار می گیرند زیرا مقادیر آنها بیشتر از ۱۰۰۰ و کمتر از 2×10^6 (MPN بر گرم جامدات خشک) است. بنابراین این لجنها برای مصارفی مانند چمن زمینهای بازی، باغچه های خانگی، گلدانها و فروش به صورت بسته بندی برای مصارف مختلف مناسب نبوده و برای سایر مصارف باید محدودیت های ذکر شده در جدول ۱ مورد توجه قرار گیرند. مقادیر کلیفرم مدفوعی اندازه گیری شده در این تحقیق با مقادیر اندازه گیری شده در تصفیه خانه فاضلاب شهر اصفهان نیز مقایسه گردید. طبق تحقیقات انجام شده مقادیر کلیفرم مدفوعی در سه تصفیه خانه جنوب اصفهان، شمال اصفهان و شاهین شهر به ترتیب $1/8 \times 10^6$ ، $2/3 \times 10^6$ و $1/6 \times 10^6$ MPN بر گرم جامدات خشک گزارش شده اند که در مقایسه با تصفیه خانه های تهران، مقادیر بیشتری را دارا می باشند.

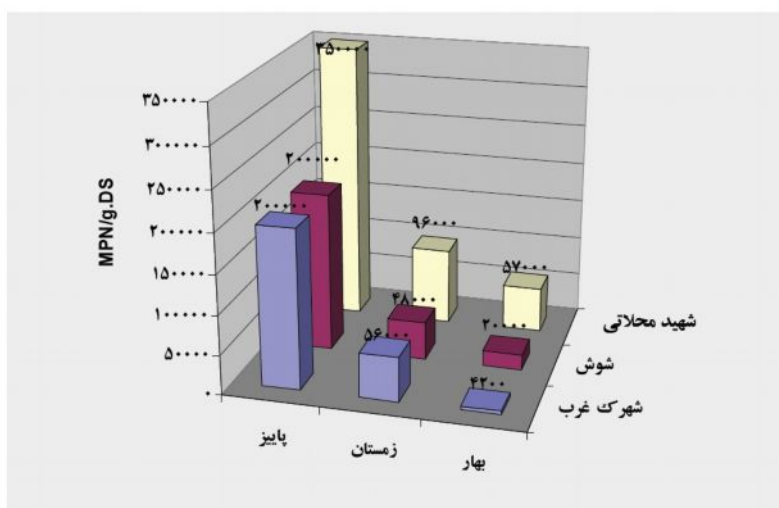
بررسی مقادیر تخم انگل

هر چند برای لجن کلاس B تنها انجام آزمایش تعیین کلیفرم مدفوعی کافی است و نیازی به انجام سایر آزمایش های تعیین کیفیت میکروبیولوژی مانند ویروس، سالمونلا و تخم انگل نیست، ولی به لحاظ اهمیت وجود تخم انگل، آزمایش شمارش کل تخم انگلها برای کلیه نمونه ها انجام گرفت. مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه در فصول پاییز، بهار و زمستان در نمودار ۳ مشاهده می شود. با توجه به این نمودار، مقدار تخم انگل در تصفیه خانه ها، روند رو به کاهشی را طی کرده است یعنی در فصل پاییز بیشترین و در بهار کمترین مقدار را دارا می باشد. کمترین مقدار تخم انگل نیز در تصفیه خانه شوش و بیشترین

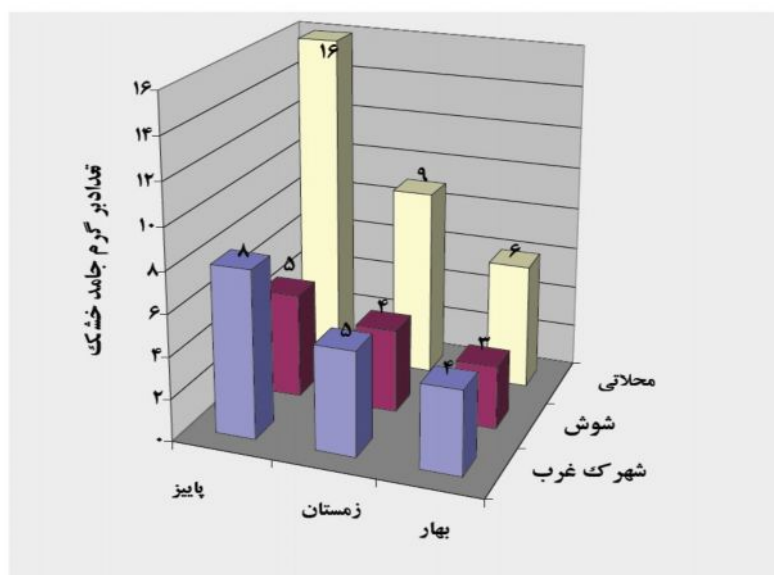
مقدار آن در تصفیه خانه شهید محلاتی مشاهده می شود. مقادیر متوسط تخم انگل برای سه تصفیه خانه شوش، شهرک غرب و شهید محلاتی به ترتیب ۴، ۶ و ۱۱ عدد بر گرم جامدات خشک می باشد که در مقایسه با مقادیر تصفیه خانه های اصفهان (جنوب اصفهان، شمال اصفهان و شاهین شهر به ترتیب برابر ۱۲، ۱۶ و ۵۸ عدد بر گرم جامدات خشک) (Bina, et al., 2005) مقادیر کمتری را به خود اختصاص می دهند.



شکل ۱- مقادیر کلیرم مدفوعی تصفیه خانه های شهر تهران در فصول مختلف



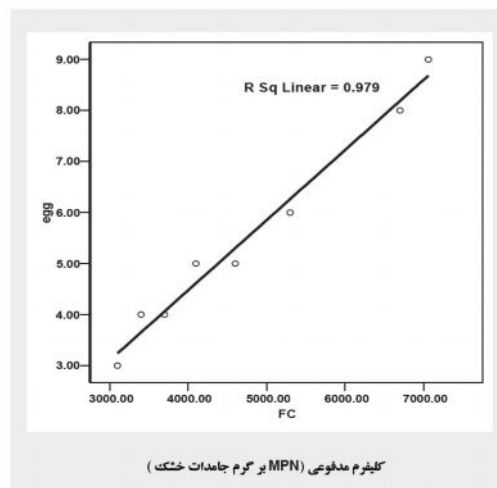
شکل ۲- مقادیر کلیرم کل تصفیه خانه های شهر تهران در فصول مختلف



شکل ۳- مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه محلاتی، شهرک غرب و شوش

بررسی ارتباط آماری بین تخم انگل با کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل

در این قسمت از تحقیق با استفاده از نرم افزار SPSS بررسی آماری بین مقادیر تخم انگل با کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل انجام گرفت تا مشخص شود که آیا ارتباطی بین این مقادیر وجود دارد یا خیر. با استفاده از این نرم افزار می توان ضریب همبستگی را محاسبه کرد که قدرت رابطه خطی بین دو متغیر را محاسبه می کند (Fotohi and Asghari, 2004). یکی از ضرایب همبستگی پرکاربرد عبارت است از ضریب همبستگی پیرسون که دارای مقادیری بین -۱ تا +۱ می باشد. در این تحقیق، مقدار ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی وجود ارتباط بین تخم انگل و کلیفرم مدفوعی، ۰/۹۸۹ به دست آمد ($R^2 = ۰/۹۷۹$) که نشان دهنده وجود رابطه خطی قوی بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی است. در نمودار ۴، نمودار مربوط به رگرسیون خطی داده ها (با سطح اطمینان ۰/۹۵) مشاهده می شود.



شکل ۴- مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه محلاتی، شهرک غرب و شوش

همچنین ضریب همبستگی پیرسون برای مقادیر تخم انگل و کلیفرم کل، ۰/۸۵ به دست آمد که این مقدار نیز نشان دهنده وجود رابطه خطی بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم کل می باشد البته رابطه خطی بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی قویتر است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، اندازه گیری مقادیر کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و شمارش تخم انگل انجام شد. مقادیر متوسط تخم انگل برای سه تصفیه خانه شوش شهرک غرب و شهید محلاتی به ترتیب ۴، ۶ و ۱۱ عدد بر گرم جامدات خشک می باشد. مقادیر میانگین کلیفرم مدفوعی برای سه تصفیه خانه شوش، شهرک غرب و محلاتی به ترتیب، $۳/۷ \times ۱۰^۳$ ، $۴/۹ \times ۱۰^۴$ و $۱/۲۱ \times ۱۰^۴$ MPN بر گرم جامدات خشک به دست آمد که نشان می دهد لجن این تصفیه خانه ها در کلاس B استاندارد EPA واقع می شوند. لذا پیشنهاد می شود که بازنگری اساسی در شوش، لذا پیشنهاد می شود که بازنگری اساسی در شوش، لذا پیشنهاد می شود که بازنگری اساسی در کیفیت لجن این تصفیه خانه ها انجام شود که به عنوان نمونه می توان به افزایش زمان ماند لجن در بسترهای خشک کن یا محل های دپو و رعایت محدودیت های استفاده از کود در محصولاتی که مستقیماً در تماس با کود هستند از خطرات احتمالی، تا حد مناسبی جلوگیری کرد. کارکنان تصفیه خانه ها، کارگران مزارع و افراد مرتبط نیز باید در مورد نکات بهداشتی و نحوه استفاده از لجن و محدودیتهای مصرف آن آموزش ببینند. همچنین پیشنهاد می شود برای ادامه تحقیقات، پارامترهای فوق الذکر علاوه بر نمونه های کود خارج شده از تصفیه خانه ها، در خاک های مزارعی که این لجن ها به عنوان کود در آنها به کار می روند و محصولات آنها، اندازه گیری شوند تا بتوان اثرات واقعی کاربرد این لجنها را تعیین کرد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه خطی بین مقادیر تخم انگل با کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل موجود در نمونه ها وجود دارد به گونه ای ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی ۰/۹۸۹ بدست آمد. از طرفی ضریب همبستگی پیرسون برای مقادیر تخم انگل و کلیفرم کل، ۰/۸۵ بود که این مقدار نیز نشان دهنده وجود رابطه خطی بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم کل می باشد اگرچه

رابطه خطی قویتری بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی مشاهده شد. پیشنهاد می شود رابطه آماری فوق یا روابط آماری مشابه برای لجنهای تولیدی در تصفیه خانه های کشور مورد بررسی و تحقیق بیشتر قرار گیرد. لازم به ذکر است از آنجائی که بسیاری از آزمایش های مربوط به کیفیت لجن پرهزینه و زمان بر می باشند که به عنوان نمونه می توان به آزمایش تعیین کلیفرم مدفوعی (مصرف زیاد مواد شیمیایی، یک هفته زمان برای هر آزمایش) اشاره نمود در صورتی که بتوان ارتباط آماری مناسبی بین این پارامترها با سایر ویژگی های لجن مانند شمارش تخم انگل، هدایت الکتریکی و سایر پارامترهای مشابه بدست آورد، میتوان از این پارامترها برای پیش بینی کیفیت لجن و ویژگی های استاندارد مربوط به آن، استفاده نمود.

پی نوشت ها

1- Multiple Probable Number

2- Plague Forming Units

3- Pearson correlation

منابع

Fotohi, A., F. Asghari (2004). Statistical analysis of data Using SPSS 11. Kanoon Nashr Publication, Tehran, Iran.

Bina, B., H. Movahedian Atar, A. Amini (2005). Investigation on the quality of dried activated sludge in Isfahan WWTPS. Water and Wastewater Journal, Vol 49.

Maghol, N. (1995). The Issues of anaerobic digestion in Isfahan WWTP. PhD thesis of Azad University.

Shayegan, J., A. Afshari (2005). Investigation on municipal and Industrial Wastewater in Iran. Water and Wastewater Journal. Vol. 49.

Metcalf and eddy, (1991). Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse, McGraw-Hill book Co., NewYork.

Ludovico Spinosa. (2007). Sludge management: Current questions and future prospects". Proceedings of IWA special conference on Facing Sludge Diversities, Challenges, Risks and Opportunities. (IWA Antalya 2007), 28-31 March, Belek, Antalya, Turkey.

U.S.EPA.,(1977). process design manual for land treatment of municipal wastewater. adopted from www.epa.gov.

U.S.EPA.,(1983). Process design manual for land application of municipal sludge. EPA-625/1- 83-0/6.adopted from www.epa.gov.

U.S.EPA, (1992). Environmental regulations and technology; control of pathogens and vectors in sewage sludge EPA625/R-92/013.adopted from www.epa.gov.

Pescod, M. B. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture, F.A.O of the United Nations, Rome.adopted from [http:// www2.gtz.de/ Dokumente/ oe44/ ecosan/ en-wastewater treatment agriculture-1992.pdf](http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-wastewater%20treatment%20agriculture-1992.pdf)