



علوم محیطی

علوم محیطی سال چهارم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۸۶  
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.4, No.4, Summer 2007  
۴۷-۵۶

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

گل بهار میر حسینی، محمدرضا علوی مقدم\*، رضا مکنون

گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده عمران - محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

### Investigation of Application of Tehran Municipal WWTPs' Dried Sludge in Agriculture

Golbahar Mirhosseini, Mohammad Reza Alavimoghaddam, Reza Maknon

Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Civil- Environment, Amirkabir University of Technology

#### Abstract

Nowadays, sewage sludge disposal is a great concern of wastewater treatment plants in both developed and developing countries. Land application of sewage sludge is still one of the most important disposal options in most countries. Although, land application of sludge allows the nutritional value of treated sludge to be used beneficially in agriculture, but pollutants and pathogenic organisms in sewage sludge can raise the health risk of human and animals. The aims of this study are 1) to investigate the applicability of dried sludge of Tehran WWTPs in agricultural activities according to U.S. EPA 40 CFR Part 503 regulations and, 2) to find a possible statistical relationship between parasite eggs, Fecal Coliform (FC) and Total Coliform (TC). Three wastewater treatment plants including "Shahrak-e-Gharb", "Shoosh" and "Mahallati" were chosen in city of Tehran and the samples were collected during three seasons (fall, winter and spring (2006-7)). Parasite eggs, FC and TC of collected samples were examined using standard methods. The results showed that the average amounts of FC for sludge of Shahrak-e-gharb, Shoosh and Mahallati WWTPs were found to be  $4.9 \times 10^3$ ,  $3.7 \times 10^3$  and  $1.21 \times 10^4$  MPN/g.DS, respectively. According to the data, the sludge of all these wastewater treatment plants is classified into Class B of EPA 40 CFR Part 503 regulations. Therefore, direct human exposure to Class B sludge would still pose a significant health risk and application of these sludges is restricted. In addition, strong statistical relationships were found between parasite eggs and Fecal Coliform of the samples with the Pearson correlation factor of 0.989.

**Keywords:** Dried sludge, Tehran wastewater treatment plants, parasite egg, total and fecal coliform, EPA standard.

#### 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. اگرچه لجن فاضلاب به دلیل دارا بودن مواد مغذی، می تواند برای اصلاح و بهبود خاک استفاده شود، لیکن به دلیل احتمال وجود انواع میکروارگانیسم های بیماری زا، ممکن است باعث ایجاد انواع بیماری ها در انسان و دام شود. هدف از انجام این تحقیق، 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) می باشد. در این راستا، سه تصفیه خانه فاضلاب شوش، شهرک غرب و شهید محلاتی انتخاب شدند و آزمایش های مربوطه در سه فصل پاییز، زمستان و بهار بر روی نمونه ها انجام شد و نتایج حاصله با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) مقایسه گردید. از آنجائی که فاضلاب های شهری دارای مقادیر کافی نیتروژن، کربن، پتاسیم و دیگر مواد مغذی می باشند، لذا در این تحقیق پارامترهای مهم کلیفرم مدفوعی، کلیفرم کل و تخم انگل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تحقیق، نشان می دهد که مقادیر میانگین کلیفرم مدفوعی برای سه تصفیه خانه شوش، شهرک غرب و محلاتی به ترتیب  $4.9 \times 10^3$ ،  $3.7 \times 10^3$  و  $1.21 \times 10^4$  MPN/g.DS، 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. ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی ۰/۹۸۹ به دست آمد.

کلیدواژه ها: لجن خشک شده، تصفیه خانه های فاضلاب تهران، تخم انگل، کلیفرم مدفوعی و کل، استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا.

\* Corresponding author. Email Address: Alavi@aut.ac.ir

## مقدمه

لجن فاضلاب، مواد جامدی است که در روش‌های مختلف تصفیه به منظور حذف آلاینده‌های معلق و محلول از فاضلاب از طریق جداسازی مواد جامد از مایع، ترسیب شیمیایی و یا فعالیت‌های بیولوژیکی در تصفیه خانه‌های فاضلاب به دست می‌آید 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، می‌باشد (Bina, et al., 2005). روش‌هایی که برای تصفیه لجن به کار می‌روند، 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 خانه‌های فاضلاب اعم از احداث واحدهای تصفیه خانه جدید و یا بهبود تأسیسات موجود، به یکی از بحرانی‌ترین 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 می‌شود

(Hwang, et al., 2007; Çakmakci, 2007; Lee, 2001). در ایران نیز تا پایان سال ۸۱، تعداد ۵۰ تصفیه خانه شهری در سطح کشور در حال بهره برداری بوده‌اند 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). گزینه‌های مختلفی برای دفع نهایی لجن وجود

دارد که مهم‌ترین آنها، سوزاندن، دفع در محل‌های دفن بهداشتی و استفاده در کشاورزی است. علاوه بر روش‌های یاد شده، روش‌های جدیدی نیز در سال‌های اخیر گسترش پیدا کرده است که می‌توان استفاده از لجن به عنوان ماده خام برای تولید آفت کش‌ها (Yan, 2007) اشاره نمود. با این وجود، استفاده در زمین، همچنان یکی از متداول‌ترین روش‌های موجود دفع لجن در بسیاری از کشورها محسوب می‌شود. برای به کارگیری لجن تصفیه خانه‌های 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 باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های مولد بیماری و یا فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی نیز می‌باشد که می‌تواند 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 خانه‌های فاضلاب تهران به عنوان کود در کشاورزی با در نظر گرفتن استانداردهای معتبر موجود می‌باشد. 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 داده‌های این تحقیق با استاندارد EPA تحت عنوان Code of Federal Regulations (40CFR) مقایسه شده‌اند که به دلیل اهمیت آن، خلاصه‌ای 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; Pescod, 1992)

توضیحات	مقررات	مقررات
<p>کمتر از <math>3 \text{ MPN}</math> سالمونلا، <math>1 \text{ PFU}</math> ویروس روده ای و یک تخم انگل بارور در هر <math>4</math> گرم جامدات کل بر حسب وزن خشک لجن (DS) و یا کمتر از <math>1000 \text{ MPN/g.DS}</math> کلیفرم مدفوعی .</p>	<p>مقررات کلاس <b>A</b></p>	
<p>کمتر از <math>2 \times 10^6 \text{ MPN/g.DS}</math> کلیفرم مدفوعی</p>		
<p><b>محدودیت‌های استفاده :</b></p> <p>1- محصولات غذایی که محصول آنها با خاک برخورد می‌کند نباید قبل از ۱۴ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، درو شوند.</p> <p>2- محصولات غذایی که محصول آنها زیر خاک است نباید قبل از ۲۰ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، درو شوند. (در حالتی که لجن بیش از چهار ماه در روی سطح خاک باشد).</p> <p>3- محصولات غذایی که محصول آنها زیر خاک است نباید قبل از ۳۸ ماه از تاریخ کاربرد لجن در زمین، درو شوند. (در حالتی که لجن کمتر از چهار ماه در روی سطح خاک باشد).</p> <p>4- در سایر حالات (محصولات غذایی که محصول آنها با خاک تماس ندارد) محصولات باید حداقل ۳۰ روز بعد از کاربرد لجن در زمین، درو شوند.</p> <p>5- به حیوانات نباید اجازه داده شود قبل از ۳۰ روز در این زمین‌ها چرا کنند.</p>	<p>مقررات کلاس <b>B</b></p>	<p>مقررات وضع شده به منظور کنترل و کاهش پاتوژنها در لجن فاضلاب (در زیر قسمت D از قسمت ۵۰۳ آیین نامه 40CFR)</p>
<p>قسمت ۵۰۳ 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.</p>		<p>مقررات وضع شده به منظور کاهش توانایی جذب ناقلین (vector attraction)</p>
<p>ممکن است لجن علاوه بر مواد آلی حاوی میزان کمی از آلاینده هایی مانند فلزات سنگین نیز باشد که می توانند برای گیاهان و حیوانات مضر باشند و لازم است که میزان آنها در خاک کنترل شود.</p>		<p>محدودیت‌های فلزات سنگین و ترکیبات آلی</p>

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۸۵-۸۶ انجام 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. نمونه‌های یکنواخت با توجه به شرایط ذکر شده در مراجع معتبر ( U.S.EPA., 1983; Standard Methods, 1992 )، از محل بسترهای خشک کن تصفیه خانه‌ها در ظروف استریل شده برداشت شدند و برای جلوگیری از تغییر وضعیت نمونه‌ها 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 فاضلاب‌های شهری دارای مقادیر کافی نیتروژن ، 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. آزمایش‌ها با استفاده از روش‌های استاندارد ذکر شده در مراجع معتبر مانند استاندارد متد ( U.S.EPA, 1992 ) به دقت انجام و نتایج گزارش شدند. دستگاه‌های استفاده شده در این آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. برای بالا بردن دقت اندازه گیری‌ها ، کلیه آزمایش‌های 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 نمونه‌های گرفته شده از بستر خشک کن تصفیه خانه ها بررسی شود.

## نتایج و بحث

بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه‌های 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 نمونه‌ها

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 . همان‌طور 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 تصفیه‌خانه شهید محلاتی و در فصل زمستان ، مشاهده می شود.

جدول ۲ - مقادیر معمول پارامترهای ارزش 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

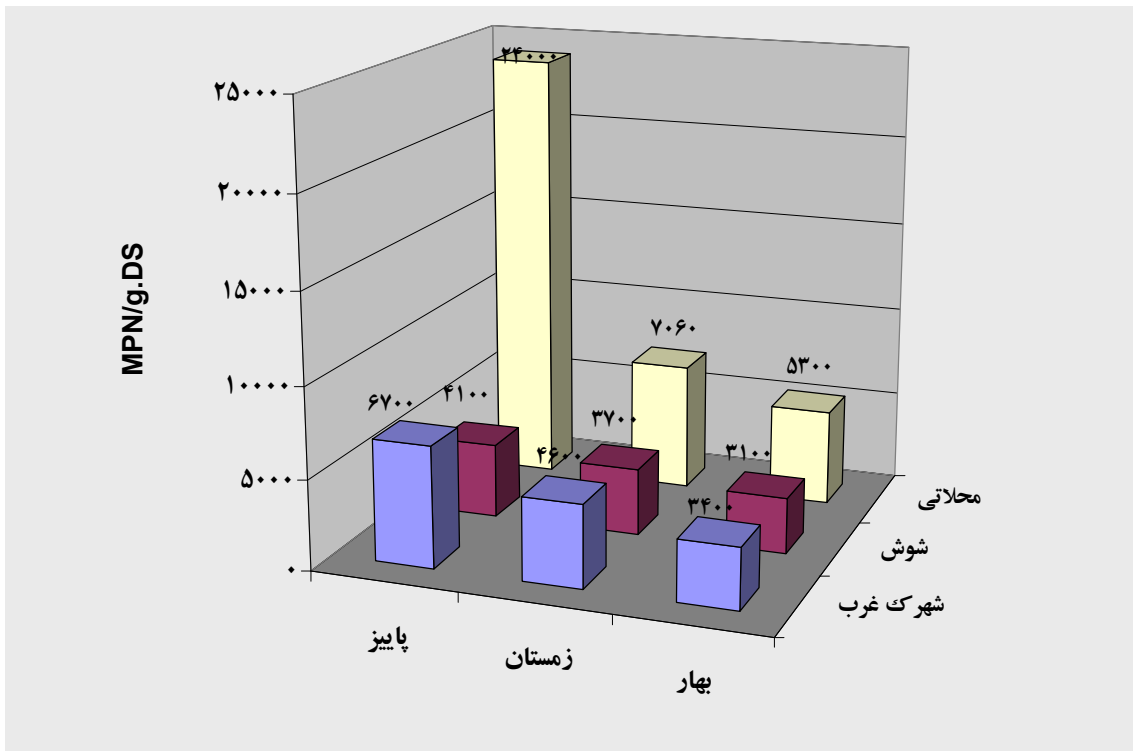
پارامتر مطالعه شده	وسیله مورد استفاده
کلیفرم مدفوعی	انکوباتور Memmert - اتو کلاو HVC-85 L - HMC-HICLAVE, HV-85 L - بن ماری GFL
کلیفرم کل	انکوباتور Memmert - اتو کلاو HVC-85 L - HMC-HICLAVE, HV-85 L
تخم انگل	سانتریفوژ Hettich, EBA21 - میکروسکوپ Hund S200, wetzlar

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، لجن تمام این تصفیه خانه‌ها در کلاس B استاندارد EPA قرار می‌گیرند زیرا مقادیر آنها بیشتر از ۱۰۰۰ و کمتر از  $10^6 \times 2$  (MPN بر گرم جامدات خشک) است. بنابراین این لجنها برای مصارفی مانند چمن زمینهای بازی، باغچه‌های خانگی، گلدانها و فروش به صورت بسته بندی برای مصارف مختلف مناسب نبوده و برای سایر مصارف باید محدودیت‌های ذکر شده در جدول ۱ مورد توجه قرار گیرند. مقادیر کلیفرم مدفوعی اندازه گیری شده در این تحقیق با مقادیر اندازه‌گیری 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  $10^6 \times 1/8$ ،  $10^6 \times 2/3$  و  $10^6 \times 1/6$  MPN بر گرم جامدات خشک گزارش شده‌اند که در مقایسه با تصفیه خانه‌های تهران، مقادیر بیشتری را دارا می‌باشند.

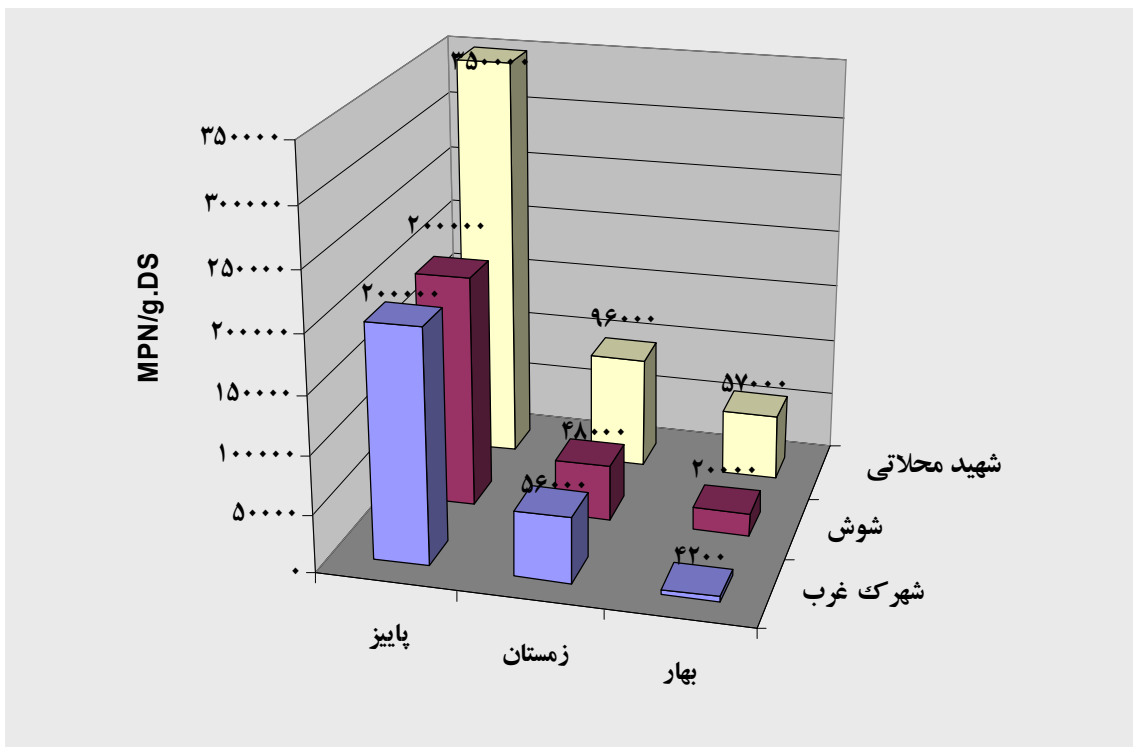
### بررسی مقادیر تخم انگل

هر چند برای لجن کلاس B تنها انجام آزمایش تعیین کلیفرم مدفوعی کافی است و نیازی به انجام

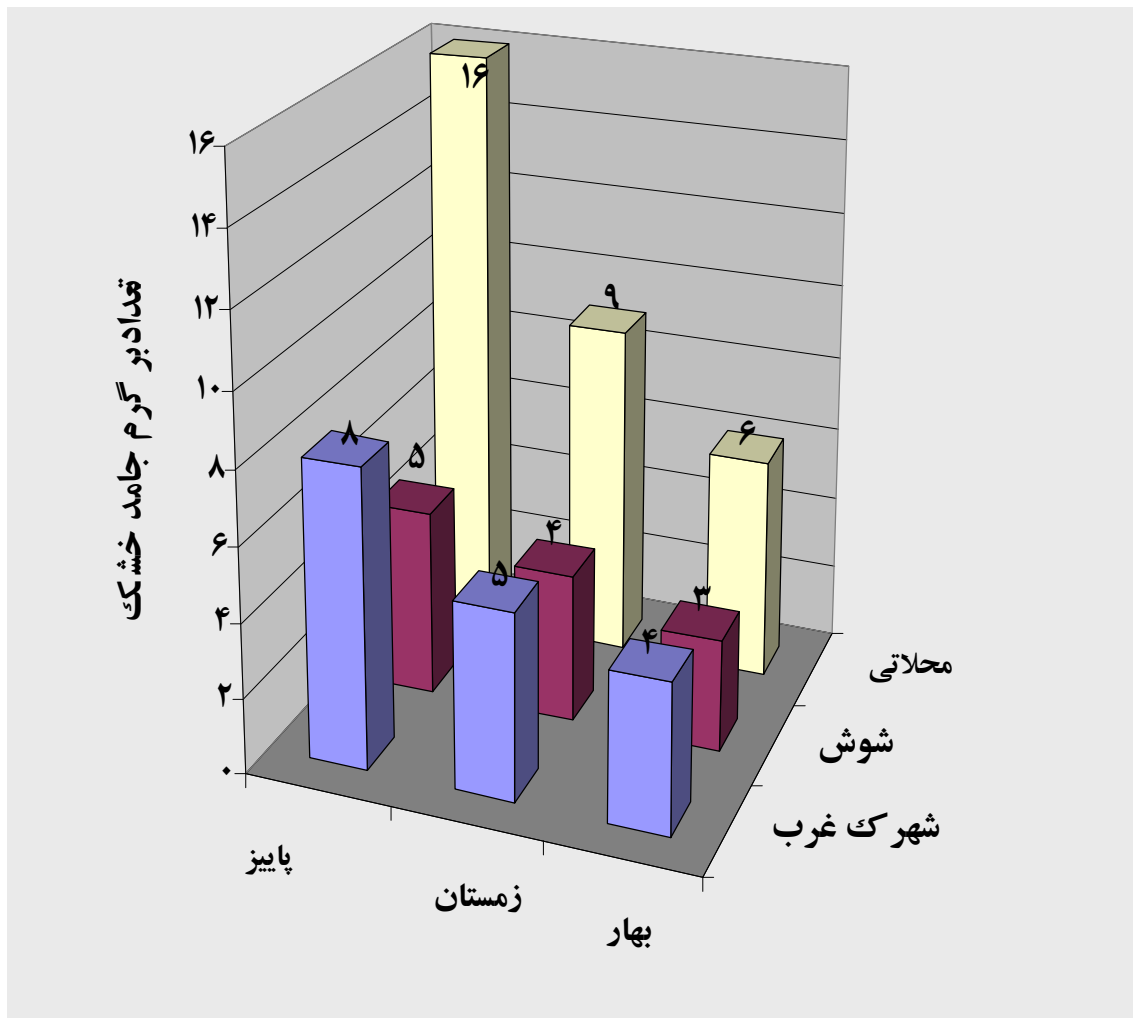
سایر آزمایش‌های تعیین کیفیت میکروبیولوژی مانند ویروس، سالمونلا و تخم انگل نیست، ولی به لحاظ اهمیت وجود تخم انگل، آزمایش شمارش کل تخم انگلها برای کلیه نمونه‌ها انجام گرفت. مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه در فصول پاییز، بهار و زمستان در نمودار ۳ مشاهده می‌شود. با توجه به این نمودار، مقدار تخم انگل در تصفیه خانه‌ها، روند رو به کاهشی را طی کرده است یعنی در فصل پاییز بیشترین و در بهار کمترین مقدار را دارا می‌باشد. کمترین مقدار تخم انگل نیز در تصفیه خانه شوش و بیشترین مقدار آن در تصفیه خانه شهید محلاتی مشاهده می‌شود. 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 می‌باشد 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 می‌دهند.



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



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

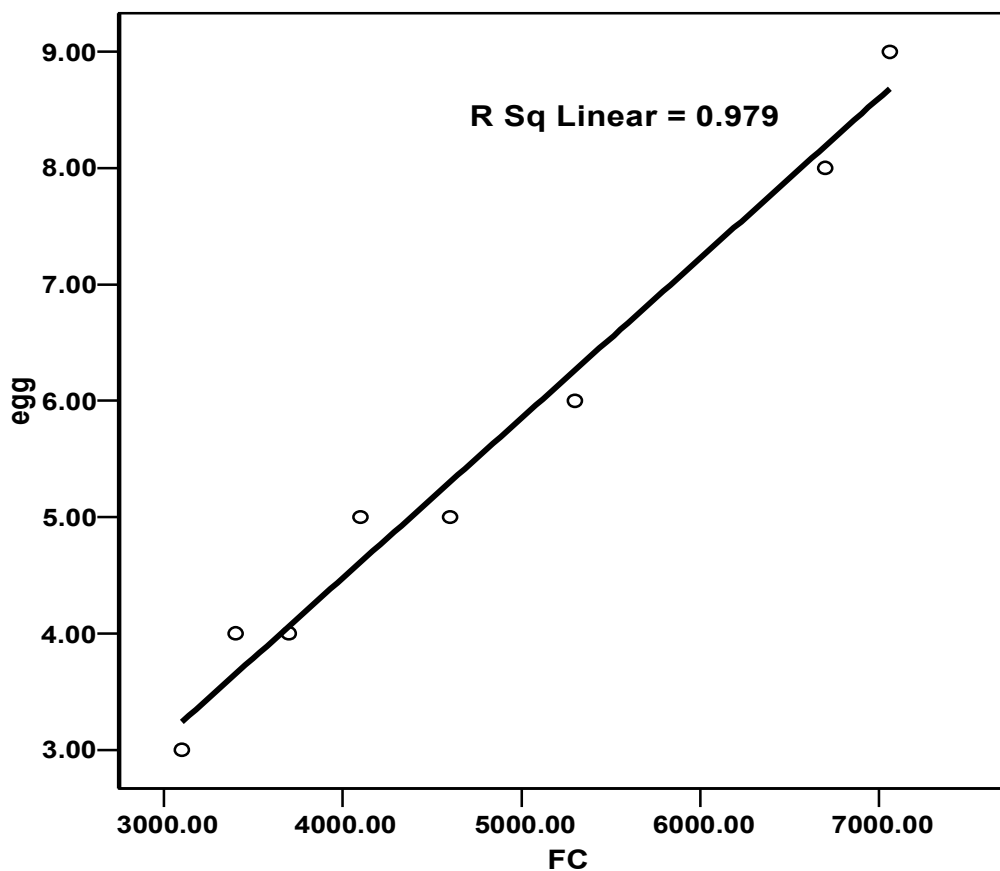


شکل ۳- مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه محلاتی، شهرک غرب و شوش

بر کاربرد عبارت است از ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> که دارای مقادیری بین -۱ تا +۱ می باشد. در این تحقیق، مقدار ضریب همبستگی پیرسون<sup>۳</sup> 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 ۹۵٪) مشاهده می شود.

### 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



کلیفرم مدفوعی (MPN بر گرم جامدات خشک)

شکل ۴- مقادیر تخم انگل برای سه تصفیه خانه محلاتی، شهرک غرب و 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  $3/7 \times 10^3$ ،  $4/9 \times 10^3$  و  $1/21 \times 10^4$  MPN بر گرم جامدات خشک به دست آمد که نشان می دهد لجن این تصفیه خانه‌ها در کلاس B استاندارد EPA واقع می شوند. لذا پیشنهاد می شود که بازرنگری اساسی در فرآیندهای تصفیه و دفع لجن برای بهتر شدن

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



کیفیت لجن این تصفیه خانه‌ها انجام شود که به عنوان نمونه می‌توان به افزایش زمان ماند لجن در بسترهای خشک کن یا محل‌های دپو و رعایت محدودیت‌های استفاده از کود در محصولاتی که مستقیماً در تماس با کود هستند از خطرات احتمالی، تا حد مناسبی جلوگیری کرد. کارکنان تصفیه خانه‌ها، کارگران مزارع و افراد مرتبط نیز باید در مورد نکات بهداشتی و نحوه استفاده از لجن و محدودیت‌های مصرف آن آموزش ببینند. همچنین پیشنهاد می‌شود برای ادامه تحقیقات، پارامترهای فوق‌الذکر علاوه بر نمونه‌های کود خارج شده از تصفیه خانه‌ها، در خاک‌های مزارعی که این لجن‌ها به عنوان کود در آنها به کار می‌روند 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 نمونه‌ها وجود دارد به گونه‌ای 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 می‌باشد اگرچه رابطه خطی قویتری بین مقادیر تخم انگل و کلیفرم مدفوعی مشاهده شد. پیشنهاد می‌شود رابطه آماری فوق یا روابط آماری مشابه برای لجن‌های تولیدی در تصفیه خانه‌های کشور مورد بررسی و تحقیق بیشتر قرار گیرد. لازم به ذکر است از آنجائی که بسیاری از آزمایش‌های مربوط به کیفیت لجن پرهزینه و زمان بر می‌باشند که به عنوان نمونه می‌توان 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 ویژگی‌های لجن مانند شمارش تخم انگل، هدایت الکتریکی و سایر پارامترهای مشابه بدست

آورد، می‌توان از این پارامترها برای پیش بینی کیفیت لجن و ویژگی‌های استاندارد مربوط به آن، استفاده نمود.

### پی‌نوشت‌ها

- 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., New York.
- 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](http://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](http://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](http://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-treatment-agriculture-1992.pdf)
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992). 18th edn, American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Lee, D. J. (2001) *Current status of sludge management and related frontier studies*. Department of Chemical engineering National Taiwan University. Presented in the University of Tokyo.
- Hwang, E.-J. X. Zhang, Y-O. Lee, and H.J. Lee. (2007). Improving Agricultural Value of Sludge by Batch Aerobic Digestion. *Proceedings of IWA special conference on Facing Sludge Diversities, Challenges, Risks and Opportunities*. (IWA Antalya 2007), 28-31 March, Belek, Antalya, Turkey.
- M. Çakmakci, Ozgur Ozdemir, Necati Kayaalp, Oktay Ozkan, Cumali Kinaci (2007). Evaluation of sludge disposal alternatives: Kayseri case study. *Proceedings of IWA special conference on Facing Sludge Diversities, Challenges, Risks and Opportunities*. (IWA Antalya 2007), 28-31 March, Belek, Antalya, Turkey.
- S. Yan, S. Bala Subramanian, S. Mohammedi, R. D. Tyagi, R. Y. Surampalli and B.N. Lohani.” Wastewater Sludge as a raw material for Biopesticides Production- Impact of seasonal variations”. *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.,(1979). *Process design manual for sludge treatment and disposal*, EPA- 625/ 1- 79- 011. adopted from [www.epa.gov](http://www.epa.gov).

