بررسی کیفیت لجن فاضلاب خشک شده تصفیه خانه فاضلاب شهری شاهین شهر اصفهان و کاربرد آن برای کشاورزی

حمیدرضا رحمانی [۱] ، حامد رضایی [۱]
۱- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

چکیده
این تحقیق طی یک سال با نمونه برداری فصلی از لجن فاضلاب اانجام شد. نتایج نشان داد مقادیر کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل در هیچ کلاس از استانداردها واقع نشده و استفاده مجدد از این لجن ها با شرایط فعلی از نظر بهداشتی محدودیت دارد. مقادیر pH، ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، جامدات کل، مواد آلی و رطوبت به استثنای منیزیم در دامنه مقادیر معمول قرار داشت. نسبت کربن به ازت دامنه مقادیر ۴۱/۷ تا ۴۵/۹ (میانگین ۲۴/۸) را داشته که نسبت به مقدار معمول آن در لجن بسیار پایین تر است. ازت آلی درصد بالایی از ازت کل را به خود اختصاص داد. هدایت الکتریکی لجن مورد بررسی نیز دامنه ۸/۸ - ۵ (میانگین ۵۵/۶) دسی زیمنس بر متر را دارد. در مجموع ارزش کودی لجن مورد بررسی نسبتا بالا بوده و کاربرد آنها در کشاورزی به عنوان کود بدون در نظرگرفتن جمعیت میکروبی مفید بوده و سبب حاصلخیزی خاک و رشد گیاه می‌شود.
واژه‌های کلیدی : استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا، کلیفرم مدفوعی و کل، لجن خشک.

مقدمه
با توجه به فقر مواد آلی در خاک های مناطق خشک و این که ماده آلی در خاک نقش موثری در حفظ مواد غذایی و آب داشته و همچنین از تخریب خاک جلوگیری می کند استفاده از ترکیبات آلی بیولوژیک در اراضی کشاورزی در دنیا جهت افزایش مواد آلی و مواد غذایی خاک صورت گرفته و جایگزین کود شیمیایی می‌گردد. از طرف دیگر ترکیبات سمی همراه این ترکیبات آلی را نباید از نظر دور داشت و پایش خود ترکیبات و محیط زیست تحت استفاده آن‌ها از جمله عرصه کشاورزی و اثرات این ترکیبات بر خاک و گیاه جهت یافتن محدودیت‌ها و مزیت‌های مربوطه یک نیاز حیاتی است. لذا کاربرد لجن فاضلاب بر پایه مدیریت صحیح و رساندن ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن در سطح استانداردهای بین المللی می‌تواند از ارزش های بالقوه این منبع به نحو شایسته و مطلوبی برخوردار گردد.
دفع لجن فاضلاب یکی از مشکلات زیست محیطی است که جوامع امروزی با آن مواجه‌اند .از طرفی این ماده سرشار از مواد مغذی مورد نیاز گیاهان مثل نیتروزن و فسفر بوده، می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد گیاهان، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاك داشته باشد(Evanylo, ۱۹۹۹; McBride, ۱۹۹۸ and Kilbride, ۲۰۰۶) . بنابراین پیشنهاد استفاده از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی پیشنهاد خوبی به نظر می‌رسد، چرا که از یك طرف مشکل دفع این ماده برطرف شده و از طرف دیگر این ماده به عنوان یك کود آلی ارزشمند مورد استفاده قرار گرفته است (Stehouwer, ۲۰۰۳). اما لجن فاضلاب دارای باکتری ها، ویروس ها و سایر میکروارگانیزم های مولد بیماری و یا فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی نیز می باشد که می تواند استفاده از آن سبب آلودگی محصولات کشاورزی و تهدید سلامت انسان و حیوان شود .(Bolan and Duraisamy, ۲۰۰۳)
در ایران نیز تا پایان سال ۸۱ تعداد ۵۰ تصفیه خانه شهری در سطح کشور در حال بهره‌برداری بوده‌اند که در پایان سال ۸۲ تعداد آنها به ۷۵ تصفیه خانه افزایش پیدا کرده است که به معنی افزایش روز افزون میزان لجن تولیدی است و باید راهکارهایی برای دفع مناسب آن یافت. (Shayegan and Afshari, ۲۰۰۵) گزینه‌های مختلفی برای دفع نهایی لجن وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها، سوزاندن، دفع در محل‌های دفن بهداشتی و استفاده در کشاورزی است .علاوه برروش‌های یاد شده، روش‌های جدیدی نیز در سال‌های اخیر گسترش پیدا کرده است که می‌توان استفاده از لجن به عنوان ماده خام برای تولید آفت‌کش‌ها (Yan,۲۰۰۷) اشاره نمود.
هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان استفاده از لجن خشک شده تصفیه خانه فاضلاب شاهین‌شهر به عنوان کود در کشاورزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها
این تحقیق در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در تصفیه خانه فاضلاب شاهین شهر با ظرفیت ۲۴۸۲۰ هزار متر مکعب انجام شد. نمونه‌برداری از لجن تولیدی خشک شده بصورت فصلی از پاییز ۱۳۹۱ تا تابستان ۱۳۹۲ صورت گرفت. نمونه‌ها در ظروف استریل برداشت و برای جلوگیری از تغییر وضعیت نمونه‌ها و حفظ شرایط واقعی تا انتقال به آزمایشگاه در شرایط مناسب از نظر درجه حرارت (بین صفر تا ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردیدند (U.S.EPA., ۱۹۸۳; Standard, ۱۹۹۲). برای نمونه‌های جمع آوری شده در این تحقیق پارامترهای کلیفرم مدفوعی، کلیفرم کل، pH، هدایت الکتریکی، درصد جامدات کل، رطوبت، مواد آلی، ازت، فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، ازت نیتراتی، ازت آمونیمی و نسبت کربن به ازت مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش ها با استفاده از روش های استاندارد ذکر شده در مراجع معتبر انجام و نتایج گزارش شدند . (U.S.EPA., ۱۹۸۳; Standard, ۱۹۹۲)

نتایج و بحث

الف) بررسی خصوصیات فیزیکی لجن فاضلاب

دامنه مقادیر و میانگین pH، درصد جامدات کل، مواد آلی و رطوبت نمونه ها در جدول ۱ آمده است. مقایسه مقادیر با مقادیر معمول خصوصیات ذکر شده نشان می‌دهد، پارامترهای ذکر شده در دامنه مقادیر معمول قرار داشته و بنابراین کاربرد لجن از این نظر برای مصارف مختلف از جمله مصرف به عنوان کود در کشاورزی محدودیتی ندارد. این نتایج با داده های بینا و همکاران (۱۳۸۳) که کیفیت لجن خشک شده تصفیه خانه‌های مختلف اصفهان را مورد بررسی قرار داده‌اند، مطابقت دارد. بررسی های آماری نیز نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میانگین مقادیر با محدوده مجاز می‌باشد (P<۰.۰۵).

میانگین درصد مواد آلی لجن در تصفیه خانه شاهین‌شهر در این تحقیق در فصول مختلف از نتایج بینا و همکاران (۱۳۸۳)کمتر است اما حداکثر مواد آلی ۸/۴۵ درصد در لجن اندازه‌گیری شده که نشانگر بالا بودن مواد آلی لجن و ضعیف بودن هضم بی‌هوازی و تثبیت آن است.

جدول ۱- میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی لجن در تصفیه خانه فاضلاب شاهین‌شهر

پارامتر	pH	درصد جامدات کل	درصد مواد آلی	درصد رطوبت
میانگین مقادیر نمونه ها	۶۶/۶	۶۲/۶۲	۰۵/۳۷	۳۸/۳۷
(Bina et al., ۲۰۰۵)	۶ - ۹	۵۰ -۷۰	۵۰ - ۲۵	۳۰ - ۵۰

ب) بررسی کیفیت لجن فاضلاب مورد بررسی از نظر ارزش کودی

مطابق جدول ۲ در لجن مورد بررسی، مقایسه میانگین و دامنه مقادیر درصد ازت و فسفر با مقادیر معمول ارائه شده نشان می‌دهد که این مقادیر از مقادیر معمول ارائه شده توسط Sullivan (۱۹۹۸) بسیار کمتر بوده اما در دامنه مقادیر معمول ارائه شده توسط (Bina et al., ۲۰۰۴) قرار دارند. مقادیر پتاسیم لجن نیز در دامنه مقادیر Bina et al., (۲۰۰۴) قرار دارد اما از مقادیر معمول ارائه شده توسط Sullivan (۱۹۹۸) بسیار بالاتر است. مقادیر کلسیم لجن در دامنه مقادیر معمول ارائه شده توسط Sullivan (۱۹۹۸) قرار داشته اما مقادیر منیزیم لجن از دامنه مقادیر معمول ارائه شده توسط Sullivan (۱۹۹۸) کمتر است. لذا با توجه به مقایسات انجام شده میزان ازت و فسفر و پتاسیم با توجه به حدود Bina et al., (۲۰۰۴) و میزان کلسیم با توجه به حدود Sullivan (۱۹۹۸) جهت کاربرد در کشاورزی محدودیت ندارند اما میزان منیزیم از این جهت کم بوده و محدود کننده است.

جدول ۲- میانگین پارامترهای ارزش کودی لجن در تصفیه خانه فاضلاب شاهین‌شهر در فصول مختلف

	ازت(%)	فسفر(%)	پتاسیم(%)	کلسیم(%)	منیزیم(%)
میانگین	۳۴/۲	۴۰/۱	۶۵/۰	۷۲/۱	۲۶/۰
((Bina et al., ۲۰۰۴	۱/۰ - ۵/۳	۳/۰ - ۵/۳	۱/۰ - ۸/۲	-	-
((Sullivan, ۱۹۹۸	۸-۳	۳-۵/۱	۶/۰-۱/۰	۴-۱	۸/۰-۴/۰

جدول ۳ میانگین کربن، ازت نیتراتی، ازت امونیمی، ازت الی، هدایت الکتریکی و نسبت کربن به ازت را نشان می‌دهد. درصد کربن لجن مورد بررسی بین ۶/۲۶- ۲/۱۳ با میانگین ۵/۲۱ درصد بوده که در دامنه مقادیر معمول (۲۰۰۴) ,.Bina et al که برابر با (۵۰-۸%) است، قرار دارد اما در مجموع حد پایین مقادیر معمول ذکر شده را داراست. درصد کربن لجن در فصل تابستان کمترین و در فصل زمستان بیشترین است. بنابراین با داشتن کربن یا مواد آلی در لجن و کاربرد آن در خاک سبب افزایش مواد آلی خاک می شود و این یک اثر مثبت است.

نسبت کربن به ازت دامنه مقادیر ۴۱/۷ تا ۴۵/۹ را دارا بوده که کمترین مقدار خود را در پاییز و بیشترین مقدار خود را در تابستان نشان می‌دهد. میانگین آن برابر ۲۴/۸ بوده که نسبت به مقادیر معمول ارائه شده توسط (۲۰۰۴) ,.Bina et al بسیار پایین‌تر است. ازت آلی با محاسبه از کسر ازت معدنی (ازت نیتراتی + ازت آمونیمی) از ازت کل بدست آمده است. این ازت در لجن در فصل تابستان کمترین و در فصل زمستان بیشترین بوده و درصد بالایی از ازت کل را به خود اختصاص می دهد (حدود ۷۸ درصد). نتایج بدست آمده مطابق با مطالعات پیشین می‌باشد (EPA, ۱۹۹۵). بیشترین ازت آلی لجن مربوط به مواد جامد آلی لجن می‌باشد (EPA, ۱۹۹۵).

مقادیر دو نوع ازت نیتراتی و آمونیمی در دامنه مقادیر معمول قرار دارد (Sommers, ۱۹۷۷; Furr et al., ۱۹۷۶) و محدودیتی ندارند. در مطالعه حاضر مقدار ازت آمونیمی لجن در اینجا حدود ۵ برابر ازت نیتراتی است.

هدایت الکتریکی لجن در این مطالعه در دامنه ۸/۸ - ۵ (میانگین ۵۵/۶) دسی زیمنس بر متر قرار داشت. کمترین مقدار آن در فصل پاییز و بیشترین مقدار را در فصل زمستان اندازه‌گیری شد. مقایسه این نتایج با بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد لجن در مجموع دارای املاح بوده و می‌تواند سبب شوری در خاک شود (EPA, ۱۹۹۵; Wong, ۲۰۰۰).

در مجموع ارزش کودی لجن مورد بررسی نسبتا بالا بوده و حاوی مقادیر قابل توجهی مواد مغذی ضروری برای رشد گیاه می باشد. بنابراین کاربرد آنها در کشاورزی به عنوان کود از این نظر بدون در نظرگرفتن سایر پارامترهای مورد بررسی بلامانع و مفید بوده و سبب حاصل‌خیزی خاک می‌شود.

جدول ۳- میانگین و دامنه مقادیر سایر پارامترهای ارزش کودی لجن تصفیه خانه فاضلاب شاهین‌شهر در فصول مختلف

فصل	ازت/کربن	هدایت الکتریکی (ds/m)	ازت آمونیومی(%)	ازت نیتراتی (%)	ازت آلی(%)	کربن(%)
میانگین	۲۴/۸	۵۵/۶	۲/۰	۰۳۸/۰	۴۳/۲	۵۳/۲۱
Bina et al., ۲۰۰۴	۲۰	-	-	-	-	۸ - ۵۰
Furr et al.,۱۹۷۶	-	-	۶۵/۰	۰۵/۰	-	-

ج) بررسی کیفیت لجن از نظر بهداشتی

میانگین جمعیت کلیفرم کل و مدفوعی نمونه‌های لجن در فصول مختلف در جدول ۴ آمده است. استاندارد EPA تعیین می‌کند که برای کاربرد لجن در اراضی کشاورزی اگر تعداد کلیفرم آن زیر ۱۰۰۰ باشد استفاده از لجن بدون محدودیت (کلاس A) است اما اگر تعداد کلیفرم لجن بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰۰(کلاس B) باشد کاربرد آن با محدودیت‌هایی همراه است. در صورتی‌که تعداد کلیفرم لجن از تعداد ۲۰۰۰۰۰۰ فراتر رود لجن تولیدی با این تعداد کلیفرم نمی تواند در اراضی کشاورزی به کار رود.

جدول ۴ - میانگین جمعیت کلیفرم لجن تصفیه خانه فاضلاب شاهین‌شهر در فصول مختلف

کلیفرم کل(MPN/g)	کلیفرم گوارشی(MPN/g)
۲۳۳ × ۱۰^۸	۱۱۱ × ۱۰^۸

در مجموع از نظر بهداشتی لجن مورد بررسی قابلیت کاربرد در اراضی کشاورزی را نداشته و محدودیت استفاده دارد. لازم است برای کاهش آلودگی این لجن طی فرایند تولید آن توسط تصفیه خانه تدابیری برای کاهش پاتوژن اتخاذ گردد. لذا بهتر است کلاً دفع یا استفاده مجدد از این لجن‌ها به هر شکل در محیط زیست که مغایر با اصول حفاظت محیط زیست می‌باشد صورت نگرفته و با این شرایط از این لجن برای کشاورزی استفاده نکرد.

منابع

Bina, B., Movahedian Atar, H., and Amin, A. A. ۲۰۰۴. Investigation on the quality of dried activated sludge in Isfahan WWTPS. Journal of Water & Wastewater. ۴۹: ۳۴-۴۳.

Bolan, N. S., and Duraisamy, V. P. ۲۰۰۳. Role of inorganic and organic soil amendments on immobilization and phyto-availability of heavy metals: a review involving specific case studies. Australian Journal of Soil Research. ۴۱:۵۳۳-۵۵۵.

EPA. ۱۹۹۵. Process design manual land application of sewage sludge and domestic Septage, EPA/۶۲۵/R-۹۵/۰۰۱. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development National Risk management Research Laboratory Center for Environmental Research Information Cincinnati, Ohio. ۳۰۱ p.

Evanylo, G.K. ۱۹۹۹. Agricultural land application of bio-solids in Virginia: risks and concerns, department of crop and soil environmental sciences, Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension Publication, ۳۰۴- ۴۵۲.

Furr, A., Lawrence, A., Tong, S., Grandolfo, M., Hofstadter, R., Bache, C., Guttmann, W., and Lisk, D. ۱۹۷۶. Multi-element and chlorinated hydrocarbon analysis of municipal sewages of American cities. Environmental Science and Technology. ۱۰:۶۸۳-۶۸۷.

Kilbride, C. ۲۰۰۶. Application of sewage sludge and composts, Note ۶ BPG (Best Practice Guidance for land regeneration), forest research (the research agency of forestry commission), The Land Regeneration and Urban Greening Research Group. www.forestresearch.gov.uk.

McBride, M.B. ۱۹۹۸. Growing food crops on sludge-amended soils problems with the U.S. Environmental Protection Agency method of estimating toxic metal transfer. Environmental Toxicology and Chemistry. ۱۷: ۲۲۷۴-۲۲۸۱.

Shayegan, J., and Afshari, A. ۲۰۰۵. Investigation on municipal and Industrial Wastewater in Iran. Water & Wastewater Journal, ۴۹: ۵۸-۷۰.

Sommers, L. ۱۹۷۷. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. Journal of Environmental Quality. ۶:۲۲۵-۲۳۹.

Standard methods for the examination of water and wastewater. ۱۹۹۲. ۱۸th ed, American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington DC, USA. ۹۲۰ p.

Stehouwer, R. C. ۲۰۰۳. Land application of sewage sludge in Pennsylvania: Effects of bio-solids on soil and crop quality. Environmental Soil Issues, Pen State College of Agric. Sci., University Park, PA.

Sullivan. D. ۱۹۹۸. Fertilizing with bio-solids PNW ۵۰۸. Oregon State Univ. Corvallis. ۱۲ p.

U.S. EPA. ۱۹۸۳. Process design manual for land application of municipal sludge. EPA-۶۲۵/۱- ۸۳ ۰/۶.adopted from www.epa.gov.

Wong, J. W. C., and Wong, M. H. ۲۰۰۰. The growth of *Brassica chinensis* in heavy-metal-contaminated sewage sludge compost from Hong Kong. Journal of Agriculture Ecosystems and Environmental. ۸۱: ۲۰۹-۲۱۶.

Yan, S., Bala Subramanian, S., Mohammedi, S., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y., and Lohani, B. N. ۲۰۰۷. Wastewater Sludge as a raw material for Biopesticides Production- Impact of seasonal variations. Proceedings of IWA special conference on facing sludge diversities, challenges, risks an opportunities, (IWA Antalya ۲۰۰۷), ۲۸-۳۱ March, Belek, Antalya, Turkey.

Abstract

This research was done by sewage sludge sampling for one year. Results showed that the total and fecal coli forms did not classify in any standard ranges, so disposing and reuse of the sewage is limited in this condition. The values of pH, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, total solids, organic matter and moisture were classified in normal ranges of various uses except of magnesium and using of the sewage is not restricted. The carbon to nitrogen ratio (C/N) was significantly lower than the normal range and ranged from ۷.۴۱ to ۹.۴۵. Organic nitrogen composed the highest percentage of the total nitrogen. Also, the electrical conductivity ranged from ۵ to ۸.۸ ds/m (the average was ۶.۵۵).. Overally, using of the Shahin-Shahr sewage as a fertilizer could be useful because of its essential nutrients for plants growth regardless to its fecal and total coli forms.