بررسی برخی خصوصیات و غلظت عناصر سنگین در لجن فاضلاب خشک شده تصفیه خانه شمال اصفهان

حمیدرضا رحمانی [۱] و اکبر گندمکار [۲]
عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۲- موسسه تحقیقات خاک و آب سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی تهران

مقدمه

دفع لجن فاضلاب یکی ازمشکلات زیست محیطی است که جوامع امروزی باآن مواجه‌اند .ازطرفی این ماده سرشارازمواد مغذی موردنیازگیاهان مثل نیتروزن وفسفر بوده ،می‌تواند اثرات مثبتی برعملکردگیاهان،خصوصیات فیزیکی، شیمیای یوبیولوژیکی خاك داشته باشد(Evanylo, ۱۹۹۹; McBride, ۱۹۹۸Kilbride, ۲۰۰۶). بنابراین پیشنهاد استفاده ازلجن فاضلاب درزمین‌های کشاورزی پیشنهادخوبی به نظرمي‌رسد،چرا که ازيك طرف مشكل دفع اين ماده برطرف شده و ازطرف ديگر اين ماده به عنوان يك كود آلي ارزشمند مورد استفاده قرارگرفته است (Stehouwer, ۲۰۰۳). اما لجن فاضلاب داراى باكتريها،ويروسهاوسايرميكروارگانيزمهاى مولد بيمارى ويافلزاتسنگينو تركيبات آليسمى نيز ميباشدكه ميتواند استفاده ازآن سبب آلودگى محصولات كشاورزى و تهديد سلامت انسان وحيوان شود .(Bolan and Duraisamy, ۲۰۰۳)لذا لازم است كليه پارامترهاى آن در حد مجاز باشد. یکی از مشکلات مذکور قابلیت دسترسی فلزات سنگین درخاك وپتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط این فلزات وابسته به غلظتك لآن‌هادرمحلول خاك است.اما درغلظت‌های مساوی این فلزات درمحلول خاکه ممکن است قابلیت‌های جذب گیاهی متفاوتی مشاهده شودکه این امربه دلیل تفاوت درتوزیع گونه‌های فلزات درمحلول خاك است.(Hirsch and Banin, ۱۹۹۵; Holam et al., ۱۹۹۵)

لجن فاضلاب علاوه برتأثیربرغلظت عناصرغذایی موجوددرخاك، برخواص شیمیایی خاک ،مانند pH، قابلیت هدایت الکتریکی وظرفیت تبادل کاتیونی نیزاثرمیگذارد(Luvisa and Stig, ۲۰۰۶; Singh and Agrawal, ۲۰۱۰)درتحقیقی که درایالت واشنگتن آمریکا انجام شد،بعدازاستفاده ۱۷ ساله ازلجن فاضلاب شهری درجنگل،مشاهده شدکه کربن،نیتروژن وظرفیت تبادل کاتیونی خاك،افزایش و pHخاك کاهش یافته که این امر محدود به افق Aبوده است (Singh and Agrawal, ۲۰۱۰). بسیاری ازمحققان گزارش کرده اند که با اضافه کردن لجن فاضلاب به خاك، pHخاك کاهش می یابد. آنها،دلیل این کاهش را،تجزیه موادآلی موجوددرلجن میدانندکه منجربه تولیداسیدکربنی کواسیدهایآلی مثل اسیدسیتریک،اسیدمالی کوپرو پیوندی کم یشودوالبته نیتریفیکاسیون،سولفوری کاسیون و اکسید اسید و مواد آلی نیز در این مورد مؤثر است. (Luvisa and Stig, ۲۰۰۶)

هدف از انجام این تحقیق بررسی قابلیت ها و محدودیت های لجن فاضلاب تصفیه خانه شمال اصفهان برای کاربرد آن به عنوان کود در اراضی کشاورزی است.

موادوروش‌ها

این تحقیق درسال ۱۳۹۱و ۱۳۹۲درتصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان با ظرفیت ۳۶۵۰۰ هزار متر مکعب انجام شد.نمونه‌برداری از لجن تولیدی خشکشده بصورت فصلی از پاییز ۱۳۹۱ تا تابستان ۱۳۹۲ صورت گرفت. نمونه‌هادر ظروف استریل برداشت وبرای جلوگیری از تغییروضعیت نمونه‌هاوحفظ شرایط واقعیت انتقال به آزمایشگاه درشرایط مناسب ازنظر درجه حرارت (بین صفرتا ۴ درجه سانتي‌گراد) نگهداری گردیدند (U.S.EPA., ۱۹۸۳; Standard, ۱۹۹۲).

برای نمونه‌های جمع آوری شدهدراین تحقیق پارامترهای pH، درصد جامدات کل، مواد آلی، رطوبت و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، نیکل، مس، آهن، منگنز، روی، کبالت، کروم و آرسنیک موردبررسی قرارگرفتند.آزمایشها با استفاده ازروشهایاستانداردذکرشده درمراجع معتبر انجام ونتایج گزارش شدند . (U.S.EPA., ۱۹۸۳; Standard, ۱۹۹۲)

نتایج وبحث

الف) بررسیخصوصیات 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 مي‌دهد، 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.

درصد مواد آلی لجن در تصفیه خانه شمال اصفهان در این تحقیق در دامنه معمول نتایج بینا و همکاران (۱۳۸۳) قرار دارد. حداکثر مواد آلی ۵۲/۴۳ درصد در لجن اندازه‌گیری شده، نشانگر بالا بودن مواد آلی لجن و ضعیف بودن هضم بي‌هوازی و تثبیت آن است. از طرف دیگر pH زیر ۷ در تحقیق حاضر نیز بیان کننده عدم تثبیت لجن مي‌باشد (Bruce, ۱۹۸۴; Metcalf and Eddy, ۲۰۰۳).

خصوصیات لجن بسته به خصوصیات پساب فاضلاب و فرآیندهای تصفیه و آماده سازی لجن متغیر است. لجن تولیدی می‌تواند سوسپانسیونی از لجن مایع با مواد جامد کل ۴ درصد تا یک ترکیب جامد با درصد مواد جامدات کل ۹۰ درصد متغیر باشد. همچنین درصد رطوبت آن در شرایط لجن جامد بین ۲۰ تا ۵۰ باشد. در این بررسی میانگین درصد جامدات کل لجن حدود ۶۰ و میانگین رطوبت لجن حدود ۴۰ در صد بوده است که نشانگر یک لجن جامد با درصد غالب مواد جامد بالای ۶۰ درصد است و رطوبت آن در حد مقدار معمول لجن است.

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

پارامتر	pH	درصد جامدات کل	درصد مواد آلی	درصد رطوبت
میانگین مقادیر نمونه ها	۹۳/۶	۵۲/۵۸	۴۰/۴۱	۴۸/۴۱
(بینا و همکاران، ۱۳۸۳)	۶ - ۹	۵۰ -۷۰	۵۰ - ۲۵	۳۰ - ۵۰

ب) بررسی کیفیت لجن فاضلاب مورد بررسی از نظر غلظت عناصر سنگین

میانگین غلظت قابل جذب عناصر سنگین مختلف در جدول ۲ آمده است. مطابق جدول ۲ در لجن مورد بررسی، حداقل میانگین غلظت قابل جذب عناصر سنگین برای عنصر کروم با دامنه غلظت ۳۵/۰ - ۱/۰ و میانگین ۱۸/۰ میلی گرم در کیلوگرم و در مقابل بیشترین میانگین غلظت قابل جذب عناصر سنگین برای عنصر آهن با دامنه غلظت ۳۷۰-۵/۴۲۲ و میانگین غلظت ۶۷/۴۰۱ میلی گرم در کیلوگرم بوده است. غلظت قابل جذب عنصر در لجن بخشی از غلظت کل عنصر سنگین در لجن است که برای گیاه در دسترس بوده و می تواند توسط گیاه جذب شود. بنابر این لجن مورد بررسی برای عناصر غذایی مس، روی، منگنز وآهن دارای غلظت قابل جذب قابل توجه بوده و برای کاربرد در کشاورزی وضعیت خوبی را داراست اما غلظت قابل جذب سرب، کبالت، نیکل، کروم و کادمیم هم در لجن وجود دارد و باید میزان غلظت این عناصر در خاک و گیاه به صورت دائم پایش شود.

طبق برآورد انجام شده در جدول ۲، میزان بار سالیانه غلظت عناصر سنگین با توجه به کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن در اراضی کشاورزی در سال برابر ۱۷۴/۰، ۰۱۶/۰، ۳۶۹/۰، ۳۳/۰، ۰۹۶/۰، ۰۳/۸۲، ۶۷/۴، ۳۹/۱۲، ۵۴/۵ کیلوگرم در هکتار بترتیب برای سرب، کادمیم، کبالت، کروم، نیکل، آهن، منگنز، روی و مس بوده است. بیشترین بارسالیانه مربوط به عنصر آهن و کمترین آن مربوط به عنصرکادمیم بوده است.

در تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان (mg/kg)جدول ۲- غلظت قابل جذب عناصر سنگین لجن

عنصر	غلظت	میزان بار سالیانه (کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن((kg/ha/year	عنصر	غلظت	میزان بار سالیانه (کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن(kg/ha/year)
Pb	۶۱/۱۱	۱۷۴/۰	Fe	۶۸/۵۴۶۸	۰۳/۸۲
Cd	۰۷/۱	۰۱۶/۰	Mn	۱۷/۳۱۱	۶۷/۴
Co	۶۱/۲۴	۳۶۹/۰	Zn	۱۷/۸۲۶	۳۹/۱۲
Cr	۲۲	۳۳/۰	Cu	۱۸/۳۶۹	۵۴/۵
Ni	۴/۶	۰۹۶/۰			

EPA ۵۰۳ جدول ۳- حدود مجاز غلظت عناصر سنگین در لجن فاضلاب طبق استاندارد

عنصر	غلظت استاندارد (mg/kg)	غلظت بارسالیانه (kg/ha/year)	استاندارد بار سالیانه((kg/ha/year	P value	حداکثر غلظت آلاینده در لجن(mg/kg)
Pb	۳۰۰	۱۷۴/۰**	۱۵	۰۰/۰**	۳۰۰
Cd	۳۹	۰۱۶/۰**	۹/۱	۰۰/۰**	۸۵
Co	۱۵۰۰	۳۶۹/۰	-	-	-
Cr	۱۲۰۰	۳۳/۰**	۱۵۰	۰۰/۰**	-
Ni	۴۲۰	۰۹۶/۰**	۲۱	۰۰/۰**	۴۲۰
Fe	-	۰۳/۸۲	-	-	-
Mn	-	۶۷/۴	-	-	-
Zn	۲۸۰۰	۳۹/۱۲**	۱۴۰	۰۰/۰**	۲۸۰۰
Cu	۱۵۰۰	۵۴/۵**	۷۵	۰۰/۰**	۱۵۰۰

((P<۰.۰۱میباشد = نشان دهنده اختلاف معني‌دار در سطح ۰۱/۰ **

جدول ۳ حدود مجاز غلظت عناصر سنگین در لجن فاضلاب طبق استاندارد ۵۰۳ EPA را نشان می دهد. در این جدول ستون دوم حد مجاز غلظت عنصر در لجن، ستون سوم میزان بار سالیانه عنصر سنگین در لجن، ستون چهارم حد مجاز میزان بار سالیانه عنصر در لجن و ستون پنجم نتیجه مقایسه میزان بارسالانه عنصر در لجن با حد مجاز و ستون ششم حدکثر غلظت آلاینده در اثر استفاده از لجن را نشان می دهد. با توجه به ستون پنجم جدول ۳ مشخص می گردد مقادیر بار سالیانه در لجن از نظر غلظت کل عناصر سنگین در مقایسه با حد مجاز کمتر بوده و محدودیتی ندارد. همچنین از نظر آماری نیز مقایسه مقادیر با حد مجاز دارای اختلاف معنی دار در سطح یک درصد می باشند.

در مقایسه میزان بار سالیانه عناصر سنگین با کاربرد ۱۵ تن لجن در هکتار در سال با حد مجاز EPA (جدول ۳) مشخص می گردد باستثنای عناصر کبالت، آهن و منگنز که حد مجاز در این ارتباط برای آنها ذکر نشده است سایر عناصر سنگین مورد بررسی دارای میزان غلظت بار سالیانه کمتر از حد مجاز بوده و محدودیتی از این نظر ندارند. در مجموع از نظر میزان بار سالیانه با کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن(kg/ha/year) بیشترین میزان مربوط به عنصر آهن و کمترین میزان مربوط به کادمیم است.

نتیجه گیری

با توجه به اینکه اضافه سازی عناصر غذایی از طریق لجن به خاک عامل مثبت استفاده از لج ن است میتوان گفت در مجموع عناصر آهن، مس، روی و منگنز سالانه بترتیب برابر ۰۳/۸۲، ۵۴/۵، ۳۹/۱۲ و ۶۷/۴ کیلوگرم در هکتار در سال با کاربرد ۱۵ تن لجن در هکتار به خاک اضافه شده که مقادیر بالایی بوده و به تامین این عناصر غذایی در خاک کمک می کند. این ارقام در مقایسه با عناصر سنگین خطرناک مورد بررسی بسیار بالاتر بوده و مقادیر برای عناصر خطرناک مذکور زیر یک کیلوگرم در هکتار در سال است و همان طور که گفته شد از حد مجاز کمتر است.منابع

بینا، ب.، موحدیان عطار، ح.، امینی، ا.ع. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت لجن خشک شده تصفیه خانه های فاضلاب اصفهان و کاربرد آن برای مصارف کشاورزی، مجله آب و فاضلاب، شماره ۴۹. صفحات ۳۴ تا ۴۳.

Bolan, N. S., 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.

Bruce, A. M. ۱۹۸۴. Sewage sludge stabilization and disinfection. Hichester: Water Research Center/Ellis HorwoodLimite, Great Britain. ۶۲۴ p.

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.

Hirsch, D., Banin, A. ۱۹۹۰. Cadmium speciation in soil solution. Journal of Environmental Quality. ۱۹:۳۶۶-۳۷۲.

Holam, P. E., Christensen, T. H., Tjell, J. C., McGrath, S. P. ۱۹۹۵. Speciation of cadmium and zinc with application to soil solution. Journal of Environmental Quality. ۲۴:۱۸۳-۱۹۰.

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.

Luvisa, S.F., Stig, L. ۲۰۰۶. Effects of sewage sludge on pH and plant availability of metals in oxidisingsulphide mine tailings. J. Science of the Total Environmental, ۳۵: ۲۱-۳۵.

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.

Mesdaghinia, A.R., PanahiAkhavan, M., Naddafi, K., Moosavi, G.H. ۲۰۰۴. Waste Sludge Characteristics of a wastewater treatment plant compared with environmental standards. Iranian Journal of Public Health. ۳۳(۱): ۵-۹.

Metcalf and Eddy. ۲۰۰۳. Wastewater engineering; treatment, disposal, reuse, ۳rd ed. McGraw-Hill book Co, New York. ۱۳۳۴ p.

Singh R.P., Agrawal, M. ۲۰۱۰. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. J. Ecotoxicology and Environmental Safety, ۷۳: ۶۳۲-۶۴۱.

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.

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