بررسی ارزش کودی کمپوست لجن فاضلاب شهری و اثرات باقیمانده آن بر حاصلخیزی خاک

اکبر گندمکار و حمیدرضا رحمانی *
*بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
deligani@gmail.com

چکیده:
جهت بررسی ارزش کودی لجن فاضلاب و اثرات باقیمانده آن بر خاک، بررسی مزرعه‌ای در کرت‌های آزمایشی با سطوح مختلف لجن در سه تکرار و به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. لجن دارای مقدار زیادی مواد آلی، عناصرغذایی، شوری و اندکی عناصر سنگین است. اثرات باقیمانده کاربرد لجن سبب افزایش معنی‌دار کربن‌آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز، آهن، مس قابل جذب و شوری خاک گردید. تنها کبالت قابل جذب خاک افزایش معنی‌دار یافت، افزایش کبالت در مقایسه با استاندارد EPA در حد سمیت نبود. اثرات لجن دست کم برای دو سال در خاک باقی ماند. با توجه به خصوصیات خاک، تجمع املاح و افزایش شوری خاک لجن فاضلاب دارای ارزش کودی بوده و در صورت سالم‌سازی آن از عوامل بیماری-زای انسانی می‌توان از آن به‌عنوان یک کود آلی در اراضی کشاورزی بصورت محدود استفاده نمود.

کلمات کلیدی: لجن فاضلاب شهری، عناصر سنگین، حاصلخیزی خاک،

مقدمه

مصرف آب در بخش خانگی استان اصفهان حدود ۴۰۰میلیون مترمکعب می‌باشد، در نتیجه حجم عظیمی فاضلاب و لجن آن تولید می‌گردد. فقر مواد آلی خاک در مناطق خشک سبب شده است ترکیبات آلی تحت عناوین مختلف از جمله لجن فاضلاب شهری، کمپوست زباله شهری و سایر پسماندهای آلی حاصل از صنعت وارد عرصه کشاورزی شوند(گندمکار و همکاران، ۱۳۸۲). این ترکیبات دارای مواد یا عناصر مفیدی چون کربن‌آلی، عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم و سایر عناصر می-باشند که برای رشد و نمو گیاه لازم بوده، ولی به دلیل داشتن به‌دلیل داشتن ترکیبات مضر مانند فلزات سنگین (کادمیم، سرب و غیره)، قابلیت آلوده‌سازی محیط زیست و ورود به زنجیره غذایی انسان را دارند(برادفورد و همکاران ۲۰۰۸). فاضلاب به مایعات حاصل از فعالیت‌های انسانی(خانگی، صنعتی و کشاورزی)گفته می‌شود که ۹۹/۹ درصد آن آب و ۰/۱ درصد آن مواد جامد است. لجن فاضلاب بعنوان یک منبع کودی و اصلاح کننده ارزان قیمت خاک مورد توجه فراوان کشاورزان قرار گرفته است(مک‌اینتاش و همکاران ۲۰۰۰).

پینگ و آگراول(۲۰۰۸) گزارش نمودند مقایسه سه کود دامی، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب نشان داد که لجن فاضلاب بسیارغنی‌تر از دو کود دیگر خصوصا از نظر عناصر بهتر است(۷). بینا و همکاران گزارش نمودند که میانگین مقادیر پ-هاش، رطوبت، جامدات کل، مواد آلی، مواد معدنی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و یازده فلز سنگین نمونه های لجن فاضلاب در سه تصفیه‌خانه فاضلاب اصفهان و میانگین مقادیر کلیفرم مدفوعی و تخم انگل‌ها در دو تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان و شاهین‌شهر، در محدوده معمول و استاندارد اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین با توجه به خاصیت تجمع‌پذیری فلزات سنگین و نداشتن اثرات حفاظتی لازم استانداردها(EPA 1999)، در کاربرد این لجن‌ها برای مصارف کشاورزی باید احتیاط و دقت لازم به عمل آید. اما برای سایر مصارف لجن‌ها محدودیتی وجود ندارد(۱). اهداف این پژوهش بررسی خصوصیات لجن فاضلاب و اثرات آن بر خصوصیات شیمیایی خاک در یک آزمایش دقیق مزرعه ای بود.

مواد و روش ها

در کرت‌های آزمایشی(مزرعه‌ای) با سطوح مختلف لجن شامل صفر(شاهد)، ۲۵، ۵۰ و۱۰۰ تن لجن در هکتار در سه تکرار و به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه کبوتر آباد مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان اجرا گردید. محل آزمایش درمحدوده جغرافیایی۵۱ درجه و۵۱ دقیقه طول شرقی و۳۲ درجه و۳۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. متوسط ارتفاع ایستگاه ۱۵۴۵ متر از سطح دریا می‌باشد. لجن فاضلاب مورد استفاده از تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین‌شهر اصفهان تهیه گردید. طرز تصفیه این فاضلاب، روش تصفیه ثانویه با استخرهای هوادهی بود. لجن مورد استفاده بمدت یکسال در هوای آزاد و در معرض نور خورشید نیز قرار داشت.

لجن یک ماه قبل از کشت به خاک اضافه گردید. نمونه برداری از خاک در پایان فصل رشد انجام شد. مقدار آهن،منگنز،روی، مس و دیگر عناصر سنگین قابل جذب خاک بوسیلهDTPAعصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی قرایت گردیدند. عناصرکلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، سرب، نیکل، کروم، کادمیم نمونه‌ها بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی(مدل پرکین‌المر) در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی اصفهان اندازه‌گیری شدند، دقت این روش در حد میکروگرم در گرم بود. داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارMSTATC مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. به‌منظور مقایسه اثرات تیمارها در طی دو سال، آنالیز آماری تجزیه مرکب نیز صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات و ارزش کودی لجن

لجن دارای ۲۳ درصد مواد آلی است که می‌تواند اثرات مطلوبی بر تمامی خصوصیات خاک داشته باشد. سه درصد نیتروژن کل، ۱/۵درصد فسفرکل، ۰/۵درصد پتاسیم محلول و مقادیری عناصر ریزمغذی است. از این‌رو در تیمار۵۰ تن در هکتار لجن،۱۵۰۰کیلوگرم نیتروژن(۱۵۰کیلوگرم بصورت محلول)،۱۵۰کیلوگرم پتاسیم محلول و۴۵۰کیلوگرم فسفر به خاک اضافه می‌گردد. بخش عمده نیتروژن و فسفر به‌شکل آلی بوده که طی فرآیندهای زیستی به مرور آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. اثرات لجن دست کم برای دو سال در خاک باقی ماند(جدول۱).

از آنجا که مابین کودهای آلی، لجن فاضلاب دارای غلظت بالاتری از عناصر سنگین است(۵)،در کاربرد لجن به‌عنوان کود غلظت عناصرسنگین و ریزمغذی مورد توجه بیشتری قرار دارند، چرا که استفاده درازمدت لجن میتواند سبب تجمع عناصر فوق و آلودگی آب، خاک، گیاه و به‌دنبال آن محصولات غذایی گردد. بنابر استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا(۵) میزان عناصر فلزی موجود در لجن مورد استفاده در دامنه مجاز جهت کاربرد در اراضی کشاورزی قرار دارد. پینگ و همکاران با بررسی و مقایسه کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب نشان دادند که لجن فاضلاب بسیارغنی‌تر از کود دیگر به‌خصوص از نظر عناصر فلزی بود(۶).

جدول۱- برخی خصوصیات شیمیائی لجن فاضلاب

نمونه	%OC	NH_4	NO_3 mg kg^{-1}	Total N	C/N	EC dS m^{-1}	pH
۱	۲۵/۹	۲۳۵۲	۸۵۴	۳۲۰۶	۶/۸	۶/۶	۶/۳
۲	۲۰/۱	۱۹۱۸	۹۸	۲۰۱۶	۷/۵	۶/۱	۶/۵

نمونه	N	P	K	Zn	Mn mg kg^{-1}	Fe	Cu
		%					
۱	۳/۸۱	۱/۷	۰/۴	۵۷/۲	۴۲/۵	۱۸۷/۵	۶۴/۷
۲	۲/۷	۱/۲۳	۰/۵۸	۵۳/۵	۴۷/۵	۴۰۷/۵	۸/۱

ادامه جدول۱- غلظت قابل جذب عناصر سنگین در لجن فاضلاب

نمونه	Ni	Cr	Co	Cd	Pb
			mg kg^{-1}		
۱	۶/۲	۰/۶۵	۱	۰/۷۵	۹/۴۵
۲	۶/۵	۰/۴	۱/۱	۰/۴۵	۷

ادامه جدول۱- غلظت کل برخی از عناصر فلزی در لجن فاضلاب

نمونه	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Co	Cr	Ni
					mg kg^{-1}				
۱	۵۳۹۸	۲۲۰	۷۷۴	۲۳۶	۱۳/۱	۱/۳	۲۱/۲	۱۸/۵	۵/۷
۲	۵۷۳۲	۲۳۶	۶۰۲	۱۷۶	۱۱/۶	۱/۱	۲۴/۶	۲۲/۰	۶/۴

خصوصیات شیمیایی خاک

سری غالب خاک ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد اصفهان Fine, Mixed,Thermic, Typic Calciargids(Calcisols FAO) می‌باشد. این سری خاک ازسری‌های غالب خاک‌های مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک ایران و اصفهان است. اراضی این ایستگاه جزو اراضی کلاسIIطبقه بندی شده‌اند. خاکی آهکی و کلاس بافت خاک سیلتی-کلی-لوم است(۲).

جدول۲- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر تعدادی از خصوصیات شیمیایی خاک*

تیمار	عمق خاک (cm)	OC %	N	pH	EC dS m^{-1}
۱	۰-۲۰	۱/۱۷b	۰/۱۱a	۷/۶۵a	۱/۹۳a
	۲۰-۴۰	۰/۶۴a	۰/۰۹a	۷/۸۵a	۲/۳۵ a
۲	۰-۲۰	۱/۵b	۰/۱۳a	۷/۶۲a	۲/۷۲a
	۲۰-۴۰	۱/۱۱a	۰/۱۱a	۷/۸a	۲/۸۵a
۳	۰-۲۰	۱/۸۳b	۰/۱۸b	۷/۵a	۳/۹۶b
	۲۰-۴۰	۱/۱a	۰/۱۲a	۷/۶a	۳/۳b
۴	۰-۲۰	۲/۵۲c	۰/۲۷c	۷/۳a	۴/۴۲c
	۲۰-۴۰	۱/۲۳b	۰/۱۵a	۷/۶۵a	۳/۶b

*اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک میباشند ، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

موادآلی و نیتروژن خاک

اثرات کاربرد لجن سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی و بدنبال آن نیتروژن کل عمق۲۰-۰سانتیمتری خاک گردید(جدول۲). مواد آلی از ارکان باروری خاک است و موجب بهبود خواص زیستی، فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. شکل اصلی ذخیره نیتروژن در خاک به فرم آلی می‌باشد(۴) و افزایش موادآلی افزایش نیتروژن را در پی داشته است. بعد از کربن، هیدروژن و اکسیژن گیاهان بیشترین نیاز را به نیتروژن دارند. بیشترین افزایش کربن‌آلی و نیتروژن در عمق۲۰-۰ سانتیمتری خاک بدست آمد. پینگ و همکاران افزایش موادآلی و تخلل خاک را با کاربرد لجن فاضلاب را گزارش نمودند(۶).

اسیدیته و شوری خاک

اثرات کاربرد لجن موجب اندکی کاهش در پ-هاش لایه سطحی خاک گردید(جدول۲). از دلایل کاهش‌پ-هاش با کاربرد لجن میتواند ناشی از اسیدهای آلی و مواد آلی موجود در لجن باشد که فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را افزایش داده و بدنبال آن غلظت گاز کربنیک خاک افزایش یافته و با آب واکنش داده و تولید اسید کربنیک می‌کند. اسید تولیدی بصورت موضعی پ-هاش خاک را کاهش میدهد(۲). گزارش شده هر واحد کاهش پ-هاش موجب افزایش صد برابری حلالیت

عناصری نظیر فسفر، پتاسیم، آهن، روی وغیره می‌گردد. درتیمارهای پنجاه وصد تن در هکتار اثرات باقیمانده کاربرد لجن موجب افزایش معنی دار هدایت الکتریکی خاک گردید(جدول۲). در رژیم غذایی ایرانی‌ها مقدار زیادی نمک مصرف می‌گردد که بیشتر آن در پساب فاضلاب وجود دارد. لجن نیز حاوی مقادیری نمک است که همراه خود وارد خاک کرده و شوری آنرا افزایش می‌دهد. کاربرد بیش از۵۰ تن در هکتار لجن، جهت حاصلخیزی خاک توصیه نمی‌گردد. تغییرات پ-هاش و شوری بیشتر در لایه سطحی خاک بدست آمد.

جدول۳- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر تعدادی از عناصر قابل جذب خاک*

تیمار	عمق خاک (cm)	P	K	Zn	Mn mg kg^{-1}	Fe	Cu
۱	۰-۲۰	۱۱/۰a	۲۴۵/۱a	۱/۴a	۵/۶a	۱۳/۷a	۲/۲a
	۲۰-۴۰	۸/۳a	۲۲۶/۳a	۱/۵a	۳/۳a	۱۳/۰a	۲/۰a
۲	۰-۲۰	۴۶/۰c	۲۷۶/۰b	۴/۳b	۸/۵b	۲۱/۰c	۳/۳b
	۲۰-۴۰	۳۲/۰b	۲۱۳/۵a	۳/۰b	۵/۷a	۱۶/۵b	۲/۷a
۳	۰-۲۰	۷۱/۲d	۳۰۷/۶b	۴/۴b	۱۱/۰c	۲۸/۰c	۴/۳b
	۲۰-۴۰	۴۵/۵c	۲۶۰/۰a	۴/۰b	۷/۸b	۸/۰a	۳/۷b
۴	۰-۲۰	۷۴/۰d	۳۴۵/۳c	۴/۴b	۱۴/۲c	۴۰/۶d	۶/۲d
	۲۰-۴۰	۵۳/۰c	۳۰۰/۲b	۴/۳b	۱۲/۰c	۲۸/۸c	۴/۷c

* اعداد هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند ، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

عناصر قابل جذب خاک

اثرات باقیمانده کاربرد لجن موجب افزایش معنی‌دار فسفر، پتاسیم، روی ، منگنز، آهن و مس قابل جذب خاک گردید(جدول۳). علاوه بر مقادیر محلول از این عناصر که توسط لجن وارد خاک می شوند، اسیدی شدن خاک و تشکیل کمپلکس مواد آلی لجن و عناصر موجود در خاک، حلالیت عناصر فوق را افزایش می‌دهند. بیشترین تاثیر لجن بر افزایش مقدار عناصر فوق در سطح خاک مشاهده گردید. مک‌اینتاش و همکاران گزارش نمودند که فسفر آزاد شده طی مدت زمان۶۵ روز در خاکهای تیمار شده با لجن فاضلاب حدود ده برابر افزایش یافت. افزایش غلظت عناصرقابل جذب خاک را با کاربرد لجن فاضلاب گزارش نمودند(۶).

جدول۴- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر تعدادی از عناصرسنگین قابل جذب خاک*

تیمار	عمق خاک (cm)	Co	Cr	Ni mg kg^{-1}	Pb	Cd
۱	۰-۲۰	۰/۳۶a	۰/۱	۰/۴۴	۱/۸۸	۰/۰۶
	۲۰-۴۰	۰/۳۸a	۰/۰۹	۰/۳۸	۱/۴	۰/۰۷
۲	۰-۲۰	۰/۳۸a	۰/۱۱	۰/۶	۱/۷	۰/۰۷
	۲۰-۴۰	۰/۳a	۰/۱	۰/۵۱	۱/۳۱	۰/۰۷
۳	۰-۲۰	۱/۱b	۰/۱۱	۰/۴۴	۱/۳۵	۰/۰۸
	۲۰-۴۰	۰/۸۵b	۰/۱۴	۰/۳۵	۱/۱	۰/۰۷
۴	۰-۲۰	۰/۷۶b	۰/۱۶	۰/۵۷	۱/۶	۰/۰۷
	۲۰-۴۰	۰/۶۴b	۰/۱۴	۰/۲۸	۱/۳	۰/۰۶

*عدم درج حروف مقایسه میانگین بدین معنی است که در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

عناصر سنگین قابل جذب خاک

اثرات باقیمانده کاربرد لجن بر تغییرات کبالت، کروم، نیکل، سرب و کادمیم قابل جذب خاک در جدول۴ آمده است. تنها کبالت قابل جذب خاک افزایش معنی دار یافته است، افزایش کبالت در مقایسه با استاندارد(۵)در حد سمیت نیست. تغییرات دیگر عناصر سنگین قابل جذب خاک قابل توجه نمی باشند. خاک محل آزمایش آهکی(۴۵درصد) و رسی(۳۸درصد) بوده و از ظرفیت تامپونی بالایی برای تثبیت عناصر سنگین برخوردار است. پ-هاش قلیایی خاک(۷/۷) نیز موجب رسوب و غیر قابل جذب شدن عناصر فلزی می شود(۶). این سری خاک ازسری‌های غالب خاک‌های کشور است(۲).

نتیجه‌گیری:

یکی از دلایل استقبال کشاورزان به استفاده از لجن، همین باقی‌ماندن اثرات آن در خاک برای چندین سال است. اثرات لجن همانند دیگر مواد آلی بر رشد و عملکرد گیاه بسیار بیشتر از ارزش کودی آن است. این موضوع میتواند بدلیل اثرات مواد آلی، اسیدیته، مواد محرک رشد و غیره لجن بر خصوصیات زیستی و فیزیکوشیمیایی خاک باشد(۵و۴). بنابر نتایج این تحقیق لجن فاضلاب دارای ارزش کودی بوده و در صورت سالم‌سازی آن از عوامل بیماری‌زای انسانی می‌توان از آن به‌عنوان یک کود آلی در اراضی کشاورزی به‌صورت محدود استفاده نمود.

منابع

بینا، ب. موحدیان‌عطار، ح. و امینی ا.ع.۱۳۸۳، بررسی کیفیت لجن خشک شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان و کاربرد آن برای مصارف مختلف، آب و فاضلاب،جلد۱۵،شماره۴۹، صفحات۲۵-۱۸.

تومانیان، ن.۱۳۹۱. مطالعه خاکشناسی تفصیلی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد(اصفهان)، نشریه شماره ۱۷۷۶ موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

گندمکار، ا. کلباسی، م. و قرآنی، ا.۱۳۸۲.اثرات شیرابه کمپوست بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقیمانده آن بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک، پژوهش و سازندگی، جلددوم، شماره۶۰ ،صفحات۲تا۸.

Bradford, G.R., Page, A.L., Lund A.L. and Olmosted W.2006. Trace element concentration of sewage treament plant effluents and sludges: their interaction with soils and uptake by plants. Journal of environmental quality, 4(1):123-127.

EPA.1995. Process design manual land application of sewage sludge and domestic septage, EPA/625/R-95/001.U.S. Environmental protection agency, Office of research and development, National risk Management, Research laboratory center for environmental research information, Cincinnati, Ohio, USA, 301 p.

Mcintosh M.S., Foss J.E., Wolf D.C., Brandt K.R. and Darmody R.2000.Effect of composted municipal sewage sludge on growth and elemental composition of white pine and hybrid poplar.J. Environ. Qual. 13(1): 60-62.

Pingh R.P. and Agrawal M.2008. Potential benefits and risks of land application of composted manure and sewage sludge.Waste management, vol.28(2):347-358.

Evaluation the chemical composition of urban sewage sludge compost and its residual effects on the soil fertility

A Gandomkar and H.R. Rahmani*
* Soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Abstract
The effects of urban sewage sludge on soil chemical properties studied in a field trial conducted in one site (Esfahan Agri Res ctr ,Kabutar-abad station)in central Iran. The treatments included applications of sludge in a randomized complete block design. The sludge contains relatively large amounts of organic matter, plant nutrients, and soluble salts as well as small amounts of some heavy metals. The residual effects of sludge application on soil were a decrease in pH and corresponding increases in soil organic matter, EC and available amounts of N, P, K, Fe, Mn, Zn and Cu. The results showed that the average concentration of above elements in all three treatment soils, not exceeded from EPA standards, however, regarding the accumulative property of these elements, in using these sledges in the agricultural soils, the necessary caution and care should be taken. It is concluded that sewage sludge has the potential to be used as an organic fertilizer and soil amendment to improve soil productivity at least for a limited period of time and place

Keywords: sewage sludge, heavy metals, soil,