بررسی اثرات کوتاه مدت لجن فاضلاب شهری بر خاک و گیاه گندم در شرایط کشت گلخانه ای

حمیدرضا رحمانی و اکبر گندمکار
اعضاء هیات علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
Email:rahmani.hrhr@gmail.com

چکیده :

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات کوتاه مدت استفاده از لجن فاضلاب شهری در خاک و گیاه گندم است. بدین منظور آزمایشی گلخانه ای بر پایه طرح کاملا تصادفی با تیمارهای مختلف لجن و در ۳ تکرار طی یک سال انجام گرفت. نتایج نشان داد افزایش سطوح لجن فاضلاب، سبب افزایش میزان شوری، فسفر خاک، غلظت قابل جذب عناصر سنگین سرب، نیکل، مس، روی، آهن، منگنز، کبالت و کروم و کاهش میزان پتاسیم و pH در خاک گلدان ها گردید. در خاک، غلظت عناصر سنگین نیکل، کروم، کبالت در حد معمول، مس و منگنز، فراتر از حد معمول و روی و کادمیم در دامنه غلظت بحرانی قرار داشت. در اندام هوایی گندم غلظت عناصر سنگین مس و کادمیم در حد معمول و غلظت عناصر روی، منگنز وکروم فراتر از حد معمول بود. گیاه گندم بالاترین ضریب انتقال را برای عنصر کروم و بالاترین ضریب جذب را برای عناصر مس، روی و کروم نشان داد.

واژگان کلیدی: لجن فاضلاب، آلودگی، عناصر سنگین، حد مجاز و حد بحرانی.

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, 2003). هدف از تصفیه لجن، تبدیل لجن خام حجیم و بد بو به مواد خنثی و بدون بو که بتواند به آسانی آب خود را از دست بدهد، می‌باشد (Bina et al., 2004). روش‌هایی 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).

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 نیتروژن و فسفر بوده، می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد گیاهان، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک داشته باشد (Evanylo, 1999 and Kilbride, 2006). بنابراین پیشنهاد استفاده از لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی پیشنهاد خوبی به نظر می‌رسد، چرا که از یک طرف مشکل دفع این ماده برطرف شده و از طرف دیگر این ماده به عنوان یک کود آلی ارزشمند مورد استفاده قرار گرفته است (Stehouwer, 2003). اما لجن فاضلاب دارای باکتری‌ها، ویروس‌ها و سایر میکروارگانیزم‌های مولد بیماری و یا فلزات سنگین و ترکیبات آلی سمی نیز می باشد، که می‌تواند استفاده از آن سبب آلودگی محصولات کشاورزی و تهدید سلامت انسان و حیوان شود (Bolan and Duraisamy, 2003).

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق به منظور تعیین پتانسیل کاربرد لجن برای محصولات گلخانه‌ای، آزمایشی گلخانه‌ای بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار طی یک سال انجام گرفت. تیمارها شامل ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار با محاسبه بر اساس سطح گلدان اعمال گردید. زمان نمونه برداری از خاک قبل از کشت (۳ تکرار) و زمان برداشت در هر گلدان با تهیه نمونه مرکب از خاک گلدان و نمونه برداری گیاه از اندام هوایی و ریشه صورت گرفت. نوع تجزیه های انجام گرفته در نمونه ها عبارت بودند از: الف) درخاک گلدان‌ها: pH، EC، فسفر، پتاسیم، ماده آلی و غلظت عناصر سنگین روی، سرب، کادمیم، مس، نیکل، کبالت،

کروم، منگنز و آهن اندازه‌گیری شد. ب) در گیاه گندم: غلظت عناصر سنگین روی، کادمیم، مس، کروم، منگنز و آهن و درصد ماده خشک اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث:

در جداول ۱ و ۲ برخی خصوصیات خاک و لجن فاضلاب مورد استفاده آمده است.

جدول ۱ - برخی خصوصیات خاک مزرعه مورد استفاده در گلدان ها

مشخصات نمونه	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	فسفرقابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	مواد آلی %	Sand %	Silt %	Clay %
میانگین	۲/۱۹	۷/۶	۱۱/۷	۳۶۶/۷	۱/۱	۱۴	۴۵/۳	۴۰/۷

جدول ۲- برخی خصوصیات لجن فاضلاب مورد استفاده

خصوصیات لجن	pH	درصد جامدات کل	درصد مواد آلی	درصد رطوبت
مورد استفاده	۶/۶۶	۶۲/۶۲	۳۷/۰۵	۳۷/۳۸
نیتروژن(٪)	فسفر(٪)	پتاسیم(٪)	کلسیم(٪)	منیزیم(٪)
۲/۳۴	۱/۴۰	۰/۶۵	۱/۷۲	۰/۲۶

۱-خاک

الف) pH، هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم

جدول ۳ - برخی خصوصیات خاک در گلدان های کشت گندم

پارامتر	تیمار لجن	میانگین	انحراف معیار	pمقدار
EC (dS/m)	0	1.17 a	0.35	*0.016
	25	1.44 a	0.36	
	50	1.53 a	0.44	
	100	2.18 b	0.11	
pH	0	7.63 b	0.21	**0.007
	25	7.37 a	0.06	
	50	7.20 a	0.00	
	100	7.17 a	0.06	
P (mg/kg)	0	10 a	1.15	**0.000
	25	56.63 b	2.58	
	50	82.23 c	5.66	
	100	95.83 d	2.40	
K (mg/kg)	0	416.67 a	35.12	0.169 n.s
	25	355 a	165.3	
	50	238.33 a	226.73	
	100	121.67 a	16.07	

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین مقادیر در فصول مختلف می‌باشد ($P<0.05$).

نتایج نشان داد در خاک کلیه گلدان‌ها با افزایش سطوح لجن، هدایت الکتریکی و فسفر افزایش یافته و pH و پتاسیم کاهش نشان دادند. pH خاک در گلدان‌های کشت گندم در بین تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ اختلاف معنی داری نشان نمی‌دهد،

اما این میانگین‌ها با تیمار شاهد اختلاف معنی دار نشان می‌دهند. این مسئله بیانگر اثر تیمارهای مختلف لجن در میزان کاهش pH خاک بوده است. اختلاف میانگین فسفر خاک در بین کلیه تیمارها در سطح یک درصد معنی دار است. افزایش لجن سبب افزایش میزان فسفر در خاک شده و کاربرد کود فسفره در این خاک‌ها با توجه به اضافه سازی فسفر از طریق لجن در مقایسه با شاهد ضرورتی ندارد.

در بررسی میزان پتاسیم در لجن مصرفی (جدول ۲) مشخص می‌گردد که افزایش پتاسیم از طریق لجن در مقایسه با نیتروژن و فسفر بسیار کمتر است. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی و فسفر در تیمار۱۰۰ تن در هکتار لجن و بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار ۴۰ تن در هکتار بدست آمد (جدول ۳).

غلظت قابل جذب کلیه عناصر سنگین مس، منگنز، آهن، روی، سرب، نیکل، کبالت و کروم باستثنای کادمیم در خاک گلدانها با افزایش سطوح لجن افزایش نشان داد و از نظر آماری نیز برای کلیه عناصر به جز سرب، کروم و کبالت اختلاف میانگین‌های غلظت عناصر با سطوح مختلف لجن معنی دار شد، که نشانگر قابلیت لجن در افزایش غلظت این عناصر در خاک است (جدول ۴). بیشترین غلظت قابل جذب عناصر آهن، منگنز، روی، مس، کبالت، نیکل و سرب در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار بدست آمد. اما بیشترین مقدار برای عناصر کروم در تیمار ۲۵ و برای کادمیم در تیمار شاهد حاصل شد.

همچنین نسبت روی به کادمیم در خاک گلدان ها با افزایش سطوح لجن افزایش یافت. این نسبت برای نمونه شاهد، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار، به ترتیب ۳۱/۸، ۵۳/۰، ۱۵۴/۳ و ۸۵/۰ محاسبه گردید. بیشترین مقدار این نسبت برای تیمار ۵۰ تن در هکتار بدست آمد. غلظت کل کادمیم لجن در فصل پاییز ۰/۳۱ میلی گرم در کیلوگرم بوده که در مقایسه با کادمیم خاک اولیه (تیمار صفر) بیش از ۲/۵ برابر است.

جدول ۴- میانگین غلظت قابل جذب(mg/kg) فلزات سنگین مختلف در خاک گلدان‌های کشت گندم

پارامتر	تیمار لجن	میانگین	انحراف معیار	مقدار p
Cd	0	0.12 b	0.02	0.027 *
	25	0.093 bc	0.042	
	50	0.033 a	0.012	
	100	0.06 ab	0.000	
Pb	0	1.46	0.19	0.181 n.s
	25	1.61	0.15	
	50	1.71	0.08	
	100	1.79	0.21	
Ni	0	0.98 a	0.07	0.049 *
	25	1.07 ab	0.12	
	50	1.23 b	0.14	
	100	1.26 b	0.02	
Cr	0	0.067	0.012	0.758 n.s
	25	0.087	0.064	
	50	0.08	0.035	
	100	0.06	0.000	
Co	0	0.513	0.115	0.255 n.s
	25	0.44	0.053	
	50	0.5	0.072	
	100	0.547	0.031	
Cu	0	2.3 a	0.09	0.000 **
	25	3.43 b	0.23	
	50	4.76 c	0.36	
	100	5.65 d	0.33	
Zn	0	3.82 a	0.09	0.000 **
	25	4.93 b	0.04	
	50	5.1 c	0.03	
	100	5.15 c	0.01	
Mn	0	12.11 a	1.07	0.008 **
	25	13.32 a	2.06	
	50	20.63 b	4.05	
	100	21.62 b	2.23	
Fe	0	10.63 a	0.25	0.000 **
	25	19.09 b	1.68	
	50	26.5 c	1.53	
	100	29.55 c	0.84	

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین مقادیر در فصول مختلف می‌باشد ($P<0.05$).

۲- گیاه گندم

نتایج نشان داد جذب کادمیم در گیاه به دلیل بالا بودن نسبت روی به کادمیم در اندام هوایی با افزایش سطوح لجن افزایش نیافته است، اما در ریشه افزایش نشان میدهد. به عبارتی دیگر جذب این عنصر در ریشه نسبت به اندام هوایی بالاتر بود.

در مجموع در اندام هوایی گندم بیشترین مقدار عناصر مس، روی، منگنز و آهن در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار و بیشترین مقدار عناصر کروم و کادمیم در تیمار شاهد بدست آمده است. اما در ریشه گندم بیشترین مقدار عناصر آهن، روی و کادمیم در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار، مس در تیمار شاهد و منگنز و کروم در تیمار ۵۰ تن در هکتار حاصل آمده است.

جدول ۵- میانگین جذب فلزات سنگین مختلف(mg/kg) در اندام هوایی گندم

پارامتر	تیمار لجن	انحراف معیار	میانگین	pمقدار
Cu	0	3.45	8.47a	0.101 n.s
	25	0.83	10.27ab	
	50	3.50	12.73ab	
	100	1.91	15.40b	
Zn	0	17.73	22.00a	0.685n.s
	25	3.44	21.33a	
	50	5.30	28.20a	
	100	11.15	29.67a	
Mn	0	2.84	34.33b	0.116 n.s
	25	3.19	24.47 a	
	50	1.29	29.87 ab	
	100	6.40	28.93 ab	
Fe	0	32.08	339.33 a	0.158 n.s
	25	14.00	324.00 a	
	50	134.53	437.33 a	
	100	152.21	548.67 a	
Cr	0	2.16	287.51a	0.00**
	25	1.39	76.48c	
	50	1.85	82.11b	
	100	1.63	37.03d	
Cd	0	0.02	0.32c	0.015*
	25	0.01	0.29ab	
	50	0.01	0.26a	
	100	0.01	0.29bc	

جدول ۶- میانگین کل جذب فلزات سنگین مختلف(mg/kg) در ریشه گندم

پارامتر	تیمار لجن	انحراف معیار	میانگین	pمقدار
Cu	0	8.27	21.40a	0.146 n.s
	25	2.00	12.87a	
	50	2.69	11.60a	
	100	2.61	16.07a	
Zn	0	11.61	32.80a	0.002**
	25	17.12	41.93a	
	50	10.32	73.93b	
	100	14.70	82.87b	
Mn	0	7.27	41.27a	0.228 n.s
	25	12.59	24.40a	
	50	2.51	37.00a	
	100	6.05	32.07a	
Fe	0	511.72	730.87a	0.294 n.s
	25	76.14	222.67a	
	50	404.18	649.87a	
	100	417.16	931.20a	
Cr	0	0.49	5.82a	0.000 **
	25	0.22	11.35c	
	50	0.26	12.36d	
	100	0.31	8.41b	
Cd	0	0.01	0.29a	0.000**
	25	0.02	0.32a	
	50	0.04	0.49b	
	100	0.01	0.50b	

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میانگین مقادیر در فصول مختلف می‌باشد ($P<0.05$).

مقایسه نتایج با منابع علمی و تحقیقات دیگران

الف) pH، هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم

نتایج نشان داد در خاک کلیه کشتهای گلخانه‌ای، با افزایش سطوح لجن، هدایت الکتریکی و فسفر افزایش یافته و pH و پتاسیم کاهش نشان دادند. کاربرد لجن فاضلاب در خاک موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک میشود (Navas et al, 1998). در مطالعه‌ای تجمع املاح موجود در لجن فاضلاب موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی و کاهش عملکرد گیاه شد (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱). بنابراین نتایج با داده های تحقیق مطابقت دارد.

ب) عناصر سنگین در خاک

با توجه به نتایج، غلظت قابل جذب کلیه عناصر سرب، نیکل، مس، روی، منگنز و کبالت با افزایش سطح لجن افزایش نشان دادند. مصرف لجن فاضلاب در برخی موارد در برطرف کردن نیاز گیاهان به عناصر کم مصرف بسیار مؤثرتر ازسایر منابع عمل کرده است، برای مثال رفع کمبود روی در ذرت به وسیله لجن فاضلاب بسیار مؤثرتر از مصرف سولفات روی بوده است (Sommers, 2003). در یک تحقیق استفاده از لجن فاضلاب در خاک به عنوان یک کود آلی باعث افزایش میزان قابل جذب عناصر کم مصرف در خاک و همچنین افزایش قابلیت جذب این عناصر توسط گیاه دارویی گاوزبان شد. به طوری که در این

تحقیق بیشترین مقدار عناصر کم مصرف قابل جذب در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب در هکتار مشاهده گردید (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۱). در مجموع نتایج تحقیق با منابع علمی وگزارشات تحقیقات دیگر از جمله موارد فوق الذکر هماهنگی داشته و مطابقت دارد.

ج) عناصر سنگین در گیاه

مقایسه نتایج با تحقیقات انجام شده مذکور نشان می‌دهد در افزایش غلظت عناصر در گیاه با تیمار لجن نسبت به شاهد و همچنین متفاوت بودن آن در عناصر مختلف مطابقت وجود دارد(Ingelemo et al, 1997، Planquart et al,1999).

بررسی ضریب انتقال و ضریب جذب در گیاه گندم مورد بررسی

گیاه گندم، از نظر ضریب انتقال، دارای بالاترین مقدار برای عنصر کروم و کمترین مقدار برای عنصر روی بود. بیشترین و کمترین مقدار ضریب جذب در گیاه گندم به ترتیب برای عنصر روی و آهن بدست آمد.

نتیجه گیری:

۱- با کاربرد سطوح مختلف تیمارهای لجن بر خاک گلدان‌ها با کشت های مختلف مشخص گردید که لجن فاضلاب سبب افزایش میزان شوری، فسفر خاک و غلظت قابل جذب عناصر سنگین سرب، نیکل، مس، روی، آهن، منگنز و کبالت و همچنین کاهش میزان پتاسیم و pH خاک شده است.

۲- مقایسه غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه در مقایسه با حدود معمول و بحرانی نشان داد که غلظت عنصر کادمیم در خاک در محدوده بحرانی و غلظت عنصر کروم در گیاه گندم فراتر از حد بحرانی قرار داشت. بنابر این استفاده از لجن فاضلاب تا سطح ۱۰۰ تن در هکتار برای سایر عناصر محدودیتی بدنبال نداشته است.

منابع:

احمدآبادی. ز، م .قاجار سپانلو و م.ع. بهمنیار، ۱۳۹۱، اثر کاربرد لجن فاضلاب بر غلظت عناصر کم مصرف خاک و جذب آنها به وسیله گیاه دارویی گاوزبان، آب و فاضلاب، شماره ۱، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۰.

محمدیان. م و م. ج. ملکوتی، ۱۳۸۱، ارزیابی تاثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد ذرت، مجله علوم خاک و آب، ۱۶(۲): ۱۴۴ تا ۱۵۵.

Bina B, Movahedian Atar H, Amin AA., 2004, Investigation on the quality of dried activated sludge in Isfahan WWTPS. Journal of Water & Wastewater; 49: 34-43.

Bolan, N.S. and V.P. Duraisamy. 2003. Role of inorganic and organic soil amendments on immobilisation and phytoavailability of heavy metals: A review involving specific case studies. Aust. J. Soil Res. 41:533-55.

Evanylo GK., 1999, Agricultural land application of bio-solids in Virginia: risks and concerns, department of crop and soil environmental sciences. Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension Publication; P. 304-452.

Ingelmo, F., Canet, R., Ibanez, M.A., Pomares, F., and Garica, J. (1997). "Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil." Bioresource Technology, 63, 123-129.

Kilbride C., 2006, Application of sewage sludge and composts, Note 6 BPG (Best Practice Guidance for land regeneration), forest research (the research agency of forestry commission), The Land Regeneration and Urban Greening Research Group, http:// www.forestresearch.gov.uk.

Maghol N., 1995, The Issues of anaerobic digestion in Isfahan WWTP. PhD.: Environmental Science, Azad University; p. 160.

Metcalf and eddy, 2003, Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse, 3rd ed. McGraw-Hill book Co., NewYork.

Navas A., Bermudez F., and Machin J. 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. Geoderma, 87: 123-135.

Planquart, P., Bonin, G., Prone, A., and Massiani, C., 1999, Distribution, movement and plant availability of trace metals in soils amended with sewage sludge composts: Application to low metal loadings. The Science of Total Environment, 241, 161-179.

Sommers, L. E. 1977. Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizers. J.Environ. Qual. 6(6): 225-231.

Stehouwer RC., 2003, Land application of sewage sludge in Pennsylvania: Effects of bio-solids on soil and crop quality. Environmental Soil Issues, Pen State College of Agricultural Sciences, University Park, PA.

Short-term effects of sewage sludge on soil and wheat in greenhouse cultivation

H. R. Rahmani and A. Gandomkar
Asistant Profesor of Agricultural Research, Education and Training Organization, Esfahan, Iran.
Member of Scientific of Agricultural Research, Education and Training Organization, Esfahan, Iran.

Abstract

To achieve the research objectives was Investigation of effects of sewage sludge application on soil and plant: In this study greenhouse experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted over one year. Different treatments of sewage sludge applied potted Wheat was sown. The short-term effects of sewage sludge on soil and plants showed: salinity levels and soil phosphorus increased but potassium levels and soil pH decreased. Available and total heavy metals concentrations of lead, nickel, copper, zinc, iron, manganese, cobalt and chromium increased in the soil with increasing sludge application. Comparison of the heavy metal concentration in soil under wheat, with permissible levels, nickel, chromium, zinc and cobalt were in typical range, copper and manganese were in higher than typical range and cadmium was in critical range. Comparison of heavy metal concentrations in the plant samples with the permit limits indicated in the wheat, concentrations of copper, zinc,manganese and cadmium were in permissible range, and chromium was higher than critical range. In wheat transfer coefficient for chromium and uptake coefficient for Zn was the highest compare to investigated heavy metals.

Keywords: Sewage sludge, pollution, heavy metals, permissible limits and critical limits.