پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: آلودگی خاک

اثر لجن فاضلاب، بیوچار گندم و بیوچار تفاله پسته بر غلظت عناصر سنگین و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت گندم

شهرزاد کرمی*[۱] و عبدالمجید رونقی[۲]
۱و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده

بمنظور مطالعه اثر کاربرد لجن فاضلاب تهیه شده از تصفیه‌خانه شهرک صنعتی آب باریک فارس بر آلودگی خاک و همچنین اثر کاربرد بیوچارهای مختلف بر غلظت عناصر سنگین، آزمایشی گلخانه‌ای طراحی گردید. تیمارها شامل دو نوع بیوچار (کاه گندم و تفاله پسته) در سه سطح (شاهد، یک و دو درصد) و لجن فاضلاب در چهار سطح (شاهد، یک، دو و سه درصد) بودند. نتایج نشان داد که قابلیت هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی و غلظت عناصر سرب و نیکل با افزایش سطح بیوچارها و لجن فاضلاب افزایش یافت. این افزایش در خاک تیمارشده با بیوچار تفاله پسته در مقایسه با بیوچار گندم کمتر بود. مقدار پ- هاش در خاک تیمار شده با بیوچار پسته نسبت به بیوچار گندم بیشتر بود و با افزایش سطح بیوچارها و لجن فاضلاب کاهش یافت. غلظت عناصر سنگین حتی در خاک تیمار شده با بالاترین سطح لجن فاضلاب کمتر از حدود استاندارد بود.

واژه های کلیدی: بیوچار، تفاله پسته، عناصر سنگین، گندم، لجن فاضلاب

مقدمه

استفاده از ضایعات آلی یکی از مهمترین راه‌های تأمین ماده آلی خاک است (والن و همکاران، ۲۰۰۱). کاربرد کودهای آلی (همانند لجن فاضلاب و بیوچار) در خاک‌های سنگین می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود ببخشند (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). فتح العلومی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار کربن آلی در خاک پس از برداشت گندم گردید. رویگ و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که در اثر کاربرد ۱۶ ساله لجن فاضلاب در یک خاک لوم سیلتی تحت کشت گندم، ماده آلی خاک افزایش یافت. کاربرد لجن فاضلاب بعنوان یک کود آلی و سرشار از مواد غذایی و همچنین روشی نسبتاً ایمن برای دفن پسماند مورد توجه قرار گرفته است (کاسادوولا و همکاران، ۲۰۰۷؛ حجتی و همکاران، ۱۳۸۵) اما لجن فاضلاب دارای مقادیر زیادی فلزات سنگین است که وقتی به زمین افزوده می‌شوند، توسط گیاه جذب شده و به زنجیره غذایی راه پیدا می‌کنند (نظری و همکاران، ۱۳۸۵). نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که غلظت عناصر نیکل و سرب تا حدودی در اثر کاربرد لجن افزایش یافت اما در مقایسه با حدود استاندارد به محدوده سمیت نرسیده بود. فتح العلومی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که تأثیر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب بر غلظت نیکل، کادمیوم و سرب خاک معنی‌دار نبود.

بیوچار شکل پایدار زغال تولید شده از فرآیند گرماکافت بقایای آلی در حضور مقادیر کم اکسیژن و یا عدم حضور آن می‌باشد (نامگای و همکاران، ۲۰۱۰). بیوچار به عنوان یک ماده افزودنی مؤثر در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گزارش شده است (واکاری و همکاران، ۲۰۱۱). زلفی باوریانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که کاربرد بیوچار کود مرغی در خاک سبب افزایش پ-هاش، افزایش ماده آلی و افزایش شوری خاک گردید. سالاری (۱۳۹۳) بیان کرد که پ- هاش خاک بسته به نوع بیوچار می‌تواند کاهش یا افزایش یابد. جلالی پور (۱۳۹۲) بیان کرد که بیوچار با داشتن گروه‌های عاملی در سطح خود می‌تواند بعنوان یک جاذب برای کاهش تحرک آلاینده‌های سنگین در خاک استفاده شود.

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی میزان عناصر سنگین در لجن فاضلاب تهیه شده از تصفیه‌خانه شهرک صنعتی آب باریک فارس و اثر آن بر خاک و همچنین بررسی تغییرات حاصل شده در غلظت عناصر سنگین و برخی ویژگی‌های خاک پس از برداشت

گندم و در اثر کاربرد توأم لجن فاضلاب و دو نوع بیوچار (کاه گندم و تفاله پسته) و مقایسه تأثیر این دو نوع بیوچار بعنوان بهساز با یکدیگر بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه تحقیقاتی بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز بصورت فاکتوریل ۲×۳×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارها شامل دو نوع بیوچار (کاه گندم و تفاله پسته) در سه سطح (شاهد، یک و دو درصد) و لجن فاضلاب در چهار سطح (شاهد، یک، دو و سه درصد) و در سه تکرار بود. لجن فاضلاب و بیوچارها پس از عبور از الک ۱ میلی‌متر، بطور یکنواخت با خاک مخلوط شدند. مقدار عناصر سنگین سرب و نیکل در لجن فاضلاب به ترتیب ۱۰۹ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و مقدار کادمیم موجود در لجن فاضلاب ناچیز بود. مقدار قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره یک به پنج (لجن به آب) ۳/۴ دسی زیمنس بر متر و پ-هاش آن برابر ۷/۰۴ بود. مقدار کلیه عناصر سنگین در خاک شاهد ناچیز بود. مقدار قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع خاک اولیه ۴/۷ دسی زیمنس بر متر و پ-هاش آن برابر ۷/۲۳ بود. پس از کشت گندم رقم پیشتاز و گذشت ۷ ماه، گندم برداشت شده و خاک گلدان‌ها الک و هوا خشک گردید. سپس مقدار EC و pH در گل اشباع و ماده آلی از روش اکسایش با بیکرومات پتاسیم و تیتراسیون با فروآمونیوم سولفات (نلسون و سامرز، ۱۹۹۶) تعیین گردید. غلظت عناصر سرب، کادمیم و نیکل نیز با عصاره گیر DTPA استخراج و توسط دستگاه جذب اتمی (شیماتزو مدل AA- 670) قرائت گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تکی کلیه تیمارها بر مقدار EC، pH، مقدار ماده آلی و غلظت نیکل در خاک معنی‌دار بود. اثر دوتایی نوع×سطح بیوچار بر مقدار EC، pH و غلظت نیکل در خاک معنی‌دار بود. اثر دوتایی سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب بر مقدار EC، pH و مقدار ماده آلی خاک پس از برداشت معنی‌دار بود. اثرات سه تایی نوع×سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب بر مقدار سرب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). غلظت کادمیم در خاک پس از برداشت کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی (کمتر از ۰/۱) بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع و سطح بیوچار و سطح لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک پس از برداشت گندم

		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	EC	pH	ماده آلی	نیکل	سرب	کادمیم
نوع بیوچار	۱	۶/۰۱**	۰/۳۵**	۱/۴۵**	۰/۹۷**	۰/۶۴**	.....
سطح بیوچار	۲	۱۳/۸**	۰/۸۴**	۱/۴۷**	۰/۱۱**	۰/۰۰۵ ^{ns}	.....
سطح لجن	۳	۰/۷۱**	۰/۰۹**	۲/۲۵**	۰/۰۳۵*	۱/۱۹**	.....
نوع بیوچار×سطح بیوچار	۲	۱/۶۸**	۰/۱۲**	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۰۳۴*	۱۰/۵**	.....
نوع بیوچار×سطح لجن فاضلاب	۳	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۵۴**	.....
سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب	۶	۰/۳۱*	۰/۰۴۶**	۰/۵۲*	۰/۰۰۷ ^{ns}	۲/۱۱**	.....
نوع بیوچار×سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب	۶	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۴۷**	.....
خطا	۴۸	۰/۱۳	۰/۰۰۴	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۶	.....
کل	۷۱	...	...	...	...	...	...

اثرات تکی تیمارها در جدول ۲ آورده شده است. نوع بیوچار بر کلیه پارامترها اثر معنی‌دار داشت بطوریکه مقادیر شوری خاک، ماده آلی، و غلظت عناصر سنگین نیکل و سرب در خاک تیمار شده با بیوچار تفاله پسته کمتر از خاک تیمار شده با بیوچار کاه

گندم بود (جدول ۲). مقدار کمتر ماده آلی در خاک تیمار شده با بیوچار تفاله پسته را می‌توان به مقدار پایین تر نسبت C:N بیوچار تفاله پسته نسبت به بیوچار کاه گندم و تجزیه سریع تر این بقایا نسبت داد. علت تفاوت عملکرد دو نوع بیوچار در کاهش غلظت عناصر سنگین را باید در ساختار و گروه‌های عاملی آنها جستجو کرد. بیوچار تفاله پسته سبب افزایش پ-هاش خاک نسبت به بیوچار کاه گندم گردید (جدول ۲) که این افزایش پ-هاش می‌تواند دلیلی بر کاهش قابلیت دسترسی عناصر سنگین باشد.

افزایش سطح بیوچار کاربردی سبب افزایش میزان شوری و مقدار ماده آلی خاک پس از برداشت شد (جدول ۲) که با نتایج زلفی باوریانی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. قابلیت دسترسی نیکل با کاربرد بیوچار به میزان یک و دو درصد وزنی افزایش معنی‌داری نسبت به سطح شاهد داشت (جدول ۲). مواد آلی اثر دو گانه‌ای دارند بدین صورت که از سوئی می‌تواند با کمپلکس کردن عناصر سبب نگهداری و کاهش فراهمی آن ها شود و از سوی دیگر می‌تواند بر اثر تجزیه و ایجاد مواد اسیدی سبب افزایش غلظت عناصر در محلول خاک شود (کرمی و رونقی، ۱۳۹۵). افزایش سطح بیوچار سبب کاهش پ-هاش خاک شد که خود می‌تواند دلیلی بر ایجاد مواد اسیدی بر اثر تجزیه و افزایش قابلیت دسترسی عناصر سنگین باشد. مقادیر غلظت سرب در سطوح مختلف بیوچار تفاوت معنی‌داری با شاهد (بدون کاربرد بیوچار) نداشت (جدول ۲).

افزایش سطح لجن فاضلاب سبب افزایش میزان شوری، ماده آلی و مقدار نیکل و سرب در خاک پس از برداشت نسبت به سطح شاهد (بدون کاربرد لجن فاضلاب) شد (جدول ۲). بسیاری از پژوهش ها نشان داده که علاوه بر افزودن عناصر به خاک، مواد آلی موجود در لجن فاضلاب پس از ورود به خاک توسط میکروارگانیسم ها تجزیه شده و سبب افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک می گردد (وکیلی، ۱۳۷۴؛ نظری و همکاران،۱۳۸۵)

تجزیه شیمیایی لجن فاضلاب نشان داد که مقدار عناصر سنگین سرب و نیکل در لجن فاضلاب به ترتیب ۱۰۹ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و مقدار کادمیم ناچیز بود. از طرفی افزایش قابلیت دسترسی این عناصر سنگین می‌تواند به دلیل تجزیه لجن فاضلاب و تولید اسیدهای آلی و کاهش پ-هاش خاک باشد. با توجه به اینکه مقدار فلزات نیکل و سرب موجود در لجن فاضلاب اولیه در مقایسه با حدود استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (سرب کمتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک لجن و نیکل در پ-هاش بیشتر از هفت، باید کمتر از ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک لجن باشد) در نظر گرفته شده برای عناصر سنگین در لجن فاضلاب (بلوتن شماره۱۰، حدود استاندارد ایالات متحده (UK)) در محدوده سمیت قرار نداشت، مقدار قابل استخراج این عناصر از خاک پس از برداشت نیز در محدوده سمیت نبود.

جدول ۲- اثرات اصلی نوع بیوچار و سطح آن و سطح لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک پس از برداشت گندم

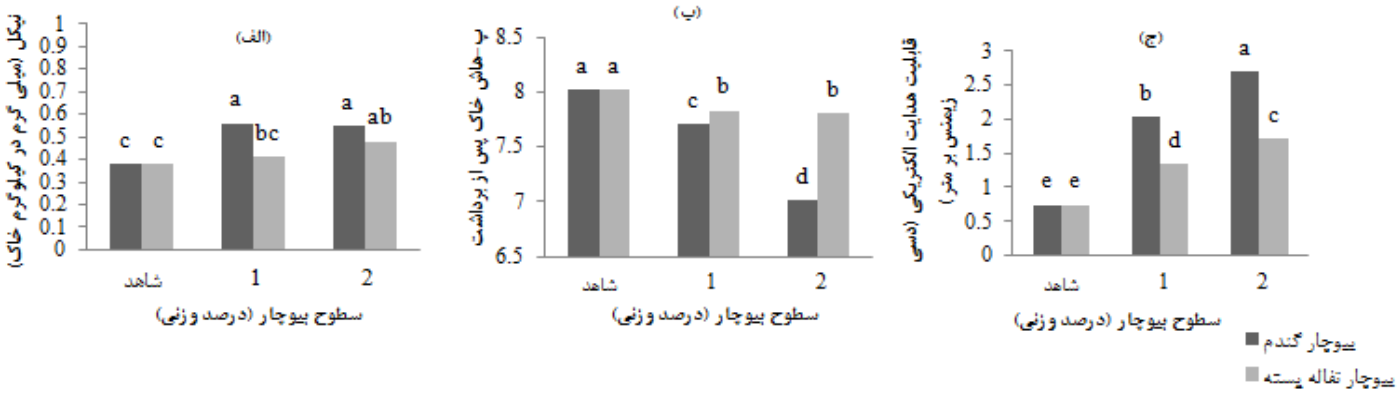
		EC	pH	ماده آلی	نیکل	سرب	کادمیم*
		(dS m^{-1})		(درصد)		(mg kg^{-1})	
نوع بیوچار	کاه گندم	۱/۸۴ A**	۷/۷۴ B	۱/۷۸ A	۰/۴۹ A	۱/۵۴ A	ناچیز
	تفاله پسته	۱/۲۷ B	۷/۸۸ A	۱/۴۹ B	۰/۴۲ B	۱/۲۵ B	ناچیز
سطح بیوچار (درصد وزنی)	۰	۰/۷۴ C	۸/۰۲ A	۱/۴۱ B	۰/۳۸ B	۱/۴۴ A	ناچیز
	۱	۱/۶۹ B	۷/۷۶ B	۱/۶۰ B	۰/۴۸ A	۱/۴۲ A	ناچیز
	۲	۲/۲ A	۷/۶۵ C	۱/۹ A	۰/۵۱ A	۱/۳۱ A	ناچیز
سطح لجن فاضلاب (درصد وزنی)	۰	۱/۲۷ B	۷/۹ A	۱/۳۲ C	۰/۳۹ B	۱/۲۲ C	ناچیز
	۱	۱/۶۲ A	۷/۸۴ B	۱/۴۳ BC	۰/۴۸ A	۱/۱۵ C	ناچیز
	۲	۱/۷۳ A	۷/۷۶ C	۱/۶۷ B	۰/۴۸ A	۱/۴۳ B	ناچیز
	۳	۱/۶۱ A	۷/۷۵ C	۲/۱۲ A	۰/۴۸ A	۱/۷۸ A	ناچیز

* مقدار کادمیم در خاک کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی (۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بود.

** اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی باشند.

شکل ۱ و ۲ به ترتیب اثرات دوتایی نوع×سطح بیوچار و سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب را در پارامترهایی که از نظر آماری معنی‌دار بودند، نشان می‌دهند. اثرات سه تایی تیمارها بر مقدار سرب خاک نیز در جدول ۳ آورده شده است.

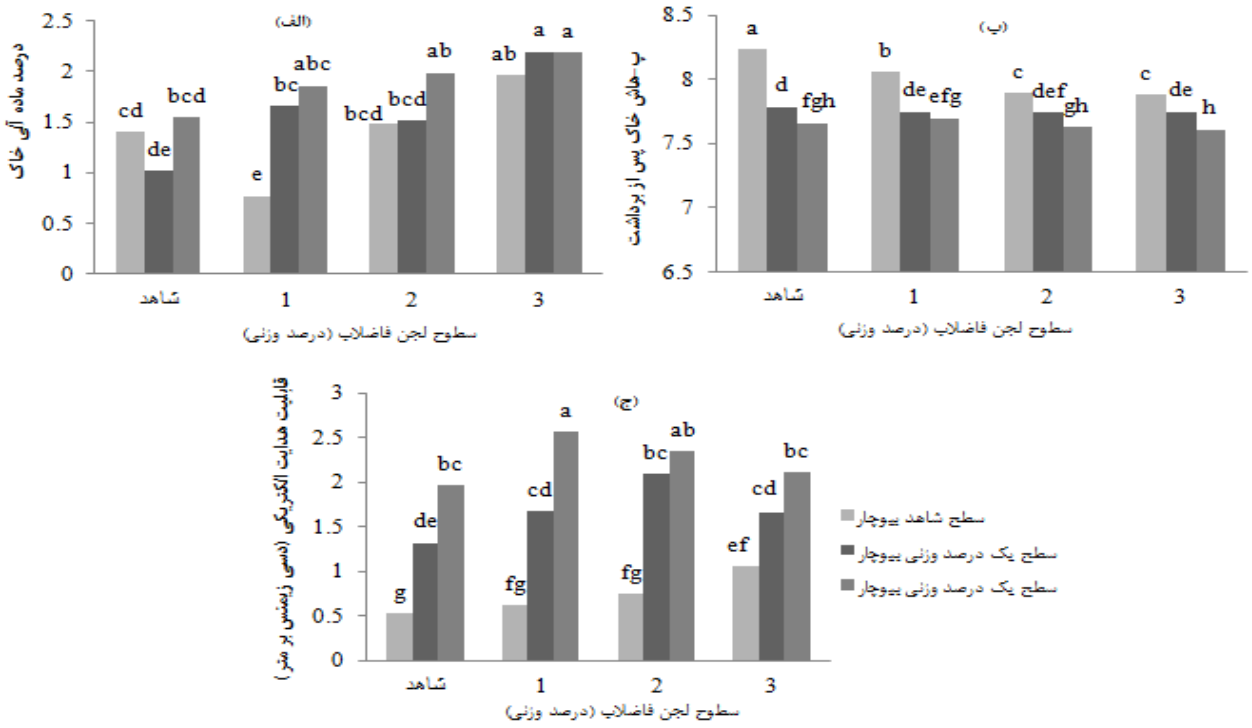
اثرات دوتایی نوع×سطح بیوچار نشان داد که خاک تیمار شده با بیوچار تفاله پسته مقادیر نیکل و شوری کمتری نسبت به خاک تیمار شده با بیوچار بقایای گندم در سطوح مختلف (یک و دو درصد وزنی) داشت (شکل ۱، الف و ج). پ-هاش خاک در اثر کاربرد بیوچار پسته نسبت به بیوچار گندم افزایش بیشتری داشت (شکل ۱، ب) که می‌تواند کاهش قابلیت دسترسی نیکل را توجیه کند. بطور کلی کاربرد بیوچار سبب کاهش پ-هاش خاک، کاهش قابلیت دسترسی نیکل و افزایش شوری خاک نسبت به شرایط عدم کاربرد بیوچار (شاهد) شد و هر یک از این شرایط با افزایش سطح کاربرد بیوچار شدت یافت (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات دوتایی نوع×سطح بیوچار بر غلظت نیکل (الف)، pH (ب) و مقدار EC (ج) در خاک پس از برداشت گندم

نتایج اثرات دوتایی سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب (شکل۲) نشان داد که درصد ماده آلی خاک و مقدار شوری خاک در اثر کاربرد توام لجن فاضلاب و بیوچار افزایش یافت و مقدار این افزایش با بالاتر رفتن سطح کاربرد این ضایعات آلی شدت یافت (شکل ۲، الف و ج). این مسئله لزوم بررسی میزان شوری خاک و همچنین میزان تحمل گیاه به شوری را حین کاربرد توأم لجن فاضلاب و بیوچار مشخص می‌کند. تأثیر سطح بیوچار بر افزایش شوری خاک ملموس‌تر و بیشتر از سطح لجن فاضلاب است (شکل ۲، ج). افزایش میزان ماده آلی خاک می‌تواند اثرات مفیدی بر حاصلخیزی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه داشته باشد و همچنین سبب افزایش خاکدانه سازی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز گردد. شریفی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی (همانند لجن فاضلاب و بیوچار) در خاک‌های سنگین می توانند دانه بندی، تخلخل، نفوذ پذیری و تهویه را بهبود ببخشد. کاربرد توأم بیوچار و لجن فاضلاب سبب کاهش پ-هاش خاک گردید. مقدار این کاهش در اثر کاربرد سطوح مختلف بیوچار ملموس‌تر و بیشتر از سطوح لجن فاضلاب است (شکل ۲، ب). کاهش پ-هاش خاک ضمن افزایش قابلیت دسترسی برخی عناصر مورد نیاز برای گیاه می‌تواند سبب افزایش سمیت و قابلیت دسترسی عناصر سنگین برای گیاه و ورود این عناصر به زنجیره غذایی گردد.

اثرات سه تایی تیمارها (جدول ۳) نشان داد که بطور کلی مقدار سرب و قابلیت دسترسی آن برای گیاه در شرایط کاربرد توأم لجن فاضلاب و بیوچار افزایش یافت. کاربرد سطوح بالاتر لجن فاضلاب مقدار آلودگی سرب را شدت بخشید. بیوچار تفاله پسته نقش کمتری در افزایش آلودگی سرب نسبت به بیوچار گندم داشت هر چند در سطح دو درصد اثر آلودگی را تشدید نمود. اثر دوگانه ماده آلی در افزایش و یا کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در جدول ۳ مشهود است و بسته به نوع ماده آلی و میزان کاربرد آن متفاوت است. بیشترین مقدار سرب در خاک تیمار شده با ۳ درصد لجن فاضلاب و بدون بیوچار (۲/۶ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک) و کمترین مقدار مربوط به خاک تیمار شده با یک درصد بیوچار تفاله پسته (۰/۴۶ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک) بود.



شکل ۲- اثرات دوتایی سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب بر درصد ماده آلی خاک (الف)، pH (ب) و مقدار EC (ج) در خاک پس از برداشت گندم

جدول ۳- مقایسه اثرات سه تایی نوع بیوچار، سطوح بیوچار و سطوح لجن فاضلاب بر میزان سرب در خاک پس از برداشت گندم

سطوح لجن فاضلاب	سطوح بیوچار (درصد وزنی)			میانگین
	۰	۱	۲	
	بیوچار گندم			
۰	۰/۷۸ ij*	۲/۱۳ c	۰/۹ hi	۱/۲۷ F
۱	۰/۸۹ hi	۲/۲۸ b	۱/۱۱ g	۱/۴۳ E
۲	۱/۴۹ e	۲/۳۹ b	۰/۹۶ h	۱/۶۱ C
۳	۲/۶ a	۲/۰۸ c	۰/۷۹ ij	۱/۸۳ A
میانگین	۱/۴۴ C	۲/۲۲ A	۰/۹۴ D	۱/۵۴ A
	بیوچار تفاله پسته			
۰	۰/۷۸ ij	۰/۴۹ k	۲/۲ b	۱/۱۸ F
۱	۰/۸۹ hi	۰/۴۶ k	۱/۳ f	۰/۸۸ G
۲	۱/۴۹ e	۰/۷۲ j	۱/۵۳ e	۱/۲۴ F
۳	۲/۶ a	۰/۸۳ hij	۱/۷۴ d	۱/۷۳ B
میانگین	۱/۴۴ C	۰/۶۳ E	۱/۶۹ B	۱/۲۵ B

* اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی باشند.

منابع

جلالی پور، س. ۱۳۹۲. تأثیر بیوچار بر جذب کادمیوم توسط گیاه آفتابگردان (*Helianthusn anuus L.*). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه زابل.

حجتی، س.، نوربخش، ف. و خاورزی، ک. ۱۳۸۵. تاثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیو مس میکروبی خاک، فعالیت های آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. علوم خاک و آب، دوره ۲۰، شماره ۱، صفحه‌های ۸۴ تا ۹۲.

زلفی باوریانی، م.، رونقی، ع.م.،کریمیان، ن.ع.، قاسمی، ر. و یثربی، ج. ۱۳۹۵. اثر بیوچار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگیهای شیمیایی یک خاک آهکی، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال ۲۰، شماره ۷۵، صفحه‌های ۷۳ تا ۸۶.

سالاری، م. ۱۳۹۳. تأثیر بیوچار بقایای پسته بر پویایی و قابلیت جذب روی و کادمیم توسط گیاه ذرت (*Zea mays L*). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

شریفی، م.، افیونی، م. و خوشگفتارمنش، ا. ۱۳۸۹. تأثیر لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر رشد و عملکرد و جذب آهن، روی، منگنز و نیکل در گل جعفری. علوم و فنون کشت های گلخانه ای، سال اول، شماره دوم، صفحه‌های ۴۳ تا ۵۳.

فتح العلومی، س.، اصغری، ش. و گلی کلانپا، ا. ۱۳۹۴. اثرات لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه و برخی صفات زراعی گندم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد پنجم، شماره دوم، صفحه‌های ۴۹ تا ۷۰.

کرمی، ش. و رونقی، ع.م. ۱۳۹۵. اثر برهمکنش کادمیم و بقایای گندم و یونجه بر عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی کم مصرف در ذرت. نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۳۰، شماره ۱، صفحه‌های ۱۳ تا ۲۳.

نظری، م.ع.، شریعتمداری، ع.، افیونی، م.، مبلی، م. و رحیلی، ش. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰.

وکیلی، ب. ۱۳۷۴. تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن در کشاورزی (ترجمه). آب و فاضلاب، جلد ۱۶ صفحه‌های ۴۲ تا ۴۷.

Anonymous, Sewage heavy metal guidelines, Technical bulletin No. 10.

Casado-vela J., Selles S., Dias-Crespo C., Navarro-Pedreno J., Mataix-Beneyto J. and Grmez I. 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (capsicum annuum var. annuum) grown under two explotation regimes. Waste Management, 27: 1509-1518.

Namgay T., Singh B. and Singh B.P. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays*). Aust. J. Soil Res., 48: 638-647.

Nelson D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp. 961-1010. *In*: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Roig N., Sierra J., Mart E., Nadal E., Schuhmacher M. and Domingo J.L. 2012. Longterm amendment of panish soils with sewage sludge: effects on soil functioning. J. Agric. Ecosyst. Environ., 158: 41-48.

Vaccari F.P., Baronti S., Leugato E., Genesio L., Castaldi S., Fornasier F. and Miglietta F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. Europ. J. Agron., 34: 231-238.

Whalen J.K., Ching C. and Olsen B.M. 2001. Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soil receiving repeated annual cattle manure applications. Biol. Fertil. Soil, 34: 334-341.

The effect of sewage sludge, wheat biochar and pistachio residue biochar on the concentration of heavy metals and some soil properties after wheat harvesting

S. Karami[1] and A. Ronaghi[2]

1, 2- Ph. D. student and Professor of soil science and engineering department, College of Agriculture, Shiraz University

Abstract

A greenhouse experiment was conducted to study the effect of sewage sludge application, collected from a refinery station in Ab-barik industrial park of Fars province, on the soil pollution and also the influence of different biochars application on the heavy metal concentration. Treatments included two biochars (wheat straw and pistachio residue) in three levels (0, 1 and 2 percent) and sewage sludge in four levels (0, 1, 2 and 3 percent). Results showed that soil electrical conductivity (EC_e), percent of organic matter and concentrations of lead (Pb) and nickel (Ni) increased with increasing biochars and sewage sludge levels. These increases were lower in soil sample treated with pistachio residue biochar compared to those of wheat biochar. The amounts of pH were higher in the soil treated with pistachio residue biochar and decreased with increasing levels of biochar and sewage sludge. Soil concentration of heavy metals, even in soil samples treated with the highest level of sewage sludge was less than the standard limits.

Keywords: Biochar, heavy metals, pistachio residue, sewage sludge, wheat