اثر رس ورمیکولیت بر کاهش قابلیت دسترسی سرب در یک خاک تیمار شده با لجن فاضلاب شهری اراک

سیده فاخته سجادی[۱]، امیر حسین بقائی[۲]، شهاب خاقانی[۳] و فاطمه خیامیم [۴]
۱ و ۲ و ۳-به ترتیب اعضای هیأت علمی گروه باغبانی، گروه خاک‌شناسی و گروه اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ۴- دانش آموخته دکتری علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

این پژوهش به صورت یک آزمایش گلدانی با هدف بررسی اثر ورمیکولیت بر کاهش قابلیت دسترسی سرب در یک خاک تیمار شده با لجن فاضلاب شهری اراک اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک، کاربرد رس ورمیکولیت به مقدار ۰ و ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک و کاربرد سرب از منبع کلرید سرب ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک بوده است.بعد از گذشت ۶۰ روز از شروع آزمایش، غلظت قابل دسترس سرب خاک و گیاه ذرت (سینگل کراس ۷۰۳) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک به همراه ۳۰ گرم رس ورمیکولیت در کیلوگرم خاک کاهش معنی‌داری را در مقدار سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA و غلظت سرب کادمیوم شاخساره گیاه داشته است. که می‌تواند یک نکته مثبت در مطالعات زیست محیطی به حساب آید.

واژه های کلیدی: سرب، قابلیت دسترسی، لجن فاضلاب شهری اراک

مقدمه

مقدار ماده آلی خاک‌های مناطق خشک که بیش از ۶۰ درصد زمین‌های کشاورزی ایران را شامل می‌شوند، پائین و اغلب کمتر از یک درصد می‌باشد. از طرف دیگر در خاک‌های آهکی به دلیل پ-هاش بالا، مشکلات تغذیه‌ای عناصر کم‌مصرف از جمله آهن، مس، منگنز و روی وجود دارد (Wei et al., 2006). استفاده از کودهای شیمیایی، به دلیل تاثیر منفی که بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند در بسیاری موارد در دراز مدت کاهش عملکرد را به دنبال داشته است (Zhao et al., 2016). در مقابل افزایش مواد آلی به خاک به علت اثرهای سازنده‌ای که بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد، به عنوان یکی از ارکان مهم باروری خاک مورد توجه می‌باشد (Xin et al., 2016). استفاده از کودهای آلی در باروری زمین‌های کشاورزی از دیرباز مرسوم بوده است. با توجه به کمبود مواد آلی در مناطق خشک و نیمه خشک، استفاده از این کودها باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک می گردد. اهمیت کودهای آلی علاوه بر ارزش غذایی آن به دلیل اصلاح خصوصیت فیزیکی خاک دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد (et Agegnehu al., 2015). این ترکیبات شکل پایداری از مواد آلی خاک را فراهم می‌کند که خصوصیات فیزیکی، ظرفیت نگهداری آب، خلل و فرج کل خاک، پایداری خاکدانه ها، مقاومت به فرسایش و جرم مخصوص ظاهری خاک را اصلاح می‌کند (Lucas et al.,2014). الهدادی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تاثیر کاربرد مقادیر ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ تن در هکتار کودهای آلی را بر ویژگی ها و غلظت عناصر غذایی خاک و رشد و عملکرد ذرت علوفه ای مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش کاربرد کودهای آلی در خاک ارتفاع بوته، وزن خشک و عملکرد علوفه‌ای گیاه افزایش یافت که بیشترین مقدار صفات مذکوردر اثر کاربرد ۴۵ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست بدست آمد. همچنین نتایج تجزیه خاک نشان داده بود که افزایش کاربرد کمپوست باعث افزایش غلظت عناصر کلسیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر خاک و همچنین درصد ماده آلی خاک شده است.

استفاده کودهای آلی نظیر کودهای آلی در مواردی که این کود غیر آلوده به فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیم باشد علاوه بر اینکه می‌تواند به عنوان یک کود آلی مفید و مغذی مورد استفاده قرار گیرد، دربسیاری مواقع احتمالاً می‌تواند با افزایش مکانهای جذبی بخش جامد خاک، باعث کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین از جمله سرب شود (Chirakkara et al., 2015). شومن و

همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی بیان کردند که مصرف ۱۰۰ و ۳۰۰ مگاگرم در هکتار کمپوست توانسته است باعث کاهش قابلیت دسترسی کادمیم در خاک و به دنبال آن کاهش قابلیت جذب کادمیم به‌وسیله گیاه شود (۱۳)، هر چند که در این تحقیق به نقش اثر رقت (۳) به دلیل رشد و افزایش توان مقاومتی گیاه به عنوان عاملی در جهت کاهش غلظت کادمیم در گیاه اشاره نشده است.

با توجه به پژوهش‌هایی که درباره اثر کاربرد رس بر رشد و عملکرد گیاهان (۷، ۱۱) و همچنین جلوگیری از آبشویی نیتروژن صورت پذیرفته است(۱۱، ۱۲)، استفاده از رس‌ها احتمالاً می‌تواند با تاثیر بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک قابلیت دسترسی فلزات سنگین را تحت تاثیر قرار دهد(۶)، هر چند که ممکن است قابلیت دسترسی عناصر غذایی نیز تحت تاثیر قرار گیرد (۱۸). سعادت و بارانی مطلق (۲۰۱۳) در پژوهشی تأثیر زئولیت کلینوپتیلولیت طبیعی ایران بر جذب سرب و کادمیم لجن فاضلاب کاربردی توسط ذرت را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از کانی زئولیت موجب کاهش معنی دار غلظت سرب و کادمیم در اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت و افزایش معنی‌دار pH خاک شده است ، هر چند که نقش افزایش pH خاک بر تغییر قابلیت دسترسی عناصر غذایی گیاه نبایستی نادیده گرفته شود.

امروزه با صنعتی شدن شهرها آلودگی خاک ها به فلزات سنگین امری بدیهی بوده و بایستی به دنبال راه حلی بود تا بتوان در خاک‌های آلوده گیاهانی با آلودگی کم را پرورش داد. به عبارت دیگر بتوان قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک را کاهش داد. در این میان استفاده از افزودنی های آلی می‌تواند تا حدودی باعث کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین شود، هر چند که در دراز مدت ممکن است با تجزیه این ترکیبات مجدداً فلزات سنگین در خاک رها شوند. با تمامی این تفاسیر استفاده از این افزودنی های آلی تا حدود زیادی می تواند با افزایش عناصر تغذیه ای گیاهی باعث افزایش زیست توده گیاهی شود. بنابر این استفاده از این ترکیبات ناگزیر خواهد بود. در این میان استفاده از رسهای طبیعی خاک با ظرفیت تبادلی کاتیونی بالا احتمالاً می تواند با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک نقش مهمی را در کاهش قابلیت دسترسی خاک داشته باشد. بنابر این این تحقیق با هدف بررسی اثر ورمیکولیت بر کاهش قابلیت دسترسی سرب در یک خاک تیمار شده با لجن فاضلاب شهری اراک صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت یک آزمایش گلدانی با هدف بررسی اثر ورمیکولیت و لجن فاضلاب شهری اراک بر تغییر قابلیت دسترسی سرب توسط گیاه ذرت مورد بررسی و به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد ۰، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک، رس ورمیکولیت به مقدار ۰ و ۳۰ گرم بر کیلوگرم خاک و کاربرد سرب از منبع کلرید سرب ۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک بوده است. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول شماره ۱ و ویژگی‌های لجن فاضلاب شهری اراک در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

پی اچ	قابلیت هدایت الکتریکی	کربن	بافت خاک	کربنات کلسیم	سرب کل	فسفر قابل استفاده	ظرفیت تبادل کاتیونی
-----	(دسی زیمنس بر متر)	آلی(٪)	-----	معادل خاک (٪)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(سانتی مول بر کیلوگرم خاک)
۷/۳	۰/۸	۰/۱۲	لومی شنی	۱۷	ND*	۱۳	۹/۳

***ND**: سرب اولیه خاک قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود

جدول۲- ویژگی‌های لجن فاضلاب شهری اراک مورد استفاده در این پژوهش

پی اچ	قابلیت هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل استفاده	کادمیم کل	سرب کل	روی کل
---	**(دسی زیمنس بر متر)**	(٪)	(٪)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۶/۸	۴/۱	۱۷	۱/۳	۱۱۲	۰/۵	۵	۷۵

خاک با کلرید سرب در غلظت‌های فوق الذکر اشباع و به مدت دو هفته فرصت داده شد تا به تعادل برسد. بعد از آن مقادیر ۰ و ۳۰ گرم ورمیکولیت بر کیلوگرم به خاک آلوده اضافه و به مدت دو هفته فرصت داده شد تا به تعادل برسد. سپس لجن فاضلاب با خاک آلوده به کلرید سرب در غلظت‌های فوق الذکر مخلوط شد. بعد از گذشت این مدت جهت کاشت بذر گیاه ذرت (سینگل کراس ۷۰۳) گلدانهایی جهت ۵ کیلوگرم خاک انتخاب و بذر گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۳ کاشته شد. بعد از گذشت دو ماه از شروع آزمایش، ریشه و ساقه گیاه برداشت، و با آب دوبار تقطیر شده شستشو شد. سپس ساقه و ریشه گیاه در آون در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک شده و غلظت کادمیوم موجود در آنها به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه مخلوط خاک و کود بعد از پایان دوره رشد گیاه مورد آزمایش قرار گرفته و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

اثر باقیمانده تیمارهای مورد آزمایش

اثر ساده کاربرد تیمارهای لجن فاضلاب شهری اراک بر پی‌اچ و درصد کربن آلی خاک معنی دار بود. کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک کاهش معنی‌داری در پی‌اچ خاک نسبت به خاک فاقد کاربرد لجن شده است که کاهش پی‌اچ خاک تیمار شده احتمالاً می‌تواند تا حدودی بر قابلیت دسترسی سرب در خاک موثر باشد (Kabata;2011). همچنین کاربرد لجن فاضلاب شهری اراک باعث افزایش درصد کربن آلی خاک شده است، به نحوی که کاربرد ۱۵ و ۳۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک به ترتیب باعث افزایش ۰/۳ و ۰/۵ واحدی درصد کربن آلی خاک شده است

اثر برهمکنش لجن فاضلاب شهری اراک و رس ورمیکولیت بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز معنی دار بود. کاربرد ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک در خاک حاوی رس ورمیکولیت باعث افزایش ۳/۸ واحدی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خاک فاقد کاربرد کمپوست و زئولیت شد. افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در نتیجه کاربرد رس و لجن فاضلاب شهری اراک احتمالاً می‌تواند با افزایش مکانهای جذبی خاک، باعث کاهش قابلیت دسترسی سرب توسط گیاه (۱۵) و در نتیجه خطر جذب این فلز توسط گیاه را کاهش دهد (Mahar et al;2015)، هر چند که نقش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر تعادل تغذیه ای خاک نبایستی نادیده گرفته شود. سعادت و بارانی مطلق (۱۳۹۲) در پژوهشی اثر کاربرد زئولیت و لجن فاضلاب بر قابلیت دسترسی سرب و کادمیم توسط گیاه ذرت را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر کاربرد زئولیت و لجن فاضلاب عامل موثری در میزان سرب و کادمیم قابل عصاره گیری با DTPA و به بدنبال آن جذب کمتر توسط گیاه ذرت بوده است (کرمی و همکاران;۱۳۸۶).

اثر کاربرد لجن فاضلاب شهری، ورمیکولیت و سرب بر میزان کادمیم قابل عصاره‌گیری با DTPA

بیشترین میزان کادمیم قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک فاقد کاربرد رس و لجن فاضلاب شهری همراه با کاربرد ۴۰۰ میلی گرم سرب بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۳). کمترین میزان سرب قابل عصاره‌گیری به وسیله DTPA در خاک حاوی رس ورمیکولیت همراه با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست و ۲۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک مشاهد شدکه این می تواند حاکی از نقش مثبت کاربرد رس و لجن فاضلاب شهری در افزایش مکانهای جذبی سرب در خاک و کاهش قابلیت دسترسی این عنصر توسط گیاه باشد.

جدول۳- اثر کاربرد کمپوست زباله شهری، ورمیکولیت و سرب بر مقدار سرب قابل عصاره گیری با DTPA.

V_1Pb400	V_1Pb300	V_1Pb200	V_1Pb0	V_0Pb400	V_0Pb300	V_0Pb200	V_0Pb0	تیمار
۳۳/۱۷^{b}	۲۰/۱۹^{e}	۱۳/۴۶^{i}	ND	۳۷/۰۹^{a}	۲۶/۷۹^{c}	۱۹/۴۹^{f}	ND*	S_o
۲۳/۸۴^{d}	۱۰/۶۴^{k}	۷/۲۶^{l}	ND	۲۶/۶۶^{c}	۱۷/۵۱^{g}	۱۲/۴۹^{j}	ND	S_1
۱۵/۹۲^{h}	۶/۸۶^{l}	۱/۱۸^{n}	ND	۱۹/۸۸^{ef}	۱۰/۵۶^{k}	۴/۲۲^{m}	ND	S_2

S_0، S_1 و S_2 به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک ، Pb0، Pb200، Pb300 و Pb400 به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، V0 و V_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۳۰ گرم ورمیکولیت در کیلوگرم خاک می‌باشد. ** اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند،* ND : قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

.

اضافه کردن رس ورمیکولیت به خاکی با ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک و آلوده به ۳۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک باعث کاهش ۲۵ درصدی در میزان سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA شده است که دلیل آن را می‌توان به نقش زئولیت در افزایش مکان های جذبی خاک و به دنبال آن کاهش میزان سرب قابل عصاره‌گیری با DTPA دانست.

کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری در خاک فاقد کاربرد رس و حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش ۲۲ و ۲۶ درصدی در میزان سرب قابل عصاره گیری با DTPA نسبت به خاکی بدون کاربرد لجن فاضلاب شهری و رس ورمیکولیت شد که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش بخش معدنی و آلی لجن فاضلاب شهری در تثبیت فلز سنگین دانست.

با توجه به مطالب ذکر شده چنین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از لجن فاضلاب شهری اراک احتمالاً علاوه بر اینکه می تواند به عنوان یک کود آلی مغذی مورد استفاده قرار گیرد، با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک قابلیت دسترسی سرب را در خاک آلوده تحت تاثیر قرار داده که در این راه افزودن اضافه کردن رس ورمیکولیت توانسته است با افزایش ویژگی های جذبی خاک نظیر افزایش مکانهای تبادلی خاک کمک شایانی به کاهش اثرات زیست محیطی سرب از راه کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک کند.

اثر کاربرد لجن فاضلاب شهری، ورمیکولیت و سرب بر غلظت سرب شاخساره

بیشترین غلظت سرب شاخساره در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک و فاقد کاربرد لحن فاضلاب شهری مشاهده شد (جدول۴) و کمترین غلظت سرب شاخساره گیاه در خاک آلوده به ۲۰۰ میلی‌گرم سرب همراه با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست و خاک حاوی ۳۰ گرم رس ورمیکولیت در کیلوگرم خاک مشاهده شد.

جدول٤- اثر کاربرد لجن فاضلاب شهری اراک، رس ورمیکولیت و سرب بر غلظت سرب شاخساره گیاه ذرت

V_1Pb400	V_1Pb300	V_1Pb200	V_1Pb0	V_0Pb400	V_0Pb300	V_0Pb200	V_0Pb0	تیمار
۳۰/۱۶^{b}	۱۸/۳۶^{e}	۱۲/۲۴^{i}	ND	۳۳/۷۲^{a}	۲۴/۳۶^{c}	۱۷/۷۲^{f}	ND*	S_o
۲۱/۶۸^{d}	۹/۶۸^{k}	۶/۶۰^{l}	ND	۲۴/۲۴^{c}	۱۵/۹۲^{g}	۱۱/۳۶^{j}	ND	S_1
۱۴/۴۸^{h}	۶/۲۴^{l}	۱/۰۸^{n}	ND	۱۸/۰۸^{ef}	۹/۶۰^{k}	۳/۸۴^{m}	ND	S_2

S_0، S_1 و S_2 به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۵ و ۳۰ مگاگرم در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک ، Pb0، Pb200، Pb300 و Pb400 به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک، V0 و V_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۳۰ گرم ورمیکولیت در کیلوگرم خاک می‌باشد. ** اعدادی که در هر ستون یا ردیف دارای حروف مشابه آماری می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند،* ND : قابل اندازه گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

کاربرد ۳۰ گرم رس ورمیکولیت بر کیلوگرم خاک در خاک آلوده به ۳۰۰ میلی گرم سرب و بدون کاربرد لجن فاضلاب شهری اراک باعث کاهش ۱۲/۵ درصدی در غلظت سرب شاخساره گیاه شد که دلایل احتمالی آن را می‌توان به نقش کاربرد رس در افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و به دنبال آن کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک و ریشه گیاه و متعاقب آن انتقال کمتر سرب به شاخساره گیاه دانست، هر چند که نوع و نقش فیزیولوژیکی ریشه گیاه در جذب فلز سنگین را نمی‌توان نادیده گرفت(Tauqeer et al;2016).

کاربرد لجن فاضلاب شهری اراک کاهش معنی‌داری را در غلظت سرب شاخساره گیاه ذرت نشان داد. کاربرد ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری اراک در خاک فاقد رس ورمیکولیت به ترتیب باعث کاهش معنی دار ۱۵ و ۴۵ درصدی در میزان غلظت سرب شاخساره گیاه در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی گرم سرب در کیلوگرم خاک نسبت به خاک فاقد کاربرد لجن فاضلاب شهری اراک مشاهده شد. همچنین کاهش ۵۸ درصدی در غلظت سرب شاخساره گیاه ذرت همزمان با کاربرد ۱۵ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری و حاوی رس ورمیکولیت نسبت به خاک فاقد کاربرد لجن فاضلاب شهری مشاهده شدکه دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش بخش معدنی و آلی کود آلی در کاهش میزان سرب ریشه گیاه و به دنبال آن کاهش انتقال سرب به شاخساره گیاه ذرت دانست که این می‌تواند نقطه مهمی از لحاظ مطالعات زیست محیطی به حساب آید، هر چند که اثرات جانبی اضافه کردن ترکیبات آلی به خاک نبایستی نادیده گرفته شود.

منابع:

الهدادی ، ا.، معماری، ع.، اکبری، غ. و لطفی‌فر، ا.، ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری بر خصوصیات و غلظت عناصر غذایی خاک و رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای، فنآوری تولیدات گیاهی، جلد ۱۱، شماره ۱، صفحه ۸۳ تا ۹۷.

سعادت، ک. و بارانی مطلق، م. ۱۳۹۲. تأثیر زئولیت کلینوپتیلولیت طبیعی ایران بر جذب سرب و کادمیوم لجن فاضلاب کاربردی توسط ذرت (*Zea mays*, L.)، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره چهارم، صفحه ۱۲۳ تا ۱۴۳.

کرمی، م.، رضایی نژاد، ی. افیونی، م. و شریعتمداری، ح.۱۳۸۶. اثرات تجمعی و باقی‌مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیم در خاک و گیاه گندم . مجله علوم آب و خاک. ۱۱ (۱)، جلد ۱۱، شماره ۱، صحه ۷۹ تا ۹۵.

Agegnehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N., Muirhead, B., Wright, G., and Bird, M.I. 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendments: Effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. Agric. Ecosyst. Environ. 213: 72-85.

Chirakkara, R.A. and Reddy, K.R. 2015. Biomass and chemical amendments for enhanced phytoremediation of mixed contaminated soils. Ecological Engineering 85: 265-274.

Gonzalez, M.R., Pereyra, A.M., Zerbino, R., and Basaldella, E.I. 2015. Removal and cementitious immobilization of heavy metals: chromium capture by zeolite-hybridized materials obtained from spent fluid cracking catalysts. J. Clean. Prod. 91: 187-190.

Ippolito, J.A., Tarkalson, D.D., and Lehrsch, G.A. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. Soil science 176: 3. 136-142.

Kabata-Pendias, A., 2011.Trace elements in soils and plants, Fourth ed. Bocaraton, London, New York Washington, DC., ed. Third ed., Bocaraton, London, New York Washington, DC.: CRC Press.

Lucas, S.T., D'Angelo, E.M., and Williams, M.A. 2014. Improving soil structure by promoting fungal abundance with organic soil amendments. Applied Soil Ecology 75: 13-23.

Mahar, A., Wang, P., Li, R., and Zhang, Z. 2015. Immobilization of lead and cadmium in contaminated soil using amendments: A review. Pedosphere 25: 4. 555-568.

Malekian, R., Abedi-Koupai, J., and Eslamian, S.S. 2011. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. Journal of hazardous materials 185: 2. 970-976.

Malekian, R., Abedi-Koupai, J., Eslamian, S.S., Mousavi, S.F., Abbaspour, K.C., and Afyuni, M. 2011. Ion-exchange process for ammonium removal and release using natural Iranian zeolite. Applied Clay Science 51: 3. 323-329.

Shuman, L.M., Dudka, S., and Das, K. 2002. Cadmium forms and plant availability in compost-amended soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 737–748.

Tauqeer, H.M., Ali, S., Rizwan, M., Ali, Q., Saeed, R., Iftikhar, U., Ahmad, R., Farid, M., and Abbasi, G.H. 2016. Phytoremediation of heavy metals by Alternanthera bettzickiana: Growth and physiological response. Ecotoxicology and Environmental Safety 126: 138-146.

Wang, C., Li, J., Sun, X., Wang, L., and Sun, X. 2009. Evaluation of zeolites synthesized from fly ash as potential adsorbents for wastewater containing heavy metals. J. Environ. Sci. 21: 1. 127-136.

Wei, X., Hao, M., Shao, M., and Gale, W.J. 2006. Changes in soil properties and the availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization. Soil Till. Res. 91: 1–2. 120-130.

Xin, X., Zhang, J., Zhu, A., and Zhang, C. 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. Soil Till. Res. 156: 166-172.

Yılmaz, E., Sönmez, İ., and Demir, H. 2014. Effects of Zeolite on Seedling Quality and Nutrient Contents of Cucumber Plant *(Cucumis sativus* L. cv. Mostar F_1) Grown in Different Mixtures of Growing Media. Communications in Soil Science and Plant Analysis 45: 21. 2767-2777.

Zhao, J., Ni, T., Li, J., Lu, Q., Fang, Z., Huang, Q., Zhang, R., Li, R., Shen, B., and Shen, Q. 2016. Effects of organic–inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice–wheat cropping system. Applied Soil Ecol. 99: 1-12.

Effect of vermiculite clay on decreasing lead availability in a soil treated with Arak municipal sewage sludge

S. F. Sajadi [1], A. H. Baghaie [2], Sh. Khaghani [3] and F. Khayamim [4]

1, 2 and 3- Faculty members Department of Horticultural Science, Department of Soil Science and Department of Plant Breeding respectively, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4- Former Ph.D Student of Soil Science, Isfahan University of Technology

Abstract:

This research was conducted to evaluate the effect of vermiculite clay on decreasing Pb availability in a soil treated with Arak municipal sewage sludge in a pot experiment. Treatments were consisting of applying Arak municipal sewage sludge at the rates of 0, 15 and 30 t ha^{-1}, applying 0 and 30 g kg $soil^{-1}$ vermiculite clay and Pb polluted soil at the rates of 0, 200, 300 and 400 mg Pb kg^{-1} soil. After 60 days from the experiment, soil and corn (*Zea mays* L. single grass 703) Pb concentration were measured. The results of this study showed that applying 30 t ha^{-1} Arak municipal sewage sludge with 30 gr kg soil $^{-1}$ vermiculite clay caused a significant decreasing in DTPA extractable Pb and shoot Pb concentration that is an important role in environmental studies.

Keywords: Lead, availability, Arak municipal waste compost