

غیر متحرک کردن فلزات سنگین در یک خاک آلوده

بیبا بندپی، احمد گلچین و درویشعلی عموزاده

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان و سرپرست سازمان محیط زیست استان زنجان

مقدمه

آلودگی خاک خطرات روز افزونی برای سلامتی انسانها و محیط زیست دارد. عناصر سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. تجمع عناصر سنگین در خاک، بویژه در زمین‌های کشاورزی، امری تدریجی بوده و غلظت عناصر سنگین می‌تواند به سطحی برسد که امنیت غذایی بشر را تهدید نماید. سالانه هزاران تن از این عناصر که ناشی از فعالیتهای شهری، صنعتی و کشاورزی است، وارد خاک می‌شود. مطالعه محققان مختلف در داخل کشور نشان می‌دهد که تشدید فعالیتهای صنعتی در کشور از یک سو و عدم رعایت مسائل و استانداردهای زیست محیطی از طرف بعضی از صاحبان صنایع از سوی دیگر موجبات آلودگی محیط زیست بعضی از مناطق کشور را فراهم ساخته است (۱). گزارش ارائه شده از بعضی از استان‌های کشور حاکی از آلودگی خاک‌های کشاورزی در اثر فعالیت کارخانجات ذوب فلز، جنگ تحمیلی و استفاده از پسماندهای صنعتی به ترتیب در استان‌های زنجان، خوزستان و همدان است (۲، ۳ و ۴). استفاده از غیر متحرک کننده‌های شیمیایی یک روش اصلاحی برای کاهش حلالیت فلزات سنگین و جلوگیری از ورود آنها به آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین سیستم ریشه و اندام‌های گیاهی و در نتیجه چرخه غذایی انسان است که از ترکیبات آلی و معدنی مختلف برای این منظور استفاده می‌شود. استفاده از این مواد زمانی امکان پذیر است که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند. به دلیل اهمیت حفظ محیط زیست و خطرات بالقوه ای که این فلزات برای سلامتی انسان دارند مطالعه بر روی اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین و یافتن مواد غیر متحرک کننده مؤثر و اقتصادی امری ضروری و لازم به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی یک نمونه خاک آلوده به عناصر سنگین که از مجاورت کارخانه سرب و روی استان زنجان تهیه شد، انجام گرفت. نمونه از عمق ۳۰-۵ سانتیمتر تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک و سپس از الک دو میلی متری عبور داده شد. بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) نشان داده شده است. چهار نوع اصلاح کننده مختلف شامل منوآمونیم فسفات، زئولیت و کمپوست با مقادیر ۰، ۱۰، ۵۰ و ۱۵۰ تن در هکتار و آهک با مقادیر ۰، ۱، ۲ و ۴ در صد با خاک مورد نظر مخلوط گردیدند. سپس خاک‌های تیمار شده درون گلدانهای ۲ کیلویی ریخته شدند و به مدت ۴ ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه تحت انکوباسیون قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی

با ۱۶ تیمار و در ۳ تکرار به اجرا در آمد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل، بافت خاک، اسیدیته گل اشباع، میزان هدایت، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع و ظرفیت تبادل کاتیونی با روش‌های متداول در مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری میزان عناصر قابل جذب ۲۰ گرم خاک هوا خشک شده در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتر ریخته شد و ۴۰ میلی لیتر DTPA به آن اضافه گردید. پس از بهم زدن خاک به مدت ۲ ساعت با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عصاره خاک تهیه و سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Varian AA20 غلظت عناصر قابل جذب در آن قرائت شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بین اصلاح کننده‌های مختلف در غیر متحرک کردن عناصر سرب، کادمیم، روی، مس، منگنز و آهن وجود دارد. تأثیر مقادیر مختلف اصلاح کننده‌ها نیز بر غلظت عناصر سنگین فوق‌الذکر در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. تأثیر متقابل نوع مواد اصلاحی و سطوح آنها نیز بر غلظت عناصر سنگین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. جدول مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که منوآمونیم فسفات تأثیر فوق‌العاده‌ای در کاهش غلظت سرب قابل جذب در خاک دارد (جدول ۳). کاهش سرب قابل جذب احتمالاً به علت تشکیل فسفات سرب در خاک است که از حلالیت ناچیزی برخوردار می‌باشد. در تحقیقاتی که توسط McGowen و همکاران (۲۰۰۱) صورت گرفت کاربرد دی آمونیم فسفات غلظت سرب قابل جذب را ۳/۵ برابر کاهش داد. جدول (۳) همچنین نشان می‌دهد که منو آمونیم فسفات در کاهش غلظت کادمیم قابل جذب از بقیه تیمارها مؤثرتر می‌باشد. در مورد مس و آهن نیز منو آمونیم فسفات بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت قابل جذب این عناصر داشت، ولی کاربرد این ترکیب شیمیایی باعث افزایش مقدار منگنز قابل جذب در خاک گردید. تأثیر سایر تیمارها بر مقدار منگنز قابل جذب یکسان بود و همگی غلظت منگنز قابل جذب را کاهش دادند. افزایش غلظت منگنز قابل جذب در خاک در اثر کاربرد منو آمونیم فسفات احتمالاً به خاطر کاهش pH خاک تا حدود ۵ و اسیدی شدن خاک و افزایش حلالیت ترکیبات منگنزدار در خاک می‌باشد (۵). نتایج به دست آمده همچنین نشان می‌دهد که کاربرد منو آمونیم فسفات باعث افزایش غلظت روی قابل جذب در خاک گردید ولی کاربرد کربنات کلسیم غلظت قابل جذب این عنصر را تا حدودی کاهش داد (جدول ۳). در تحقیقاتی که توسط McGowen و همکاران (۲۰۰۱) صورت گرفت نشان داده شد که کاربرد اصلاح کننده دی آمونیم فسفات باعث کاهش

تولید می کند که موجبات کاهش pH خاک را فراهم می آورد. در مورد نمونه های خاک مخلوط شده با فسفات آمونیم میزان شوری یا EC خاک بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۳). علت این امر حلالیت بالای منو آمونیم فسفات نسبت به سایر تیمارهای استفاده شده می باشد. در مجموع به نظر میرسد که کاربرد منو آمونیم فسفات می تواند غلظت قابل جذب بسیاری از فلزات سنگین را در خاک کاهش دهد و اگر این ماده به همراه آهک مصرف گردد یا بعد از مصرف آن آهک نیز به خاک اضافه گردد غلظت فلزاتی مثل روی را نیز کاهش خواهد داد.

غلظت عناصر سنگین از جمله روی در خاک گردید. کاهش این عناصر در خاک به علت تشکیل فسفات عناصر فوق الذکر می باشد (۶،۷) و نتایج این تحقیق در خصوص عنصر روی با نتایج McGowen و همکاران مطابقت ندارد و این امر به خاطر افزودن هم زمان منو آمونیم فسفات و آهک به خاک توسط McGowen و همکاران می باشد که آهک از کاهش pH خاک جلوگیری به عمل آورده است. کود منو آمونیم فسفات به علت داشتن واکنش اسیدی و همچنین یون آمونیم، pH خاک را کاهش داد زیرا آمونیم در خاک تبدیل به نترات شده و هر مول آمونیم برای تبدیل شدن به نترات، ۲ مول هیدروژن

جدول (۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اولیه

عمق	درصد رطوبت	هدایت الکتریکی	واکنش گل	درصد مواد	کربن آلی	ازت کل	فسفر قابل	یتاسیم قابل	% رس	% سیلت	% شن
Cm	اشباع	EC x 10 ³	اشباع	خشی شده	%	%	جذب	جذب	ppm	ppm	ppm
۱-۳۰	۲۸/۴۸	۱/۲۲	۷/۱۹	۶/۴	۱/۷۱	۰/۱۴۴	۶۷	۳۲۸	۱۰	۲۰	۷۰

جدول (۲) میزان عناصر قابل جذب بر حسب ppm در خاک اولیه

Pb	Cd	Zn	Fe	Cu	Mn
۲۷۵/۳۵	۱۸/۳۵	۵۰۵	۵/۶۴	۹/۱۶	۱۱/۸۹

جدول (۳) مقایسه میانگین میزان عناصر قابل جذب بعد از اضافه کردن تیمارهای مختلف

تیمار	سطح مصرفی	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	pH	EC (ds/m)
کمیوست (تن/هکتار)	۰	۲۷۵/۴۸	۱۸/۳۵	۵۰۵/۴	۵/۷۴	۹/۱۶	۱۱/۸۹	۷/۱۰	۲/۴۱
	۵	۲۱۷/۷	۱۵/۳۴	۵۱۶/۶	۶/۰۳	۸/۵۷	۵/۴۶	۷/۱۱	۲/۳۴
	۱۰	۲۱۵/۵	۱۵/۹۸	۵۲۲/۰	۵/۶۶	۸/۶۴	۴/۸۶	۷/۰۵	۲/۳۰
	۱۵	۲۲۰/۱	۱۵/۸۹	۵۱۳/۰	۵/۹۶	۸/۵۷	۵/۰۵	۷/۱۲	۲/۵۳
فسفات (تن/هکتار)	۰	۲۷۵/۴۸	۱۸/۳۵	۵۰۵/۴	۵/۷۴	۹/۱۶	۱۱/۸۹	۷/۱۰	۲/۴۱
	۵	۶۹/۱۶	۱۳/۱۴	۵۸۳/۲	۱/۲۴	۷/۵۳	۲۱/۴۸	۵/۳۰	۷/۱۶
	۱۰	۴۶/۲۲	۱۲/۲۰	۵۸۱/۴	۱/۳۷	۷/۷۵	۳۶/۰۳	۵/۱۴	۸/۳۷
	۱۵	۵۲/۸۷	۱۱/۱۷	۵۶۹/۰	۲/۵۳	۸/۷۱	۴۱/۶۰	۵/۲۷	۸/۴۴
زنولیت (تن/هکتار)	۰	۲۷۵/۴۸	۱۸/۳۵	۵۰۵/۴	۵/۷۴	۹/۱۶	۱۱/۸۹	۷/۱۰	۲/۴۱
	۵	۲۴۱/۳	۱۴/۸۱	۵۰۵/۸	۶/۶۶	۸/۷۴	۵/۸۰	۷/۲۸	۲/۳۷
	۱۰	۲۳۸/۳	۱۵/۱۷	۵۱۳/۰	۶/۳۲	۸/۷۹	۵/۳۷	۷/۲۲	۲/۳۹
	۱۵	۲۳۵/۹	۱۵/۰۸	۵۰۵/۸	۶/۱۹	۸/۶۶	۵/۱۵	۷/۲۷	۲/۳۳
آهک (%)	۰	۲۷۵/۴۸	۱۸/۳۵	۵۰۵/۴	۵/۷۴	۹/۱۶	۱۱/۸۹	۷/۱۰	۲/۴۱
	۱	۲۵۵/۰	۱۵/۴۴	۴۸۰/۶	۶/۶۰	۸/۴۱	۵/۶۹	۷/۲۴	۲/۲۴
	۲	۲۶۱/۹	۱۵/۴۴	۴۸۶/۰	۶/۷۲	۸/۴۷	۵/۸۱	۷/۲۰	۲/۲۳
	۴	۲۵۹/۶	۱۵/۷۱	۵۰۲/۲	۶/۲۹	۸/۶۶	۵/۶۵	۷/۲۰	۲/۳۹

- 6- Berti, W.R and S.D. Cunningham.1997. In place inactivation of Pb in Pb-contaminated soil. Sci. Technol, 31:2673-2678.
- 7- Cooper, E.M., D.G. Strawn, J.T. Sims, D.L. Sparks, and B.M. Onken. 1998. Effect of chemical stabilization by PHosPHate amendment on the desorption of P and Pb from a contaminated soil. In Agronomy abstracts. P.343ASA, madison WI.
- 8-Hettiarachchi, G.M., G.M. Pierzynski, J. Zwonitzer, and M. Lambert. 1997. PhosPhorus source and rate effects on cadmium, Lead, and zinc bioavailabilities in a metal-contaminated soil. P. 463-464. In Extended Abstract. 4 th Int.conf. on the Biogeochem. Trace Elements (LCOBTE), Berkeley, CA. 23. 26 gunc 1997. Int. Soc. for Trace Element Res., Berkeley, CA.
- 9- McGowen, S.L., N.T. Basta and G.O. Brow.2001 Use of Diammonium PhosPhate to reduce heavy metal solubility and transport in smelter-contaminated soil. Journal of environmental quality., 30:493-500.

منابع مورد استفاده

- ۱- اسدی، م.و.ک. آذری. ۱۳۸۲. بررسی شدت و قدرت آلودگی خاکها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آنها در سبزیکارها شهرستان همدان. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان، رشت ص ۶۸۷-۶۸۹
- ۲- افیونی، م.، ح. خادمی، ح. شریعتمداری، م. امینی و ا. خسروی. ۱۳۸۰. بررسی وضعیت آلودگی خاکهای سطحی منطقه مرکزی اصفهان. گزارش نهایی سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۳- چرم، م. ول. قنبری زاده. ۱۳۸۲. اثرات جنگ تحمیلی بر روی تجمع عناصر آلاینده خاکهای جنوب. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان، رشت. ص ۵۹۱-۵۸۹
- ۴- گلچین، ا. ۱۳۸۲. فعالیت های صنعتی و آلودگیهای خاکهای کشاورزی به فلزات سنگین. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان، رشت. ص ۷۷۹-۷۷۶.
- ۵- ملکوتی، ج. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۲۹۲-۲۹۰.