تأثیر سطوح مختلف منوآمونیوم فسفات، زئولیت، ورمی‌کمپوست و آهک درتثبیت عناصر سنگین در خاک های آلوده

ملیحه خالقی[1]، احمد گلچین[2]، سعید شفیعی[3]
1- **دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه زنجان**
2-**استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان**
3-**دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه زنجان**
Khaleghi.malihe@gmail.com

چکیده

اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین جهت جلوگیری از ورود آنها به چرخه‌ی غذایی انسان امری ضروری است. به منظور بررسی تأثیر اصلاح کننده‌های مختلف بر کاهش مقدار قابل جذب روی، سرب و کادمیوم، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 16 تیمار و در 3 تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه اصلاح‌کننده‌ی منوآمونیوم‌فسفات، زئولیت و ورمی‌کمپوست با مقادیر 0، 5، 10 و 15 تن در هکتار و آهک با مقادیر 0، 1، 2 و 4 درصد بودند که به یک خاک آلوده به فلزات سنگین اضافه شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اصلاح‌کننده‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی، سرب و کادمیوم قابل جذب خاک دارند و باعث کاهش مقدار آن‌ها شدند. بهترین اصلاح‌کننده جهت کاهش مقدار سرب و روی قابل جذب به ترتیب مصرف 10 و 15 تن در هکتار منوآمونیوم‌فسفات و بهترین غیرمتحرک‌کننده روی، آهک بود.

کلمات کلیدی: **اصلاح خاک، زئولیت، فلزات سنگین، منوآمونیوم فسفات، ورمی‌کمپوست**

مقدمه

خاک به عنوان یکی از اجزاء مهم محیط زیست، دریافت کننده‌ی پس‌ماندها و ضایعات کشاورزی، صنعتی و شهری است و ورود این مواد به خاک می‌تواند به صورت‌های گوناگون حیات موجودات زنده را تحت تأثیر قرار دهد. لذا اطلاع از ماهیت آلاینده‌ها و رفتار شیمیایی آن‌ها در خاک جهت پاک‌سازی یا بی‌اثر کردن آن‌ها امری الزامی است (2). عناصر سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند که در چند دهه اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. سالانه هزاران تن از این عناصر که ناشی از فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است وارد خاک می شوند. به عنوان مثال سالانه بیش از 38 هزارتن کادمیوم و 1 میلیون تن سرب از منابع مختلف وارد خاک می‌شوند (3). فلزات سنگین به دلیل عدم تجزیه و تخریب از آلاینده‌های پایدار و بادوام محیط زیست به شمار می‌آیند. بنابراین درخاک‌ها و رسوبات تجمع نموده و مقادیر زیاد آن‌ها در محیط‌های دریایی و خشکی می‌تواند علاوه بر تأثیر بر موجودات باعث مسمومیت انسان از طریق مصرف غذاهای حاصل از دریا و خشکی شود (1). لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر افزودنی‌های مختلف جهت غیرمتحرک کردن عناصر سرب، روی و کادمیوم و در نتیجه کاهش مقدار قابل جذب آن‌ها در خاک می‌باشد.

مواد و روشها

به منظور مطالعه تأثیر اصلاح کننده‌های آلی و معدنی بر غیر متحرک کردن عناصر سنگین(سرب، کادمیوم و روی) و در نتیجه کاهش مقدار قابل جذب آن‌ها در خاک، یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 16 تیمار و در 3 تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار اصلاح کننده‌ی آلی و معدنی بودند که سه اصلاح کننده‌ی منوآمونیوم‌فسفات، زئولیت و ورمی‌کمپوست با مقادیر 0، 5، 10 و 15 تن در هکتار و آهک در مقادیر 0، 1، 2 و 4 درصد استفاده گردید. جهت انجام آزمایش یک خاک آلوده به فلزات سنگین در شهرستان زنجان (منطقه‌ی دیزج آباد) انتخاب و از خاک منطقه‌ی مورد نظر نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها پس از برداشت، ابتدا هواخشک گردیدند و پس از کوبیدن از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند و غلظت قابل جذب عناصر سرب، و کادمیوم و روی در آن اندازه‌گیری گردید (جدول 1). سپس مقدار 2 کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته و اصلاح کننده‌های مختلف با مقادیر ذکر شده به خاک گلدان‌ها اضافه و سپس همگن گردیدند. بعد از همگن سازی، رطوبت خاک گلدان‌ها به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد و به مدت 4 ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه خوابانیده شدند. پس از طی زمان ذکر شده از گلدان‌ها نمونه‌برداری انجام و غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم و روی بر اساس دستورالعمل مؤسسه‌ی خاک و آب اندازه گیری گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

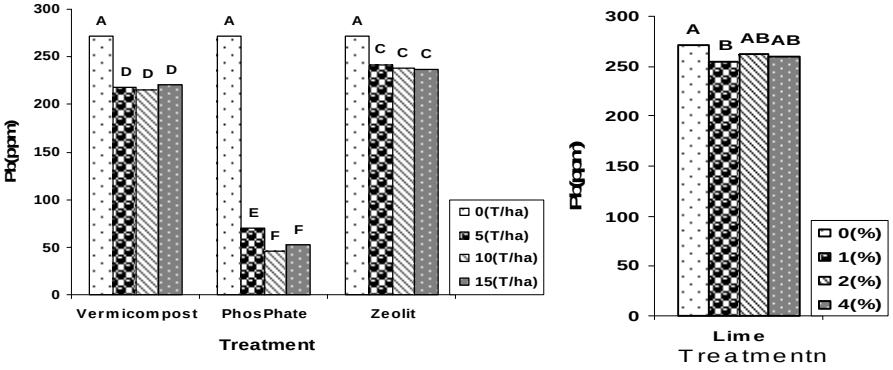
جدول 1- غلظت کل و قابل جذب عناصر در خاک اولیه

	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Zn (ppm)
غلظت کل	3030/3	42/8	3596/4
غلظت قابل جذب	218/7	14/3	468/7

نتایج و بحث

تأثیر اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها بر غلظت قابل جذب سرب خاک

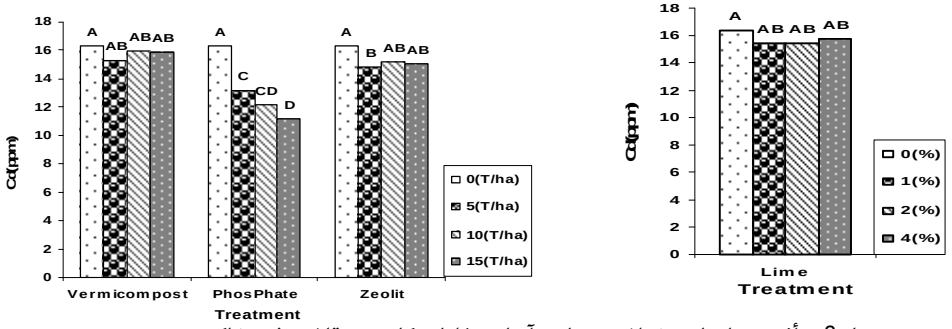
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر غلظت سرب قابل جذب دارند. هر چهار اصلاح کننده و سطوح آن‌ها نسبت به شاهد باعث کاهش قابلیت جذب سرب شدند(نمودار 1). بهترین اصلاح کننده برای کاهش غلظت قابل جذب سرب، منوآمونیوم‌فسفات به مقدار 10 تن در هکتار بود. اگرچه بین سطوح 10 و 15 تن در هکتار منوآمونیوم‌فسفات تفاوت معنی داری وجود نداشت. بعد از منوآمونیوم‌فسفات، ورمی کمپوست بیشترین تأثیر و آهک کمترین تأثیر را در کاهش غلظت قابل جذب سرب داشت. کاهش سرب قابل جذب توسط منوآمونیوم‌فسفات احتمالاً به دلیل تشکیل فسفات‌سرب است که از حلالیت ناچیزی در خاک برخوردار می‌باشد. اصلاح کننده‌های فسفاته ممکن است حلالیت عناصر فلزی را به علت تشکیل رسوب فلز- فسفات و تشکیل فرم‌هایی با حلالیت کمتر و پایداری بیشتر، کاهش دهند. مک گائن و همکاران(2001) نشان دادند که افزودن دی‌آمونیوم فسفات به خاک باعث کاهش میزان سرب قابل جذب در خاک می‌شود. هیدروکسی پرومورفیت سرب ($Pb_5(PO_4)_3OH$) کانی کنترل کننده‌ی حلالیت سرب در خاک‌هایی است که با فسفات تیمار شده‌اند (6). ورمی کمپوست بعد از منوآمونیوم فسفات بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت سرب نشان داد که می‌تواند به علت افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و جذب سطحی بیشتر سرب از یک طرف و تشکیل کمپلکس های پایدار مواد آلی – سرب از طرف دیگر باشد. ترکیبات آلی به عنوان یکی از اجزاء خاک به علت داشتن گروه‌های عاملی فراوان می‌توانند با فلزات تشکیل کمپلکس دهند که ممکن است این کلات‌ها نامحلول باشند (3).



نمودار 1- تأثیر تیمارهای مختلف و سطوح آنها بر غلظت سرب قابل جذب خاک

تأثیر اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها بر غلظت قابل جذب کادمیوم خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها تأثیر معنی داری بر غلظت قابل جذب کادمیوم در خاک دارند (نمودار 2). اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها باعث کاهش غلظت قابل جذب کادمیوم در خاک شدند ولی تأثیر آن‌ها متفاوت بود. منوآمونیوم‌فسفات بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت قابل جذب کادمیوم داشت به طوری که با افزایش مصرف منوآمونیوم‌فسفات، غلظت قابل جذب کادمیوم نیز کاهش یافت. کمترین غلظت قابل جذب کادمیوم از مصرف 15 تن در هکتار منوآمونیوم‌فسفات بدست آمد. بعد از منوآمونیوم‌فسفات، زئولیت به مقدار 5 تن در هکتار بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت قابل جذب کادمیوم داشت و تأثیر آهک و ورمی‌کمپوست بر کاهش غلظت قابل جذب کادمیوم یکسان بود (نمودار2). احتمالاً تشکیل فسفات کادمیوم $Cd_3(PO_4)_2$ دلیل کاهش غلظت قابل جذب کادمیوم در نمونه‌های تیمار شده با فسفات باشد (5).



نمودار 2- تأثیر تیمارهای مختلف و سطوح آنها بر غلظت کادمیوم قابل جذب خاک

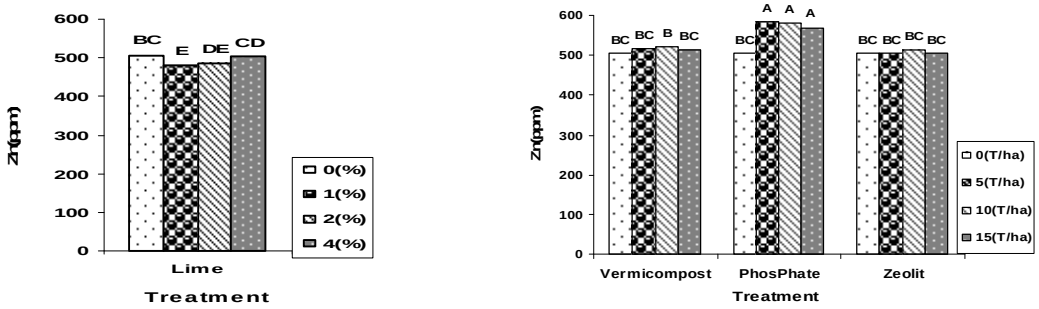
تأثیر اصلاح کننده‌های مختلف و سطوح آن‌ها بر غلظت قابل جذب روی خاک

نمودار 3 نشان می‌دهد که اصلاح کننده‌های مختلف تأثیر معنی داری بر غلظت قابل جذب روی در خاک دارند. بعضی اصلاح کننده‌ها سبب افزایش غلظت قابل جذب و برخی دیگر سبب کاهش غلظت قابل جذب روی شده‌اند. آهک با مقدار 1 درصد بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت قابل جذب روی داشت. اگرچه بین سطوح 2 و 4 درصد آهک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ورمی‌کمپوست و زئولیت سبب افزایش جزئی مقدار روی قابل جذب در خاک شدند که این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. منوآمونیوم‌فسفات سبب افزایش غلظت قابل جذب روی در خاک گردید و این افزایش از نظر آماری معنی‌دار بود. به طوری که بیشترین غلظت قابل جذب روی خاک از مصرف 5 تن در هکتار

منوآمونیوم‌فسفات بدست آمد. آهک بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت روی قابل جذب خاک داشت که احتمالاً بدلیل تشکیل رسوب کربنات روی باشد که یکی از مهمترین فرم‌های جامد روی در خاک است لیندزی (1979) تعادل زیر را برای تشکیل یا انحلال کربنات روی پیشنهاد نموده است.

$$CO_3Ca+Zn^{2+} \longleftrightarrow Ca^{2+}+CO_3Zn$$

همانطور که ثابت تعادل فوق نشان می‌دهد امکان تشکیل فاز جامد کربنات روی در خاکهای آهکی فراهم است تشکیل فاز جامد کربنات روی منجر به کاهش غلظت روی در فاز محلول و غیر قابل استفاده شدن روی برای جذب می‌گردد (4). اضافه کردن منوآمونیوم‌فسفات به خاک باعث افزایش میزان روی قابل جذب خاک گردید. کاهش pH خاک در اثر فرایند نیترات‌سازی که از یون آمونیوم همراه در فسفات منشاء می‌گیرد باعث حل شدن اکسید و کربنات روی موجود در خاک می‌شود و در نتیجه غلظت روی در محلول خاک افزایش می‌یابد.



نمودار3- تأثیر تیمارهای مختلف و سطوح آنها بر غلظت روی قابل جذب خاک

به طور کلی از این پژوهش نتیجه می‌شود که بهترین اصلاح کننده جهت غیرمتحرک کردن و در نتیجه کاهش غلظت قابل جذب سرب و کادمیوم در خاک منوآمونیوم‌فسفات و بهترین اصلاح کننده جهت کاهش غلظت قابل جذب روی در خاک آهک می‌باشد.

منابع

۱- گلچین، احمد. 1384 . منابع آلاینده‌ی خاک‌ها و محصولات زراعی و باغی استان زنجان به فلزات سنگین. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان زنجان. ص .119

2- Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons. Inc. New york.

3- Harter, R. D. R. and Naidu, R. 1995. Role of metal-organic complexation in metal sorption by soils. Adv. Agron. 55:219-264.

4- Lindsay, W. L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons. Inc. N. Y.

5- Mc Gowen, S. L., Basta, N. T. and Browen, G. O. 2001. Use of diammonium phosphate to reduse heavy metal solubility and transport in smelter-contaminnated soil. J. Environmental Quality, 30: 493-450.

6- Santillian-Medrano, J. and Jurinak, J. J. 1975. The chemistry of lead and cadmium in soil: Solid phase formation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 851-856.