



محور مقاله: آلودگی زیست‌بوم، سلامت انسان و زیست‌پالایی

بررسی تاثیر چهار نوع کلات‌کننده آلی بر فراهمی روی در خاک و جذب آن توسط ذرت در یک خاک آلوده

آزاده مهذب عصمتی^{۱*}، امیر فتوت^۲، رضا خراسانی^۳^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد^۳ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم زیست محیطی هستند که باعث آسیب به کیفیت خاک، سلامت و بهره‌وری گیاهان می‌شوند. این آزمایش به منظور بررسی کارایی کلات‌های آلی در استخراج روی از یک خاک آلوده شده (با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک) توسط گیاه ذرت (*Zea mays L.*) رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (بدون کاربرد کلات آلی) و چهار نوع کلات آلی (اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید تارتاریک) بود. در پایان آزمایش غلظت فراهم عنصر روی در خاک و همچنین غلظت این عنصر در اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کلات‌های آلی به جز اسید اگزالیک باعث افزایش غلظت روی فراهم در خاک شدند و بیشترین مقدار در تیمار اسید تارتاریک (۵۲/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. چهار نوع کلات آلی مورد استفاده باعث افزایش غلظت عنصر روی در اندام هوایی گیاه ذرت شدند و بیشترین مقدار نیز در تیمار اسید مالیک (۵۲۹/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. به‌طور کلی کاربرد کلات‌کننده‌های آلی در این پژوهش تاثیر مثبتی بر فراهمی روی و غلظت آن در گیاه ذرت داشتند.

کلمات کلیدی: گیاه‌پالایی، آلودگی خاک، جذب، فراهمی، روی

مقدمه

آلودگی خاک در اثر رشد صنعت و افزایش فعالیت‌های بشری در خاک‌های کشاورزی و شهری در حال افزایش بوده و در حال تبدیل شدن به یک مشکل بزرگ زیست محیطی است (Jelusic و Lestan, ۲۰۱۴). گیاه‌پالایی به عنوان یک گزینه عملی جایگزین برای آلودگی زدایی محیط زیست در مقایسه با دیگر روش‌های فیزیکی-شیمیایی روشی مناسب و ارزان است. از آنجا که بیشتر فلزات موجود در خاک، غیر قابل دسترس برای گیاه هستند، برای استخراج بهتر آن‌ها در فرایند گیاه‌پالایی، باید آن‌ها را به فرم محلول درآورد. در این میان استفاده از ترکیبات آلی مانند کلات‌کننده‌ها، می‌تواند زیست فراهمی فلزات سنگین را افزایش دهد (عربی و همکاران، ۱۳۸۹). اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم شامل اگزالیک، سوکسینیک، تارتاریک، فرمیک، مالیک، استیک، بوتریک، لاکتیک و سیتریک هستند که همگی می‌توانند از تجزیه مواد خاک، تراوشات ریشه گیاه، متابولیت‌های گیاهی و غیره در ریزوسفر گیاهان حاصل شوند (Chen و همکاران، ۲۰۱۸). در مورد تاثیر کلات‌ها بر استخراج فلزات سنگین توسط گیاه، بررسی‌های بسیاری توسط محققان انجام شده است و نشان داده شده است که کاربرد عوامل کلات‌کننده اثرات مثبتی را در افزایش حلالیت فلزات سنگین در خاک نشان می‌دهد. نتایج Evangelou و همکاران (۲۰۰۶) در استفاده از کلات‌های طبیعی با وزن مولکولی کم نشان داد که اثر بخشی عوامل مختلف کلات‌کننده با توجه به گیاه و فلزات سنگین مورد استفاده، متفاوت است. Li و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که در حضور اسید اگزالیک و اسید سیتریک، حذف کادمیم توسط گیاه *Boehmeria nivea* افزایش می‌یابد. با توجه به مطالب بیان شده پیرامون نقش انواع کلات‌های آلی در افزایش فراهمی فلزات سنگین در خاک‌های آلوده، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر چهار نوع کلات آلی در افزایش جذب عنصر روی از خاک توسط گیاه ذرت، صورت پذیرفت.

* ایمیل نویسنده مسئول: a.mohazzab93@gmail.com



مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار نوع کلات آلی (اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید تارتاریک) بودند. خاک مورد مطالعه از پردیس دانشگاه فردوسی مشهد (۳۰-۰ سانتی‌متری) برداشت شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک حاصل طبق روش‌های مرسوم آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که هدایت الکتریکی و pH به ترتیب در عصاره گل اشباع، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (والکلی و بلاک)، نیتروژن کل به روش کج‌دل، فسفر فراهم خاک به روش اولسن، پتاسیم قابل دسترس به روش استات آمونیوم، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، رطوبت ظرفیت زراعی به روش وزنی، بافت خاک به روش هیدرومتری و مقدار روی قابل دسترس خاک نیز با استفاده از عصاره‌گیر DTPA-TEA (Norvell و Lindsay، ۱۹۷۸) اندازه‌گیری شدند. سپس خاک مورد نظر با نیترات روی به غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (به صورت محلول اسپری شد) آلوده شد (حسینیان و همکاران، ۱۳۹۲) و به مدت یک ماه در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی نگهداری شد. مراحل کشت گیاه بدین صورت بود که در ابتدا تعداد ۶ بذر گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در هر گلدان (شامل ۵ کیلوگرم خاک) کشت شد و پس از سبز شدن و در مرحله دو برگگی به تعداد ۳ عدد در هر گلدان تنک شدند. در طول دوره رشد رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی توسط آب مقطر نگهداری شد. تیمارهای کلات مورد نظر دو هفته قبل از برداشت گیاه به خاک اضافه شد. گیاهان پس از مدت ۲ ماه برداشت شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و الک شدن، هضم شدند. عصاره‌گیری مقدار باقیمانده روی فراهم در خاک هم توسط عصاره‌گیر DTPA-TEA انجام شد و در نهایت مقادیر عنصر روی در گیاه و خاک توسط دستگاه جذب اتمی مدل اندازه‌گیری شد. در نهایت رسم نمودارها با نرم افزار MS-Excel و تجزیه آماری با نرم افزار JMP 8 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای آهک زیاد با ماده آلی کم (کمتر از ۱ درصد) و دارای بافت لوم بود. با توجه به کمبود عناصر غذایی پرمصرف؛ برای تامین این عناصر از سه نوع کود کلسیم نیترات ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)، سوپر فسفات ساده ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) و سولفات پتاسیم (K_2SO_4) استفاده شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

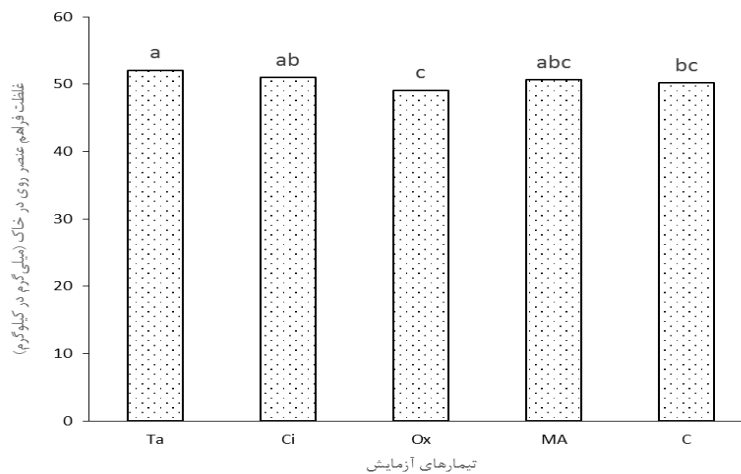
بافت خاک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی	پ.هاش	کربنات کلسیم معادل	ماده آلی	روی قابل دسترس
	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(dS m^{-1})		(درصد)	(درصد)	(mg kg^{-1})
لوم	۴۰۶	۶/۷	۱۸	۱/۲	۸/۸	۱۹	۰/۷	۱

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، نوع کلات اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر جذب عنصر روی توسط اندام هوایی گیاه ذرت داشتند و این در حالی است که تاثیر نوع کلات بر غلظت فراهم روی در خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین چهار نوع کلات آلی مورد استفاده در این مطالعه بر غلظت فراهم عنصر روی در خاک که در شکل ۱ آورده شده است نشان داد که سه نوع کلات آلی باعث افزایش غلظت فراهم روی در خاک پس از کشت گیاه ذرت شدند و در این بین تنها اسید اگزالیک باعث کاهش غلظت عنصر روی در مقایسه با شاهد شد که البته این کاهش معنی دار نبود. بیشترین غلظت فراهم روی در خاک در تیمار اسید تارتاریک ($52/02$ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین مقدار نیز در تیمار اسید اگزالیک ($49/1$ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. مقدار کاهش غلظت فراهم روی در خاک برای تیمارهای اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید مالیک در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱/۵، ۳/۷ و ۰/۸ درصد اندازه‌گیری شد و همچنین مقدار کاهش در تیمار اسید اگزالیک در مقایسه با شاهد ۲ درصد بود (شکل ۱). تاثیر کلات‌های آلی بر افزایش غلظت عناصر سنگین در فاز محلول خاک توسط Fine و همکاران (۲۰۱۴) و Freitas و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است. از طرفی در این تحقیق با وجود تاثیر مثبت حضور کلات‌کننده‌های آلی بر حلالیت عنصر روی؛ این تاثیر زیاد نبود. علت این امر احتمالاً وجود آهک زیاد و پ‌هاش بالای خاک (Luo و همکاران، ۲۰۰۵) می‌باشد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار روی قابل دسترس و غلظت آن عنصر بر اندام هوایی گیاه ذرت

منبع تغییرات		درجه آزادی		جذب عنصر روی توسط اندام هوایی		غلظت روی فراهم خاک	
		F		F		F	
		میانگین مربعات		میانگین مربعات		میانگین مربعات	
نوع کلات	۴	۵۵۳۹	۲/۰۱**	۲۵/۵	۳/۵*		
خطای آزمایشی	۲۰	۲۷۶۴	-	۷/۲	-		

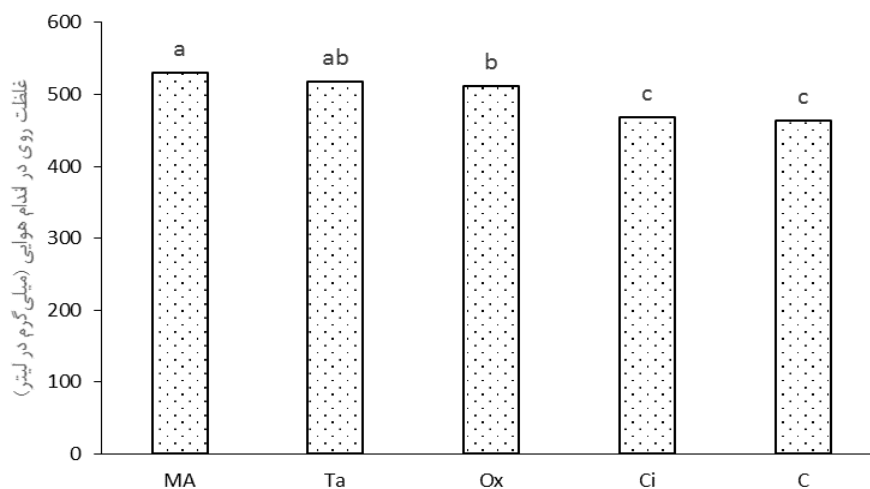
ns، * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح پنج درصد و معنی دار در سطح یک درصد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر نوع کلات آلی بر غلظت فراهم روی در خاک پس از کشت گیاه ذرت

C: شاهد، MA: اسید مالیک، Ox: اسید اگزالیک، Ci: اسید سیتریک و Ta: اسید تارتاریک

مقایسه میانگین اثرات ساده نوع کلات بر غلظت عنصر روی در اندام هوایی گیاه ذرت در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق با این نتایج، چهار نوع کلات کننده آلی اسید مالیک، تارتاریک، سیتریک و اگزالیک باعث افزایش غلظت عنصر روی در اندام هوایی گیاه ذرت شدند همچنین تاثیر اسید سیتریک به نسبت بقیه کمتر بود و اختلاف بین این تیمار با شاهد معنی دار نبود که در این مورد می توان گفت که احتمالاً مقدار بالای آهک در خاک باعث کاهش تاثیرگذاری اسید سیتریک در خاک شده است. بیشترین (۵۲۹/۵۳ میلی گرم در کیلوگرم) و کمترین (۴۶۲/۹۷ میلی گرم در کیلوگرم) غلظت عنصر روی در اندام هوایی گیاه ذرت به ترتیب در دو تیمار اسید مالیک و شاهد مشاهده شد. میزان افزایش غلظت عنصر روی در اندام هوایی گیاه ذرت در تیمارهای اسید مالیک، تارتاریک، اگزالیک و سیتریک در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۴/۵، ۱۱/۹، ۱۰/۵ و ۱/۲ درصد اندازه گیری شد (شکل ۲). تحقیقات مختلف نشان داده است که اسیدهای آلی به طور مستقیم و غیر مستقیم حلالیت و یا تحرک عناصر سنگین مانند سرب، کادمیم و آلومینیم را تحت تاثیر قرار می دهند (Liao و همکاران، ۲۰۰۶) که علت این امر را تأثیر اسیدهای آلی بر واکنش های اسیدی کردن، اکسایش - کاهش، کلات کردن، تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین در ریزوسفر و در نتیجه افزایش انتقال این عناصر به درون گیاه دانسته اند (Sandens و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم می توانند در افزایش توانایی گیاه برای گیاه پالایی خاک های آلوده به فلزات سنگین نقش داشته باشند (Najeeb و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر نوع کلات آلی بر غلظت عنصر روی توسط اندام هوایی گیاه ذرت
C: شاهد، MA: اسید مالیک، Ox: اسید اگزالیک، Ci: اسید سیتریک و Ta: اسید تارتاریک

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که افزودن چهار نوع کلات آلی باعث افزایش روی قابل دسترس و غلظت این عنصر در اندام هوایی گیاه ذرت کشت شده در یک خاک آلوده شد. البته در این بین به نظر می رسد که میزان بالای آهک خاک مانع از تاثیرگذاری هر چه بیشتر کلاتها در فراهمی عنصر روی در خاک شده است با این وجود نیز، باز هم افزایش جذب عنصر روی توسط اندام هوایی گیاه ذرت پس از کشت توسط این کلاتها؛ استفاده از این مواد را با هدف افزایش کارایی گیاه پالایی از خاکهای آلوده، توجه پذیر می کند.

منابع

- حسینیان رستمی، ق.، غلامعلی زاده آهنگر، ا. و لکزبان، ا. ۱۳۹۲. اثر زمان بر توزیع شکل های شیمیایی سرب در خاک آلوده. آب و خاک، ۱۰۶۶-۱۰۵۵ (۵): ۲۷.
- عربی، ز.، همایی، م. و اسدی، م.ا. ۱۳۸۹. مقایسه آثار افزودن اسید سیتریک و کیلیت های مصنوعی بر افزایش پالایش گیاهی کادمیم از خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۹۵: ۸۵-۵۴.
- Chen, H., Dou, J. and Xu, H. 2018. The effect of low-molecular-weight organic-acids (LMWOAs) on treatment of chromium-contaminated soils by compost-phytoremediation: Kinetics of the chromium release and fractionation. *Journal of Environmental Sciences*, 70: 45-53.
- Evangelou, M., Mathias Ebel, W.H. and Andreas. S. 2006. Chelate Assisted Phytoextraction of Heavy Metals from Soil. Effect, Mechanism, Toxicity, and Fate of Chelating Agents, *Chemosphere*, 68(6):989-1003.
- Fine, P., Paresh, R., Beriozkin, A. and Hass, A. 2014. Chelant-enhanced heavy metal uptake by eucalyptus trees under controlled deficit irrigation. *Science of Total Environment*, 493: 995-1005.
- Freitas, E.V., Nascimento, C.W., Souza, A. and Silva, F.B. 2013. Citric acid-assisted phytoextraction of lead: a field experiment. *Chemosphere*, 92(2): 213-217.
- Jelusic, M. and Lestan. D. 2014. Effect of EDTA Washing of Metal Polluted Garden Soils. Part I: Toxicity Hazards and Impact on Soil Properties., *Science of the Total Environment*, 475:132-41.
- Li, H., Liu, Y., Zeng, G., Zhou, L., Wang, X., Wang, Y., Xu, W. 2014. Enhanced efficiency of cadmium removal by *Boehmeria nivea* (L.) Gaud. in the presence of exogenous citric and oxalic acids. *Journal of Environmental Sciences*



(China). 26(12): 2508–2516.

- Liao, Y. C., S. W. Chang Chein, M. C. Wang, Y. Shen, and Hun P. L. 2006. Effect of transpiration on pb uptake by lettuce and on water soluble low molecular weight organic acids in rhizosphere. *Chemosphere*, 65: 343-351.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3): 421-428.
- Luo, C., Shen, Z. and Li, X., 2005. Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. *Chemosphere*, 59(1): 1-11.
- Najeeb, U., L. Xu, S. Ali, G. Jilani, H.J. Gong, W.Q. Shen, and Zhou. W.J. 2009. Citric acid enhances the phytoextraction of manganese and plant growth by alleviation of the ultrastructural damages in *Juncus effusus* L. *J. Hazard Mater.* 170: 1156-1163.
- Sandens, A., Eldhuset, T.D. and Wollebæk. G. 2005. Organic acids in root exudates and soil solution of Norway spruce and Silver birch. *Soil. Biol. Biochem.* 37: 259-269.



16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation

Investigating the effect of four types of organic chelators on the availability of Zinc and its uptake by maize in a contaminated soil

Mohazzab Esmati¹, A., Fotovat², A., Khorassani, R.³

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

² Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

³ Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

Heavy metals are one of the most important environmental pollutants that damage soil quality, plant health and productivity. This experiment investigated the efficiency of organic chelators for uptake of Zinc (Zn) from a contaminated soil (400 mg kg⁻¹) by maize (*Zea mays* L.) from single cross cultivar 704 in a completely randomized design in a research greenhouse in Ferdowsi University of Mashhad. Treatments included control (without organic chelators) and four types of organic chelators (oxalic acid, citric acid, malic acid and tartaric acid). At the end of the experiment, zinc content in soil and the concentration of element in plant shoot were determined. The results showed that organic chelators except oxalic acid increased zinc concentration in soil and the highest amount was in tartaric acid treatment (52.02 mg / kg). The four types of organic chelate used to increase the concentration of zinc in maize shoot, and the highest amount was observed in the treatment of malic acid (529.53 mg / kg). In general, the use of organic chelators had a positive effect on Zinc availability and Zinc concentration in maize shoot.

Keywords: Phytoremediation, Contamination, absorption, availability, Zinc

* Corresponding author, Email: a.mohazzab93@gmail.com