دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(شیمی، آلودگی خاک و سلامت محیط زیست)

امکان‌سنجی پالایش سرب از خاک توسط شاهی (*Barbara verna*) در حضور EDTA و NTA

ابراهیم بابائیان[1] و مهدی همایی[2]
دانشجوی دکتری[1] و استاد[2] گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس
E_babaeian@Yahoo.Com

چکیده

در این پژوهش اثر EDTA و NTA در فراهمی سرب در خاک و جذب آن توسط شاهی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، EDTA و NTA به‌طور مؤثری باعث افزایش غلظت سرب در محلول خاک می‌شوند. بیشترین مقدار سرب در شاخساره برابر 1075 میلی‌گرم در کیلوگرم و در غلظت 10 میلی‌مولار EDTA و بالاترین سطح آلودگی خاک بدست آمد. استفاده از کی‌لیت‌ها باعث افزایش ضریب استخراج گیاهی شد. بیشترین مقدار شاخص آبشویی کمپلکس‌های سرب از خاک (MLPI) برابر 0/87 بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهد گیاه شاهی می‌تواند به عنوان یک گیاه سرب‌اندوز در آلودگی‌زدایی خاک مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی‌زدایی خاک، استخراج گیاهی، سرب، شاهی، کی‌لیت

مقدمه

یکی از روش‌ها برای افزایش کارآیی استخراج گیاهی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، استفاده از عوامل کمپلکس کننده در خاک است. سرب به عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های فلزی و کم‌تحرک، عمدتاً در لایه‌های سطحی خاک تجمع می‌یابد. از کل مقدار سرب موجود در خاک، تنها بخش اندکی از آن وارد محلول خاک می‌شود. منتها همین مقدار کم نیز می‌تواند خطرات جدی به‌دنبال داشته باشد. از این‌رو، افزایش زیست فراهمی آن در خاک برای موفقیت پالایش گیاهی ضروری است. EDTA (اتیلن دی آمین تترا استیک اسید) به عنوان یکی از مهمترین کی‌لیت‌های سنتزی، از بهترین و ارزانترین عوامل کلات‌کننده[1] محسوب می‌شود (Blaylock, 1999). نتایج حاصل از پژوهش‌ها نشان داده است که EDTA در غلظت سه میلی‌مولار، غلظت سرب محلول در خاک را 23 برابر و جذب آن را توسط خردل هندی 26 برابر افزایش می‌دهد (Epstein et al., 1999). از جمله کی‌لیت‌های طبیعی دیگر می‌توان NTA (نیتریلو تری استیک اسید) را نام برد. این ترکیب به‌دلیل تجزیه پذیر بودن در محیط خاک، اثر سمیتی به مراتب کمتر از EDTA دارد. پژوهش‌ها نشان داده NTA در غلظت 4 میلی‌مولار، با افزایش 78 برابری در غلظت کادمیوم محلول، جذب آن را توسط خردل هندی 3 برابر بهبود بخشید (Evangelou et al., 2007). در حال حاضر مطالعات اندکی در مورد اثر کی‌لیت‌های طبیعی و سنتزی بر فراهمی سرب در خاک و افزایش کارآیی پالایش گیاهی آن انجام گرفته است. در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف EDTA و NTA بر فراهمی سرب در خاک و جذب و انتقال آن به شاخساره گیاه شاهی مورد بررسی قرار گرفت.

[1] Chelating Agents

مواد و روش‌ها

خاکی با بافت لومی شنی انتخاب و پس از عبور از الک 5 میلی‌متری، با غلظت‌های صفر، 100 و 800 میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک از منبع نیترات سرب آلوده گردید. پس از همگن نمودن، خاک وارد گلدان‌ها شد. به‌منظور ایجاد تعادل میان خاک و آلاینده، به مدت 40 روز در شرایط مناسب رطوبتی و حرارتی گلخانه قرار داده شد. تعداد 30 عدد بذر شاهی (*Barbara verna*) در هر گلدان کاشته شد. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها به تعداد 20 عدد در هر گلدان تنک شدند. در طول دوره رشد رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد. به منظور جلوگیری از تنش تغذیه‌ای، مقادیر مناسبی از کودهای پرمصرف و کم‌مصرف[2] به خاک اضافه شد. یک هفته قبل از برداشت گیاه، کی‌لیت‌ها شامل EDTA و NTA با غلظت‌های صفر، 5 و 10 میلی‌مولار به خاک اضافه شدند. گیاهان برداشت و پس از جدا نمودن ریشه و شاخساره، با روش اکسیداسیون تر غلظت سرب در عصاره‌های گیاهی و همچنین غلظت سرب محلول در خاک با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Gupta, 2000).

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش در جدول (1) ارائه شده است.

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش

متغیر اندازه گیری شده	واحد	مقدار
اسیدیته گل اشباع	–	7/65
هدایت الکتریکی	$dS\ m^{-1}$	0/81
ظرفیت تبادل کاتیونی	$cmol\ kg^{-1}$	14/3
سرب اولیه کل	$mg\ kg^{-1}$	10/5

مقادیر میانگین 3 تکرار را نشان می‌دهد

اثر کی‌لیت‌ها بر غلظت سرب محلول در خاک

بیشترین مقدار سرب محلول در خاک 671 میلی‌گرم در کیلوگرم در غلظت 10 میلی‌مولار EDTA و بالاترین سطح آلاینده در خاک بدست آمد. این مقدار در غلظت 5 میلی‌مولار EDTA، برابر 632 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. NTA نسبت به EDTA در افزایش غلظت سرب محلول تأثیر کمتری داشت. به طوریکه در غلظت‌های 5 و 10 میلی‌مولار آن، این افزایش به ترتیب 117 و 236 برابر شاهد بود (شکل 1، الف). این به‌دلیل وجود کمپلکس‌های قوی و پایدار میان EDTA و سرب (*Log K*=18/3) (Sillen and Martell, 1964)، پتانسیل تحرک بالای کمپلکس‌های EDTA-Pb در خاک (Luo et al., 2005) و خصوصیت زیست‌تجزیه‌پذیری NTA و مقاومت بالای EDTA نسبت به تجزیه در خاک است (Evangelou et al., 2007).

[2] Macro and Micro Nutrients

اثر کی‌لیت‌ها بر جذب سرب توسط گیاه

بیشترین غلظت سرب در شاخساره (42/3±) 1075 میلی‌گرم در کیلوگرم در سطح 800 میلی‌گرم در کیلوگرم آلاینده و در حضور غلظت 10 میلی‌مولار EDTA بدست آمد که 13 برابر شاهد (عدم حضور EDTA و NTA) افزایش نشان داد. در حالی‌که در غلظت 5 میلی‌مولار EDTA غلظت سرب شاخساره (32±) 728 میلی‌گرم در کیلوگرم (یعنی 9 برابر شاهد) بود. مقدار سرب انتقال یافته به شاخساره در غلظت‌های 5 و 10 میلی‌مولار NTA به ترتیب (26±) 455 و (29±) 550 میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. این مقدار جذب به ترتیب 5/7 و 6/8 برابر شاهد بود (شکل 1، ب). به نظر می‌رسد کمپلکس‌های EDTA-Pb نسبت به NTA-Pb تحرک بیشتری در مسیر آپوپلاستی دارند، لذا غلظت سرب در شاخساره در حضور EDTA بیشتر است.

اثر کی‌لیت‌ها بر ضریب استخراج گیاهی

این ضریب از نسبت غلظت فلز در شاخساره گیاه به غلظت باقی‌مانده فلز در خاک بدست می‌آید. در حضور کی‌لیت‌ها (بویژه EDTA)، مقدار ضریب استخراج بزرگتر از یک است. بیشترین مقادیر این ضریب برابر 4/4، 3/6 و 3/4 به ترتیب در غلظت-های 5 و 10 میلی‌مولار EDTA و 10 میلی‌مولار NTA و در سطح آلودگی 100 میلی‌گرم سرب در کیلوگرم خاک بدست آمد. در واقع، در حضور کی‌لیت‌ها، بویژه EDTA، انتقال کمپلکس‌های فلزی به اندام‌های هوایی گیاه تسهیل یافته و از رسوب و پیوند فلز بر دیواره و مکان‌های تبادلی آوند چوب جلوگیری می‌شود ((Dushencov et al., 1995; Romheld and Marschner, 1981).

اثر کی‌لیت‌ها بر آبشویی سرب از خاک

به منظور ارزیابی خطر آبشویی[3] کمپلکس‌های Pb-Chelate از خاک، شاخصی به صورت زیر تعریف می‌شود:

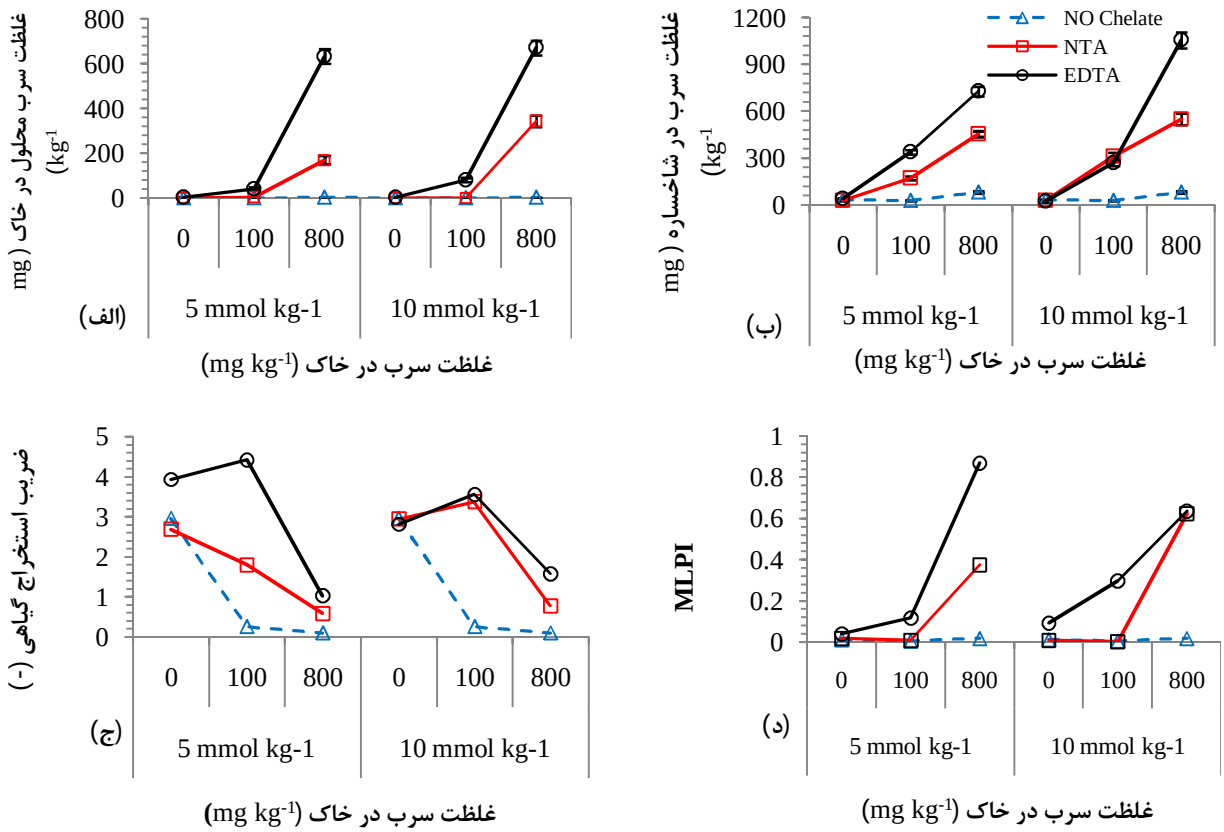
$$MLPI = \frac{C_{Soil}}{C_{Plant}}$$

که در آن، $MLPI$ شاخص پتانسیل آبشویی سرب از خاک[4] (بدون بعد)، C_{Plant} غلظت فلز در شاخساره گیاه (میلی‌گرم فلز بر کیلوگرم ماده خشک گیاهی) و C_{Soil} غلظت فلز در محلول خاک (میلی‌گرم فلز بر کیلوگرم خاک) می‌باشد. با افزایش غلظت سرب در خاک و کاربرد کی‌لیت‌ها، پتانسیل آبشویی سرب از خاک افزایش می‌یابد. این افزایش در حضور EDTA نسبت به NTA بیشتر است. بیشترین مقدار این شاخص برابر 0/87 در غلظت 5 میلی‌مولار EDTA و بالاترین سطح آلودگی خاک بدست آمد. در حالی‌که در حضور NTA، بیشترین مقدار این شاخص برابر 0/62 و در غلظت 10 میلی-مولار آن بدست آمد. بنابراین خطر آبشویی کمپلکس‌های Pb-EDTA از خاک بیشتر از کمپلکس‌های Pb-NTA است. این به‌دلیل زیست تجزیه‌پذیری اندک و ثابت پایداری بالای (Log K_S= 18/04) Pb-EDTA در خاک نسبت به Pb-NTA (Log K_S= 11/34) است (Sillen snd Martell, 1964).

[3] Leaching Risk
[4] Metal Leaching Potential Index

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد، استفاده از کی‌لیت‌ها موجب افزایش غلظت سرب محلول در خاک و بدنبال آن جذب توسط ریشه و انتقال آن به شاخساره شاهی می‌شود. در این موارد، EDTA و NTA به ترتیب بیشترین نقش را ایفا نمودند. به رغم مزایای استفاده از کی‌لیت‌ها در فناوری پالایش گیاهی، توجه به این نکته ضروری است که مصرف گونه‌های زیست تجزیه‌ناپذیر مانند EDTA، ممکن است باعث افزایش خطر آبشویی و انتقال فلزات سنگین به آبهای زیرزمینی شود. در این شرایط می‌توان از گونه‌های تجزیه‌پذیر مانند NTA استفاده نمود.



شکل 1- اثر سطوح مختلف سرب و کی‌لیت‌ها بر غلظت سرب محلول خاک، سرب شاخساره، ضریب استخراج گیاهی و شاخص آبشویی سرب (MLPI)

منابع

Blaylock M.J. 1999. Field demonstrations of phytoremediation of lead contaminated soils. In: phytoremediation of trace elements. G.S. Banuelos and N.E. Terry. (eds.). Ann Arbor Press. Ann Arbor, MI.

Dushencov V., Kumar, P.B.A.N., Motto, H., and Raskin, I. 1995. Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from agueous streams. Environmental Science and Technology. 29: 1239-1245.

Epstein A.L., Gussman C.D., Blaylock M.J., Yermiyahu U., Huang J.W., Kapulink Y., and Orser C.S. 1999. EDTA and Pb-EDTA accumulation in Brassica juncea grown in Pb-contaminated soil. Plant and Soil, 208: 87-94

Evangelou M., Ebel M., and Schaeffer A. 2007. Chelate assisted phytoextraction of heavy metals from soil. Effect, mechanism, toxicity and fate of chelating agents. Chemosphere, 68: 989-1003

Gupta P. K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer analysis. Agrobios. New Delhi, Indian. P. 438

Luo C., Shen Z., and Li X. 2005. Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. Chemosphere, 59: 1-11

Romheld V., and Marschner H. 1981. Effect of Fe stress on utilization of Fe chelates by efficient and inefficient plant species. Journal of Plant Nutrition, 3: 551-560

Sillen L.G., and Martell A.E. 1964. Stability constants of metal ion complexes. Special Publication No. 17. The Chemical Society. Londan.