

تأثیر تیمارهای مختلف و زمان بر کارایی حذف الکتروسینتیکی Zn، Cd و Pb از یک خاک آهکی آلوده

حسین بیرامی^{۱*}، محمد رضا نیشابوری^۲ و شاهین اوستان^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، آستاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، آستادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

مقدمه

آلاینده‌ها و از جمله فلزات سنگین با تجمع در خاک بر فرایندهای طبیعی آن تأثیر گذاشته و از طریق تجمع در محصولات کشاورزی، وارد چرخه غذایی حیوانات و انسان می‌گردند. اصلاح الکتروسینتیکی خاک به عنوان یک فناوری جدید که مبتنی بر پدیده مهاجرت یونی در خاکها تحت تأثیر یک میدان الکتریکی می‌باشد، در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است [۴]. بطور کلی الکتروسینتیک در برگیرنده سه فرایند مهاجرت الکتریکی یونی، الکترواسمز و الکتروفورز است. در سالهای اخیر محققان زیادی برای اصلاح آلودگی فلزات سنگین از روش مذکور استفاده نموده‌اند. ژوو و همکاران [۶] با استفاده از این روش توانستند ۶۵ و ۶۳ درصد روی و مس خاک را حذف نمایند. اوتوسن و همکاران [۵] نیز با این فناوری میزان Zn خاک را به ۱۳ درصد مقدار اولیه آن کاهش دادند. افزایش شدید pH خاک در سمت کاتد بعلت الکتروولیز آب که منجر به رسوب و کمپلکس شدن فلزات سنگین می‌شود از محدودیتهای روش الکتروسینتیکی بشمار می‌رود. از مواد شیمیایی متفاوتی برای رفع یا کاهش این محدودیت و برای افزایش کارایی حذف فلزات سنگین استفاده شده است. اهداف این تحقیق شامل بررسی (۱) افزایش کارایی روش اصلاح الکتروسینتیکی در حذف Zn، Cd و Pb با بکارگیری تیمارهای مختلف، (۲) تأثیر افزایش مدت زمان اعمال شدت جریان الکتریکی بر کارایی روش، (۳) تغییرات pH خاک و محلولهای مخازن کاتولیت و آنولیت در طی آزمایش.

مواد و روشها

یک خاک لوم رسی (Clay=۳۷٪، CEC=۲۴/۸ cmol_c kg⁻¹، CCE=۲۳٪) آلوده به فلزات Zn، Pb و Cd از مزرعه‌ای در مجاورت کارخانه سرب و روی زنجان نمونه برداری شده، پس از هواخشک شدن، از غربال ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ستونهای خاک از جنس PVC با قطر داخلی ۶/۲ سانتی‌متر و طول ۲۲ سانتی‌متر، با چگالی ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب از خاک پر شدند. در دو انتهای ستونها برای جلوگیری از خروج خاک فیلترهایی قرار داده شد. الکترودهای مورد استفاده در دو انتهای ستون، از جنس گرافیت با قطر ۶۲ میلی‌متر و ضخامت ۵ میلی‌متر به فاصله ۲۴ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. سه نوع محلول الکتروولیت آب مقطر (T₁)، اسید استیک ۰/۰۱ مولار (T₂)، EDTA ۰/۰۱ مولار (T₃) و سیستم‌های جابجایی آند (T₄) و جریان گردشی الکتروولیت (T₅) به عنوان تیمارهای آزمایشات الکتروسینتیکی بکار گرفته شدند. ستونهای خاک از دو انتها متصل به مخزنهای حاوی محلول کاتدی (کاتولیت) و آندی (آنولیت) بودند. برای برقراری جریان الکتریکی یک منبع تغذیه جریان مستقیم با اختلاف پتانسیل ۳۲ ولت بکار گرفته شد. ولتاژ و شدت جریان الکتریکی در بازه‌های زمانی ۲۴ ساعته بوسیله یک مولتی‌متر و pH مخازن کاتولیت و آنولیت توسط یک pH متر اندازه‌گیری شد. جریان الکتریکی در سه دوره زمانی ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ ساعت در ستونها برقرار شد. پس از این مدت، محلولهای موجود در مخزنهای کاتدی و آندی تخلیه شده و ستونهای خاک از سیستم جدا گشته و به قطعات ۲ سانتی‌متری برش داده شده و پس از هواخشک شدن با روش اسید نیتریک ۴ مولار [۷]، مقدار کل Zn، Cd و

Pb خاک استخراج و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همچنین برای ارزیابی تغییرات pH در طول ستون خاک مقادیر آن در قطعات برش داده شده اندازه‌گیری گردید.

نتایج و بحث:

مقادیر میانگین درصد حذف Zn، Cd و Pb از ستون خاک در جدول ۱ آورده شده است. میانگین مقدار حذف با افزایش زمان اعمال جریان الکتریکی در هر ۵ تیمار روند افزایشی داشت، دو تیمار EDTA و جابجائی آند دارای بیشترین میانگین درصد حذف بودند، بعد از آنها بترتیب تیمار جریان گردشی و اسید استیک و آب مقطر قرار داشتند. ایجاد کمپلکسهای محلول فلزات سنگین با EDTA، منجر به تحرک بیشتر و مهاجرت سریعتر آنها شده است. تیمار اسید استیک، کارایی حذف بالایی نداشت که دلیل این امر وجود درصد کربنات کلسیم معادل بالا در خاک می‌باشد. در تیمار جابجائی آند به علت انتقال منطقه تولید بار الکتریکی و پروتن به سمت کاتد، کارایی حذف افزایش یافت. تیمار جریان گردشی با کنترل pH مخازن آنولیت و کاتولیت افزایش کارایی حذف را در پی داشت. یافته‌های مشابهی در مورد تأثیرات EDTA در افزایش کارایی حذف فلزات سنگین و علل آن توسط کورنیلوویچ و همکاران [۳] گزارش شده است. pH خاک در طول ستون دارای روند افزایشی از سمت آند به کاتد است، که ناشی از الکترولیز آب و تولید یونهای H^+ و OH^- و انتقال این یونها از طریق مهاجرت یونی، الکترواسمز و انتشار یونی به سمت الکترودهای با بار مخالف است، چنین تغییرات pH مابین کاتد و آند می‌تواند موجب ممانعت از مهاجرت یونهای آلاینده شود [۱]، pH پایین در آند موجب حل شدن رسوبات Zn و واجذب شدن آن شده و برعکس pH بالا در کاتد سبب رسوب آن می‌گردد. در بررسی pH آنولیت و کاتولیت مشاهده شد که، pH آنولیت روند نزولی داشته و pH کاتولیت برعکس روند افزایشی داشت. چنین تغییراتی در pH کاتولیت و آنولیت توسط چانگ و کنگ [۲] نیز گزارش شده است.

جدول ۱- میانگین درصد حذف Zn، Cd و Pb از خاک در تیمارها و دوره‌های زمانی مختلف

فلز سنگین	مدت اعمال جریان الکتریکی (ساعت)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Zn	۱۲۰	۱۷/۸۶	۱۵/۰۸	۳۳/۱۷	۱۷/۹۳	۲۱/۹۰
	۲۴۰	۲۳/۵۷	۲۵/۴۴	۴۰/۰۹	۳۰/۶۵	۲۸/۹۸
	۳۶۰	۲۵/۲۴	۲۷/۲۳	۴۳/۹۰	۴۴/۸۷	۲۹/۰۵
Cd	۱۲۰	۲۱/۳۴	۲۲/۴۸	۳۱/۵۰	۱۶/۳۳	۱۶/۰۹
	۲۴۰	۲۴/۸۴	۲۸/۱۲	۳۴/۳۳	۲۲/۷۱	۲۰/۱۹
	۳۶۰	۲۶/۰۲	۲۹/۸۶	۳۷/۶۹	۳۲/۱۹	۲۷/۶۶
Pb	۱۲۰	۶/۳۹	۴/۷۹	۲۱/۸۵	۷/۸۳	۶/۴۸
	۲۴۰	۹/۸۲	۶/۰۴	۲۲/۲۴	۱۴/۳۹	۱۰/۶۷
	۳۶۰	۱۳/۸۹	۱۳/۰۵	۲۳/۶۹	۱۹/۴۲	۱۴/۴۸

منابع

- Altin, A., and Degirmenci, M. 2005. Lead (II) removal from natural soils by enhanced electrokinetic remediation. *Science of the Total Environment*. 337:1-10.
- Chung, H.I., and Kang, B.H. 1999. Lead removal from contaminated marine clay by electrokinetic soil decontamination. *Engineering Geology*. 53:139-150.

Kornilovich, B., Mishchuk, N., Abbruzzese, K., Pshinko, G., and Klishchenko, R. 2005. Enhanced electrokinetic remediation of metals-contaminated clay. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 265:114-123.

Lee, H.H., and Yang, J.W. 2000. A new method to control electrolytes pH by circulation system in electrokinetic soil remediation. *Journal of Hazardous Materials*. B77:227-240.

Ottosen, L.M., Hansen, H.K., Ribeiro, A.B., and Villumsen, A. 2001. Removal of Cu, Pb and Zn in an applied electric field in calcareous and non-calcareous soils. *Journal of Hazardous Materials*. B85:291-299.

Zhou, D.-M., Deng, C.-F., Alshwabkeh, A.N., and Cang, L. 2005-a. Effects of catholyte conditioning on electrokinetic extraction of copper from mine tailings. *Environment International*. 31:885 – 890.

Sposito, G., Lund, L.J. and Chang, A.C. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone fields soil amended with sewage sludge. 1. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:260-264.