



محور مقاله: شیمی خاک

سینتیک رهاسازی کادمیوم و مس با کاربرد جاذب‌های معدنی و نانو ذرات در خاک‌های گلخانه‌ای و زراعی

سمیه بهرامیان راغب^{۱*}، محسن جلالی^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان^۲ دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

امروزه به واسطه‌ی استفاده‌ی طولانی مدت از کودهای شیمیایی، و عملیات نامناسب آبیاری در اراضی کشاورزی، خاک‌ها با فلزات سنگین آلوده شده‌اند. بررسی سرعت رهاسازی فلزات از خاک‌ها جهت برنامه‌ریزی طولانی‌مدت تولید محصول، درحالی‌که کمترین اثر را بر محیط‌زیست داشته باشد، مهم است. در این مطالعه تاثیر جاذب‌های معدنی نظیر بنتونیت، زئولیت و نانوذرات اکسید تیتانیوم (TiO₂) و اکسید منیزیم (MgO) بر رهاسازی فلزات کادمیوم و مس در یک خاک گلخانه‌ای و یک خاک زراعی بررسی شد. بدین منظور خاک‌های مورد نظر ابتدا با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم و مس از نمک‌های کلریدی آن‌ها، آلوده و به مدت ۲ هفته انکوباسیون شدند. سپس یک هفته دیگر با جاذب‌های معدنی (۰/۵٪) و نانو ذرات (۰/۱٪) انکوباسیون شده و آزمایش‌های سینتیک رهاسازی در فواصل زمانی ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ ساعت با عصاره گیر کلرید کلسیم ۱۰ میلی‌مولار انجام شد. دامنه تغییرات کادمیوم و مس آزاد شده در خاک گلخانه‌ای به ترتیب ۶۶/۲-۱۷/۵، ۱/۹-۱/۳ درصد و در خاک زراعی به ترتیب ۷۸/۴-۱۰/۱، ۱۱/۵-۵/۹ درصد بود. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار تجمعی رهاسازی فلزات سنگین در خاک‌های مورد مطالعه، در تیمارهای حاوی نانو ذرات به طور قابل توجهی کمتر از تیمارهای حاوی جاذب‌های معدنی بود، که کاربرد آن‌ها تکنیک مناسب برای اصلاح خاک‌های آلوده می‌باشند.

کلمات کلیدی: سینتیک رهاسازی، بنتونیت، زئولیت، نانوذرات،

مقدمه

خاک‌های کشاورزی در قسمت‌های زیادی از دنیا به صورت جزئی تا متوسط به وسیله‌ی فلزات سنگین مثل کادمیوم، مس، روی، نیکل، کبالت، کروم، سرب و آرسنیک آلوده شده‌اند. این آلودگی می‌تواند به واسطه‌ی استفاده‌ی طولانی مدت از کودهای فسفوری، کاربرد لجن فاضلاب، فاضلاب‌های صنعتی و عملیات نامناسب آبیاری در اراضی کشاورزی باشد. فرآیندهای جذب و رهاسازی فلزات سنگین، نقش مهمی در جنبه‌های زیست محیطی آلودگی این فلزات، بازی کرده و از عوامل اصلی کنترل کننده تحرک آن‌ها در سیستم‌های طبیعی می‌باشند (Kolo و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی سرعت رهاسازی عناصر از خاک‌ها جهت برنامه‌ریزی طولانی‌مدت تولید محصول، درحالی‌که کمترین اثر را بر محیط‌زیست داشته باشد، مهم است. Jalali و Sajadi (۲۰۱۳)، سینتیک رهاسازی برخی عناصر سنگین را در تعدادی از خاک‌های آهکی، با استفاده از عصاره گیر های مختلف از جمله EDTA و CaCl₂ مورد مطالعه قرار دادند. Baker و Seneft (۲۰۰۰)، بیان نمودند که شدت و سرعت رهاسازی فلزات سنگین بر فراهمی و سمیت این عناصر در خاک بسیار مؤثر است. نتایج پژوهش‌های Ho و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی رهاسازی فلزات سنگین از خاک‌های گلخانه‌ای چین نشان داد که کاهش پی‌اچ خاک در شرایط گلخانه‌ای نسبت به خاک‌های زراعی، موجب افزایش سرعت رهاسازی اغلب فلزات سنگین در خاک‌های گلخانه‌ای نسبت به خاک‌های زراعی شد. استفاده از جاذب‌های معدنی نظیر بنتونیت و زئولیت امری است که در سال‌های اخیر به آن توجه شده است. در مطالعات مختلف تأثیر نانوذرات بر جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها از آب و خاک بررسی شده است (Han و همکاران، ۲۰۱۰؛ Taghipour و Jalali، ۲۰۱۵؛ Moharrami و Jalali، ۲۰۱۵). Engates و Shipley (۲۰۱۱) از نانوذرات اکسید تیتانیوم (TiO₂) برای حذف فلزات سنگین استفاده و گزارش نمودند که نانو ذرات، جاذب بسیار مؤثری در کاهش غلظت فلزات سنگین می‌باشند. مطالعات متعددی در رابطه با تاثیر جاذب‌های مختلف بر جذب فلزات سنگین صورت گرفته‌است ولی مطالعات انجام شده بر روی رهاسازی این فلزات تحت تأثیر جاذب‌های معدنی و نانوذرات اندک می‌باشد.

* ایمیل نویسنده مسئول: sb.ragheb 264@gmail.com



مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش یک نمونه خاک گلخانه‌ای واقع در شهرک گلخانه‌ای اسدآباد استان همدان، و یک نمونه خاک از مناطق زراعی اطراف شهرک گلخانه‌ای، هرکدام از خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متری) به روش نمونه برداری مرکب جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. تمامی آزمایش‌ها در دو تکرار انجام شدند. پس از هوا خشک شدن نمونه‌های خاک و عبور از الک ۲ میلی‌متر، بافت خاک به روش هیدرومتر تعیین شد. پی‌اچ و هدایت الکتریکی خاک‌ها در عصاره ۱:۵ خاک به آب تعیین گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم و ماده آلی خاک به روش استاندارد اندازه‌گیری شدند. برای آزمایش‌های سینتیک رهاسازی، ابتدا خاک‌های مورد نظر با مقدار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم و مس از نمک کلریدی آن‌ها، آلوده شدند. سپس نمونه خاک‌های آلوده شده به مدت ۲ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ظرفیت زراعی انکوباسیون شدند. به منظور بررسی تاثیر جاذب‌های معدنی و نانو ذرات بر رهاسازی فلزات سنگین، پس از اتمام دوره انکوباسیون، خاک‌ها به ترتیب با ۵ درصد وزنی بنتونیت و زئولیت، ۱ درصد وزنی نانو ذرات اکسید تیتانیوم (TiO_2) و اکسید منیزیم (MgO) تیمار شدند. همه‌ی خاک‌های تیمار شده و قسمتی از خاک آلوده شده، بدون هیچ تیماری به مدت ۱ هفته دیگر انکوباسیون شدند. سپس خاک‌ها در دمای آزمایشگاه به مدت چند روز کاملاً هوا خشک و کوبیده و برای انجام آزمایش‌های سینتیک آماده شدند. از هر یک از تیمارهای فوق، ۲ گرم خاک توزین و در لوله سانتیفریوژ ریخته شد (در دو تکرار). سپس ۲۰ میلی لیتر از محلول ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم به هر لوله سانتیفریوژ اضافه و نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت شیک شدند. نمونه‌ها پس از سانتیفریوژ شدن از کاغذ صافی عبور داده شدند. در پایان مرحله عصاره‌گیری، نمونه‌های خاک دور ریخته نشده و به صورت متوالی از محلول ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم به آن‌ها اضافه گردید و پس از ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ ساعت شیک و نمونه‌ها سانتیفریوژ شدند و صاف گردیدند. غلظت کادمیوم و مس در عصاره‌های به دست آمده از هر مرحله با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل واریان (Spectra AA-220-Varian) قرائت شد. پارامترهای سینتیک رهاسازی فلزات سنگین معادلات مرتبه اول، توانی، ایلوویج و انتشار پارابولیک به دست آمد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مطالعه شده در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به این جدول، دامنه پی‌اچ در هر دو خاک تقریباً خنثی بودند. هدایت الکتریکی خاک زراعی کمتر از خاک گلخانه‌ای بود. درصد ماده آلی خاک گلخانه‌ای بیشتر بود. مقدار تجمع کادمیوم و مس آزاد شده با استفاده از کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار به عنوان تابعی از زمان در خاک‌های گلخانه‌ای و زراعی در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که دامنه تغییرات کادمیوم آزاد شده در خاک گلخانه‌ای پس از ۱۲۰ ساعت از ۱۷۵/۷ تا ۶۶۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۷/۵ تا ۶۶/۲٪) و در خاک زراعی از ۱۰/۱۹ تا ۷۸۴/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۰/۱ تا ۷۸/۴٪) بود که در هر دو خاک کمترین مقدار رهاسازی مربوط به خاک تیمار شده با نانو ذرات MgO و بیشترین مقدار مربوط به خاک شاهد بود. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که کادمیوم توسط آنیون کلر، کمپلکس تشکیل می‌دهد. این کمپلکس حلالیت نسبتاً بالایی دارد و بنابراین در حضور عصاره‌گیر کلرید کلسیم رهاسازی کادمیوم در همه تیمارها افزایش نشان می‌دهد (McLaughlin و همکاران، ۱۹۹۷؛ Jalali و Khanlari، ۲۰۰۸). مقایسه مقدار رهاسازی همه تیمارها نیز نشان داد که در مقایسه با مس، کادمیوم کمترین مقاومت را نسبت به رهاسازی دارد. این نتایج بیان می‌کنند که کادمیوم نسبت به مس در مکان‌های جذبی ضعیف‌تر نگهداری می‌شود. بنابراین، تحرک و رهاسازی آن بیشتر است.

نتایج نشان می‌دهد که دامنه تغییرات مس آزاد شده در خاک گلخانه‌ای پس از ۱۲۰ ساعت از ۱۳/۴ تا ۱۹/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱/۳ تا ۱/۹٪) و در خاک زراعی از ۵/۹ تا ۱۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۰/۵ تا ۱/۱٪) متغیر بود. که در هر دو خاک کمترین مقدار رهاسازی مربوط به خاک تیمار شده با نانو ذرات TiO_2 و بیشترین مقدار مربوط به خاک شاهد بود. در بین نانو ذرات مورد مطالعه نیز MgO به طور معنی‌داری مقدار رهاسازی کادمیوم را نسبت به نمونه شاهد کاهش داد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که سرعت رهاسازی هر دو فلز توسط کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در هر دو خاک در ابتدا سریع و به تدریج کاهش یافته و پس از آن با سرعت کمتری دنبال شد. پژوهش‌ها نشان داده است که ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار رس مهمترین عواملی هستند که بر رهاسازی مس از خاک‌های آهکی ایران مؤثرند و رهاسازی مس از خاک‌ها یکی از مهمترین عوامل برای تعیین فراهمی مس از خاک‌های آهکی است.



پژوهش‌ها نشان داده است که ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار رس مهمترین عواملی هستند که بر رهاسازی مس از خاک‌های آهکی ایران مؤثرند و رهاسازی مس از خاک‌ها یکی از مهمترین عوامل برای تعیین فراهمی مس از خاک‌های آهکی است.

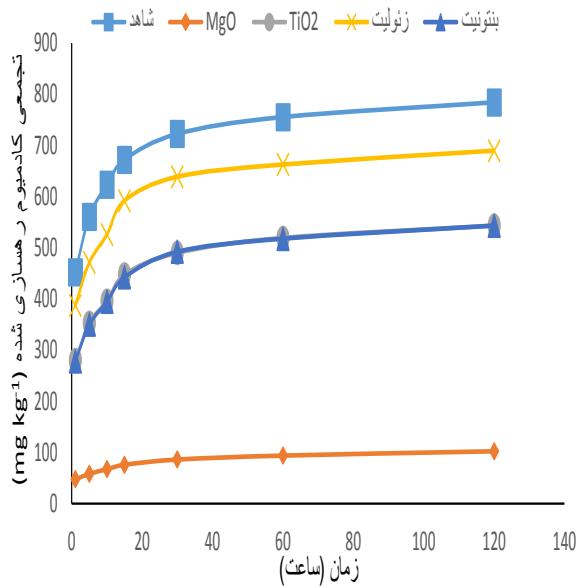
جدول ۱. برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها

کاربری	پی اچ	هدایت الکتریکی dS/m	ظرفیت تبادل کاتیونی meq/100g	کربنات کلسیم	ماده آلی %	رس %	سیلت	شن
گلخانه‌ای	۶/۹۳	۲/۳۴	۱۶/۹۲	۴۶/۰۰	۳/۳۶	۳۱/۵۰	۳۰/۰۰	۳۸/۵۰
زراعی	۷/۵۰	۰/۱۷	۱۸/۸۹	۴۳/۰۰	۲/۱۵	۳۷/۵۰	۴۲/۰۰	۲۰/۵۰

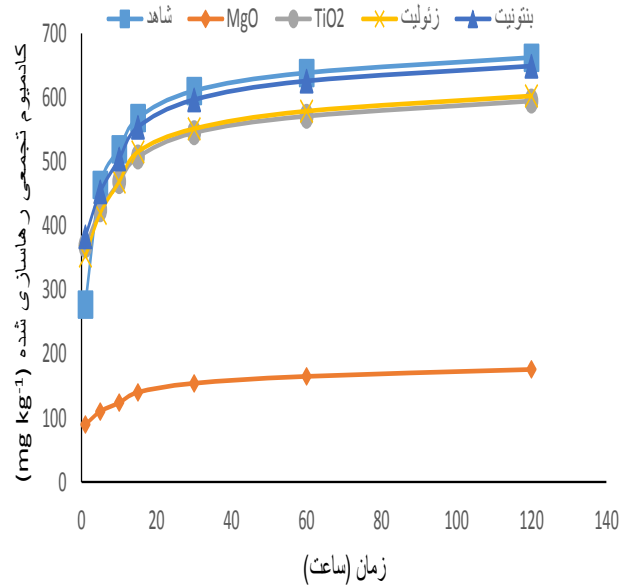
نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که مقدار تجمعی رهاسازی فلزات سنگین در خاک‌های مورد مطالعه، در تیمارهای حاوی نانو ذرات به طور قابل توجهی کمتر از تیمارهای حاوی جاذب‌های معدنی بود. به علت اندازه کوچک ذرات، سطح ویژه بزرگتر و فعالیت بالای گروه‌های سطحی نانو ذرات، این جاذب‌ها بهترین تکنیک برای اصلاح خاک‌های آلوده شده به فلزات سنگین می‌باشند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۱). بنتونیت با سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد (Mazzieri و همکاران، ۲۰۱۳) و هدایت هیدرولیکی کم (Guney و همکاران، ۲۰۱۴؛ Glatstein و Francisca، ۲۰۱۵)، به عنوان یک کانی مؤثر در جذب آلاینده‌ها و فلزات سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرد. Usman و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که بنتونیت ظرفیت جذب بیشتری برای فلزات سنگین در مقایسه با زئولیت داشته و تحرک فلزات سنگین را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. نتایج به دست آمده در این مطالعات با کادمیوم رها سازی شده در خاک زراعی هم راستا بود ولی با کادمیوم رها سازی شده خاک گلخانه‌ای و همچنین مس رها سازی شده در هر دو خاک مغایرت داشت. Anirudhan و همکاران (۲۰۱۲) بنتونیت را به عنوان ماده مؤثر در جذب مس، سرب و جیوه معرفی کردند. آن‌ها تشکیل کمپلکس و تبادل یونی را دو عامل مهم در جذب فلزات سنگین توسط بنتونیت بیان کردند. اما در این مطالعه مقدار مس رها سازی شده از خاک تیمار شده با بنتونیت بیشتر از خاک تیمار شده با زئولیت در هر دو کاربری زراعی و گلخانه‌ای بود. پارامترهای معادله‌های رها سازی مس و کادمیوم در خاک‌های مورد مطالعه بررسی شد. در این معادلات a عرض از مبدأ معادله، بیان‌کننده میزان رها سازی فلزات سنگین در زمان اولیه (میلی گرم بر کیلوگرم) و b شیب خط، نشان‌دهنده ثابت شدت رها سازی (میلی گرم بر کیلوگرم در ساعت) می‌باشند.

معادله مرتبه اول در مورد رها سازی کادمیوم، علی‌رغم داشتن ضریب تعیین بالا، به علت داشتن RMSE بالا در همه‌ی تیمارها بجز تیمار زئولیت در خاک زراعی، توصیف خوبی از رها سازی تجمعی در تیمارها ندارد. دامنه RMSE در این معادله بین ۳/۳-۵۴/۷ می‌باشد. ولی معادله ایلویج به علت داشتن مقدار ضریب تعیین بالا و RMSE پایین‌تر (۲/۸-۱۷/۸) در همه‌ی تیمارها بجز تیمار شاهد، در هر دو خاک گلخانه‌ای و زراعی، نسبت به سه معادله دیگر بهترین توصیف را از رها سازی کادمیوم داشت. با توجه به نتایج، معادله‌ی ایلویج به علت داشتن مقدار ضریب تعیین بالاتر و RMSE پایین‌تر (۰/۰۶-۰/۷۷) در همه‌ی تیمارها، نسبت به معادلات دیگر، بهترین توصیف را از رها سازی مس در هر دو خاک داشت.

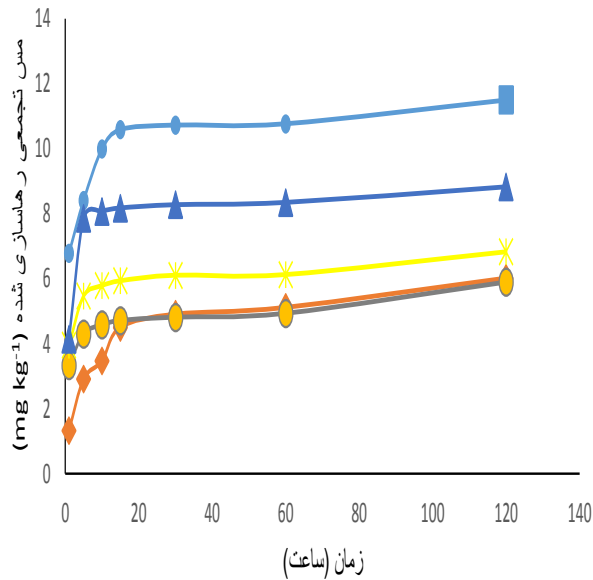
سینتیک رهاسازی کادمیوم در خاک زراعی



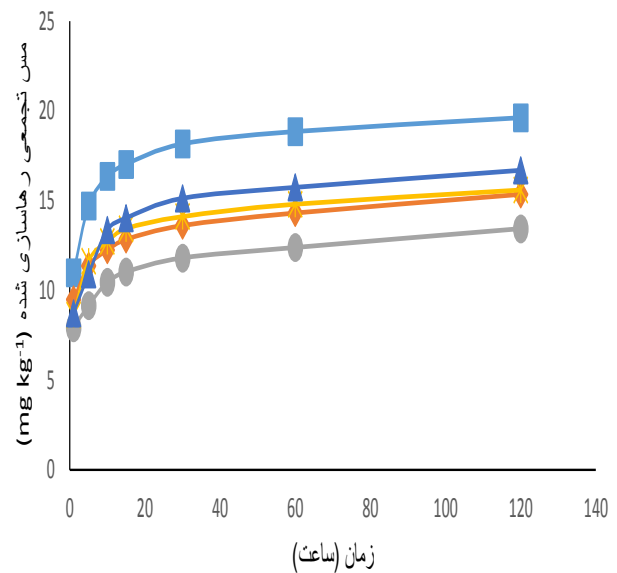
سینتیک رهاسازی کادمیوم در خاک گلخانه ای



سینتیک رهاسازی مس در خاک زراعی



سینتیک رهاسازی مس در خاک گلخانه ای



شکل ۱. رهاسازی کادمیوم و مس در طول زمان در تیمارهای مختلف



نتیجه گیری

سینتک رهاسازی کادمیوم و مس به صورت دو مرحله‌ای می‌باشد که علت آن رهاسازی این دو فلز از اجزای خاک با پیوند ضعیف‌تر در مرحله سریع اولیه و رهاسازی از اجزای با پیوند قوی‌تر در مرحله کند ثانویه می‌باشد. همچنین با گذشت زمان رهاسازی تجمعی این دو فلز در تمام تیمارها افزایش یافت و تیمارهای دارای نانو ذرات مقدار رهاسازی کمتری نسبت به خاک شاهد داشتند که این مساله به علت سطح ویژه‌ی بالای نانو ذرات می‌باشد که باعث جذب فلزات و در نتیجه ممانعت از رهاسازی آن‌ها می‌شوند. مقدار رهاسازی کادمیوم در هر دو خاک در تیمار نانو ذرات MgO کمتر از همه‌ی تیمارها بود ولی رهاسازی مس در هر دو خاک در تیمار نانو ذرات TiO₂ کمتر از همه‌ی تیمارها بود. نتایج ارزیابی ضرایب تشخیص معادله‌های سینتیکی در خاک‌های گلخانه‌ای و زراعی نشان داد که معادله‌ی ایلویج به علت داشتن مقدار ضریب تعیین بالاتر و RMSE پایین‌تر در همه‌ی تیمارها، نسبت به معادلات دیگر، بهترین توصیف را از رهاسازی کادمیوم و مس در همه‌ی تیمارها در هر دو خاک داشت.

منابع

- Anirudhan, T.S., Jalajamony, S. and Sreekumari, S.S. 2012. Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by amine and carboxylate functionalized bentonites. *Applied Clay Science*, 65, 67-71.
- Baker, L., Seneft, N. 2000. Complexation with dissolved organic matter and solubility control of heavy metals in soil. *Environmental Science and Technology*, 36, 4804-4810.
- Engates, K.E. and Shipley, H.J. 2011. Adsorption of Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni to titanium dioxide nanoparticles: effect of particle size, solid concentration, and exhaustion. *Environmental Science and Pollution Research*, 18, 386-395.
- Glatstein, D.A. and Francisca, F.M. 2015. Influence of pH and ionic strength on Cd, Cu and Pb removal from water by adsorption in Na-bentonite. *Applied Clay Science*, 118, 61-67.
- Guney, Y., Cetin, B., Aydılek, A.H., Tanyu, B.F. and Koparal, S. 2014. Utilization of sepiolite materials as a bottom liner material in solid waste landfills. *Waste Management*, 34, 112-124.
- Han, D.S., Abdel-Wahab, A. and Batchelor, B. 2010. Surface complexation modeling of arsenic (III) and arsenic (V) adsorption onto nanoporous titania adsorbents (NTAs). *Journal of Colloid and Interface Science*, 348, 591-599.
- Ho, Y. S., McKay, G. 2005. The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat. *Water Research*, 34, 735-742.
- Jalali, M. and Khanlari, Z.V. 2008. Environmental contamination of Zn, Cd, Ni, Cu, and Pb from industrial areas in Hamadan Province, western Iran. *Environmental Geology*, 55, 1537-1543.
- Jalali, M. and Sajadi Tabar, S. 2013. Kinetic extractions of nickel and lead from some contaminated calcareous soils. *Soil Sediment Contam*, 22, 56-71.
- Kolo, Y. S., Wase, D. J., Forster, C. F. 2007. Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum moss peat. *Environmental Science and Technology*, 17, 71-77.
- Mazzieri, F., Di Emidio, G., Fratolocchi, E., Di Sante, M. and Pasqualini, E. 2013. Permeation of two GCLs with an acidic metal-rich synthetic leachate. *Geotext Geomembranes*, 40, 1-110
- McLaughlin, M.J., Maier, N.A., Rayment, G.E., Sparrow, L.A., Berg, G., McKay, A., Milham, P., Merry, R.H. and Smart, M.K. 1997. Cadmium in Australian potato tubers and soils. *Journal of Environmental Quality*, 26, 1644-1649.
- Moharrami, S. and Jalali, M. 2015. Effect of time on the sorption and distribution of phosphorus in treated soil with minerals and nanoparticles. *Environmental Earth Science*, 73, 8599-8608.
- Taghipour, M. and Jalali, M. 2015. Effect of nanoparticles on kinetics release and fractionation of phosphorus. *Journal of Hazardous Materials*, 283, 359-370.
- Usman, A., Kuzyakov, Y. and Stahr, K. 2005. Effect of clay minerals on immobilization of heavy metals and microbial activity in a sewage sludge-contaminated soil. *Journal of Soils and Sediments*, 5, 245-252.
- Xu, D., Xu, X.L., Tan, X.L., Chen, C.L. and Wang, X.K. 2008. Adsorption of Pb (II) from aqueous solution to MX-80 bentonite: effect of pH, ionic strength, foreign ions and temperature. *Applied Clay Science*, 41, 37-46.
- Zhao, G., Li, J., Ren, X., Chen, C. and Wang, X. 2011. Few-layered graphene oxide nanosheets as superior sorbents for heavy metal ion pollution management. *Environmental Science and Technology*, 45, 454-462.



16th Iranian Soil Science Congress

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



Topic for submission: Soil Chemistry

Kinetics of cadmium and copper release by application of mineral adsorbents and nanoparticles in greenhouse and field soils.

Bahramian Ragheb^{*1}, S., Jalali², M.

¹ M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Bu-Ali Sina, Iran

² Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Bu-Ali Sina, Iran

Abstract

Today, soils are contaminated with heavy metals due to the long-term use of chemical fertilizers and inappropriate irrigation operations in agricultural lands. The study of the rate of heavy metal release from soils is important for long-term planning of crop production, while it has the least impact on the environment. In this study, the effect of mineral adsorbents such as bentonite, zeolite, titanium oxide and magnesium oxide nanoparticle on the release of cadmium (Cd) and copper (Cu) in greenhouse and field soils were investigated. For this purpose, the soils were first incubated with 1000 mg/kg of Cd and Cu of their chloride salts for two weeks. Then, they were incubated another week with minerals and nanoparticles. The release experiments were conducted at 1, 5, 10, 15, 30, 60 and 120 hours intervals using 10 mM calcium chloride. The range of Cd and Cu released in greenhouse soil was 17.5_ 66.2%, 1.3_1.9% and in the field soil was 10.1 - 78.4%, 5.9 - 11.5%, respectively. The results of this study showed that the cumulative amount of heavy metal released in soils was considerably less in treatments containing nanoparticles than mineral fertilizers and their application is a good technique for the immobilization heavy metals in contaminated soils.

Keywords: Release kinetics, bentonite, zeolite, nanoparticles.

* Corresponding author, Email: sb.ragheb 264@gmail.com