



محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

مقایسه کارایی نانو اکسیدهای آهن خالص و تثبیت شده با کربوکسی متیل سلولز در غیر متحرک سازی سرب در یک خاک آلوده

سولماز بی دست<sup>۱\*</sup>، احمد گلچین<sup>۲</sup>، احمد بایوردی<sup>۳</sup>، عباسعلی زمانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

<sup>۳</sup> استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، خسرشهر،

ایران

<sup>۴</sup> دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

چکیده

جذب سطحی فلزات سنگین به وسیله نانوذرات اکسیدهای فلزی یک تکنولوژی سازگار با محیط زیست است که در سالهای اخیر به عنوان یک روش مؤثر برای کاهش اثرات سوء فلزات سنگین مورد استفاده قرار می گیرد. ولی این نانوذرات در خاک تجمع نموده و از سطح تماس آنها با خاک کاسته شده و کارایی آنها پایین می آید. برای جلوگیری از تجمع نانوذرات و بهبود قابلیت تماس آنها با خاک، تکنیکهای تثبیت ذرات در دهه گذشته توسعه یافته است. لذا پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر نانوذرات اکسیدهای آهن خالص و تثبیت شده با کربوکسی متیل سلولز (CMC) بر غیر متحرک کردن سرب در یک خاک آلوده انجام گرفته است. بدین منظور نانوذرات گوتیت، هماتیت و مگنتیت بصورت خالص و تثبیت شده با CMC در سطح ۰/۲۵ درصد وزنی بر مبنای اکسید آهن به یک نمونه خاک آلوده به سرب اضافه گردیدند و یک تیمار شاهد نیز لحاظ گردید. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد جاذبها در خاک باعث کاهش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA (DTPA-Pb) گردید، به طوری که نانو اکسیدهای آهن تثبیت شده با CMC کارایی بالاتری در غیر متحرک کردن سرب نسبت به نانو اکسیدهای آهن خالص داشتند. کاربرد نانوذرات مگنتیت تثبیت شده با CMC غلظت DTPA-Pb را بیشتر از سایر جاذبها کاهش داد. میزان کاهش DTPA-Pb با کاربرد ۰/۲۵ درصد وزنی جاذبهای مگنتیت، گوتیت و هماتیت تثبیت شده و مگنتیت، گوتیت و هماتیت خالص بترتیب برابر با ۳۴/۴، ۲۶/۲، ۱۶/۳، ۱۹/۵، ۱۰/۸ و ۹/۲ درصد بود. نتایج این تحقیق نشان می دهد که تثبیت نانو اکسیدهای آهن با CMC باعث افزایش کارایی آنها در غیر متحرک کردن سرب در خاک می شود.

کلمات کلیدی: نانوکامپوزیت، کربوکسی متیل سلولز، اکسیدهای آهن

مقدمه

خاکهای کشاورزی معمولاً توسط فلزات سنگینی مانند سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، روی (Zn) و مس (Cu) آلوده می شوند که برای گیاهان قابل جذب هستند (Lin et al., 2012). تجمع بیش از حد فلزات سنگین در خاک می تواند اثرات مخربی بر حاصلخیزی آن، کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت انسان و حیوان داشته باشد. فلزات سنگین توسط موجودات خاک مورد تجزیه قرار نمی گیرند و می توانند برای مدت های طولانی در خاک باقی بمانند. بهمین دلیل توجه بیشتری به کاهش قابلیت تحرک و زیست فراهمی آنها برای حفظ امنیت غذایی و سلامت انسان معطوف شده است (Bolan et al., 2014). محققان زیادی از نانوذرات اکسیدهای فلزی برای کاهش دسترسی زیستی و تثبیت فلزات سنگین در خاک و آب استفاده نموده اند. در بین نانوذرات اکسیدهای فلزی، نانوذرات اکسیدهای آهن به دلیل فراوانی، غیر سمی بودن، واکنش پذیری بالا و توانایی زیاد در جذب آلاینده ها و همچنین غیر متحرک کردن فلزات سنگین بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند (Kanel et al., 2005). شفاعی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر نانوذرات و میکروذرات آهن صفر ظرفیتی و هماتیت را بر فراهمی فلزات نیکل، روی، کادمیوم و سرب در یک خاک آهکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که غلظت فلزات سنگین قابل استخراج با DTPA در خاک تیمار شده با آهن صفر ظرفیتی نسبت به خاک شاهد به طور معنی داری کمتر بود.

نانوذرات خالص تمایل دارند به سرعت به صورت خوشه های با اندازه میکرونی یا میلی متری تجمع کنند، بنابراین واکنش پذیری و تماس آنها با خاک کاهش می یابد (He et al., 2005; Tratnyek et al., 2011). ولی نانوذراتی که به طور مناسب تثبیت می شوند می توانند به طور مستقیم به مکان های آلوده، جایی که غیر قابل دسترس برای فناوری های معمولی است منتقل شوند (He et al., 2010). تثبیت کننده ها می توانند اندازه،

\* ایمیل نویسنده مسئول: solmazbidast@yahoo.com

واکنش پذیری و انتقال نانوذرات را کنترل کنند. پلی ساکاریدهایی مانند سلولز و کیتوسان و مشتقات آنها بعنوان تثبیت کننده نانوذرات اکسیدهای فلزی به کار می‌روند و این تثبیت کننده‌ها برای کاربرد درجا مناسب هستند (He and Zhao, 2005; He et al., 2007; Xu He and Zhao, 2007; Jiang et al., 2009; An et al., 2010; He et al., 2010; An et al., 2011; An and Zhao, 2012; Han et and Zhao, 2007; al., 2015). پژوهشگران زیادی از نانوذرات تثبیت شده با CMC برای غیرمتحرک کردن و کاهش دسترسی زیستی فلزات سنگین در آب در مقیاس آزمایشگاهی و مزرعه‌ای استفاده نموده‌اند. لیانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اثرات ذرات مگنتیت تثبیت شده و تثبیت نشده با نشاسته و CMC را برای حذف As(V) از آب مقایسه کردند. آنها مشاهده کردند ظرفیت جذب As(V) در محدوده pH ۳ تا ۱۱ بصورت زیر بود: مگنتیت تثبیت شده با نشاسته << مگنتیت تثبیت شده با CMC < مگنتیت خالص. ژو و ژائو (۲۰۰۷) برای غیرمتحرک کردن کروم از نانوذرات آهن صفر تثبیت شده با سدیم کربوکسی متیل سلولز استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که نانوذرات آهن صفر ظرفیتی تثبیت شده با سدیم کربوکسی متیل سلولز در مقایسه با نانوذرات آهن صفر ظرفیتی خالص واکنش پذیری بیشتری برای غیر متحرک کردن کروم از خود نشان دادند. اگرچه مطالعات زیادی در خصوص کاربرد نانوذرات اکسیدهای فلزی برای غیرمتحرک کردن فلزات سنگین در خاک صورت گرفته است (Xu and Zhao, 2007; Zhang et al., 2010) ولی کارایی نانوذرات اکسیدهای آهن خالص و تثبیت شده با CMC در غیرمتحرک کردن سرب در خاک مورد مقایسه قرار نگرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارایی نانو اکسیدهای آهن خالص و تثبیت شده با CMC در کاهش تحرک سرب انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، یک نمونه خاک مرکب از مزرعه‌ای به وسعت ۵ هکتار و از عمق ۲۰-۰ سانتی متری در منطقه انگوران شهرستان دندی در پاییز سال ۱۳۹۷ تهیه شد. منطقه دندی، واقع در ۹۰ کیلومتری غرب استان زنجان از مناطق غنی و دارای پراکندگی فراوان معادن سرب و روی کشور است، که عملیات استخراج، تغلیظ و حمل و نقل مواد معدنی در آن به شدت انجام می‌گیرد. نمونه خاک در هوای آزاد خشک و پس از گذراندن شدن از الک ۲ میلی متری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از قبیل pH در عصاره گل اشباع، EC در عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر با روش‌های معمول در مؤسسه‌ی تحقیقات خاک و آب (علی احیائی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲)، درصد کربن آلی خاک به روش والکل و بلک (Page et al., 1982)، درصد کربنات کلسیم معادل با روش کلسیمتری (Nelson, 1982)، CEC (Bower, 1966)، سرب قابل جذب با DTPA (Lindsay and Norvell, 1978) و غلظت سرب کل با روش هضم توسط اسیدنیتریک ۴ مولار (Sposito et al., 1982) تعیین گردیدند. نمونه‌های ۳ کیلوگرمی خاک آلوده به گلدان‌ها منتقل گردیدند. سپس نانوذرات گوتیت، همتایت و مگنتیت خالص و تثبیت شده با CMC در سطح ۰/۲۵ درصد وزنی بر مبنای اکسید آهن به خاک آلوده اضافه و همگن گردیدند و یک تیمار شاهد (بدون جاذب) لحاظ گردید. برای تهیه نانو اکسیدهای آهن تثبیت شده با CMC این نانو اکسیدها با نسبت‌های ۴۲/۸۵، ۴۱/۵ و ۴۷/۶۷ درصد با CMC مخلوط و پس از التراسوند کردن آنها، نمونه‌ها در آون خشک گردیدند. سپس نمونه‌های تیمار شده با نانوذرات اکسیدهای آهن به مدت سه ماه در رطوبت ظرفیت مزرعه در محیط گلخانه و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از گذشت سه ماه از خوابانیدن نمونه‌های تیمار شده و هوا خشک کردن آنها، غلظت سرب قابل استخراج با DTPA در نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. تحلیل‌های آماری داده‌های بدست آمده از آزمایش توسط نرم افزار SAS و بصورت یک آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل نوع جاذب (همتایت، گوتیت و مگنتیت خالص و تثبیت شده با CMC) بودند که به مقدار ۰/۲۵ درصد وزنی و در سه تکرار اعمال گردیدند. مقایسه میانگین‌های تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول (۱) ارائه گردیده است. نتایج حاصل از تجزیه خاک نشان می‌دهد که بافت خاک مورد مطالعه رسی لومی، مقدار کربن آلی آن ۰/۵ درصد و غلظت DTPA-Pb و کل بترتیب برابر ۴۳/۲ و ۳۹۱/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. حد استاندارد سرب بر اساس گزارش (EPA) Environmental protection agency (۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام شده است که با توجه به غلظت کل سرب، این خاک آلوده در نظر گرفته می‌شود.

<sup>1</sup> Liang

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

غلظت سرب قابل استخراج با DTPA	غلظت سرب کل	فسفر	نیترژن	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	CEC	EC	pH	بافت خاک
میلی گرم بر کیلوگرم				درصد		Cmolc/Kg	(dS/m)		رسی لومی
۴۳/۲	۳۹۱/۱۵	۱۸/۷۵	۰/۰۵	۱۲/۷۵	۰/۵	۱۵	۰/۹۷	۷/۳۶	

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر نوع جاذب بر غلظت DTPA-Pb در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که به‌طور کلی بین تیمارهای مختلف نانوآکسید آهن و شاهد از لحاظ مقدار DTPA-Pb اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف نانوآکسید آهن خالص و تثبیت‌شده نیز از لحاظ مقدار DTPA-Pb اختلاف معنی‌دار وجود داشت.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر نوع جاذب بر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
نوع جاذب	۶	۹۱/۸۸**
ضرب تغییرات	۱۴	۴/۶۹

\*\* معنی‌دار در سطح پنج درصد

بیشترین غلظت سرب قابل دسترس مربوط به تیمار شاهد (بدون جاذب) و کمترین غلظت آن مربوط به تیمار مگنتیت تثبیت‌شده با CMC بود (شکل ۱). با توجه به نتایج، نانوذرات مگنتیت خالص نسبت به گوتیت و هماتیت خالص و هم‌چنین مگنتیت تثبیت‌شده نسبت به گوتیت و هماتیت تثبیت‌شده کارایی بیشتری در غیر متحرک کردن سرب داشتند. مقادیر DTPA-Pb در تیمارهای مگنتیت خالص و تثبیت‌شده با CMC بترتیب ۳۹/۰۵ و ۳۱/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند که نسبت به تیمار شاهد (۴۸/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بطور معنی‌داری کمتر بودند. میزان کاهش غلظت DTPA-Pb با کاربرد ۰/۲۵ درصد وزنی مگنتیت خالص و تثبیت‌شده نسبت به تیمار شاهد بترتیب برابر با ۱۹/۵ و ۳۴/۴ درصد بود که نشان‌دهنده کارایی بیشتر مگنتیت تثبیت‌شده با CMC در کاهش غلظت سرب خاک می‌باشد. تفاوت این دو تیمار در کاهش غلظت سرب خاک حدود ۱۴/۹ درصد بود. میزان کاهش غلظت DTPA-Pb با کاربرد ۰/۲۵ درصد وزنی جاذب‌های مگنتیت، گوتیت و هماتیت تثبیت‌شده و مگنتیت، گوتیت و هماتیت خالص بترتیب برابر با ۳۴/۴، ۲۶/۲، ۱۶/۳، ۱۹/۵، ۱۰/۸ و ۹/۲ درصد بود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بطور کلی نانوذرات مگنتیت در کاهش غلظت DTPA-Pb مؤثرتر از گوتیت و هماتیت بوده و نانوذرات تثبیت‌شده با CMC مؤثرتر از نوع خالص مشابه می‌باشند.

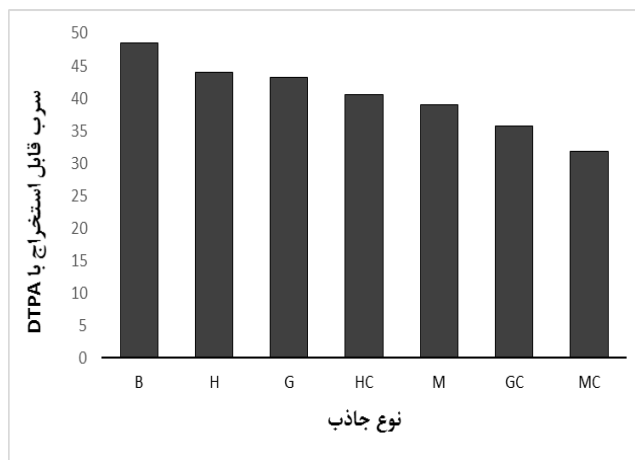
جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثر نوع جاذب بر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA

عامل	غلظت سرب قابل استخراج با DTPA
B	۴۸/۵۱ <sup>a</sup>
H	۴۴ <sup>b</sup>
G	۴۳/۲۳ <sup>bc</sup>
M	۳۹/۰۵ <sup>de</sup>
HC	۴۰/۵۶ <sup>cd</sup>
GC	۳۵/۷۷ <sup>e</sup>
MC	۳۱/۸۱ <sup>f</sup>

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنادار ندارند.

B: شاهد، M: مگنتیت، H: هماتیت، G: گوتیت، HC: هماتیت تثبیت‌شده با CMC، GC: گوتیت تثبیت‌شده با CMC، MC: مگنتیت تثبیت‌شده با CMC

پوشش‌دار کردن سطح نانوآکسیدهای آهن با CMC احتمالاً باعث جلوگیری از هم‌آوری این ذرات در خاک می‌شود که این امر باعث بهبود انتقال و توزیع آنها در خاک می‌گردد و باعث می‌شود که نانوذرات سطح بیشتری را در معرض جذب سرب قرار بدهند. پان‌او همکاران (۲۰۱۰) نیز اذعان داشتند که مگنتیت تثبیت‌شده با CMC بصورت ذرات جدا از هم و کاملاً پراکنده در خاک وجود داشت. لیانگ‌او همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کردند که کاربرد CMC بهمراه مگنتیت باعث ایجاد یک کامپوزیت با اندازه کوچک و با سطوح دارای بار منفی زیاد شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که CMC با افزایش بار منفی سطح نانوآکسیدهای آهن باعث افزایش جذب Pb می‌گردد. لیو و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که تثبیت‌کننده‌هایی مانند نشاسته و CMC، سازگار با محیط زیست هستند و نسبت به تجزیه بیولوژیکی و هیدرولیز مستعد می‌باشند و می‌توانند در طول چند هفته تجزیه شده و جدا شدن آنها از نانوذرات باعث غیرمتحرک شدن نانوذرات و فلزات سنگین جذب شده بر روی سطح آنها می‌شود.



شکل ۱. تأثیر نوع جاذب بر غلظت سرب قابل استخراج با DTPA

B: شاهد، M: مگنتیت، H: هماتیت، G: گوتیت، HC: هماتیت تثبیت شده با CMC، GC: گوتیت تثبیت شده با CMC، MC: مگنتیت تثبیت شده با CMC

### نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کاربرد نانوآکسیدهای آهن خالص و تثبیت شده با CMC می‌تواند غلظت سرب قابل استخراج با DTPA را در خاک کاهش دهد و بکارگیری CMC برای تثبیت کردن نانوآکسیدهای آهن کارایی آنها را در کاهش غلظت سرب قابل استخراج با DTPA افزایش می‌دهد. همچنین نانوذرات مگنتیت خالص و تثبیت شده با CMC نسبت به نانوذرات هماتیت و گوتیت خالص و تثبیت شده با CMC در کاهش غلظت سرب خاک برتری داشتند.

### منابع

شفاعی ش، فتوت ا و خراسانی ر، ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر نانوذرات آهن صفر ظرفیتی و اکسیدهای آهن بر فراهمی فلزات سنگین در یک خاک آهکی، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶ (۳): ۵۹۶-۵۸۶.

An, B., Fu, Z., Xiong, Z., Zhao, D., SenGupta, A.K. 2010. Synthesis and characterization of a new class of polymeric ligand exchangers for selective removal of arsenate from drinking water Reactive and Functional Polymers 70:497-507.

An, B., Liang, Q., Zhao, D. 2011. Removal of arsenic (V) from spent ion exchange brine using a new class of starch-bridged magnetite nanoparticles Water Research 45:1961-1972

An, B., Zhao, D. 2012. Immobilization of As (III) in soil and groundwater using a new class of polysaccharide stabilized Fe-Mn oxide nanoparticles Journal of Hazardous Materials 211:332-341.

<sup>2</sup> Pan

<sup>3</sup> Liang



- Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K. 2014. Remediation of heavy metal (loid) s contaminated soils—to mobilize or to immobilize? *Journal of Hazardous Materials* 266:141-166.
- Bower, C.A. and Hatcher, J.T.1966. Simultaneous determination surface area and cation exchange capacity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30:527-527.
- Han, B., Zhang, M., Zhao, D., Feng, Y. 2015. Degradation of aqueous and soil-sorbed estradiol using a new class of stabilized manganese oxide nanoparticles *Water Research* 70:288-299.
- He, F., Zhao, D. 2005. Preparation and characterization of a new class of starch-stabilized bimetallic nanoparticles for degradation of chlorinated hydrocarbons in water *Environmental science & technology* 39:3314-3320.
- He, F., Zhao, D., Paul, C. 2010. Field assessment of carboxymethyl cellulose stabilized iron nanoparticles for in situ destruction of chlorinated solvents in source zones *Water Research* 44:2360-2370.
- Jiang, W., Mashayekhi, H., Xing, B. 2009. Bacterial toxicity comparison between nano-and micro-scaled oxide particles *Environmental pollution* 157:1619-1625.
- Kanel, S.R., Manning, B., Charlet, L., Choi, H. 2005. Removal of arsenic (III) from groundwater by nanoscale zero-valent iron *Environmental science & technology* 39:1291-1298.
- Liang, Q., Zhao, D., Qian, T., Freeland, K., Feng, Y. 2012. Effects of stabilizers and water chemistry on arsenate sorption by polysaccharide-stabilized magnetite nanoparticles *Industrial & Engineering Chemistry Research* 51:2407-2418.
- Lin, L., Zhou, W., Dai, H., Cao, F., Zhang, G., Wu, F. 2012. Selenium reduces cadmium uptake and mitigates cadmium toxicity in rice *Journal of Hazardous Materials* 235:343-351.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper 1. *Soil Science Society of America Journal.* 42(3), 421-428.
- Liu, W., Tian, SH., Zhao, X., Xie, W., Gong, Y., Zhao, D., 2015. Application of Stabilized Nanoparticles for In Situ Remediation of Metal-Contaminated Soil and Groundwater: a Critical Review. *Current Pollution Reports.* 1:280-291.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum, P 181-196. In: Page, A.L. (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2nd ed. Chemical and microbiological properties. *Agron. Monogr.* 9. SSSA and ASA, Madison, WI.
- Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical microbiological properties.* American Society of Agronomy, Inc, Soil Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Pan, G., Li, L., Zhao, D., Chen, H. 2010. Immobilization of non-point phosphorus using stabilized magnetite nanoparticles with enhanced transportability and reactivity in soils *Environmental Pollution* 158:35-40.
- Sposito, G., Lund, L., Chang, A., 1982. Trace Metal Chemistry in Arid-zone Field Soils Amended with Sewage Sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid Phases 1. *Soil Science Society of America Journal* 46(2), 260-264.
- Tratnyek, P.G., Salter-Blanc, A.J., Nurmi, J.T., Amonette, J.E., Liu, J., Wang, C., Dohnalkova, A., Baer, D.R. 2011. Reactivity of zerovalent metals in aquatic media: Effects of organic surface coatings. In: *Aquatic Redox Chemistry.* ACS Publications, pp 381-406.
- Xu, Y., Zhao, D. 2007. Reductive immobilization of chromate in water and soil using stabilized iron nanoparticles *Water Research* 41:2101-2108.
- Zhang, M-K., Liu, Z-Y., Wang, H. 2010. Use of single extraction methods to predict bioavailability of heavy metals in polluted soils to rice *Communications in soil science and plant analysis* 41:820-831.



## Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

### Comparison of the efficiency of non-stabilized and carboxymethylcellulose stabilized iron oxide nanoparticles in immobilization of Pb in a contaminated soil

Bidast<sup>\*1</sup>, S., Golchin<sup>2</sup>, A., Baybordi, A. <sup>3</sup> Zamani A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

<sup>2</sup> Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Soil and Water Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

<sup>4</sup> Associate prof. Department of Environmental Science, Faculty of Science, University of Zanjan, Iran

#### Abstract

Adsorption of heavy metals by nanoparticles of metal oxides is an environmentally friendly technology that has been used in recent years as an effective way to reduce the adverse effects of heavy metals. However, aggregation of nanoparticles in soil reduces the surface area of nanoparticles that will be in contact with soil, decreasing the effectiveness of nanoparticles. To prevent the aggregation of nanoparticles in soil and to improve their contact with soil, particle stabilization techniques have been developed over the past decade. Therefore, the present study aimed to compare the effects of non-stabilized iron oxide nanoparticles and iron oxide nanoparticles stabilized with carboxymethylcellulose (CMC) on immobilization of Pb in a contaminated soil. For this purpose, non-stabilized and CMC stabilized nanoparticles of goethite, hematite and magnetite were added to a Pb-contaminated soil at a rate of 0.25% w/w (based on iron oxide) and a control treatment was also included. The results indicated that the application of non-stabilized and CMC stabilized nanoparticles of iron oxides reduced the concentration of DTPA-Pb, and CMC-stabilized nanoparticles of iron oxides had higher efficiencies in immobilization of DTPA-Pb than the non-stabilized nanoparticles of iron oxides. Application of CMC-stabilized magnetite nanoparticles reduced the concentration of DTPA-Pb more than the other adsorbents. The amount of reduction in the concentration of DTPA-Pb by the application of 0.25% w/w of CMC-stabilized and non-stabilized magnetite, goethite and hematite were 34.4, 26.2, 16.3, 19.5, 10.0 and 9.2% respectively. The results of this study indicate that stabilization of iron oxide nanoparticles with CMC improves the efficiency of these particles in immobilization of DTPA-Pb in soil.

**Keywords:** nanocomposite, carboxymethylcellulose, iron oxides

---

\* Corresponding author, Email: solmazbidast@yahoo.com