



اندازه‌گیری و شبیه‌سازی آبشویی کروم از خاک تیمار شده با ضایعات چرمسازی در حضور نانوذره اکسید منیزیم

مرضیه تقی‌پور، محسن جلالی

دانش‌آموخته مقطع دکتری و استاد گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

در این مطالعه، ستون‌های آبشویی برای تعیین تحرک کروم در ضایعات چرمسازی (LFW^۱) و خاک تیمار شده با این ضایعات در حضور نانوذره اکسید منیزیم (MgO) مورد استفاده قرار گرفتند. ستون‌های خاک و ضایعات به مدت ۷ روز انکوباسیون و سپس روزانه با ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک، اسید سیتریک و کلرید کلسیم آبشویی شدند. نتایج نشان دادند که مقدار آبشویی کروم از خاک تیمار شده با ضایعات چرمسازی به‌طور قابل توجهی بیشتر از خاک شاهد بود. اسید سیتریک مقدار آبشویی فلزات را نسبت به اسید نیتریک و کلرید کلسیم افزایش داد. نانوذره MgO در جذب و نگهداری کروم در ستون‌های خاک و ضایعات مؤثر بود. آبشویی کروم از ستون‌ها به خوبی با برنامه PHREEQC شبیه‌سازی شد. نتایج نشان دادند که نانوذره MgO می‌تواند در اصلاح ضایعات چرمسازی و خاک‌ها به‌کار رود و اسیدهای آلی و معدنی نقش مهمی در حذف کروم از خاک‌های آلوده دارند.

واژه‌های کلیدی: ضایعات چرمسازی، کروم، آبشویی، نانوذره، PHREEQC

مقدمه

صنعت چرمسازی از مهمترین صنایع استان همدان می‌باشد. اهمیت اقتصادی چرم تولید شده در صنایع چرمسازی و افزایش تقاضای مصرف کنندگان محصولات چرم، منجر به افزایش تولید ضایعات حاصل از این صنعت گردیده که خود مدیریت صحیحی را از نظر زیست محیطی طلب می‌نماید. اما متأسفانه در این صنایع هیچ‌گونه نظارتی بر دفع ضایعات و لجن‌های حاصله وجود ندارد و محل انتخاب شده با توجه به اصول زیست محیطی به هیچ وجه مناسب نیست. در صنعت چرمسازی، برای تبدیل پوست حیوانات به چرم مراحل مختلفی صورت می‌گیرد. یکی از این مراحل، دباغی کردن است. در این مرحله، برای حفاظت چرم از تجزیه، مقاومت در برابر نفوذ آب و حرارت و همچنین افزایش عمر مفید چرم، ترکیبات حاوی کروم به پوست حیوانات اضافه می‌شوند. مقادیر زیادی از این ترکیبات وارد لجن داخل حوضچه‌ها شده و دفع می‌گردند. شرف و الحربی (۲۰۱۳) خصوصیات ضایعات چرمسازی را بررسی نمودند. در این مطالعه مقدار pH ضایعات ۸/۲ و غلظت کروم ۱۵۴/۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین گردید. ایلو و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ضایعات مختلف به دست آمده از کارخانه‌های چرمسازی نشان دادند که غلظت بالایی از کروم در فاضلاب (۸۱۱/۴-۳۴/۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ضایعات جامد (۴۵۰۰۰/۰-۱۵۰۰۰/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به دست آمده از این کارخانه‌ها وجود دارد. غلظت بالای کروم در نمونه‌های خاک و آب مناطق صنعتی اطراف کارخانه‌های چرمسازی همچنین توسط گوپتا و همکاران (۲۰۰۷)، باراجاز- آسیوز و همکاران (۲۰۰۷) و بینی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است.

موضوع آلودگی آب و خاک و به دنبال آن گیاه، با فلزات سنگین بشر را بر آن داشته است که برای چاره‌اندیشی در زمینه حل این معضل مطالعات گسترده‌ای انجام دهد و در این راستا همه ساله هزینه بسیار زیادی صرف تحقیق و مطالعه آلودگی خاک و آب می‌شود. تکنیک‌های مختلفی برای کاهش مقدار این فلزات در محیط وجود دارد، که هر کدام از آن‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. نانوذرات به علت داشتن سطح ویژه بالا و گروه‌های فعال می‌توانند جاذب مناسبی برای حذف فلزات سنگین باشند (هی و همکاران، ۲۰۱۳). تا کنون در بسیاری از مطالعات از نانوذرات به عنوان جاذب فلزات سنگین در آب‌های آلوده

¹ Leather factory waste

استفاده شده است (بوپاری و همکاران، ۲۰۱۱؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۲، مهدوی و همکاران، ۲۰۱۳). اما مطالعات کمی در مورد استفاده از آن‌ها در اصلاح ضایعات صنعتی و خاک‌های آلوده وجود دارد.

علیرغم اهمیت زیاد صنعت چرمسازی در استان همدان، تا کنون هیچگونه مطالعاتی پیرامون آلودگی این ضایعات (به ویژه ضایعات جامد) و تبعات افزودن آن‌ها به خاک، صورت نگرفته است. از طرف دیگر تأثیر اسیدهای آلی و معدنی مختلف بر حرکت کروم در خاک‌های تیمار شده با این ضایعات، استفاده از ذرات نانو جهت اصلاح آن‌ها و شبیه‌سازی آبشویی این عنصر در خاک‌های آلوده شده با این ضایعات موضوع جدیدی است و تا کنون به تفصیل مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین مدل‌های به کار رفته در زمینه کاربرد نانوذرات، اغلب در محیط‌های آبی بوده و مدل‌های حرکت فلزات سنگین، برای پیش‌بینی انتقال آن‌ها در ضایعات و خاک و در حضور جاذب‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین این مطالعه به منظور بررسی آبشویی کروم از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با این ضایعات، در حضور نانوذره MgO و مقایسه تأثیر اسیدهای آلی و معدنی بر آبشویی کروم از این خاک‌ها انجام گرفت. سپس کارایی مدل PHREEQC در شبیه‌سازی آبشویی کروم از خاک‌های تیمار شده با ضایعات چرمسازی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا یک خاک با بافت لومی شنی با ۱۰ درصد از ضایعات چرمسازی، مخلوط گردیده و سپس خاک تیمار شده به طور مجزا با ۱ درصد نانوذره MgO مخلوط شد. نمونه‌هایی شامل ضایعات به تنهایی و ضایعات + ۱ درصد جاذب MgO نیز برای تعیین آبشویی کروم از ضایعات آماده شد. همه نمونه‌ها با آب مقطر مرطوب و به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انکوباسیون گردیدند. پس از اتمام دوره انکوباسیون، نمونه‌ها هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های ساختاری نانوذره MgO مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های ساختاری نانوذره مورد مطالعه

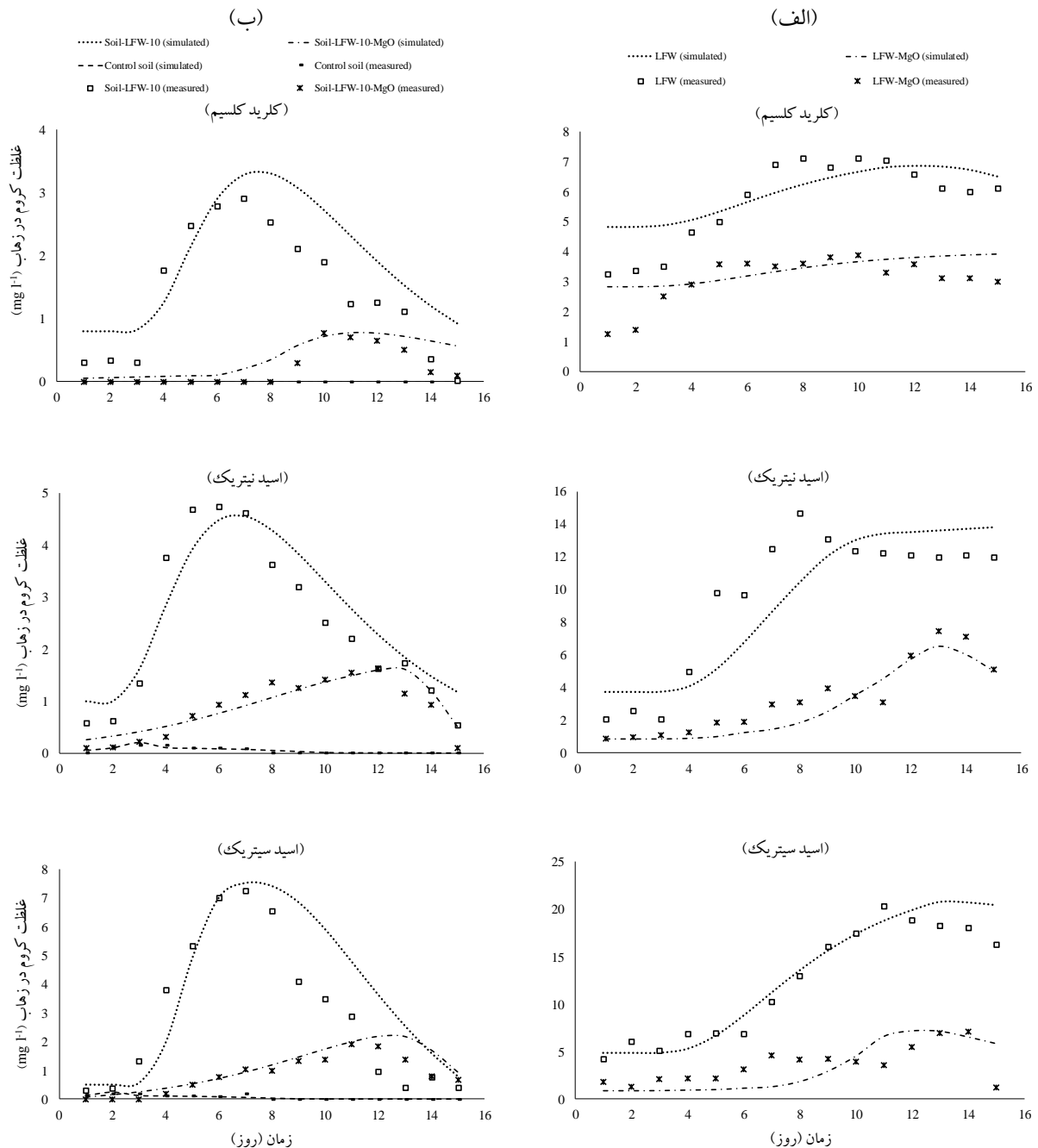
جاذب	سطح ویژه ($m^2 g^{-1}$)	اندازه ذرات (nm)	اندازه کریستال (nm)	میانگین اندازه منافذ (nm)	حجم منافذ ($cm^3 g^{-1}$)
اکسید منیزیم	۲۰/۱	۲۴/۰	۲۶/۲	۳۳/۳	۰/۱۷

در این مطالعه برای انجام آزمایشات، از ستون‌های شیشه‌ای با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. ستون‌های فوق، با ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با ضایعات و جاذب MgO تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر بطور یکنواخت پر شدند. مقدار تخلخل و حجم منفذی ستون‌های خاک به توجه به مقدار جرم مخصوص ظاهری و حقیقی هر ستون محاسبه گردید. به منظور مقایسه تأثیر اسیدهای آلی و معدنی بر آبشویی کروم از ستون‌ها، اسید نیتریک (اسید معدنی) و اسید سیتریک (اسید آلی) با غلظت ۱۰ میلی‌مولار انتخاب شدند. کلرید کلسیم ۱۰ میلی‌مولار نیز برای مقایسه با شرایط طبیعی خاک به کار رفت. روزانه ۱۵ میلی‌لیتر از محلول‌های آبشویی به تمامی ستون‌ها اضافه شد. آبشویی ستون‌ها در سه تکرار و به صورت غیراشباع انجام گرفت. غلظت کروم در زهاب‌های خروجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل واریان (Spectra AA-220-Varian) اندازه‌گیری گردید. شبیه‌سازی فرآیند آبشویی و انتقال کروم از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با آن‌ها با استفاده از برنامه PHREEQC صورت گرفت. انتقال فلزات سنگین در مدل تحت کلیدواژه TRANSPORT تعریف شد. پارامترهای مدل شامل ۱۰ سل به طول ۰/۰۱ متر، ضریب پراکندگی ۰/۰۰۱ و ۱۵ شیفت بوده و مدت زمان آبشویی بر حسب ثانیه و با توجه به تعداد روزهای آبشویی در بخش Time-Step (۱۲۹۶۰۰۰ ثانیه = ۱۵ روز) در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات اولیه ضایعات چرمسازی مورد مطالعه نشان داد که غلظت کل کروم در این ضایعات ۶۸۵۰۰/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است، که مقدار آن بیشتر از حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین برای ترکیبات مورد استفاده در خاک‌های کشاورزی (۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، تعیین شده به وسیله استاندارد بین‌المللی GB4284-84 (به نقل از رفرنس کایی و

همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشد. نتایج آبتیوی کروم از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با این ضایعات، با استفاده از محلول‌های مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. در حضور همه محلول‌ها، مقدار آبتیوی کروم از خاک شاهد در ابتدای زمان آبتیوی،



شکل ۱- نمودارهای آبتیوی کروم در (الف) ضایعات چرمسازی و (ب) خاک تیمار شده با این ضایعات با استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف. نقاط، نشان‌دهنده داده‌های اندازه‌گیری شده و خطوط، مربوط به داده‌های شبیه‌سازی شده، هستند. LFW: ضایعات چرمسازی، LFW-MgO: ضایعات چرمسازی + اکسید منیزیم، Soil-LFW-10: خاک + ۱۰ درصد ضایعات چرمسازی، Soil-LFW-10-MgO: خاک + ۱۰ درصد ضایعات چرمسازی + اکسید منیزیم

کم و با ادامه آبتیوی مقدار آن افزایش و سپس کاهش نشان داد. مقدار آبتیوی کروم از خاک شاهد توسط کلرید کلسیم کمتر از حد تشخیص دستگاه و آبتیوی آن در حضور اسید سیتریک بیشتر از اسید نیتریک و کلرید کلسیم بود. الگوی آبتیوی کروم از ضایعات چرمسازی، توسط همه محلول‌های مورد بررسی مشابه بود. در این ضایعات، در ابتدا مقدار آبتیوی کروم کم بوده و

با افزایش زمان آبشویی، مقدار آن در زهاب خروجی از ستون‌ها افزایش یافت. در برخی از تیمارها در انتهای زمان آبشویی، کاهش غلظت کروم در زهاب‌ها مشاهده شد.

نتایج به‌دست آمده از مدل نشان داد که افزایش در غلظت کروم را در زهاب‌ها می‌توان به حل شدن کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی کروم (مانند $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{am})$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CaCr_2O_7 و Cr_2O_3) در طول زمان آبشویی نسبت داد. بر اساس نتایج گونه‌بندی (داده‌ها نشان داده نشده است)، در زهاب خروجی از ستون‌های ضایعات آبشویی شده با کلرید کلسیم و اسید نیتریک، گونه $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ و CrOH^{2+} و با اسید سیتریک، گونه $\text{Cr}(\text{Citrate})$ غالب بود. افزودن جاذب MgO به ستون‌ها، درصد گونه‌های فوق را در زهاب خروجی کاهش داده و گونه $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{aq})$ را افزایش داد. همچنین در حضور نانوذره، مقدار شاخص اشباع ترکیبات کروم افزایش یافت. بنابراین به علت رسوب بیشتر کانی‌های کروم، غلظت آن در زهاب‌ها کاهش نشان می‌دهد. نتایج آبشویی خاک تیمار شده با ضایعات چرمسازی (شکل ۱) نشان دادند که در زهاب خروجی از همه تیمارها، در روز اول، مقدار کروم کم بوده و با افزایش زمان آبشویی، مقدار آن افزایش یافت. سپس با رسوب کانی‌های حاوی کروم، آبشویی آن کاهش یافت. نتایج گونه‌بندی کروم در همه ستون‌های آبشویی دارای خاک تیمار شده با ضایعات و جاذب‌ها نشان می‌دهد که آبشویی کروم توسط کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی آن کنترل شده است.

مقدار تجمعی کروم آبشویی شده از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با این ضایعات در ۲ جدول نشان داده شده است. مقایسه مقدار تجمعی آبشویی عناصر توسط محلول‌های مختلف نشان داد که در اغلب تیمارها، اختلاف معنی‌داری بین مقدار تجمعی آبشویی عناصر توسط محلول‌های مختلف وجود داشته و اسید سیتریک مقدار آبشویی همه عناصر مورد مطالعه را به طور معنی‌داری افزایش داد. مقایسه زمان رسیدن به حداکثر مقدار آبشویی توسط محلول‌های مختلف نیز نشان داد که اسید سیتریک، علاوه بر افزایش غلظت فلزات سنگین در زهاب، زمان رسیدن به پیک آبشویی را نیز کاهش داد. تشکیل کمپلکس‌های محلول لیگاند آلی- فلز و همچنین حل شدن کانی‌های حاوی عناصر از مهمترین عوامل افزایش آبشویی فلزات سنگین با استفاده از اسیدهای آلی است (اش و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج به دست آمده همچنین نشان می‌دهند که افزودن نانوذره MgO به ستون‌های آبشویی منجر به کاهش قابل توجه آبشویی فلزات سنگین در ضایعات و خاک تیمار شده با ضایعات شده است. نانوذرات به علت داشتن سطح ویژه بالا، مکان‌های سطحی زیاد و گروه‌های فعال سطحی، توانایی بالایی در جذب و نگهداری فلزات سنگین دارند. سو و ژائو (۲۰۰۷) آبشویی کروم را از خاک‌های آلوده در حضور نانوذرات مورد بررسی قرار دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد که نانوذرات تأثیر قابل توجهی در کاهش آبشویی کروم از این خاک‌ها داشتند.

جدول ۲- مقدار تجمعی فلزات سنگین آبشویی شده (میلی‌گرم بر کیلوگرم) از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با این ضایعات

عصاره‌گیر / تیمار	ضایعات چرمسازی	خاک تیمار شده با ضایعات چرمسازی
کلرید کلسیم		
شاهد (ضایعات/ خاک)	۶۰/۱۵ e	۰/۰۰ h
خاک تیمار شده با ضایعات	-	۶/۹۸ d
در حضور MgO	۳۱/۹۵ f	۱/۰۴ g
اسید نیتریک		
شاهد (ضایعات/ خاک)	۱۰۲/۳۷ b	۰/۲۰ h
خاک تیمار شده با ضایعات	-	۱۱/۹۹ b
در حضور MgO	۳۶/۰۰ f	۴/۱۵ f
اسید سیتریک		
شاهد (ضایعات/ خاک)	۱۳۲/۲۳ a	۰/۲۹ h
خاک تیمار شده با ضایعات	-	۱۴/۶۰ a
در حضور MgO	۳۷/۶۰ f	۴/۱۵ f

در هر ستون حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار را در سطح آماری ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن نشان می‌دهند.

نتایج شبیه‌سازی آبشویی کروم از ضایعات چرمسازی و خاک تیمار شده با آن در حضور جاذب MgO، با استفاده از محلول‌های مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. در مدل به کار رفته برای رسم این منحنی‌ها، از ۴ کلیدواژه محلول، فاز تعادلی، تبادل و سطوح استفاده شد. استفاده همزمان از سطوح تبدالی و سطوح کمپلکس کننده در مدل، برازش بهتری به داده‌های آزمایشگاهی فراهم نمود. به طور کلی نتایج به دست آمده مشخص کرد که برنامه PHREEQC توانایی خوبی برای شبیه‌سازی مقدار آبشویی فلزات سنگین داشته است. در برخی از ستون‌ها، اختلاف در زمان و اندازه پیک، در نتایج آزمایشگاهی و نتایج به دست آمده از مدل مشاهده شد، که احتمالاً به علت واکنش‌های آهسته اکسیداسیون و احیا در ستون‌های خاک در مقایسه با واکنش‌های ورودی مدل است. بخشی از این اختلاف نیز می‌تواند مربوط به تعادلات جذب و یا سرعت رهاسازی عناصر از ستون‌های خاک باشد (براون و همکاران، ۲۰۰۰). از طرف دیگر باید توجه داشت که خروجی مدل به فایل‌های ورودی از جمله ثابت‌های تعادل تشکیل کمپلکس و ضرایب تبدالی بستگی دارد. ضرایب به کار رفته در این تحقیق از سایر مطالعات به دست آمده است. اغلب این ضرایب برای جذب بر روی فازهای خالص تعریف شده‌اند، که نسبت به سیستم‌های طبیعی مانند خاک بسیار ساده می‌باشند. شبیه‌سازی در چنین محیط‌های پیچیده‌ای به ندرت صورت گرفته است. بنابراین اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده را می‌توان به ورودی‌های مدل نسبت داد. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، تبادل یونی، انحلال و رسوب و همچنین جذب بر روی سطوح مختلف خاک مانند اکسیدهای آهن و آلومینیوم و مواد آلی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده آبشویی کروم از ستون‌های خاک و ضایعات می‌باشند.

نتایج حاصل از مدل PHREEQC نشان داد که کروم در زهاب حاصل از آبشویی ضایعات چرمسازی توسط محلول‌های مختلف، عمدتاً به صورت گونه کروم (III) (بین ۸۰ تا ۹۰ درصد از کل کروم موجود در زهاب) وجود دارد. سمیت گونه کروم (VI) بیشتر از کروم (III) می‌باشد (بیش از ۱۰۰ برابر). اما با در نظر گرفتن اینکه تقریباً ۱۰ درصد از کل کروم موجود در زهاب به صورت کروم (VI) باشد، بنابراین آبشویی ضایعات چرمسازی با همه محلول‌های مورد بررسی و در همه زمان‌های آبشویی، تولید زهابی با غلظت نسبتاً بالای کروم (VI) می‌کند. نتایج گونه‌بندی نشان داد که در زهاب حاصل از آبشویی خاک تیمار شده با ۱۰ درصد از ضایعات چرمسازی، بیش از ۹۵ درصد از کروم به صورت کروم (III) بود. حضور درصد بالای گونه‌های کروم (III) در خاک‌های آلوده به ضایعات چرمسازی همچنین توسط وولینسکا و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است. باراجاز-آسیوز و همکاران (۲۰۰۹) آبشویی خاک‌های تیمار شده با ضایعات چرمسازی را بررسی و گزارش نمودند که افزودن ۴/۶ درصد ضایعات چرمسازی به خاک منجر به افزایش آبشویی کروم گردید. به طور کلی نتایج حاصل از آزمایشات و مدل‌سازی با برنامه PHREEQC در این مطالعه نشان داد که دفع نامناسب ضایعات چرمسازی در خاک‌های اطراف کارخانه‌ها منجر به تجمع کروم در خاک‌ها و آبشویی آن به آب‌های زیرزمینی می‌شود. نانوذره MgO می‌تواند در اصلاح این ضایعات و خاک‌های آلوده به کار رفته و مقدار آبشویی آن را کاهش دهد.

منابع

- Ash C., Tejnecký V., Borůvka L. and Drábek O. 2016. Different low-molecular-mass organic acids specifically control leaching of arsenic and lead from contaminated soil. *Journal of Contaminant Hydrology*, 187: 18-30.
- Barajas Acevesa M., Estrada Santosa H., Rios Berberb J.D., Oropeza Mota J.L. and Rodríguez Vázquez R. 2009. Distribution and mobility of Cr in tannery waste amended semi-arid soils under simulated rainfall. *Journal of Hazardous Materials*, 171: 851-858.
- Barajas-Aceves M., Corona-Hernández J. and Rodríguez-Vázquez R. 2007. Chromium fractionation in semi-arid soils amended with chromium and tannery sludge. *Journal of Hazardous Materials*, 146: 91-97.
- Bini C., Maleci L. and Romanin A. 2008. The chromium issue in soils of the leather tannery district in Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, 96: 194-202.
- Boparai H.K., Joseph M. and O'Carroll D.M. 2011. Kinetics and thermodynamics of cadmium ion removal by adsorption onto nano zerovalent iron particles. *Journal of Hazardous Materials*, 186: 458-465.



- Brown J.G., Bassett R.L. and Glynn P.D. 2000. Reactive transport of metal contaminants in alluvium model comparison and column simulation. *Applied Geochemistry*, 15: 35-49.
- He M., Shi H., Zhao X., Yu Y. and Qu B. 2013. Immobilization of Pb and Cd in contaminated soil using nano crystallite hydroxyapatite. *Procedia Environmental Sciences*, 18: 657-665.
- Ilou I., Souabi S. and Digua K. 2014. Quantification of pollution discharges from tannery wastewater and pollution reduction by pre-treatment station. *International Journal of Science and Research*, 3: 1706-1715.
- Liu L., Wei Sh., Liu Y. and Shao Zh. 2012. Influence of photoirradiation on reduction of hexavalent chromium by zero-valent iron in the presence of organic acids. *Desalination*, 285: 271-276.
- Mahdavi S., Jalali M. and Afkhami A. 2012. Removal of heavy metals from aqueous solutions using Fe₃O₄, ZnO, and CuO nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*, 14: 1-18.
- Sharaf E.F. and Alharbi E. 2013. Removal of heavy metals from waste water of tanning leather industry by fungal species isolated from polluted soil. *African Journal of Biotechnology*, 12: 4351-4355.
- Wolińska A., Stępniewska Z. and Włosek R. 2013). The influence of old leather tannery district on chromium contamination of soils, water and plants. *Natural Science*, 5: 253-258.
- Xu Y. and Zhao D. 2007. Reductive immobilization of chromate in soils and groundwater by stabilized zero-valent iron nanoparticles. *Water Research*, 41: 2101-2108.

Measuring and modeling of chromium leaching from soil receiving leather factory waste in the presence of MgO nanoparticle

M. Taghipour and M. Jalali

Former Ph. D Student and Professor, Department of soil science, Bu- Ali Sina University

Abstract

In this study, column experiments have been carried out to assess chromium (Cr) leaching from leather factory waste (LFW) and soil treated with this waste, in the presence of MgO nanoparticle. Wastes and soil columns were incubated for 7 days and leached daily with 15 ml of 10 mM nitric acid, citric acid and CaCl₂. The results showed that the amount of Cr leached from LFW treated soil were significantly larger than those from the control soil. Citric acid increased leaching of Cr more than nitric acid and CaCl₂. The highest percentage of Cr retention was produced by MgO nanoparticle. The Cr transport from LFW and LFW treated soil was well simulated by PHREEQC program. These results suggested that MgO nanoparticle can successfully be applied in wastes and soil remediation and organic and inorganic acids played an important role in removal of Cr from contaminated soils and wastes.

Keywords: leather factory waste, chromium, leaching, nanoparticle, PHREEQC