

## محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

## جذب رقابتی کادمیم و روی از محلول‌های آبی با استفاده از نانو اکسید آهن

ماهرخ شریف مند<sup>۱</sup>، ابراهیم سپهر<sup>۲\*</sup>، مستانه قاسمی<sup>۲</sup>، مرضیه پیری<sup>۴</sup>  
<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
<sup>۳</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
<sup>۴</sup> دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

## چکیده

آلودگی اکوسیستم‌های آبی با فلزات سنگین از جمله کادمیم و روی یکی از خطرات زیست محیطی می‌باشد که سلامت انسان و آبزیان را تهدید می‌کند. در این پژوهش از نانو ذرات اکسید آهن برای حذف کادمیم و روی با غلظت اولیه صفر تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد. آزمایش ناپیوسته جذب به منظور ارزیابی تأثیر pH (۴، ۶ و ۷)، قدرت یونی (۰/۱ و ۰/۳ مولار) و نوع الکترولیت (نیترات سدیم و نیترات کلسیم) بر مقدار جذب کادمیم و روی به وسیله نانو ذرات اکسید آهن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد جذب روی و کادمیم با افزایش pH، غلظت اولیه و با کاهش قدرت یونی افزایش یافت، جذب فلزات در حضور نیترات سدیم بیش از نیترات کلسیم بود. در یک سیستم دوتایی فلز، مطالعات رقابتی نشان داد حداکثر ظرفیت جذب کادمیم ( $q_{max}$ ) در حضور روی از ۲۱۲۵۰ به ۱۶۰۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۰/۲۲) کاهش یافت اما میزان جذب روی در حضور کادمیم ۱۱٪ کاهش یافت. به‌طور کلی، نانو اکسید آهن می‌تواند به عنوان یک جاذب برای حذف کادمیم و روی از سیستم آلودگی همزمان این دو عنصر مناسب باشد.

کلمات کلیدی: جذب رقابتی، قدرت یونی، غلظت اولیه، pH

## مقدمه

روی در مقادیر کمتر به عنوان یکی از عنصر غذایی ضروری برای انسان و موجودات زنده می‌باشد ولی در غلظت‌های زیاد یک فلز سنگین است (Caliskan و همکاران، ۲۰۱۱). سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت قابل قبول روی در آب آشامیدنی را ۳ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کرده است (World Health Organization, ۲۰۱۱). این فلز در گیاه باعث کاهش رشد و عملکرد، اختلال در جذب فسفر، منگنز، منیزیم و آهن و تخریب کلروپلاست (ایجاد کلروز از طریق کاهش در سنتز کلروفیل) شده و اثرات مسمومیت آن در انسان تب، تهوع، استفراغ و اسهال، توقف در جذب مس و آهن و در نهایت کم خونی شدید و مرگ می‌شود (Alyuz و Veli, ۲۰۰۴).

در سال‌های اخیر کادمیم به عنوان سمی‌ترین فلز سنگین شناخته شده است. این فلز عنصری بالقوه خطرناک برای سلامت انسان است. این فلز در غلظت‌های بسیار کم نیز سمی بوده و موجب کم خونی، شکنندگی استخوان‌ها، درد کلیوی و دردهای عصبی و پراکنده در انسان به‌نام ایتای-ایتای می‌شود. سمیت کادمیم بیشتر به دلیل تمایل شدید آن به ایجاد پیوند با گروه تیول است که باعث تخریب پروتئین‌ها و کاهش جذب عناصر ضروری از طریق غشا می‌شود (Abia و Asuquo, ۲۰۰۶).

امروزه تکنولوژی‌های مختلفی از جمله اکسیداسیون شیمیایی، رسوب، تبادل یونی، اسمز معکوس، نانو فیلتر و جذب برای کنترل و حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی استفاده شده است. روش جذب، به ویژه با استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت، کارایی بالا و سهولت اجرایی داشته و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است (Chiban و همکاران، ۲۰۱۱). اخیراً استفاده از نانو ذرات اکسیدهای فلزی مانند اکسید و هیدرواکسیدهای آهن، آلومینیوم، منگنز و تیتانیوم به عنوان جاذب برای حذف فلزات سنگین از آب‌ها و فاضلاب‌ها به دلیل سطح ویژه بالا و جذب بیشتر آلودگی، شکل کریستالی و واکنش پذیری بالا اهمیت ویژه‌ای یافته است. اکسیدهای آهن و آلومینیوم مانند گنوتیت، هماتیت و گیبسایت ترکیب‌های مهم خاک‌های اسیدی در مناطق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای هستند که می‌توان از آن‌ها به عنوان جاذب فلزات سنگین استفاده نمود که در میان آن‌ها تشکیل کمپلکس‌های درون کره‌ای با تغییر قدرت یونی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد در حالی که تشکیل کمپلکس‌های برون کره‌ای بطور اعظم از تغییر قدرت یونی به دلیل جذب رقابتی با یون-

های مخالف متاثر است (Liu و همکاران، ۲۰۰۸). مهم‌ترین مزیت استفاده از نانو ذرات به عنوان ماده جاذب: (۱) تولید آسان با هزینه کم (۲) مقدار کم مورد استفاده (۳) سطح ویژه بالا و در نتیجه ظرفیت بالای جذب است (Liu و همکاران، ۲۰۰۸). فرایند جذب سطحی با فاکتورهای مختلفی از جمله pH، غلظت اولیه، قدرت یونی و ترکیب محلولی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Jiang و همکاران، ۲۰۱۰). در بررسی جذب کادمیم به وسیله کربن فعال به دست آمده از کائوچو مشاهده شد که با افزایش pH از ۲ به ۱۰ میزان جذب افزایش می‌یابد (Kannan و Veemaraj، ۲۰۱۰). شیرزاده و سپهر (۱۳۹۰)، در بررسی جذب کادمیم بر روی نانو اکسید تیتانیوم و آلومینیم کاهش میزان جذب کادمیم با افزایش قدرت یونی را گزارش کردند. تفاوت عمده بین محلول تک و دو عنصری در سرعت حذف یون‌های فلزی وجود دارد که ناشی از وجود یون‌های رقیب در محلول ترکیبی است. نتایج پژوهشگران در بررسی جذب رقابتی فلزات آلاینده نشان داد ظرفیت جذب در سیستم دو عنصری نسبت به تک عنصری کاهش می‌یابد. هدف این پژوهش بررسی تأثیر pH، غلظت اولیه، نوع الکترولیت و قدرت یونی بر میزان جذب کادمیم و روی در محلول-های آبی توسط ذرات نانو اکسید آهن به عنوان یک جاذب و همچنین بررسی جذب رقابتی یون‌های کادمیم و روی به وسیله ذرات نانو اکسید آهن می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش جذب در سیستم بسته در غلظت‌های مختلف کادمیم و روی (۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح pH (۴، ۶ و ۷) و در دو الکترولیت نیترات سدیم ( $\text{NaNO}_3$ ) و نیترات کلسیم ( $\text{CaNO}_3$ ) در دو قدرت یونی (۰٫۱ و ۰٫۳ مولار) روی ۰٫۱ گرم نانو ذرات اکسید آهن انجام گرفت. در واقع بر ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰٫۱ گرم جاذب اضافه گردید. در سیستم تک عنصری برای بررسی تأثیر pH، قدرت یونی و نوع الکترولیت نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت شیک شدند تا سوسپانسیون به تعادل برسد در ادامه از صافی عبور داده شدند و مقدار کادمیم و روی باقیمانده در محلول توسط دستگاه جذب اتمی (AA-6300) اندازه‌گیری شد. در سیستم دو عنصری برای بررسی جذب رقابتی کادمیم و روی در محلول زمینه با غلظت‌های ۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هر یک از فلزات انجام شد.

مقدار روی و کادمیم جذب شده، از تفاوت غلظت فلز در محلول‌های اولیه و تعادلی محاسبه گردید. ویژگی‌های جذب با مدل‌های همدما جذب لانگمویر (۱)، فروندلیچ (۲) و تمکین (۳) با استفاده از نرم افزار Sigmaplot-10 مورد بررسی قرار گرفت:

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (1)$$

$$q_e = (K_L C_e q_{\max}) / (1 + K_L C_e) \quad (2)$$

$$q_e = A + K_T \ln C_e \quad (3)$$

Ce: غلظت تعادلی جذب شونده (میلی‌گرم بر لیتر)،  $q_e$  وزن جذب شونده در واحد وزن جذب کننده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)،  $K_L$  ضریب لانگمویر و نشان دهنده قدرت اتصال جذب شونده به ماده جاذب،  $q_{\max}$  حداکثر جذب تک لایه‌ای (میلی‌گرم در کیلوگرم)،  $K_F$  و  $n$  ضرایب رابطه فروندلیچ (به ترتیب نمایانگر ظرفیت و شدت جذب)،  $K_T$  و  $A$  ضرایب رابطه تمکین (به ترتیب شیب و عرض از مبدا معادله) هستند.

## نتایج و بحث

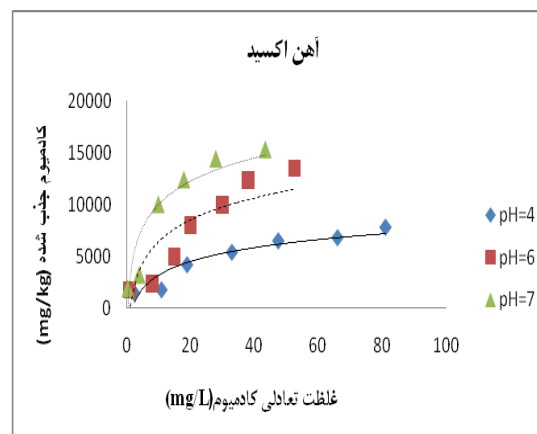
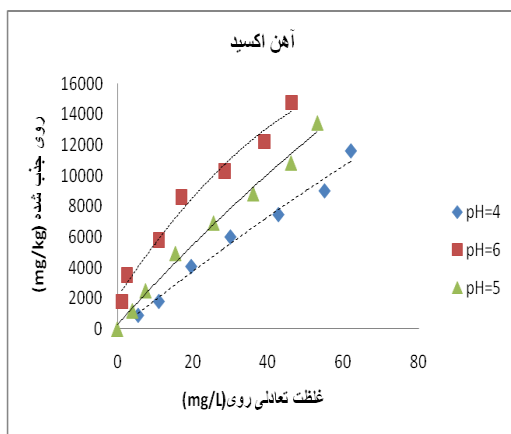
### اثر غلظت اولیه و pH بر مقدار جذب

نتایج نشان داد با افزایش غلظت اولیه کادمیم و روی از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر میزان جذب توسط نانو ذرات اکسید آهن افزایش یافت (جدول ۱). به طوری که میزان جذب کادمیم و روی در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۱۹۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۱۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد و در غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان جذب کادمیم و روی به ترتیب ۱۹۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۱۴۷۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۱). Bahrami و همکاران (۲۰۱۲) با افزایش غلظت اولیه کادمیم افزایش در میزان جذب این فلز توسط اکسید آهن را مشاهده کردند، افزایش جذب کادمیم با افزایش غلظت می‌تواند به دلیل افزایش تعداد مول‌های اولیه کادمیم نسبت به سطح ویژه قابل دسترسی باشد.

جدول ۱- میزان جذب کادمیم و روی به وسیله نانو اکسید آهن در pH ۷

روی		کادمیم		غلظت اولیه کادمیم و روی
میزان جذب کادمیم (mg kg <sup>-1</sup> )	غلظت باقی مانده در محلول (mg L <sup>-1</sup> )	میزان جذب کادمیم (mg kg <sup>-1</sup> )	غلظت باقی مانده در محلول (mg L <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )
0	0	0	0	۰
1700	1/1	1908	0/4	۱۰
3500	2/5	3200	4	۲۰
5800	11	6100	10/5	۴۰
8600	17	9400	13	۶۰
10300	28/5	12400	18	۸۰
12200	39	15800	21	۱۰۰
14760	46/2	19000	25	120

جذب کادمیم و روی به وسیله نانو اکسید آهن به شدت تابع pH محلول است و میزان جذب جذب با افزایش pH افزایش می یابد (شکل ۱). به طوری که حداکثر مقدار جذب فلزات به وسیله نانوجاذب مورد مطالعه در pH ۷ مشاهده شد (شکل ۱). کاهش جذب در pH های پایین به علت غلظت و تحرک بالای یون های هیدروژن در محلول است که به طور عمده بیشتر از یون های فلزی موجود در سطح جاذب جذب شده اند. با افزایش pH غلظت یون های هیدروژن کاهش می یابد و یون های هیدروژن کمتری برای رقابت با یون های فلزی برای جذب در سایت های فعال جاذب وجود دارد (Perez و Marin و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۱. مقدار کادمیم و روی جذب شده توسط نانو اکسید آهن در سطوح مختلف pH (۴، ۶، ۷)

### اثر قدرت یونی و نوع الکترولیت بر مقدار جذب

با افزایش قدرت یونی از ۰/۰۳ به ۰/۱ مولار میزان جذب کادمیم و روی در هر دو الکترولیت  $\text{NaNO}_3$  و  $\text{CaNO}_3$  کاهش پیدا کرد. در الکترولیت  $\text{NaNO}_3$  با افزایش قدرت یونی، حداکثر ظرفیت جذب ( $q_{\text{max}}$ ) کادمیم توسط نانو اکسید آهن از ۱۶۰۱۵ به ۱۲۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم و حداکثر ظرفیت جذب ( $q_{\text{max}}$ ) روی توسط نانو اکسید آهن از ۱۱۱۸۹ به ۱۰۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کاهش یافت (جدول ۲). در حضور الکترولیت  $\text{CaNO}_3$  با افزایش قدرت یونی، حداکثر ظرفیت جذب ( $q_{\text{max}}$ ) یون های کادمیم توسط نانو اکسید آهن از ۱۰۹۸۷ به ۷۱۶۳ میلی گرم در کیلوگرم و حداکثر ظرفیت

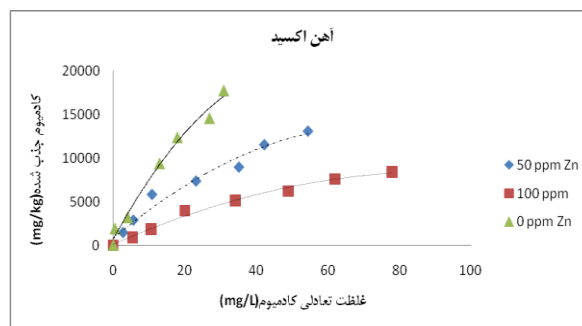
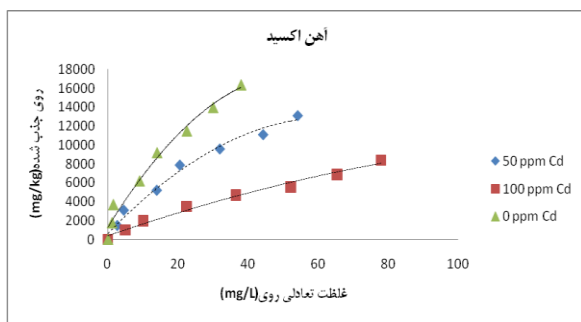
جذب ( $q_{max}$ ) یون‌های روی توسط نانو اکسید آهن از ۱۰۰۰۰ به ۹۶۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به نتایج میزان جذب کادمیوم و روی در حضور الکترولیت  $NaNO_3$  بیشتر است که نشان دهنده رقابت کمتر سدیم با کادمیم در مکان‌های جذب کننده نانو ذرات می‌باشد در حالی که به نظر می‌رسد کلسیم رقابت بیشتری با کادمیم و روی دارد. Krishna و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردند که در قدرت‌های یونی بالا یون‌های دیگر با کادمیوم بر سر مکان‌های جذبی رقابت کرده و در نتیجه مقدار جذب کاهش می‌یابد. مقدار انرژی جذب لانگمویر  $K_L$  هر دو یون کادمیم و روی بر روی نانو اکسید آهن در هر دو الکترولیت با افزایش قدرت یونی از ۰/۳ به ۰/۱ مولار کاهش پیدا کرد. ضرایب مدل فروندلیچ و تمکین نیز با افزایش قدرت یونی در هر دو الکترولیت کاهش پیدا کردند. مدل لانگمویر با داشتن  $R^2$  بالاتر برازش بهتری بر داده‌های جذب کادمیم و روی به وسیله نانو اکسید آهن نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر قدرت یونی و نوع الکترولیت بر پارامترهای معادلات لانگمویر، فروندلیچ و تمکین

روی		کادمیم				پارامترهای معادلات جذب		معادلات جذب
IS=0/1M		IS=0/03M		IS=0/1M		IS=0/03M		
CaNO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	CaNO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	CaNO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	CaNO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	
9605	10150	10000	11189	7163	12000	10987	16015	$q_{max}$ (mg kg <sup>-1</sup> )
0/01	0/02	0/02	0/03	0/01	0/02	0/01	0/03	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> ) لانگمویر
0/99	0/96	0/97	0/98	0/97	0/95	0/99	0/99	$R^2$
0/67	0/49	0/64	0/49	0/59	0/7	0/59	0/54	1/n
222	507	452	1030	285	431	483	1177	$K_F$ (mg <sup>1-1/n</sup> kg <sup>-1</sup> L <sup>1/n</sup> ) فروندلیچ
0/99	0/55	0/98	0/99	0/98	0/98	0/98	0/97	$R^2$
200	450	430	950	252	410	500	1100	A(mg kg <sup>-1</sup> )
791	1302	1316	1512	720	1564	1154	2026	$K_T$ تمکین
0/60	0/72	0/61	0/83	0/65	0/57	0/67	0/76	$R^2$

### جذب رقابتی یون‌های کادمیوم و روی

نتایج حاصل از بررسی جذب رقابتی یون‌های کادمیم و روی در سیستم دو عنصری نشان داد افزایش غلظت ۰ تا ۱۰۰ هر یک از فلز مورد مطالعه باعث کاهش جذب دیگری می‌شود (شکل ۲). نتایج پژوهشگران نشان می‌دهد جذب در محلول‌های چند عنصری بسیار پیچیده است (Liu و همکاران، ۲۰۰۸). فعل و انفعالات میان محلول و سطح جاذب، در محلول‌های چند عنصری شدید بوده و به دلیل رقابت شدید بازده جذب کاهش می‌یابد (Chander و Mohan، ۲۰۰۶).



شکل ۲- مقدار روی و کادمیم جذب شده توسط نانو اکسید آهن در محلول زمینه کادمیم و روی (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر)

نتایج برازش داده های جذب رقابتی کادمیم و روی نشان داد با افزایش غلظت روی در محلول زمینه از ۰ به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر حداکثر ظرفیت جذب ( $Q_{max}$ ) یون های کادمیم توسط نانو اکسید آهن از ۲۱۲۵۰ به ۱۶۰۷۶ میلی گرم در کیلوگرم کاهش یافت، همچنین با افزایش کادمیم در محلول زمینه از ۰ به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر حداکثر ظرفیت جذب ( $Q_{max}$ ) یون های روی توسط نانو اکسید آهن از ۲۱۵۲۲ به ۱۹۰۲۱ میلی گرم در کیلوگرم کاهش یافت. مقادیر  $K_L$  از دیگر ضرایب مدل تجربی لانگ مویر، روی نانو اکسید آهن برای جذب کادمیم و روی با افزایش غلظت محلول زمینه از ۰ به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کاهش پیدا کرد، به طوری که در نانو اکسید آهن برای جذب کادمیم از ۰٫۰۲ به ۰٫۰۱ لیتر در میلی گرم و برای جذب روی از ۰٫۰۲ به ۰٫۰۱ لیتر بر میلی گرم کاهش پیدا کرد. ضرایب مدل فروندلیچ  $K_F$  و  $n$  در مورد نانو اکسید آهن با افزایش غلظت محلول زمینه از ۰ به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کادمیم و روی کاهش یافت. به طوری که ضریب  $K_F$  در نانو اکسید آهن برای جذب کادمیم از ۱۰۵۶ به ۴۴۳ میلی گرم در لیتر، و برای جذب روی از ۱۱۱۵ به ۹۵۰ کاهش یافت. ضرایب معادله تمکین  $K_T$  و  $A$  در نانو اکسید آهن برای جذب روی و کادمیم با افزایش غلظت کادمیم و روی در محلول زمینه کاهش یافت.

Inglezakis و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که سری گزینش پذیری فلزات سنگین مختلف به عوامل فیزیکیوشیمیایی و استریوشیمیایی (شیمی آرایش فضایی اتمها) مانند شعاع آبیوشی، آنتالپی آبیوشی و فضای مورد نیاز آنها در میکروپوره های سطحی که روی آن جذب صورت می گیرد بستگی دارد. شعاع آبیوشی  $Zn^{2+}$  برابر با ۴۳ نانومتر و برای  $Cd^{2+}$  برابر با ۴۲/۶ نانومتر است این نشان می دهد که توانایی پخشیدگی  $Cd^{2+}$  بر روی سطح نانو ذرات بیشتر است ولی همان طور که از نتایج این بررسی به دست آمد جذب  $Zn^{2+}$  بر روی نانو ذرات در جذب رقابتی بیشتر از  $Cd^{2+}$  است که احتمالاً به دلیل این است که  $Zn^{2+}$  در محدوده pH کمتری با گروه های هیدروکسیل تشکیل رسوب می دهد. در بررسی جذب رقابتی نیکل و کروم بر روی نانو اکسید آهن مشاهده شد که در سیستم های دوگانه عنصری میزان جذب هر یک از فلزات کاهش می یابد (Seco و همکاران، ۱۹۹۷).

### نتیجه گیری

جذب هر دو عنصر کادمیم و روی توسط نانو اکسید آهن به غلظت اولیه، قدرت یونی و pH محلول بستگی داشت. pH محلول و غلظت اولیه کادمیم و روی بر میزان جذب اثر فزاینده گذاشت، به طوری که حداکثر مقدار جذب در pH ۷ و غلظت اولیه ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. در حالی که با افزایش قدرت یونی میزان جذب در هر دو الکترولیت به طور معنی داری کاهش پیدا کرد، که این بیانگر جذب برون کره ای روی و کادمیم توسط نانو ذرات اکسید آهن می باشد. در جذب رقابتی یون های کادمیم و روی، پارامترهای جذب ( $q_{max}$ ،  $1/n$  و  $A$ ) و شدت جذب ( $K_T$  و  $K_F$ ،  $K_L$ ) روی بیشتر از کادمیم به دست آمد. حداکثر جذب کادمیم در حضور روی ۲۲٪ کاهش نشان داد اما میزان جذب روی در حضور کادمیم ۱۱٪ کاهش یافت، لذا در محدوده pH بررسی شده و شرایط رقابتی جذب یون های روی بر نانو ذرات آهن بیشتر از جذب کادمیم است.

### منابع

شیرزاده، م.، سپهر، ا.، ۱۳۹۰. بررسی رفتار جذب کادمیم بر روی نانو اکسیدهای آلومینیم و تیتانیوم. پایان نامه کارشناسی ارشد، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی.



- Asuquo, E.D. and Abia, A.A. 2006. Lead (II) and nickel (II) adsorption Kinetics from aqueous solutions using chemically modified and unmodified agricultural adsorbent, *African journal of biotechnology*, 5, 1475- 1482.
- Bahrami, M., Boroomandnasab, S., Kashkuli, H.A., Farrokhan Firoozi, A. and Babaei, A.A. 2012. Removal of Cd (II) From Aqueous Solution Using Modified Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *Report and Opinion*, 4(5), 31-40.
- Caliskan, N., Kul, A.R., Alkan, S., Sougut, E.G. and Alacabey, I. 2011. Adsorption of zinc (II) on diatomite and manganese-oxide-modified diatomite: A kinetic and equilibrium study. *Journal of Hazardous Materials*, 19, 27-36.
- Chiban, M., Zerbet, M., Carja, G. and Sinan. F. 2011. Application of low-cost adsorbents for arsenic removal: A review. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4(5), 91-102.
- Inglezakis, V.J., Zorpas, A.A., Loizidou, M.D. and Grigoropoulou, H.P. 2005. The effect of competitive cations and anions on ion exchange of heavy metals. *Separation and Purification Technology*, 46(3), 202 – 207.
- Jiang, L., Xu, R. and Li, S. 2010. Effect of strength and mechanism of Cu adsorption by goethite and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal of Soil Research*, 55, 5547-5552.
- Kannan, N. and Veemaraj, T. 2010. Detoxification of toxic metal ions by sorption onto activated carbon from heave brasiliensis bark. *Global NEST journal*. 2(12), 197-205.
- Krishna, K.A. and Anirudhan, T.S. 2003. Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by steamactivated sulphureted carbon prepared from sugar-care bagasse pith: kinetics and equilibrium studies. *Water SA*, 29, 147-156.
- Liu, Q.Y., zhang, J., Xiang, R., Williams, L., Talley, J.W. and Neal, C.R. 2008. Influence of ionic strength, electrolyte type and NOM on As (V) adsorption onto TiO<sub>2</sub>. *Journal of environmental science and Health*, 43, 430-436.
- Marín, A.B., Meseguer, V., Zapata, J.F., Ortuño, M., Aguilar, J., Sáez S. and Lloréns, M. 2007. Removal of cadmium from aqueous solutions by adsorption onto orange waste. *Journal of Hazardous Materials*, 139, 122-131.
- Mohan, D., and Chander, S. 2006. Single, bindary and multicomponent sorption of iron and manganese on lignite. *Journal of colloid and interface science*, 299, 76-87.
- Seco, A., Marzal, P. and Gabaldon, C. 1997. Adsorption of heavy metals from aqueous solution onto activated carbon in single Cu and Ni system and in binary Cu-Ni, Cu-Cd and Cu-Zn systems. *Chem. Technol. Bioethanol*, 23-30.
- Veli, S. and Alyuz, B. 2007. Adsorption of copper and zinc from aqueous solutions by using natural clay. *Journal of Hazard Mater.* 149, 226-233.
- World Health Organization. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed.; WHO: Geneva, Switzerland, 2011. 155-202.



Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

## Competitive adsorption of Cd and Zn from aqueous solution using iron oxide nanoparticles

Sharifmand<sup>1</sup>, M., Sepehr<sup>\*2</sup>, E., Ghasemi<sup>3</sup>, M., Piri<sup>4</sup>, M.

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

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

<sup>3</sup> M. Sc. Graduated, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

<sup>4</sup> Ph.D. Graduated, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Urmia, Iran

### Abstract

Contamination of aquatic ecosystems with heavy metals such as cadmium (Cd) and zinc (Zn) is one of the environmental hazards that threaten human health and aquatic organisms. In this study, iron oxide nanoparticles were used to removal of Zn and Cd from aqueous solutions with initial concentration of metals in range of 0-120 mg/L. Batch experiments were conducted to evaluate the effects of pH (4, 6 and 7), ionic strength (0.1 and 0.03) and type of background electrolyte (NaNO<sub>3</sub> and CaNO<sub>3</sub>) on Cd and Zn sorption by iron oxide nanoparticles. The results showed that sorption of Cd and Zn intensified by increasing initial concentration and pH but ionic strength had inverse effect. The sorption of heavy metals in the presence of NaNO<sub>3</sub> was higher than that in the presence of CaNO<sub>3</sub>. Therefore, pH and ionic strength are important parameters in the adsorption process. In a binary metal system, competitive studies demonstrated that the presence of Zn decreased maximum sorption ( $q_{max}$ ) of Cd from 21250 to 16076 mg kg<sup>-1</sup> (22%), but the adsorption of Zn showed 11% change in the presence of Cd. Overall, iron oxide nanoparticles may be suitable as an adsorbent for removal of Cd and Zn from wastewater.

**Keywords:** Competitive adsorption, pH, initial concentration, ionic strength

---

\* Corresponding author, Email: e.sepeher@urmia.ac.ir