بررسی معادله های جذب سطحی کادمیم در برخی خاک های ایران و رابطه بین ضرایب آنها با ویژگی های خاک

صدیقه صفرزاده شیرازی، عبدالمجید رونقی، نجفعلی کریمیان، جعفر یثربی، و مجتبی صدری
به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، استاد، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده (r_safar2000@yahoo.com)

چکیده

به منظور بررسی همدماهای جذب سطحی کادمیم (فروندلیچ، لانگ مویر، تمکین، گوناری، و ادی هافستی) و رابطه بین ضرایب بهترین معادلات با ویژگی‌های خاک، 10 نمونه خاک آهکی و اسیدی به ترتیب از جنوب و شمال ایران تهیه شد. نتایج نشان داد که همدماهای فروندلیچ، لانگ مویر و گوناری بهتر از سایر معادله ها جذب سطحی کادمیم را در خاک های آهکی و اسیدی مورد مطالعه پیش‌بینی کردند. بر اساس نتایج بدست آمده جذب سطحی کادمیم با افزایش مقدار رس و پهاش خاک ها افزایش یافت، همچنین جذب کادمیم در خاک های آهکی بیشتر از خاک های اسیدی بود.

کلمات کلیدی: کادمیم، معادله های جذب سطحی، ویژگی های خاک

مقدمه

فلزات سنگین نقش بسیار مهمی در ایجاد آلودگی محیط زیست دارند. یکی از این فلزات کادمیم است که به دلیل ایجاد مشکلات زیست محیطی و به خطر انداختن سلامت انسان مورد توجه قرار گرفته است(هی و همکاران، 2005). غلظت کادمیم در محلول خاک و قابلیت استفاده آن برای گیاه در درجه اول بوسیله واکنش های جذب و واجذبی در خاک کنترل می شود(مک لارن و همکاران، 1998). جذب سطحی کادمیم تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند پهاش (اپل و ما، 2002)، مقدار و نوع رس (بالتن و ایوانز، 1996)، و ظرفیت تبادل کاتیونی (ادهیکاری و سینگ، 2003) قرار می گیرد. به طور کلی هرچه مقدار جذب سطحی عنصر در خاک بیشتر باشد، سمیت آن برای گیاه کمتر است. بنابراین مطالعه جذب سطحی کادمیم در خاک های مختلف با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی متفاوت به منظور شناخت چگونگی انتقال این عناصر از فاز محلول به فاز جامد خاک از اهمیت به سزایی برخوردار است.

مواد و روشها

تعداد 10 نمونه خاک سطحی(0 تا 30 سانتی متری) که در دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی بودند از خاک های استان فارس (خاکهای آهکی) و استان گیلان (خاک های اسیدی) تهیه شدند. پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی متری، برخی از ویژگی های خاک ها از قبیل بافت، ماده آلی، پهاش، کربنات کلسیم معادل(CCE)، ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC)، و مقدار کادمیم اندازه گیری شد (جدول 1). به منظور بررسی همدماهای جذب سطحی کادمیم مقدار 2 گرم خاک در لوله سانتریفیوژ ریخته و به آن 20 میلی لیتر از محلول حاوی غلظت های 25، 50، 100، 200، 400، 600، 800، 1200، 1800، 2400، 2800، و 3200 میلی گرم در لیتر کادمیم (از منبع نیترات

کادمیم) که در کلسیم کلرید 0/01 مولار ساخته بودند، افزوده شد. نمونه ها به مدت 24 ساعت در دمای 25 درجه سلسیوس و در به هم زن مکانیکی تکان داده شدند. پس از سانتریفیوژ و صاف کردن، غلظت کادمیم بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. تفاوت بین مقدار کادمیم در محلول اولیه و محلول نهایی پس از تعادل، به عنوان مقدار کادمیم جذب سطحی شده بوسیله خاک در نظر گرفته شد. معادله های فروندلیچ، لانگ مویر، تمکین، گوناری و ادی هافستی جهت بررسی معادله های جذب سطحی کادمیم مورد استفاده قرار گرفتند. مقادیر ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) جهت مقایسه همدماهای جذب سطحی مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

شماره خاک	رس ($g\ kg^{-1}$)	بافت	پ هاش	ماده آلی ($g\ kg^{-1}$)	CCE ($g\ kg^{-1}$)	CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	کادمیم ($mg\ kg^{-1}$)
				خاک های آهکی			
1	50/0	Loamy sand	7/78	0/3	740/0	3/0	0/83
2	212/8	Loam	7/55	5/0	445/5	12/6	0/36
3	241/6	Silt loam	7/70	13/4	308/7	18/7	0/13
4	148/8	Loam	7/75	2/0	595/8	9/1	0/12
5	241/6	Loam	7/79	6/7	484/9	12/6	0/18
6	430/0	Clay	7/39	29/2	270/0	24/0	0/14
				خاک های اسیدی			
7	101/6	Sandy loam	5/70	25/5	32/29	12/2	1/20
8	141/6	Loam	5/39	40/3	55/94	15/6	0/55
9	88/8	Sandy loam	5/05	53/8	69/45	16/5	0/52
10	408/8	Clay	4/93	9/7	81/27	20/9	0/11

نتایج و بحث

از همدماهای جذب، برای مطالعه نگهداری کادمیم در خاک استفاده می شود. این همدماها رابطه بین مقدار جذب سطحی کادمیم و غلظت آن در محلول تعادل را نشان می دهند. تاکنون معادله های مختلفی برای توصیف این رابطه پیشنهاد شده است. معادله های لانگ مویر ($C/X=[1/(K_Lb)]+(1/b)C$)، فروندلیچ ($\text{Log } X = \text{Log } K_F + (1/n)\text{ Log } C$)، تمکین ($X= K_{1T} + K_{2T}\text{ LnC}$)، گوناری ($C/X = K_{1G} +K_{2G} C +K_{3G} C^{1/2}$) و ادی هافستی ($X= b_E - X/K_EC$) بیش از سایر معادله ها مورد استفاده قرار گرفته است که در آنها X، مقدار کادمیم جذب سطحی شده در واحد وزن خاک (میلی گرم در کیلوگرم) و C غلظت کادمیم در محلول تعادل (میلی گرم در لیتر) می باشد. مقادیر ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) جهت مقایسه همدماهای جذب سطحی مختلف مورد استفاده قرار گرفت (جدول 2). به طور کلی هر چه مقدار ضریب تبیین (R^2) معادله ای بیشتر و خطای استاندارد (SE) آن کمتر باشد، آن معادله برای توصیف جذب سطحی عنصر مناسب تر است (هاولین و همکاران، 1985). بر اساس نتایج بدست آمده همدماهای فروندلیچ، لانگ مویر و گوناری بهتر از سایر معادله ها جذب سطحی کادمیم را در خاک های مورد مطالعه پیش بینی کردند. برازش همدمای جذب سطحی کادمیم با معادله لانگ مویر بوسیله پژوهشگران زیادی گزارش شده است (وان زوهیری و عبد الرحیم، 2007؛ سینگ و همکاران، 2001). لو و زو (2009) نشان دادند که همدمای جذب لانگ مویر با ضریب تبیین بالا برای پیش بینی جذب سطحی فلزات سنگین کادمیم، روی، مس، و سرب در خاک مناسب بوده است. معادله های رگرسیونی بین ضرایب ثابت معادلات جذب سطحی و

ویژگی های خاک ها در جدول 3 آورده شده است. این معادله ها نشان می دهد که حداکثر جذب کادمیم (b) معادله لانگ مویر رابطه معنی داری با مقدار رس و CEC خاک های آهکی داشت اما در خاک های اسیدی پهاش خاک کنترل کننده حداکثر ظرفیت جذب کادمیم بود. در مجموع در تمام خاک های مورد مطالعه مقدار رس و پهاش خاک تنها ویژگی های کنترل کننده جذب سطحی کادمیم بودند. بنابراین با افزایش رس و پهاش خاک مقدار کادمیم جذب سطحی شده افزایش می یابد. برادل (2004) گزارش کرد که هر چه مقدار رس خاک بیشتر باشد، سطح ویژه و سطح فعال خاک بیشتر شده، در نتیجه جذب سطحی افزایش می یابد. ادهیکاری و سینگ (2003) نشان دادند که در خاک های هند پهاش و CEC خاک ها با ضریب معادله فروندلیچ همبستگی مثبت معنی داری داشت.

جدول 2- ضرایب تبیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) همدماهای جذب سطحی کادمیم در خاک های اسیدی و آهکی مورد مطالعه

شماره خاک	فروندلیچ		لانگ مویر		تمکین		ادی هافستی		گوناری	
	R^2	SE	R^2	SE	R^2	SE	R^2	SE	R^2	SE
1	0/94***	0/10	0/84***	0/1	0/71***	907	0/41*	1294	0/995***	0/03
2	0/97***	0/01	0/99***	0/01	0/93***	1056	0/55**	2714	0/998***	0/004
3	0/99***	0/06	0/97***	0/02	0/88***	1371	0/45 *	2980	0/997***	0/006
4	0/98***	0/06	0/98***	0/02	0/92***	887	0/48 *	2184	0/997***	0/009
5	0/96***	0/12	0/99***	0/01	0/93***	1037	0/52**	2723	0/997***	0/007
6	0/98***	0/08	0/96***	0/01	0/88***	1742	0/55**	3391	0/993***	0/007
7	0/98***	0/06	0/96***	0/03	0/89***	784	0/71**	1302	0/991***	0/02
8	0/98***	0/07	0/92***	0/04	0/87***	924	0/71**	1378	0/988***	0/02

*، **، *** به ترتیب در سطح پنج، یک و 0/1 درصد معنی دار می باشند.

جدول 3- معادله های رگرسیونی بین خصوصیات خاک ها و ضرایب ثابت بهترین معادلات جذب سطحی در خاک های آهکی و اسیدی

معادله	معادله رگرسیونی	R^2	تعداد مشاهدات
	خاک های آهکی		
لانگ مویر	b= 5737+17/4Clay	0/79**	6
لانگ مویر	b= 5660+13/3Clay + 73 CEC	0/76**	6
	خاک های اسیدی		
فروندلیچ	K_F = – 12/9+5/5pH	0/96**	4
	هر دو خاک اسیدی و آهکی		
لانگ مویر	b= 6596/8 + 12/8 Clay	0/49*	10
لانگ مویر	K_d= - 131 + 28/4 pH	0/57 *	10
فروندلیچ	K_F = – 935 + 197/4 pH	0/93**	10
فروندلیچ	1/n= 0/95 - 0/08 pH	0/76**	10

*، ** به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی دار است.

قدردانی

از کلیه مسئولین و کارکنان محترم بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق صمیمانه قدردانی می شود.

منابع

Adhikari T, and Singh MV, 2003. Sorption characteristics of lead and cadmium in some soils of India. Geoderma 114: 81-92.

Appel C, and Ma L, 2002. Concentration, pH, and surface charge effects on cadmium and lead sorption in three tropical soils. Journal of Environmental Quality 31: 581-589.

Bolton K.A, and Evans LJ, 1996. Cadmium adsorption capacity of selected Ontario soils. Canadian Journal of Soil Science 76: 183-189.

Bradl HB, 2004. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. Journal of Colloid and Interface Science 277: 1-18.

Havlin JL, Westfall DG, and Olsen, SR, 1985. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 371–376.

He ZL, Xu HP, Zhu YM, Yang XE, and Chen GC, 2005. Adsorption-desorption characteristics of cadmium in variable charge soils. Environ. Health Sci. J. 40: 805 – 822.

Lu SG, and Xu QF, 2009. Competitive adsorption of Cd, Cu, Pb, and Zn by different soils of Eastern China. Environ Geol. 57:685–693.

McLaren RG, Backes CA, Rate AW, and Swift RSS, 1998. Cadmium and cobalt desorption kinetics from soil clays: Effect of sorption period. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 332-337.

Singh SP, Ma LQ, and Harris WG, 2001. Heavy metal interactions with phosphatic clay: sorption and desorption behavior. J. Environ. Qual. 30: 1961–1968.

Wan Zuhairi WY, and Abdul Rahim S, 2007. Sorption parameters of Pb and Cu on natural clay soils from Selangor, Malaysia. Sains Malaysiana 36: 149-157.