



محور مقاله: شیمی خاک

اثر پی‌اچ تعادلی بر جذب نیکل در چهار خاک آهکی استان همدان

سمانه طاهرونند^{۱*} و محسن جلالی^۲

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

^۲ استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

تأثیر پی‌اچ تعادلی بر جذب نیکل با استفاده از آزمایشات بسته در چهار خاک آهکی استان همدان بررسی شد. با افزایش پی‌اچ، جذب نیکل در خاک‌ها افزایش یافت. پی‌اچی که در آن ۵۰ درصد نیکل جذب شد (pH₅₀) ۳/۸ (خاک ۲)، ۵/۵ (خاک ۳)، ۶/۴ (خاک ۴) و ۶/۸ (خاک ۱) بود و کمترین مقدار pH₅₀ در خاک ۲ (دارای ۴/۳ درصد ماده آلی و پی‌اچ ۷/۳) مشاهده شد. جذب لبه‌ای در خاک‌های ۱ و ۴ در دامنه ۶ تا ۸ و در خاک ۳ در دامنه ۵ تا ۸ بود، در حالی که در خاک ۲ که دارای حداکثر مقدار ماده آلی بود، در مقادیر پایین‌تر پی‌اچ مشاهده شد. توالی جذب نیکل به صورت: خاک ۱ > خاک ۳ > خاک ۴ > خاک ۲ بود. با توجه به مقادیر جذب لبه‌ای و توالی جذب نیکل می‌توان نتیجه گرفت که حضور ماده آلی باعث کاهش جذب لبه‌ای و افزایش مقدار جذب نیکل می‌شود. جذب نیکل رابطه معکوس با مجموع غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم محلول داشت و نیز لگاریتم فعالیت این سه کاتیون با افزایش پی‌اچ کاهش یافت. در واقع سه کاتیون کلسیم، منیزیم و پتاسیم عمدتاً در مکان‌های تبادل‌پذیر جذب شدند، در حالی که جذب اختصاصی مکانیسم اصلی جذب نیکل بود.

کلمات کلیدی: نیکل، پی‌اچ تعادلی، جذب، pH₅₀، جذب لبه‌ای، کاتیون‌های محلول

مقدمه

عناصر سنگین به راحتی در خاک سطحی تجمع یافته و غلظت آن‌ها به سطوح بحرانی می‌رسد، در این صورت ممکن است بخشی از آن‌ها در طول پروفیل خاک حرکت کرده و منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شوند (Hooda و Alloway، ۱۹۹۳). مکانیسم‌های مختلفی برای حذف عناصر سنگین از خاک وجود دارد، که در بین آن‌ها مکانیسم جذب به دلیل سادگی و کم هزینه بودن، دارای کارایی بالایی می‌باشد. جذب یک واژه کلی است که برای خروج یون از فاز محلول استفاده می‌شود (Sposito و Schindler، ۱۹۸۶). جذب شامل دو فرآیند می‌باشد: فرآیندی که در آن، یک یون محلول به سطح یک جامد می‌پیوندد (جذب سطحی) و فرآیندی که در آن، یون محلول به یک جامد متخلخل پخشیده می‌شود و به سطوح داخلی آن می‌پیوندد (جذب داخلی) (Fetter، ۱۹۹۳). پی‌اچ خاک نقش مهمی در جذب عناصر سنگین ایفا می‌کند، به طوری که حلالیت هیدروکسیدهای فلزی و همچنین کربنات‌ها و فسفات‌ها را به طور مستقیم کنترل می‌کند (Appel و Ma، ۲۰۰۲؛ Silveira و همکاران، ۲۰۰۳). پی‌اچ خاک فاکتور اصلی تأثیرگذار بر حلالیت، تحرک و جذب نیکل می‌باشد، در حالی که مقدار رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم و نیز ماده آلی خاک در رتبه دوم اهمیت قرار دارند. از این رو اهداف مطالعه حاضر، بررسی جذب نیکل در خاک در دامنه پی‌اچ تعادلی ۲ تا ۹ و نیز بررسی تأثیر پی‌اچ بر فعالیت سه کاتیون غالب کلسیم، منیزیم و پتاسیم در عصاره‌های حاصل از آزمایشات جذب نیکل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

چهار نمونه خاک که دارای مقادیر مختلف کربنات کلسیم و ماده آلی بودند، از استان همدان جمع‌آوری شدند. نمونه‌برداری از خاک‌ها از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد و نمونه‌ها بعد از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه شده است. بافت نمونه‌های خاک با استفاده از روش هیدرومتر و با قرائت دو زمانه تعیین شد. اندازه‌گیری پی‌اچ، ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده

* ایمیل نویسنده مسئول: s.tahervand@yahoo.com



از روش Rowell (۱۹۹۴) انجام شد. کربنات کلسیم نیز با روش تیتراسیون با اسید اندازه‌گیری شد (Sims, ۱۹۹۶). غلظت شبه کل نیکل، با هضم ۲ گرم خاک در ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی (Spectr AA-220-Varian) قرائت گردید (Sposito و همکاران، ۱۹۸۲). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در جدول ۲ ارائه شده است. برای بررسی تأثیر پی‌اچ تعادلی بر جذب نیکل، ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۶ میلی‌مولار کلرید نیکل (NiCl₂) در محلول الکترولیت کلرید سدیم (NaCl) ۰/۱ مولار، به یک گرم خاک اضافه شد. با افزودن اسید کلریدریک (HCl) ۰/۵ یا ۰/۷ نرمال و هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۵ نرمال به نمونه‌ها، پی‌اچ آن‌ها بین ۲ تا ۹ تنظیم شد (Merdy و همکاران، ۲۰۰۹). حجم نهایی در همه نمونه‌ها پس از تنظیم پی‌اچ یکسان بود. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، به مدت ۲ ساعت تکان داده شدند و به منظور برقراری تعادل، ۲۲ ساعت به آن‌ها فرصت داده شد و مجدداً به مدت ۲ ساعت دیگر تکان داده شدند (Yang و همکاران، ۲۰۰۶). سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند و از کاغذ صافی عبور داده شدند. پس از عصاره‌گیری، پی‌اچ نمونه‌ها قرائت گردید. در نهایت غلظت نیکل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی قرائت گردید. مقدار جذب نیکل نیز از تفاوت بین مقدار اولیه آن و مقدار باقی‌مانده در محلول پس از برقراری تعادل تعیین گردید. همچنین مقادیر کلسیم، منیزیم و پتاسیم در عصاره‌های حاصل از آزمایشات جذب با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند (Rowell, ۱۹۹۴). به منظور محاسبه فعالیت کلسیم، منیزیم و پتاسیم در آزمایش جذب، این مقادیر به همراه مقادیر نیکل، سدیم، آهن، کربن، بی‌کربنات و کربنات و نیز پی‌اچ ۲ تا ۹ به عنوان ورودی در مدل مین-تک (MINTEQ) به کار رفتند. لازم به ذکر است که هریک از نمونه‌ها در ۲ تکرار برای آنالیز تهیه شدند.

جدول ۱- موقعیت نمونه خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)
۱	۴۸/۴۳	۳۴/۳۰
۲	۴۸/۴۷	۳۴/۷۸
۳	۴۸/۴۵	۳۴/۸۲
۴	۴۸/۴۰	۳۴/۹۹

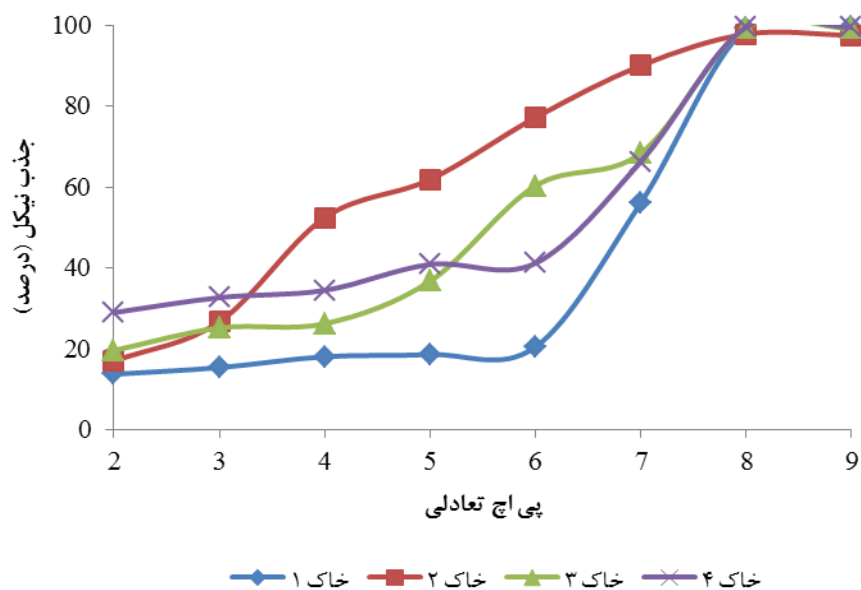
جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌ها

شماره خاک	پی‌اچ	کربنات کلسیم معادل (%)	ماده آلی	ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol _c kg ⁻¹)	کلاس بافت
۲	۷/۳	۹/۹	۴/۳	۲۱/۴	لومی
۳	۷/۷	۱۱/۲	۲/۱	۲۲/۶	لوم رسی
۴	۸/۰	۲۱/۵	۱/۷	۲۸/۱	لوم رسی سیلتی

نتایج و بحث

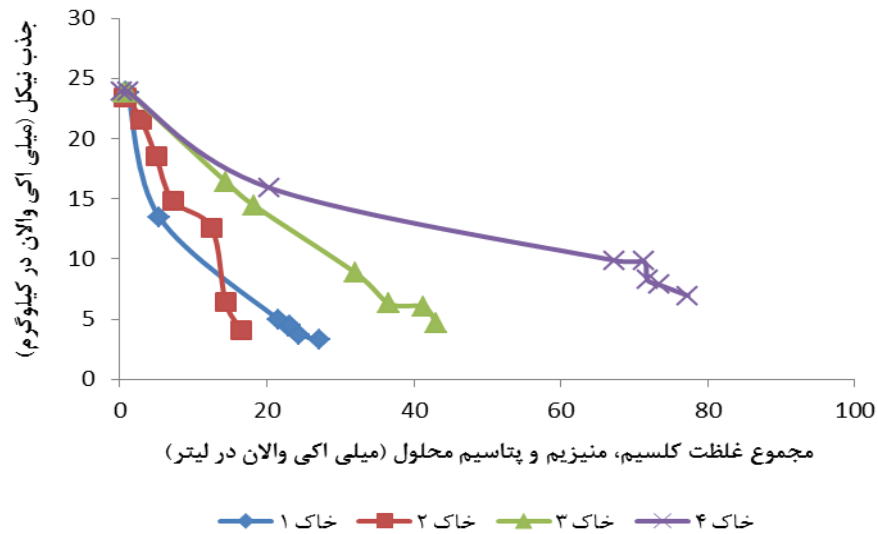
شکل ۱ جذب نیکل در رابطه با پی‌اچ تعادلی را در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد. حداکثر جذب نیکل در پی‌اچ حدوداً ۸/۰ رخ داد. پی‌اچی که در آن ۵۰ درصد نیکل جذب شد (pH₅₀) ۳/۸ (خاک ۲)، ۵/۵ (خاک ۳)، ۶/۴ (خاک ۴) و ۶/۸ (خاک ۱) بود که میانگین آن در بین چهار خاک ۵/۶ بود (شکل ۱). کمترین pH₅₀ در خاک ۲ (دارای ۴/۳ درصد ماده آلی و پی‌اچ ۷/۳) مشاهده شد. جذب نیکل در خاک ۱، از پی‌اچ ۲ تا ۶ دارای شیب کند، از پی‌اچ ۶ تا ۸ دارای شیب تند و از پی‌اچ ۸ تا ۹ کند بود. شیب خاک ۲ از پی‌اچ ۲ تا ۴ تند و از پی‌اچ ۴ تا ۸ کند بود، در پی‌اچ بالاتر از ۸ نیز

روند کاهش داشت. خاک ۳ نیز از پی‌اچ ۲ تا ۵ شیب کند، از پی‌اچ ۵ تا ۸ شیب تند داشت و بعد از پی‌اچ ۸ نیز روندی کاهشی با شیب ملایم داشت. خاک ۴ از پی‌اچ ۲ تا ۶ دارای شیب ملایم بود اما از پی‌اچ ۶ تا ۸ شیب آن تند بود و در پی‌اچ بالاتر از ۸ تقریباً روندی ثابت داشت. دامنه محدودی از پی‌اچ که در آن افزایش جذب با شیب تند صورت می‌گیرد، جذب لبه‌ای نامیده می‌شود. جذب لبه‌ای در خاک‌های ۱ و ۴ در دامنه ۶ تا ۸ و در خاک ۳ در دامنه ۵ تا ۸ بود، در حالی که در خاک ۲ که دارای حداکثر مقدار ماده آلی می‌باشد، در مقادیر پایین‌تر پی‌اچ صورت گرفت. این نتیجه بیانگر این مسئله می‌باشد که جذب لبه‌ای با افزایش مقدار ماده آلی می‌یابد. این نتیجه مشابه با مشاهدات Bolton و Evans (۱۹۹۶) می‌باشد که نشان دادند جذب در مقادیر پایین پی‌اچ عمدتاً در سطوح آلی رخ می‌دهد. Dudley و همکاران (۱۹۸۶) دریافتند که مس و نیکل با مواد آلی محلول در یک خاک اصلاح شده با لجن فاضلاب به شدت تشکیل کمپلکس می‌دهند، در حالی که روی در مقایسه با این دو عنصر کمتر تشکیل کمپلکس می‌دهد. به همین دلیل است که جذب نیکل در دو خاک ۲ و ۳ در پی‌اچ بالاتر از ۸ اندکی کاهش یافته است. Yin و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که افزایش پی‌اچ، حلالیت مواد آلی محلول را افزایش می‌دهد و بنابراین کمپلکس جیوه با مواد آلی محلول افزایش یافته و در نتیجه جذب جیوه در خاک کاهش می‌یابد. توالی جذب نیکل به صورت: خاک ۱ > خاک ۳ > خاک ۴ > خاک ۲ بود. این توالی نشان می‌دهد که حضور ماده آلی باعث افزایش مقدار جذب نیکل می‌شود. برخی از محققان گزارش کردند که وجود ماده آلی زیاد در خاک‌ها عمدتاً منجر به کاهش رهاسازی نیکل و افزایش رهاسازی روی می‌شود (McGrath و همکاران ۱۹۸۸؛ Arnesen و Singh، ۱۹۹۸؛ Karaca، ۲۰۰۴).



شکل ۱- جذب نیکل نسبت به پی‌اچ تعادلی در خاک‌های مختلف

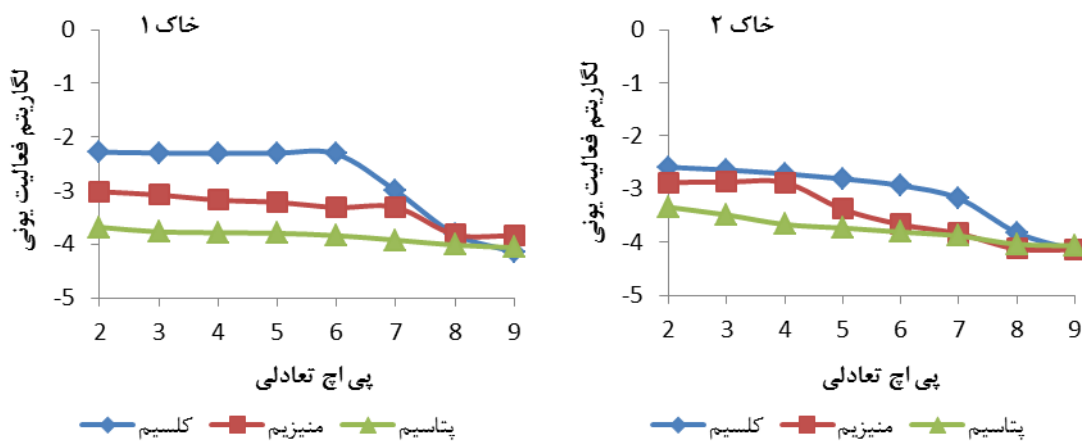
شکل ۲ نشان‌دهنده رابطه جذب نیکل با مجموع غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم محلول می‌باشد. با توجه به این که نیکل رابطه‌ای معکوس با این سه کاتیون ذکر شده داشت و از طرف دیگر نیز لگاریتم فعالیت این سه کاتیون با افزایش پی‌اچ کاهش یافت (شکل ۳) از این رو بخش ناچیزی از جذب نیکل در مکان‌های تبدالی صورت گرفته است و عمدتاً سه کاتیون کلسیم، منیزیم و پتاسیم در مکان‌های تبدالی جذب شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که تبادل کاتیونی مکانیسم اصلی جذب نیکل نبوده است و این عنصر عمدتاً به صورت اختصاصی جذب شده است.

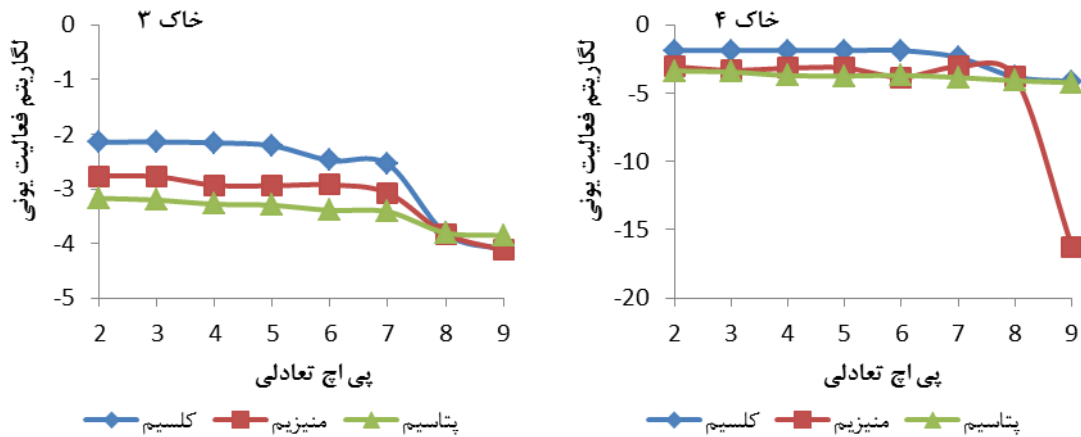


شکل ۲- رابطه بین نیکل جذب شده و مجموع غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم در محلول خاک

نتیجه گیری

جذب نیکل در خاک به شدت تحت تأثیر پی‌اچ تعادلی بود و با افزایش پی‌اچ تعادلی، افزایش یافت. از آنجایی که خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه متفاوت بود، مقادیر جذب نیکل نیز متأثر از این ویژگی‌ها بود. در مجموع جذب نیکل در خاک‌های حاوی حداکثر مواد آلی و کربنات کلسیم، بیشترین مقدار بود. به طور کلی حداقل مقادیر pH_{50} و جذب لبه‌ای در خاک ۲ که حاوی بیشترین مقدار ماده آلی بود، مشاهده شد. جذب نیکل رابطه معکوس با مجموع غلظت کلسیم، منیزیم و پتاسیم محلول داشت و نیز لگاریتم فعالیت این سه کاتیون با افزایش پی‌اچ کاهش یافت. سه کاتیون کلسیم، منیزیم و پتاسیم عمدتاً در مکان‌های تبادل‌پذیر جذب شدند، اما نیکل به صورت اختصاصی جذب شد.





شکل ۳- رابطه بین لگاریتم فعالیت کلسیم، منیزیم و پتاسیم با پی اچ تعادلی در محلول خاک در آزمایش جذب نیکل

منابع:

- Appel, C. and Ma, L. 2002. Concentration, pH, and surface charge effects on cadmium and lead sorption in three tropical soils. *J. Environ. Qual.* 31, 581–589.
- Arnesen, A.K.M. and Singh, B.R. 1998. Plant uptake and DTPA-extractability of Cd, Cu, Ni and Zn in a Norwegian alum shale soil as affected by previous addition of dairy and pig manures and peat. *Can. J. Soil Sci.* 78, 531–539.
- Bolton, K.A. and Evans, L.J. 1996. Cadmium adsorption capacity of selected Ontario soils. *Can. J. Soil Sci.* 76, 183–189.
- Dudley, L.M., McNeal, B.L. and Baham, J.E. 1986. Time dependent changes in soluble organics, copper, nickel, and zinc from sludge amended soils. *J. Environ. Qual.* 15, 188–192.
- Fetter, C. 1993. *Contaminant Hydrogeology*. Macmillan, New York. p. 458.
- Hooda, P.S. and Alloway, B.J. 1993. Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge-amended soils. *Soil Sci.* 44, 97–110.
- Karaca, A. 2004. Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in soil. *Geoderma.* 122, 297–303.
- McGrath, S.P., Sanders, J.R. and Shabaly, M.H. 1988. The effects of soil organic matter levels on soil solution concentrations and extractabilities of manganese, zinc and copper. *Geoderma.* 42, 177–188.
- Merdy, P., Tarchouna Gharbi, L. and Lucas, Y. 2009. Pb, Cu and Cr interactions with soil: Sorption experiments and modeling. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* 347, 192–199.
- Rowell, D.L. 1994. *Soil science: methods and applications*. Harlow: Longman Group. p. 345.
- Silveira, M.L.A., Alleoni, L.R.F. and Guilherme, L.R.G. 2003. Review: biosolids and heavy metals in soils. *Sci. Agric.* 60, 793–806.
- Sims, J.T. 1996. *Lime requirement methods of soil analysis. Parts: Chemical Methods*, Madison, Wisconsin, USA. p. 491.
- Sposito, G. and Schindler, P.W. 1986. Reactions at the soil colloid-soil solution interface. In: Landner, L. (ed) *Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems*. Springer Verlag, Berlin. p. p. 683–699.
- Sposito, G., Lund, J. and Chang, A.C. 1982. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in soil phases. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 260–264.
- Yang, J.Y., Yang, X.E., He, Z.L., Li, T.Q., Shentu, J.L. and Stoffella, P.J. 2006. Effects of pH, organic acids, and inorganic ions on lead desorption from soils. *Environmental Pollution. Environ. Pollut.* 143, 9–15.
- Yin, Y., Allen, H.E., Li, Y., Huang, C.P. and Sanders, P.F. 1996. Adsorption of mercury (II) by soil: effects of pH, chloride, and organic matter. *J. Environ. Qual.* 25, 837–84



16th Iranian Soil Science Congress

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



Topic for submission: Soil Chemistry

Effect of equilibrium pH on nickel sorption by four calcareous soils from Hamedan province

Tahervand, S.,^{*1} Jalali, M²

¹ Ph. D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran

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

Abstract

The influence of equilibrium pH on nickel (Ni) sorption by four calcareous soils from Hamedan province was assessed, using batch experiments. The amount of Ni sorption on soils increased with increasing pH. The pH values at which 50% Ni sorption occurred (pH₅₀) were 3.8 (soil 2), 5.5 (soil 3), 6.4 (soil 4) and 6.8 (soil 1) and the minimum pH₅₀ value was observed for soil 2 (with 4.3% organic matter (OM) and pH 7.3). The range of sorption edge for soils 1 and 4 was 6 to 8, and for soil 3 was 5 to 8, while for soil 2 with the highest content of OM was observed at the low pH values. The order of Ni sorption was soil 2 > soil 4 > soil 3 > soil 1. With regards to Ni sorption edges and sorption sequence, it can be concluded that presence of OM causes decreasing of Ni sorption edge and increasing of its sorption amount. There was an inverse relationship between Ni sorption and sum of the calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) concentration in solution and the log activity of these three cations decreased by increasing pH. The other word, Ca, Mg and K mostly were sorbed on exchange sites, while specific sorption was main sorption mechanism for Ni sorption.

Keywords: Nickel, Equilibrium pH, Sorption, pH₅₀, Sorption edge, Solution cations

* Corresponding author, Email: s.tahervand@yahoo.com