جذب، واجذبی و نامتحرک‌سازی سرب (Pb) در چهار خاک آهکی

بهاره رجبی[۱]، حبیب خداوردی‌لو*[۲]، عباس صمدی[۳] و میرحسن رسولی صدقیانی[۲]
[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد؛ [۲] استادیار؛ [۳] دانشیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه ارومیه

مقدمه

تحرک، فراهمی و سمیت فلزات سنگین در خاک توسط ویژگی‌های جذب و واجذبی خاک کنترل می‌شود. جذب و واجذبی فلزات سنگین به ویژگی‌هایی از خاک مانند **pH** ، پتانسیل اکسایش و کاهش، کانی‌های رسی، مواد آلی خاک، اکسیدهای آهن و منگنز، و درصد کربنات‌کلسیم بستگی دارد[۲]. گنجایش خاک در نگهداری و رهاسازی فلزات یکی از عوامل مهم در برآورد زیان‌های زیست محیطی استفاده از مواد دارای فلزات سنگین مانند لجن فاضلاب[۳]، انتقال آلاینده‌ها در خاک، بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی، ارزیابی کامیابی احتمالی روش‌های پالایش‌سبز (**phytoremediation**) با استفاده از مدل‌های ریاضی [۱] و مدیریت منابع و مدیریت طرح‌های پالایش است. فرایند جذب و واجذبی یک فلز (یا چند فلز به طور هم‌زمان) را می‌توان با استفاده از مدل‌سازی منحنی‌های هم‌دمای جذب و واجذبی (**sorption/desorption isotherm**) به گونه‌ای کمّی نشان داد. در خاکهای آهکی احتمالاً وجود کربنات‌کلسیم رفتار جذب و وا جذبی سرب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با وجود این، تاکنون پژوهشی جامع در راستای کمّی‌سازی فرایندهای جذب/واجذبی فلزات سنگین در خاک‌های آهکی- که وسعت چشمگیری در کشور ایران دارند- انجام نشده است. هدف از این پژوهش بررسی کمی جذب و واجذبی و نا متحرک سازی در چهار خاک آهکی است.

مواد و روشها

برای تهیه‌ی هم‌دمای جذبی خاک، با استفاده از $Pb(NO_3)_2$ محلول‌هایی با غلظت صفر، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر از سرب در محلول زمینه‌ی $CaCl_2$ ۰/۰۱ مولار تهیه شد. پس از ۲۴ ساعت تکان دادن و سانتریفوژ و عصاره گیری صورت گرفت. به هر کدام از نمونه خاکهای باقیمانده از آزمایش جذب، ۲۵ میلی‌لیتر از محلول زمینه‌ی کلریدکلسیم ($CaCl_2$) با غلظت ۰/۰۱ مولار (بدون سرب) افزوده شد. غلظت سرب در هر دو نمونه جذب و وا جذب با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

با برازش مدل‌های مختلف هم‌دمای جذب و واجذبی مانند مدل‌های لانگمویر $\{C_s= k_lbCe/1+k_lC_e\}$، فروندلیخ $\{C_s= k_fC_e^{1/n}\}$، و خطی $\{C_s=k_{SD}.C_e\}$ با استفاده از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات، مدل ریاضی مناسب برای بیان کمّی رفتار جذب/واجذبی سرب بدست آمد. مقدار فلز نامتحرک شده در خاک از تفاوت جذب و واجذبی فلز در خاک بدست آمد.

نتایج و بحث

جدول (۱) برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برازش مدلهای مختلف همدمای جذب بر نتایج آزمایش جذب نشان داد که مدل لانگمویر (**mg/kg** ۳۲۹> **RMSE**>۶۷ و ۰/۸۰< R^2 >۰/۹۹) بهتر از مدل‌های خطی (**mg/kg** ۵۵۰ >**RMSE**> ۶۷۰ و ۰/۵۵< R^2 <۰/۷۶) و فروندلیخ (**mg/kg** ۱۹۳<**RMSE**<۳۷۶ و ۰/۶۳< R^2 <۰/۹۴) به داده‌های جذب سرب برازش یافت. محدوده زیر برای پارامترهای معادله لانگمویر در خاک‌های مورد مطالعه بدست آمد: (۰/۴۱>k_l>۰/۱۱ و ۲۲۹۵<b<۳۷۰۰).

بر اساس داده‌های واجذبی، مقدار نامتحرک‌سازی در هر چهار خاک بسیار زیاد بود (بیش از ۹۰٪ فلز جذب شده توسط خاک). در غلظت‌های پایین، مقدار واجذبی کم و با افزایش غلظت مقدار واجذبی افزایش یافت. بر اساس این نتایج،

فراهمی‌زیستی سرب در خاک‌های آهکی مورد مطالعه بسیار ناچیز بود و به ویژگیهای خاک بستگی داشت. خاک **a** با توجه به مقدار کمتر رس و مواد آلی نسبت به بقیه خاک‌ها کمترین نامتحرک‌سازی (۹۹/۳۵-۹۱/۱۵ درصد مقدار فلز جذب شده) و خاک **c** با دارا بودن بیشترین درصد کربنات‌کلسیم و مواد آلی بیشترین نامتحرک‌سازی (۹۹/۶۰-۹۲/۴۰ درصد مقدار فلز جذب شده) را داشت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

کد خاک	زیرگروه خاک	**CEC ($cmol\ kg^{-1}$)**	کربنات کلسیم (٪)	رس (٪)	**pH (0.01M $CaCl_2$)**	مواد آلی (٪)
a	**Vertic calcixerept**	۲۷	۶/۴	۲۳	۷/۵۳	۲/۳
b	**Typic haploxerept**	۳۶	۵/۰	۴۷	۷/۷۰	۲/۶
c	**Typic haploxerept**	۲۵	۱۲/۳	۳۳	۷/۶۰	۴/۲
d	**Typic haploxerept**	۳۸	۱۰/۶	۴۶	۷/۶۰	۳/۳

بنابراین، گواینکه احتمال انتقال آلاینده‌ها و آلودگی آب‌های زیرزمینی در خاکهای آهکی کمتر است، احتمالاً روش‌های پالایش زیستی مانند پالایش‌سبز - که به زیست‌فراهمی فلز در محلول خاک بستگی دارند- کامیابی چندانی در این خاک‌ها نخواهند داشت.

منابع

[۱] **خداوردی‌لو، ح. ۱۳۸۵. مدل‌سازی پالایش‌سبز خاک‌های آلوده به کادمیم و سرب. رساله‌ی دوره دکتری تخصصی فیزیک و حفاظت خاک. دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.**

[2] McLean, J. E. and B.E. Bledsoe. 1992. Behaviour of metal in soils. EPA Ground Water Issue. EPA 540- 5-92-018: 25pp.

[3] Silveria, M. L. A., L. R. F. Alloni, and L. R. G. Guilherme. 2003. Review: Biosolids and heavy metals in soils. ScienticAgricola, 60: 793-806.