

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

## ظرفیت و قدرت جذب سرب در خاک تیمار شده با بیوپچار برگ گردو تهیه شده در دو دما در حضور روی

صادق رئیسی نافچی<sup>۱\*</sup>، حمیدرضا متقیان<sup>۲</sup>، علیرضا حسین پور<sup>۳</sup><sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد<sup>۳</sup> استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

## چکیده

بیوپچار می‌تواند بر جذب سرب در خاک‌ها تأثیرگذار باشد. بنابراین در این تحقیق اثر بیوپچار برگ گردو بر جذب سرب در یک خاک شنی آهکی بررسی شد. خاک مورد نظر در دو سیستم جذب منفرد و رقابتی ( $Pb^{2+}+Zn^{2+}$ ) با یک درصد وزنی-وزنی بیوپچار تولید شده در دمای ۲۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تیمار و به مدت ۳۰ روز در دمای  $22 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نتایج نشان داد معادله لانگمویر جذب سرب را در هر دو سیستم جذب به خوبی توصیف کرد ( $R^2 > 0.99$ ). حداکثر جذب سرب ( $q_m$ ) در تیمارهای بیوپچار نسبت به خاک شاهد بیشتر بود. همچنین خاک تیمار شده با بیوپچار ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (۱۵۹۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به خاک تیمار شده با بیوپچار ۲۰۰ (۱۵۲۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و خاک شاهد (۱۴۹۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سرب بیشتر جذب کرد. همچنین حداکثر جذب سرب در حضور روی (۸۸/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به شاهد کاهش یافت. انرژی پیوند ( $K_L$ ) در تیمارهای بیوپچار نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. به علاوه این ضریب در تیمار بیوپچار ۶۰۰ (۰/۲۱۳ لیتر بر میلی‌گرم) نسبت به بیوپچار ۲۰۰ (۰/۱۵۷ لیتر بر میلی‌گرم) بیشتر بود. همچنین در حضور روی انرژی جذب سرب کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بیوپچار برگ گردو در دمای بالا می‌تواند جاذب بهتری برای سرب در خاک‌ها است.

کلمات کلیدی: ذغال زیستی، همدمای جذب، جذب رقابتی

## مقدمه

آلودگی فلزات سنگین و تجمع آن‌ها به واسطه حضور در زنجیره غذایی به عنوان پیامدی از فرآیند صنعتی شدن و افزایش رهاسازی مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست‌محیطی و بهداشتی جوامع امروزی است (Adriano, ۲۰۰۱). معمولاً در خاک‌های آلوده، فلزات سنگین همزمان وجود دارند و با یکدیگر برای مکان‌های جذب رقابت می‌کنند؛ در نتیجه جذب انتخابی و رقابتی فلزات سنگین توسط خاک‌ها از اهمیت بالایی در تعیین پتانسیل زیست‌فراهمی، سمیت برای گیاهان، توانایی آبشویی این فلزات در خاک و سرنوشت آن‌ها در محیط زیست دارد (Serrano و همکاران، ۲۰۰۵؛ Jalali و Moharrami, ۲۰۰۷). سرب ( $Pb^{2+}$ )، یکی از فلزات سنگین است که نقش زیستی مشخصی ندارد و دارای پتانسیل ایجاد سمیت برای گیاهان و سایر موجودات زنده است. سرب علاوه بر حضور طبیعی در خاک که ناشی از مواد مادری است، می‌تواند از طریق فعالیت‌های بشری، فعالیت‌های صنعتی، کارخانجات و دفع مواد زائد (Adriano, ۲۰۰۱)، نیز وارد خاک شود. بنابراین با توجه به گسترش آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین، پالایش خاک‌ها و آب‌های آلوده یکی از مهم‌ترین سیاست‌های زیست‌محیطی در کشورهای صنعتی و همچنین در حال توسعه می‌باشد. امروزه نیاز به توسعه روش‌های اصلاح خاک وجود دارد که این روش‌ها باید از لحاظ هزینه مقرون به صرفه باشند و آلودگی‌ها را بدون تأثیر بر حاصلخیزی خاک کاهش دهند (Sparks, ۲۰۰۳). یکی از تکنولوژی‌های حذف فلزات سنگین از آب و کاهش تحرک آن‌ها در خاک روش جذب می‌باشد (Fang و همکاران، ۲۰۰۸؛ Pan و همکاران، ۲۰۱۰). بیوپچار از مهم‌ترین مواد جاذب و تثبیت‌کننده فلزات سنگین در خاک است. بیوپچار ماده آلی حاصل از فرآیند گرماکافت ترکیبات آلی در شرایط بدون اکسیژن و یا با اکسیژن محدود می‌باشد که به دلیل ویژگی‌هایی از قبیل تخلخل و سطح ویژه زیاد، pH و بار سطحی، گروه‌های عامل و ترکیبات معدنی مختلف، قابلیت زیادی در جذب و نگهداشت برخی از عناصر را نسبت به سایر شکل‌های ماده آلی خاک دارا است (Hongbo و همکاران، ۲۰۱۷).

\*ایمیل نویسنده مسئول: raesisadegh@gmail.com

پژوهشگران متعددی به بررسی اثر بیوچار بر جذب سرب پرداخته‌اند (Mohan و همکاران، ۲۰۰۷؛ Yu و همکاران، ۲۰۱۲؛ Xio و Zhao، ۲۰۱۳). Mohan و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی جذب آرسنیک، کادمیم و سرب در حضور بیوچار تولیدشده از پوست درخت بلوط، پوست کاج، چوب بلوط و چوب کاج در دماهای ۴۰۰ و ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در یک خاک آهکی آلوده در آمریکا بیان کردند، حداکثر جذب این عناصر مربوط به بیوچار پوست بلوط تهیه شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. آن‌ها مهم‌ترین مکانیسم مؤثر در جذب فلزات توسط بیوچار پوست بلوط را تبادل کاتیونی ذکر کردند که بستگی زیادی به گروه‌های عامل سطحی، سطح بزرگ‌تر و منافذ بیشتر بیوچار پوست بلوط داشتند. Yu و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند، بیوچار تهیه‌شده از کاه برنج در خاک‌های آهکی چین جذب سرب را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. همچنین نتایج طیف‌سنجی بیوچار نشان داد، جذب سرب عمدتاً از طریق مکانیسم جذب غیرالکتروستاتیک توسط گروه‌های عامل بیوچار صورت گرفت. Xio و Zhao (۲۰۱۳) بیان کردند بیوچارهای کاه و کلش کلزا و بادام زمینی موجب افزایش جذب مس، سرب و کادمیم توسط خاک‌ها شد. آن‌ها اظهار داشتند، بیوچار جذب فلزات سنگین را در خاک‌های مختلف از طریق مکانیسم‌های متفاوت (جذب اختصاصی و غیراختصاصی) افزایش می‌دهد، اما سهم نسبی جذب با توجه به نوع فلز سنگین و بیوچار متفاوت است. به‌طور کلی تبادل کاتیونی، تشکیل کمپلکس و رسوب سه مکانیسم اصلی جذب سرب توسط بیوچار هستند که تحت تأثیر ماده اولیه، دمای پیرولیز و pH بیوچار قرار می‌گیرند (Hongbo و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین با توجه به آلودگی روزافزون خاک‌های آهکی با فلزات سنگین از راه‌های مختلف، اهمیت جذب این فلزات به‌ویژه به‌صورت رقابتی در خاک و احتمال تأثیر بیوچار به‌عنوان ماده اصلاح‌کننده پایدار بر تحرک و کاهش فراهمی فلزات سنگین، این تحقیق با هدف استفاده مناسب از ضایعات باغبانی استان چهارمحال و بختیاری (برگ گردو) و فقدان مطالعات کافی در زمینه اثر بیوچار برگ گردو بر تحرک عناصر آلاینده در خاک‌های آهکی آلوده، انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### ۱) خصوصیات خاک مورد مطالعه

خاک مورد مطالعه از لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) خاک‌های آهکی استان چهارمحال و بختیاری (منطقه حاشیه رودخانه زاینده رود) با طول و عرض جغرافیایی ۳۶۱۳۸۳۲-۴۷۴۰۶۴ متر نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک و پس از کوبیده‌شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی از ویژگی‌های خاک (جدول ۱) از قبیل بافت به روش هیدرومتر، pH در سوسپانسیون با نسبت آب به خاک ۲ به ۱، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره صاف‌شده با نسبت آب به خاک ۲ به ۱، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون اسید باقی‌مانده، گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) با استفاده از استات سدیم با pH=۷ و ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (Sparks، ۱۹۹۶)، مقدار سرب و روی کل با استفاده از اسید نیتریک ۴ مولار (Sposito و همکاران، ۱۹۸۲) تعیین شد.

### ۲) تهیه بیوچار

برای تهیه بیوچار، برگ خزان‌شده درختان گردو در پایان فصل رشد از باغ‌های استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شد. بیوچارها در سطوح دمایی ۲۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد با قرار دادن در لوله‌های فلزی درپوش دار به قطر ۲/۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در کوره به‌مدت ۲ ساعت و در شرایط کمبود اکسیژن تهیه شد. همچنین بیوچارها قبل از تیمار خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس، ویژگی‌های بیوچارها (جدول ۲) از قبیل قابلیت هدایت الکتریکی، pH و گنجایش تبادل کاتیونی با استفاده از روش‌های بیان شده در بخش (۱)، همچنین سرب و روی آن با روش خاکسترسازی خشک (Plank و Campbell، ۱۹۹۸) تعیین شد.

۳۰۰ گرم از نمونه خاک مورد مطالعه در قوطی‌های پلاستیکی ریخته و ۳ گرم از هر اصلاح‌کننده به آن‌ها اضافه و به‌مدت ۳۰ روز در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند و در این مدت رطوبت آن‌ها در حد ظرفیت مزرعه به کمک آب مقطر نگهداری شد. پس از مدت زمان انکوباسیون از هر نمونه برای اندازه‌گیری جذب سرب در خاک نمونه‌های ۲ گرمی از هر خاک در سه تکرار درون لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر از محلول سرب دارای غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار سرب (انفرادی) و سرب+روی با نسبت مولی ۱ به ۱ از نمک نیترات در محلول زمینه کلرید کلسیم (با غلظت ۱۰ میلی‌مولار) به لوله‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به‌مدت ۲ ساعت تکان داده و سپس ۲۴ ساعت در دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد در تعادل قرار گرفتند. پس از آن به‌مدت ۳ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه تکان داده و محلول رویی از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد.

در نهایت، غلظت تعادلی سرب در محلول توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی (AAS) اندازه‌گیری گردید (Arias و همکاران، ۲۰۰۶؛ Huang و همکاران، ۲۰۱۴). در نهایت برای تعیین ویژگی‌های جذب انفرادی و رقابتی سرب از معادله خطی لانگمویر (معادله ۱) استفاده شد.

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (1)$$

در این معادله، مقدار سرب جذب‌شده در واحد جرم خاک (mg/kg)،  $C_e$  غلظت سرب در محلول تعادلی (mg/l)،  $q_m$  حداکثر جذب سرب در خاک (mg/kg) و  $K_L$  ثابت متناسب با انرژی پیوند (l/kg) هستند (Huang و همکاران، ۲۰۱۴). پس از برازش مدل‌ها بر داده‌های جذب بر اساس ضریب تبیین ( $R^2$ ) بهترین مدل انتخاب شد.

فاکتور جداکننده ( $R_L$ )، (معادله ۲) کمیتی بی‌بعد بوده که ماهیت مطلوب جذب و خصوصیات ویژه همدمای لانگمویر (مناسب بودن یا نبودن جذب سطحی) را می‌توان به کمک آن تشریح نمود (Jiang و همکاران، ۲۰۰۹).

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (2)$$

در این معادله  $K_L$  ثابت ایزوترم لانگمویر (l/kg) و  $C_0$  غلظت اولیه (mg/l) یون سرب می‌باشد. چنانچه مقادیر این پارامتر بین صفر و یک باشد، فرایند جذب مطلوب می‌باشد (Jiang و همکاران، ۲۰۰۹).

## نتایج و بحث

### ۱) ویژگی‌های خاک و بیوچار مورد مطالعه

خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم‌شنی و قلیایی طبقه‌بندی می‌شود. برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین در بیوچار تهیه‌شده از برگ گردو مقدار pH، EC و غلظت عناصر در بیوچار ۶۰۰ نسبت به بیوچار ۲۰۰ و برگ گردو افزایش یافت. Kumar و همکاران (۲۰۱۸) علت افزایش pH، EC و غلظت عناصر بیوچارها با افزایش دما را به آزاد شدن عناصر در طی افزایش دمای فرایند گرماکافت نسبت دادند و بیان کردند بالا رفتن دمای تهیه بیوچار، باعث افزایش تبخیر مواد فرار و در نتیجه افزایش غلظت عناصر باقیمانده در خاکستر بیوچار می‌شود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

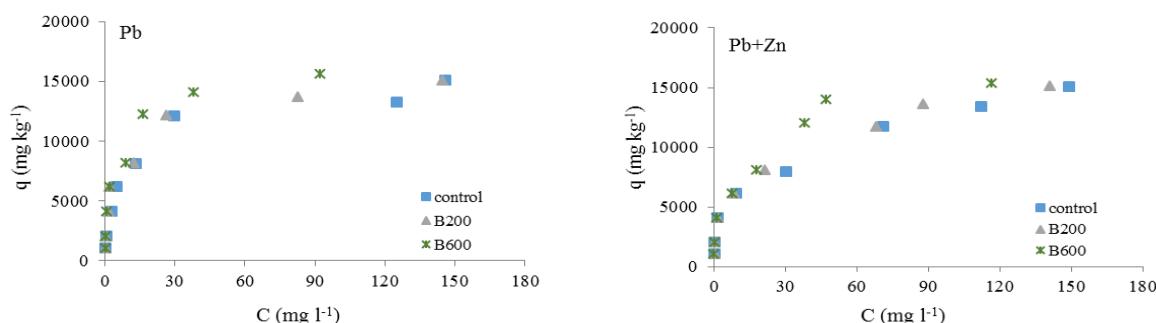
شن رس سیلت	کربنات کلسیم	ماده آلی	pH	EC	CEC	روی کل	سرب کل
%				(dS m <sup>-1</sup> )	(cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )
۱۷	۵۳	۱/۴۹	۷/۹	۰/۲۸	۱۷/۶۸	۴۱/۸۱	۱۲/۶۰

جدول ۲- برخی ویژگی‌های بیوچارها

ویژگی	بیوچار-۲۰۰	بیوچار-۶۰۰
pH	۵/۲	۱۰/۴
EC (dS m <sup>-1</sup> )	۴/۴۲	۸/۰۶
CEC (cmol <sub>+</sub> kg <sup>-1</sup> )	۲۸/۵	۱۹/۹
روی کل (mg kg <sup>-1</sup> )	۱۶/۶	۴۲/۸
سرب کل (mg kg <sup>-1</sup> )	۴/۷	۱۱/۴

۲) ویژگی‌های جذب سرب

اثر بیوچار بر جذب سرب در مقابل غلظت تعادلی در محلول‌های الکترولیت (سیستم منفرد و رقابتی)، در شکل ۱ نشان داده شده است. همدمها L شکل می‌باشند که نشان‌دهنده تمایل نسبتاً زیاد بین جذب‌شونده و فاز جامد بوده و نشانه‌ای از جذب شیمیایی است. همچنین شکل‌ها نشان می‌دهند بیوچار در هر دو سیستم جذب باعث افزایش جذب سرب نسبت به تیمار شاهد شده است. به‌علاوه مقدار جذب سرب در خاک‌های تیمار شده با بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به خاک‌های شاهد و تیمار شده با بیوچار ۲۰۰ افزایش یافت. در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است که کاربرد بیوچار در خاک‌های آلوده به دلیل بهبود ظرفیت جذب می‌تواند به‌طور چشمگیری قابلیت استفاده عناصر سنگین را از طریق تبادل کاتیونی و تشکیل رسوب کاهش دهد (Hongbo و همکاران، ۲۰۱۷؛ Kumar و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل ۱- رابطه بین سرب جذب‌شده (q) در برابر سرب تعادلی (C) در دو سیستم منفرد (Pb) و رقابتی (Pb+Zn)

بر اساس ضریب تبیین ( $R^2$ ) معادله لانگمویر نسبت به فروندلیچ توانایی بیشتری در توصیف جذب سرب در هر دو سیستم جذب (منفرد و رقابتی) داشت. دامنه ضریب تبیین برای معادله لانگمویر در سیستم منفرد (۰/۹۹۴-۰/۹۹۲) و در حضور روی (۰/۹۹۰-۰/۹۸۳) با میانگین ۰/۹۹۰ بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که حداکثر جذب سرب ( $q_m$ ) با افزایش دمای تولید بیوچار افزایش یافت، به‌طوری که خاک تیمار شده با بیوچار ۶۰۰ درجه سانتی-گراد نسبت به بیوچار ۲۰۰ (۷۸۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و خاک شاهد (۹۸۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) سرب بیشتر جذب کرد. Hongbo و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند به‌طور کلی، خواص بیوچار با دما و مواد خام اولیه متفاوت است. همچنین استفاده از دماهای بالاتر در تولید بیوچار، باعث ایجاد منافذ ریزتر و سطح ویژه بیشتر می‌شود که مکان‌های بیشتری برای جذب فلز را فراهم می‌کند. در حضور روی، ۸۸/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب کمتر جذب شد (جدول ۳). محققان مختلف دلیل کاهش جذب سرب در سیستم رقابتی با روی را تفاوت در شعاع یونی بین این دو فلز می‌دانند. شعاع یونی فلزات روی و سرب به ترتیب ۰/۷۴ و ۱/۲۱ آنگستروم است، در نتیجه به‌دلیل توانایی بالای فلزات با شعاع یونی کمتر، در شرایط رقابتی عنصر روی توانایی بیشتری در نفوذ به جایگاه‌های تبادلی و منافذ ریز کربن فعال را دارا می‌باشد (Uzun و Guzel، ۲۰۰۰؛ Abia و Igwe، ۲۰۰۷). یکی دیگر از دلایل کاهش جذب سرب در حضور روی در شرایط رقابتی pK واکنش هیدرولیز فلزات است. Yang و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند pK واکنش هیدرولیز روی، مس و سرب به ترتیب ۹، ۸ و ۲/۰۶ می‌باشد که این مقادیر نشان می‌دهد امکان تشکیل کمپلکس  $PbOH^-$  از  $ZnOH^-$  بیشتر بوده و در شرایط رقابتی سبب کاهش جذب فلز سرب در سطوح تبادلی می‌گردد. بر اساس جدول ۳ ضریب  $K_L$  معادله لانگمویر که بیانگر قدرت پیوند بین سطح جذب‌کننده و فلز جذب‌شونده است و انرژی پیوند نیز نامیده می‌شود در هر دو سیستم جذب (منفرد و رقابتی) در تیمارهای بیوچار نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، به‌طوری که این ضریب در تیمار بیوچار ۶۰۰ نسبت به تیمار بیوچار ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور میانگین ۲۴٪ افزایش یافت. مقدار ضریب انرژی پیوند بزرگتر مربوط به جذب اختصاصی فلز در مکان‌های با انرژی زیاد و ثابت تفکیک کم است (Serrano و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین مشابه نتایج Ghasemi-Fasaee و همکاران (۲۰۱۰) انرژی پیوند سرب در حضور روی (۰/۱۲۱ لیتر بر میلی‌گرم) نسبت به شرایط سرب منفرد (۰/۲۰۵ لیتر بر میلی‌گرم) کاهش یافت. بنابراین انتظار می‌رود بیوچار تهیه‌شده در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد سرب را با انرژی بیشتری جذب کند و کارایی بیشتری نسبت به بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای تثبیت و کاهش خطر آلاینده‌گی آن در محیط‌زیست داشته باشد.

مقدار فاکتور جداسازی ( $R_L$ ) در هر دو شرایط جذب منفرد و رقابتی در تیمارهای بیوچار نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۳). کمترین مقدار فاکتور جداسازی در بیوچار ۶۰۰ (۰/۰۴۸) و بیشترین آن در تیمار شاهد (۰/۱۵۱) مشاهده شد. همچنین مقدار این ضریب در شرایط رقابتی نسبت به منفرد افزایش یافت. Sviilovic و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند اگر فاکتور جداسازی بین صفر تا یک باشد، همدمای مناسب خواهد بود و هر چه مقدار  $R_L$  کمتر باشد، جذب به طور مطلوبتری انجام گرفته است. بنابراین با توجه به مقادیر فاکتور جداسازی جذب سطحی سرب در بیوچار ۶۰۰ نسبت به بیوچار تهیه شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد بهتر و مطلوبتر صورت گرفته است. به علاوه در سیستم رقابتی به دلیل رقابت فلز سرب با روی برای تصاحب جایگاههای تبادل مقدار  $R_L$  افزایش یافت.

جدول ۳- پارامترهای همدماهای لانگمویر برای جذب سرب توسط بیوچارها

لانگمویر				تیمار	سیستم
$R^2$	$R_L$	$k_L$ ( $l\ mg^{-1}$ )	$q_m$ ( $mg\ kg^{-1}$ )		
Pb					
۰/۹۹۲	۰/۰۶۴	۰/۱۴۰	۱۴۹۹۷	شاهد	منفرد
۰/۹۹۵	۰/۰۴۶	۰/۱۹۵	۱۵۲۹۳	بیوچار ۲۰۰	
۰/۹۹۴	۰/۰۳۳	۰/۲۸۱	۱۶۰۳۳	بیوچار ۶۰۰	
Pb+Zn					
۰/۹۸۳	۰/۰۸۷	۰/۱۰۲	۱۴۹۷۵	شاهد	رقابتی
۰/۹۸۶	۰/۰۷۶	۰/۱۱۸	۱۵۱۸۵	بیوچار ۲۰۰	
۰/۹۹۰	۰/۰۶۳	۰/۱۴۴	۱۵۹۰۶	بیوچار ۶۰۰	

### نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد معادله لانگمویر به خوبی توانست جذب سرب را در شرایط منفرد و رقابتی توصیف کند. همچنین بیوچار برگ گردو توانایی جذب سرب را دارد، به طوری که با افزایش دمای گرماکافت، ظرفیت و انرژی جذب بیوچار برای جذب فلز سرب افزایش می یابد. سرب در حضور روی برای تصاحب جایگاههای جذب رقابت دارد و بر اساس نتایج این پژوهش جذب سرب بر روی سطوح می تواند تحت تأثیر حضور روی قرار گیرد. به طور کلی بیوچار تهیه شده از برگ گردو در دماهای زیاد به دلیل بهبود ظرفیت جذب سرب و همچنین قدرت جذب زیاد یونها یکی از روش های مناسب برای استفاده از فرآیندهای طبیعی جهت کاهش تحرک و زیست فراهمی فلزات سنگین (سرب) در خاک و در نتیجه کاهش آلایندهایی سرب در محیط زیست است.

### منابع

- Adriano D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments; biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- Arias M. Perez-Novo C. Lopez E. and Soto B. 2006. Competitive adsorption and desorption of copper and zinc in acid soils. *Geoderma* 133:151-159.
- Campbell C.R. and Plank C.O. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. In: Kalra Y.P. (ed.) *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press. pp. 37-50.
- Fang Y.Y. Zeng, G.M. Huang J.H. Liu J.X. X X.M. Xu K. and Qu Y.H. 2008. Micellarenhancedultrafiltration of cadmium ions with anionic-nonionic surfactants *Journal of Membrane Science*.320 (1-2), 514-519.
- Ghasemi-Fasaeli R. Gafari-Haghighi M. Mousavi S. M. and Dehghan M. 2012. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(10): 2079-2084.
- Hongbo L.i. Xiaoling D. Evandro B. da Silva. Letuzia M. de Oliveira. Yanshan C. and Lena Q. Ma. 2017. Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. *Chemosphere*: 178 (2017) 466-478.



- Huang B. Li Z. Huang J. Guo L. Nie X. Wang Y. Zhang Y. and Zeng G. 2014. Adsorption characteristics of Cu and Zn onto various size fractions of aggregates from red paddy soil. *Journal of Hazardous Materials* 264:176-183.
- Igwe J. C and Abia A. A. 2007. Adsorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions bioremediation from aqueous solution using unmodified and EDTA-modified maize cob. *Ecl. Quím. São Paulo*. 32: 33-42.
- Jalali M. and Moharrami S. 2007. Competitive adsorption of trace elements in calcareous soils of western Iran. *Geoderma* 140:156-163.
- Jiang M. Wang Q. Jin X. y. and Chen Z. (2009). Removal of Pb (II) from aqueous solution using modified and unmodified kaolinite clay. *Journal of Hazardous Materials*, 170(1), 332-9.
- Kumar A. Tsechansky L. Lew B. Raveh E. Frenkel O. and Graber E.R. 2018. Biochar alleviates phytotoxicity in *Ficus elastica* grown in Zn-contaminated soil. *Science of The Total Environment* 618:188-198.
- Mohan D. Pittman Ch. U. Bricka M. Smith F. Yancey B. Mohammad J. Steele P.H. Alexandre-Franco M.F. and Gómez-Serrano V. 2007. Sorption of arsenic, cadmium, and lead by chars produced from fast pyrolysis of wood and bark during bio-oil production. *Journal of Colloid and Interface Science* 310:57-73.
- Pan B. Qiu, H. Pan B. Nie G. XiaoL. Lv L. ZhangW. Zhang Q. and Zheng S. 2010. Highly efficient removal of heavy metals by polymer-supported nanosized hydrated Fe(III) oxides: behavior and XPS study. *Water Research*. 44 (3) 815–824.
- Serrano S. Carrido F. Campbell C.G and Garcia-Gonzalez M.T. 2005. Competitive sorption of cadmium and lead in acid soils of central Spain. *Geoderma* 124:91-104.
- Singh D. McLaren R.G. and Cemerón K.C. 2006. Zinc sorption-desorption by soils: Effect of concentration and length of contact period. *Geoderma* 137:117-125.
- Sparks D.L. 1996. *Methods of Soil Analysis Part 3-Chemical Methods*, SSSA Book Series 5.3, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.
- Sparks D.L. 2003. *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press. 352 p.
- Sposito G. Lund L.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 solid phases. *Soil Science Society of America Journal* 46:260-265.
- Svilovic S. Rusic D. and Zanetic R. 2008. Thermodynamics and Adsorption Isotherms of Copper Ions Removal from Solutions Using Synthetic Zeolite X. *Chem. Chemical and Biochemical Engineering* (3): 299–305.
- Uzun I. and Guzel F. 2000. Adsorption of Some Heavy Metal Ions from Aqueous Solution by Activated Carbon and Comparison of Percent Adsorption Results of Activated Carbon with those of Some Other Adsorbents. *Turkish Journal of Chemistry*. 24: 291-297.
- Xu R.K and Zhao A.Z. 2013. Effect of biochars on adsorption of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by three variable charge soils from southern China. *Environmental Science and Pollution Research* 112:48-59.
- 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*. 143(1): 9-15.
- Yu Jiang T. Jiang J. Xu R.K. and Li Z. 2012. Adsorption of Pb(II) on variable charge soils amended with rice-straw derived biochar. *Chemosphere* 89 ,249–256.



Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

## Capacity and strength of Pb<sup>2+</sup> sorption in soil treated with walnut leaves-derived biochar in two temperatures in the presence of Zn<sup>2+</sup>

Raeisi<sup>\*1</sup>, S., Motaghian<sup>2</sup>, H.R., Hosseinpour, A.R<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

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

<sup>3</sup> Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Shahrekord, Iran

### Abstract

Biochar can influence on lead (Pb<sup>2+</sup>) sorption onto soils. Therefore, in this research, the effect of walnut leaves-derived biochar on Pb<sup>2+</sup> adsorption in a calcareous sandy soil was investigated. The soil was treated with 1% w/w of the produced biochar at 200 °C (B200) and 600 °C (B600) and incubated for 30 days at 22 ± 2 C° in individual and competitive (Pb<sup>2+</sup>+Zn<sup>2+</sup>) systems. The results showed that Langmuir equation well described sorption of Pb<sup>2+</sup> in both individual and competitive systems (R<sup>2</sup>>0.99). Maximum Pb<sup>2+</sup> sorption (qm) was higher in biochar-treated than in the control soil. Also, the soil treated with B600 (15969 mg/kg) sorbed more Pb<sup>2+</sup> than soil treated with B200 (15239 mg/kg) and control soil (14986 mg/kg). Further, the maximum Pb<sup>2+</sup> sorption decreased in the presence of Zn<sup>2+</sup>. Sorption strength index (K<sub>L</sub>) increased in the biochar-amended soils compared to that of control. In addition, this coefficient was higher in the soil treated with B600 (0.213 l/mg) than that treated with B200 (0.157 l/mg). Pb sorption energy decreased in the presence of Zn. It can be concluded that walnut leaves-derived biochar at high temperatures can be a goodsorbent of Pb in soils.

**Keywords:** Biochar, Adsorption isotherms, Competitive adsorption

---

\* Corresponding author, Email: raesisadegh@gmail.com