

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره پنج، مردادماه ۹۸

بررسی قابلیت حذف یون های کادمیم از محلول های آبی توسط خاکستر برگ

درخت نخل

ملیحه امینی^{۱*}

Amini.malihe@gmail.com

محمدعلی ضیائی مدبونی^۲

آرزو شریفی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: برگ نخل یکی از پسماندهای کشاورزی است که سالانه در حجم وسیعی در کشور تولید می‌شود. در این مطالعه قابلیت خاکستر برگ نخل به عنوان یک ماده جاذب ارزان قیمت جهت حذف یون‌های Cadmium (II) از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: متغیرها شامل pH (۲-۷)، غلظت یون‌های فلزی در محلول (۵۰-۳۵۰ mg/l) و مقدار جاذب (۱۴ g/l - ۰/۱) در سیستم جذب ناپیوسته بودند.

یافته‌ها: pH بهینه برای حذف یون‌های Cd(II)، ۴ به دست آمد. بررسی متغیر میزان جاذب در این مطالعه نشان داد که با افزایش مقدار جاذب از ۰/۱ تا ۱۱ g/l میزان جذب افزایش و پس از آن تا ۱۴ g/l که حد بالای متغیر مورد نظر است، تقریباً ثابت شود. هم چنین کارایی جذب در مدت ۶۰ دقیقه در غلظت ۱۰۰ mg/l بیشترین مقدار بود.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج، در نهایت جذب بهینه در شرایط pH ۴، میزان جاذب ۱۱ g/l و غلظت یون‌های کادمیم ۱۰۰ mg/l برابر ۹۲/۳۶٪ به دست آمد. جمع بندی نتایج این مطالعه نشان داد که خاکستر برگ نخل دارای پتانسیل بسیار خوبی جهت حذف یون‌های سمی فلزات سنگین از قبیل کادمیم از محلول‌های آبی می‌باشد.

واژه های کلیدی: آلودگی، خاکستر، جذب، کادمیم، سیستم ناپیوسته.

۱- استادیار گروه مهندسی و علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت* (مسئول مکاتبات).

۲- دانشجوی دکتری حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

۳- دانشجوی دکتری خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

Investigating the Potential of Cadmium Ions Removal from Aqueous Solutions using Date-palm Leaf Ash

Malihe Amini¹ *

Amini.malihe@gmail.com

Mohammad Ali Ziaei Madbouni²

Arezoo Sharifi³

Admission Date: February 13, 2017

Date Received: October 18, 2015

Abstract

Background and Objective: Annually, large amount of date-palm leaves are produced as waste products of agriculture in Iran. In this study, the potential of date-palm leaf ashes as an inexpensive adsorbent for Cd(II) removal from aqueous solutions has been investigated.

Method: The studied variables were pH (2-7), Cd (II) ion concentrations (50 – 350 mg/l) and adsorbent dose (0.1 – 14 g/l) in batch systems.

Findings: The optimum pH for the removal of Cd (II) ions was equal to 4. Investigation of the effect of adsorbent dose showed that the removal efficiency increased with the increase of adsorbent dose from 0.1 to 11 g/l, and after that the removal efficiency was stabled with the increase of adsorbent dose. The highest removal efficiency was obtained at 60 minutes in 100 mg/l Cd(II) concentration.

Discussion and Conclusion: According to results, optimum removal efficiency of Cd(II) in pH 4, adsorbent dose of 11 g/l and Cd(II) ions concentration of 100 mg/l was obtained as 92.36%. It was concluded that the date-palm leaf ash had a good potential as an adsorbent for the removal of toxic heavy metals, such as cadmium, from aqueous solutions.

Keywords: Pollution, Ash, Adsorption, Cadmium, Batch systems

1- Assistant Professor, Department of Environmental Science and engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft. *(Corresponding Authours).

2- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

3- Department of Soil sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

مقدمه

نخلستان‌ها تولید می‌شوند که ناشی از عملیات حذف برگ‌های خشک و دم برگ‌ها و هم چنین جداسازی الیاف درخت می‌باشد. در هر درخت خرما بر حسب رقم و شرایط زراعی در طول سال حدود ۱۵ تا ۲۵ برگ خشک می‌شود که هر کدام به طور متوسط ۱/۵ تا ۲/۵ کیلوگرم وزن دارد. تعمیم این مقدار بقایای گیاهی به چند میلیون اصله نخل موجود در کشور رقم بزرگی بوده که مدیریت بهره‌وری و ضرورت انجام تحقیقاتی در زمینه استفاده بهینه از این منبع طبیعی را می‌طلبد (۱۰). استان کرمان خصوصا منطقه جنوب کرمان با بیش از ۳۹ هزار هکتار نخیلات و تولید سالانه ۲۲۶ هزار تن محصول انواع واریته‌های خرما توانسته است مقام چهارم سطح زیر کشت و مقام اول تولید خرمای کشور را به خود اختصاص دهد. یکی از کاربردهای پسماندهای گیاهی استفاده به عنوان منبع انرژی و هم چنین استفاده از خاکستر به جامانده به عنوان جاذب می‌باشد.

بنابراین هدف از تحقیق حاضر، استفاده از خاکستر برگ درخت نخل برای تعیین توانایی‌اش در جذب کادمیم از محیط‌های آبی بوده است. اثر تغییرات pH، غلظت جاذب و غلظت اولیه فلز مورد نظر در محلول بر توانایی جذب موثر یون‌های فلزی به وسیله خاکستر بررسی شدند و پس از آن شرایط مطلوب برای بازیافت یون‌های فلزی تعیین گردیدند.

روش بررسی

۱- تهیه جاذب

در تحقیق حاضر برگ درخت نخل از حوزه شهرستان جیرفت جمع‌آوری و پس از شستشو به منظور رفع گرد و غبار و مواد جامد با آب و سپس با آب مقطر در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه قرار داده شد تا کاملا خشک گردد. در ادامه برگ‌های خرد شده در داخل بوته‌های چینی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت کاملا سوزانده و خاکستر شدند. پس از گذشت این مدت، نمونه‌ها کاملا خرد و آسیاب گردید. سپس خاکستر از الک mesh ۱۰۰ عبور داده شد تا

فلزات سنگین حداقل پنج برابر سنگین‌تر از آب، عناصری با پایداری بالا با توانایی تجمع زیستی در زنجیره غذایی هستند. این فلزات وظیفه‌ای در بدن ندارند و بنابراین ایجاد سمیت می‌نمایند. به علت توسعه فعالیت‌های صنعتی، افزایش مقدار فلزات سنگین در جریان‌های رودخانه‌ای به وجود آمده و باعث تولید مقادیر بالای کادمیم، جیوه، نیکل و سرب شده است که روی سمیت آب اثر زیادی دارند (۱) و تهدیدی جدی برای حیوانات و انسان محسوب می‌شوند (۲). فلزات سنگین حتی در غلظت‌های کم سمی، سرطان‌زا یا جهش‌زا هستند و بنابراین یک مشکل مهم و مورد توجه جامعه جهانی می‌باشند (۳).

کادمیم جزو سمی‌ترین فلزات است هم چنین دارای حلالیت بالا در آب می‌باشد. این فلز باعث پوکی استخوان، عدم کارایی ریه و صدمه به کبد در انسان می‌باشد (۴). فاضلاب صنایع آب‌کاری، گداختن فلز، ساخت پلاستیک، رنگ‌سازی، باتری‌سازی، کودسازی، معدن‌کاری و تصفیه فلزات حاوی کادمیم است. بنابراین نیاز به استفاده از روش‌های موثر کاهش آلودگی فلزات وجود دارد. بهترین راه حل جلوگیری از ورود فلزات سنگین به اکوسیستم، استفاده از روش‌های دوست‌دار طبیعت و بدون ایجاد صدمه به محیط زیست برای جمع‌آوری و رفع مشکل آلودگی فلزات سنگین و تباهی منابع آبی می‌باشد (۵-۶). تعدادی از پسماندهای گیاهی در کشاورزی و باغبانی که در سال‌های اخیر به عنوان جاذب فلزات سنگین استفاده شده‌اند شامل برگ، ساقه و پوست درختان و یا خاکستر آن‌ها می‌باشند (۷-۸). جذب فلزات به وسیله جاذب با سرعت خیلی بالا (چندین دقیقه) قابل انجام است. سودمندی‌های جذب سطحی برای بازیافت یون‌های فلزات سنگین شامل صرفه اقتصادی، دسترسی آسان و ظرفیت جذب بالا به علت سطح تماس زیاد می‌باشد (۹).

در ایران خرما از جمله محصولات مهم کشاورزی بوده و درخت خرما گیاهی همیشه سبز می‌باشد و بعد از ۳ تا ۷ سال برگ‌های مسن آن خشکیده می‌شوند و باید از درخت حذف و هرس شوند. هر ساله ضایعات و بقایای گیاهی زیادی در سطح

پودری کاملا همگن و بسیار ریز و سطح جذب بالا به دست آید (۱۱).

۲- تهیه محلول فلز سنگین

نمک مورد استفاده نیترات کادمیم ($CdN_2O_6 \cdot 4H_2O$) بود. برای ساخت محلول ۱۰۰۰ ppm کادمیم مقدار ۳/۲۴۲ گرم نمک نیتراته کادمیم در آب مقطر حل شد و سپس در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰۰ ml رسانده شد. سپس غلظت‌های پایین‌تر با توجه به محدوده آزمایشات تهیه گردید. حجم محلول‌های تهیه شده برای انجام آزمایشات ۱۰۰ ml بود و در داخل ارلن های ۲۵۰ ml قرار می‌گرفت. هر کدام از محلول‌ها دارای pH مشخصی بودند که تنظیم آن با NaOH یک مولار و H_2SO_4 یک مولار صورت پذیرفت (۶).

۲-انجام آزمایشات جذب بیولوژیک

پس از تهیه محلول‌های حاوی فلز کادمیم در سیستم‌های ناپیوسته با سرعت ۲۰۰ rpm شروع به چرخش نمود. مقدار مشخصی خاکستر در زمان صفر داخل ارلن ریخته و نمونه‌گیری از هر ارلن در زمان‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه با سرنگ انجام گرفت. سپس با فیلتر سرنگی $0.45 \mu m$ محلول حاوی فلز برای اندازه‌گیری غلظت فلز استفاده شد (۱۲).

۳- محدوده متغیرها و مراحل انجام آزمایشات

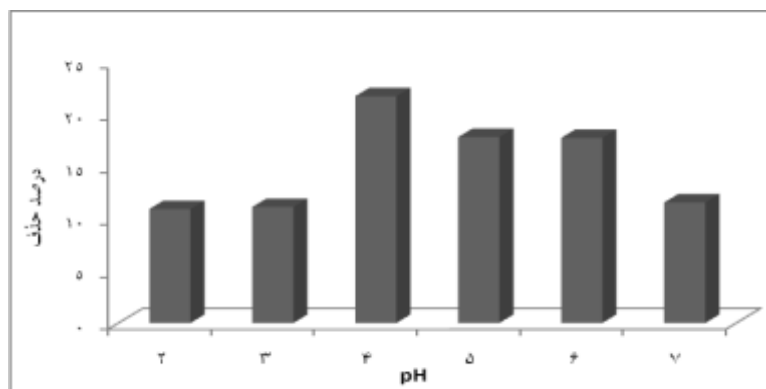
متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق pH، مقدار جاذب و غلظت یون‌های فلز کادمیم در محلول‌های آبی بودند. در مرحله اول متغیر pH در محدوده ۲-۷ بررسی شد. در هر آزمایش بررسی یکی از pH های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ صورت گرفت. مقدار محلول هر آزمایش ۱۰۰ ml در داخل ارلن ۲۵۰ ml ریخته و pH آن با استفاده از سود و اسیدسولفوریک یک نرمال به حد مورد نظر رسانده شد. در زمان صفر مقدار $2g/l$ از پودر خاکستر در محلول‌های فلزی $100mg/l$ ریخته شد و با گذشت زمان نمونه‌گیری انجام گرفت. در این مرحله بالاترین درصد حذف یون‌های کادمیم در محلول‌های آبی بررسی شد تا بهترین pH برای ادامه آزمایشات مشخص گردد. نتایج، بالاترین درصد حذف

را از بین آزمایشات انجام شده در pH ۴ نشان داد (۲۲/۷۲). بنابراین در ادامه آزمایشات این متغیر ثابت نگه داشته می‌شود و متغیر بعدی برای دست‌یابی به مقدار بهینه تغییر می‌یابد. علت خیلی بالا نبودن درصد حذف، عدم بهینه‌سازی بقیه متغیرها می‌باشد و باید در نهایت در پایان آزمایشات به درصد حذف مطلوبی دست‌یابیم (۱۳). در مرحله دوم مقدار جاذب بیولوژیکی استفاده شده از $0.1g/l$ تا $14g/l$ تغییر داده شد تا در نهایت به حد مطلوبی از درصد حذف دست‌یافته شد. آزمایشات تغییر مقدار جاذب شامل 0.1 ، 0.3 ، 0.5 ، 1 ، 1.5 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12 ، 13 و 14 انجام گردید. علت محدوده زیاد تغییرات این عامل، دست‌یابی به درصد حذف مطلوب بود و در نهایت مقدار جاذب $11g/l$ با درصد حذف 93.35% برای مراحل بعدی آزمایشات ثابت در نظر گرفته شد (۱۳). در مرحله سوم مقدار غلظت یون‌های فلز کادمیم در محلول در محدوده $50-350mg/l$ و با مقادیر 50 ، 100 ، 150 ، 200 ، 250 ، 300 و 350 میلی‌گرم بر لیتر تغییر داده شد. درصد حذف بهینه در مقدار غلظت کادمیم $100mg/l$ در حد 92.36% به دست آمد (۱۳). آزمایشات در هر مرحله در سه تکرار انجام شده و مقادیر میانگین به عنوان نتیجه برای انجام مراحل بعدی آزمایشات در نظر گرفته شدند. با توجه به این که آزمایشات بهینه‌سازی متغیرها برای دست‌یابی به بالاترین درصد حذف یون‌های فلزی انجام گردیدند، بنابراین با بهینه شدن هر متغیر، در مراحل بعدی ثابت در نظر گرفته شدند (۱۴).

۴- آنالیز داده‌ها

دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی (Perkin Elmer) برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در محلول‌ها استفاده گردید. در ابتدا اطلاعات مربوط به غلظت‌های استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون به دستگاه داده شد. سپس میزان جذب و مقدار یون‌های فلزی موجود در نمونه‌ها به دست آمد. داده‌های به دست آمده برای هر آزمایش در نرم افزار Excel وارد شدند و منحنی درصد تغییرات حذف فلز (R) از محلول مورد نظر با گذشت زمان به دست آمد. محاسبه مقدار R برای داده‌ها با

باعث افزایش نسبت سطح به حجم جاذب شده و در نتیجه می تواند سبب افزایش میزان جذب یون های فلزی گردد. (۱۱)، تحت شرایط اسیدی به علت رقابت یون های H^+ با کاتیون های فلزات برای قرارگیری در سطح جاذب، جذب اندکی اتفاق می افتد. خصوصاً در pH ۲ و کم تر از آن جذب ناچیزی مشاهده می گردد. میزان جذب کادمیم در این pH مقدار ۱۰ درصد به دست آمد. درصد ظرفیت جذب خاکستر با افزایش pH محلول از ۲ به سمت مقادیر بالاتر افزایش یافت و در pH ۴ به ۱۷/۸ درصد رسید. با تغییر pH محلول به مقادیر بالاتر، یون های فلزی به دلیل غلظت بالای یون های OH^- رسوب می کنند و در نتیجه مقدار ظرفیت جذب کاهش می یابد (۱۷) بنابراین در pH ۷ درصد حذف حدود ۱۱/۵ درصد ثبت گردید. شکل (۱) تاثیر تغییرات pH را بر میزان جذب یون های کادمیم توسط خاکستر نشان می دهد.



شکل ۱- تاثیر تغییرات pH بر درصد حذف یون های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

Figure 1. The effect of pH changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

در ۱۱ g/l درصد حذف مطلوبی مشاهده گردید. در غلظت های بالاتر افزایش درصد حذف بسیار اندک بود، بنابراین همین مقدار به عنوان مقدار جاذب بهینه در ادامه آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. در صورتی که مقدار جاذب خیلی بیش از حد افزایش یابد، سرعت حذف کاهش می یابد که در ارتباط با دانه دانه شدن جاذب و به هم چسبیدگی ذرات آن است (۱۸). شکل (۲) تاثیر تغییرات مقدار جاذب را در محلول های آبی بر میزان درصد حذف یون های فلزی نشان می دهد. درصد حذف

توجه به فرمول (۲-۱) انجام شد R (%) درصد جذب فلز توسط جاذب، P_0 (mg/L) غلظت اولیه یون فلزی، و P_e (mg/L) غلظت نهایی یون های فلزی (۱۵).

$$R = \frac{P_0 - P_e}{P_0} \times 100 \quad (2-1)$$

یافته ها

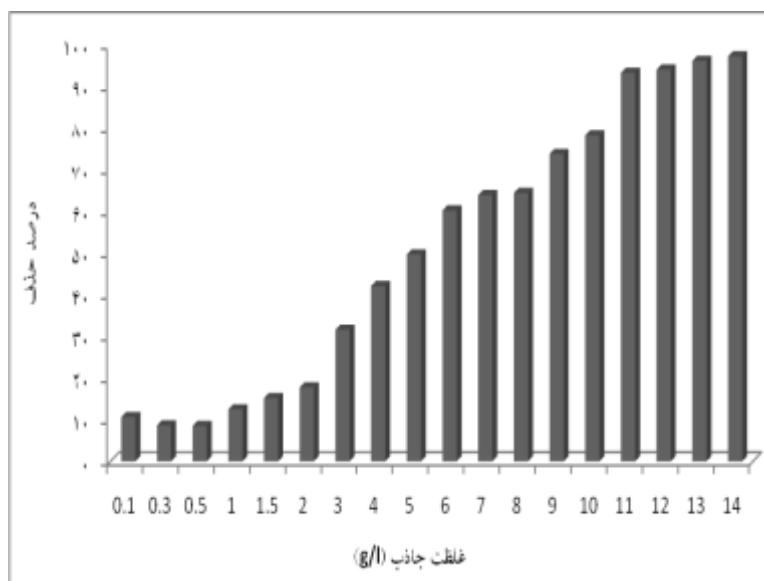
۱- اثر تغییرات pH بر روی میزان جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

جذب فلزات سنگین در محیط آبی خیلی حساس به تغییرات pH در محیط کشت است (۱۶). محلول های در نظر گرفته شده در این تحقیق دارای pH ۲ تا ۷ قبل از اضافه شدن جاذب به محیط کشت بودند. خاکستر استفاده شده حاوی مقدار بالایی سیلیس می باشد (حدود ۶۰٪) که می تواند سبب استحکام جاذب در طول فرآیند جذب گردد. سطح ذرات خاکستر برگ نخل دارای خلل و فرج های متعددی می باشد که همین مسأله

۲- اثر تغییرات مقدار جاذب گیاهی بر روی میزان جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

غلظت جاذب یک پارامتر مهم است که بر ظرفیت جذب فلزی تاثیر بالایی دارد. در این مطالعه آزمایشات بررسی اثر غلظت جاذب بر فرآیند بازیافت فلزات سنگین به وسیله خاکستر برگ درخت نخل انجام شد و محدوده غلظت جاذب در محلول از ۱-۰/۱۴ g/l تغییر داده شدند. در این محدوده ابتدا میزان درصد حذف یون های کادمیم کم بود و با افزایش مقدار جاذب

مطلوب و بهینه در مقدار جاذب 11 g/l برابر $93/35\%$ گزارش گردید.



شکل ۲- تاثیر تغییرات مقدار جاذب بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

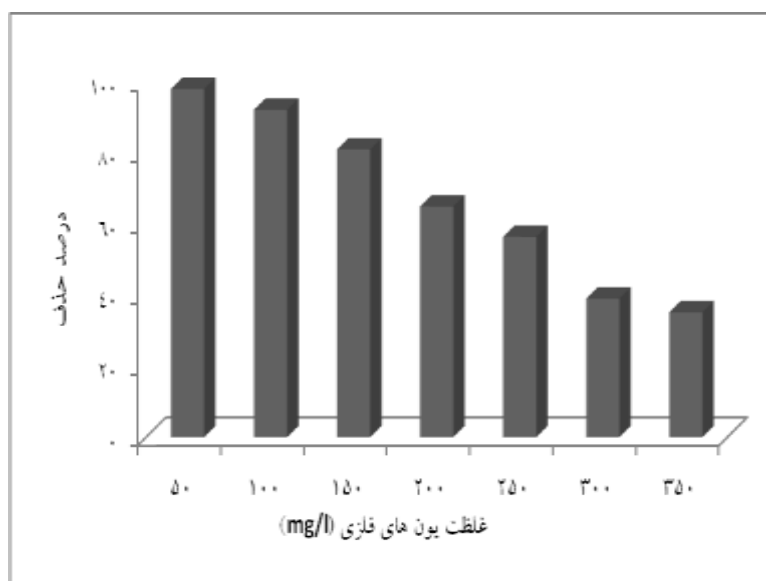
Figure 2. The effect of adsorbent dose changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

سنگین و در ضمن صرفه اقتصادی برای حذف مقدار بالای آلاینده غلظت 100 mg/l به عنوان مقدار بهینه با درصد حذف $92/36\%$ انتخاب گردید. در مقدار غلظت 50 mg/l درصد حذف $98/22\%$ بود که به خاطر اختلاف بالای غلظت اولیه با 100 mg/l به عنوان مقدار بهینه انتخاب نشد. بنابراین با افزایش غلظت اولیه یون‌های فلزی میزان حذف نیز در حد مطلوبی باقی ماند ولی افزایش خیلی زیاد غلظت اولیه یون‌های فلزی موجب کاهش درصد حذف یون‌های فلزی گردید. شکل (۳) تاثیر غلظت اولیه یون‌های فلزی را در میزان جذب یون‌های کادمیم نشان می‌دهد. همان طور که گفته شد درصد حذف مطلوب در مقدار کادمیم 100 mg/l در حد $92/36\%$ به دست آمد.

۳- اثر تغییرات غلظت یون‌های کادمیم بر روی میزان

جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

درصد حذف یون‌های فلزی به وسیله جاذب خاکستر تحت تاثیر غلظت اولیه یون‌های فلزی در محلول آبی در محدوده $50-350 \text{ mg/l}$ بررسی شد. با توجه به این که مقدار دو متغیر pH و مقدار جاذب به ترتیب در 4 و 11 g/l مطلوب ترین درصد حذف را داشتند، بنابراین در این مرحله این دو عامل ثابت در نظر گرفته شدند. مقادیر غلظت یون‌های فلزی 50 ، 100 ، 150 ، 200 ، 250 ، 300 و 350 mg/l بودند. در دو غلظت 50 mg/l و 100 ، میزان درصد حذف مطلوب و بالای 90% بود و پس از آن در غلظت‌های بالاتر به تدریج درصد حذف کاهش یافت. بنابراین به منظور دستیابی به درصد حذف بالای آلودگی فلز



شکل ۳- تاثیر تغییرات مقدار غلظت اولیه یون های فلزی بر درصد حذف یون های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

Figure 3. The effect of initial concentration of metal ions changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

بحث

۱- اثر تغییرات pH بر روی میزان جذب فلز توسط

خاکستر برگ نخل

مطالعات زیادی نشان داده اند که مهم ترین پارامتر بحرانی در حذف فلزات سنگین توسط جاذب، pH اولیه محیط کشت است. در مقادیر pH خیلی اسیدی، بار سطحی کل سلول مثبت می گردد، کاتیون های فلزی و پروتون ها برای قرارگیری در مکان های اتصال روی دیواره سلولی رقابت می کنند و در نتیجه میزان جذب فلز ناچیز است (۶). در pH های بالاتر از ۶/۵ نیز هیدروکسید فلزی ($Cd(OH)_2$) شکل می گیرد که باعث رسوب یون های فلزی می شود (۱۶). بنابراین مقادیر pH بالاتر از ۷ مورد بررسی قرار نگرفت. البته تغییرات اسمزی و انجام هیدرولیز در محلول نیز در میزان جذب یون های فلزی توسط دیواره سلولی تاثیر گذار هستند (۱۹). مطالعات زیادی بر روی بررسی تغییرات عامل pH و میزان تاثیر بر درصد حذف یون های فلزی انجام شده است و در آن ها نیز بهترین مقدار این متغیر برای دستیابی به بهترین درصد حذف حد متوسط بوده است و وجود شرایط خیلی اسیدی یا قلیایی موجب عدم توانایی حذف مطلوب یون های فلزی می گردد (۳).

۲- اثر تغییرات مقدار جاذب گیاهی بر روی میزان جذب

فلز توسط خاکستر برگ نخل

نتایج بیان گر این مطلب است که با افزایش میزان جاذب، تعداد مکان های فعال جذب هم افزایش می یابند و در نتیجه آن درصد حذف بیش تر می شود (۲۰). اما افزایش بی رویه جاذب موجب افزایش بیش تر حذف یون های فلزات نمی شود زیرا با افزایش مقدار جاذب به هم چسبیدگی ذرات اتفاق می افتد و در مقدار خیلی بالای جاذب موجب کاهش درصد جذب خواهد شد (۱۲، ۲۱ و ۲۲). در تحقیق مشابه کار حاضر در غلظت های بالای جاذب (20 g/l) برای جذب سرب درصد جذب ۱۰۰ به دست آمدند و این نشانگر بالا بودن توانایی این مواد در حذف مواد آلاینده فلزی از محلول های آبی می باشد (۲۳). در تحقیق حاضر مقدار جاذب بهینه 11 g/l بوده است که توسط نتایج تحقیق فوق الذکر در مورد استفاده از مقدار بالای جاذب تایید می گردد. هم چنین در مطالعه Apiratikul و Pavasant (2008) میزان حذف سرب، مس و کادمیم با استفاده از *Caulerpa lentillifera* بررسی و بیان شد که افزایش مقدار جاذب درصد حذف را افزایش داده است. از طرفی مشخص گردید که در

Micrococcus sp. ۹۰ درصد به دست آمد (۱۹). بنابراین محدودیت جذب یون‌های فلزی در غلظت‌های بالا کم تر از غلظت‌های خیلی پایین یون‌ها می‌باشد و با توجه به آلودگی زیاد فاضلاب کارخانه‌ها و غلظت بالای فلزات محلول در آب، استفاده از جاذب‌ها برای جذب فلزات می‌تواند بسیار موثر و سودمند باشد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، از خاکستر برگ درخت نخل برای حذف فلز سنگین کادمیم به عنوان آلاینده محیط زیست استفاده شد. توانایی این جاذب برای بازیافت فلز کادمیم از محلول‌های آبی ارزیابی و شرایط مطلوب برای دستیابی به بالاترین درصد حذف تعیین گردید. نتایج حاضر نشان دادند که خاکستر برگ درخت نخل جذب قابل توجه یون‌های فلزی را در محلول‌های آبی انجام می‌دهد. آزمایشات با توجه به عوامل pH اولیه محلول، مقدار جاذب و غلظت اولیه یون‌های فلزی انجام شدند. نتایج حاصل نشان دادند که خاکستر برگ درخت نخل جاذبی مطلوب برای یون‌های فلزی است و جذب سطحی بالایی برای کاربرد عملی در فاضلاب حاوی یون‌های فلزات سنگین دارد. میزان جذب یون‌های کادمیم توسط خاکستر در شرایط مطلوب جذب از محلول‌های آبی ۹۲/۳۶٪ به دست آمد. مقدار سه متغیر pH اولیه محلول، مقدار خاکستر و غلظت اولیه یون کادمیم در محلول‌های مورد آزمایش تعیین شدند. pH اولیه ۴، مقدار جاذب ۱۱ g/l و غلظت اولیه کادمیم ۱۰۰ mg/l برای حداکثر بازیافت یون‌های فلزی و ایجاد مطلوب‌ترین شرایط تایید گردیدند. بر اساس این مشاهدات جاذب خاکستر به عنوان یک جاذب موثر برای بازیافت یون‌های فلزی از محیط‌های آبی آلوده توانایی دارد.

پیشنهادات

با توجه به نتایج به دست آمده و مشاهده مقدار جذب مطلوب فلز کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل در محلول تک فلزی، تحقیقاتی در رابطه با مقدار جذب فلزات سنگین در

کاربردهای واقعی باید کم ترین مقدار از بیومس که قادر به پاسخ گویی به نیازها و میزان حذف بهینه یون‌های فلزی باشد تعیین گردد (۲۴). در این تحقیق برای حذف مقدار غلظت اولیه ۱۰ mg/l، مقادیر ۱۴، ۱۷/۵ و ۱۰ g/l جاذب به ترتیب برای سرب، مس و کادمیم استفاده شد که تایید کننده تحقیق حاضر برای استفاده از مقدار ۱۱ g/l جاذب در حذف مطلوب یون‌های فلزی از محلول‌های حاوی فلزات سنگین می‌باشد.

۳-۴- اثر تغییرات غلظت یون‌های کادمیم بر روی میزان

جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

مقدار فلز جذب شده به ازای واحد جرم جاذب زمانی افزایش می‌یابد که غلظت اولیه یون‌های فلزی در محلول زیاد شود که ممکن است در نتیجه اشباع مکان‌های فعال جاذب باشد و منجر به حداکثر ظرفیت جذب یون‌های فلزی توسط جاذب گردد (۱۸). Liu و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که افزایش جذب یون‌های فلزی هم زمان با فزونی غلظت اولیه آن‌ها، ممکن است در نتیجه افزایش امکان انجام واکنش‌های شیمیایی باشد. هم چنین با افزایش غلظت اولیه یون‌های فلزی ظرفیت جذب سطحی نیز افزایش می‌یابد (۲). در غلظت‌های پایین همه یون‌های فلزی با سایت‌های فعال در جاذب واکنش داده و هر سایت فعال توسط یون‌های فلزی بیش تری احاطه می‌گردد، بنابراین ظرفیت جذب به سرعت با افزایش غلظت اولیه فلز افزایش می‌یابد، در غلظت‌های بالا ظرفیت جذب تقریباً ثابت است و این ناشی از اشباع شدن سایت‌های جذب است (۱۷). میکروارگانیزم *Microcystis* برای بررسی اثر غلظت mg/l ۴۰ یون های نیکل استفاده و ظرفیت جذب ۷۸ درصد محاسبه گردید (۲۵). این نتایج نشان می‌دهند که می‌توان غلظت یون فلزی را افزایش داد تا به درصد حذف بالاتری دست یافت. Park و همکاران (۲۰۰۵) نیز در غلظت mg/l ۵۰ کروم با استفاده از *A. niger* میزان حذف کروم را ۱۰۰ درصد گزارش کردند (۲۶). بنابراین می‌توان از مواد بیولوژیکی در فاضلاب‌هایی با مقدار قابل توجه آلودگی به فلزات سنگین استفاده کرد. حتی در غلظت حدود mg/l ۱۰۰ برای کروم ظرفیت جذب

4. Iqbal, M., Saeed, A., Zafar, S. I., 2007. Hybrid biosorbent: an innovative matrix to enhance the biosorption of Cd(II) from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 148, pp. 47-55
5. Chubar, N., Carvalho, J. R., Correia, M. J. N., 2004. Heavy metals biosorption on cork biomass: effect of the pre- treatment. *Physicochemical Engineering Aspects*, Vol. 238, pp.51-58.
6. Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2009. Statistical modeling and optimization of the cadmium biosorption process in an aqueous solution using *Aspergillus niger*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 337, pp. 67-73.
7. Sawalha, M. F., Peralta-Videa, J. R., Romero-González, J., Duarte-Gardea, M., Gardea-Torresdey, J. L., 2007. Thermodynamic and isotherm studies of the biosorption of Cu (II), Pb(II), and Zn(II) by leaves of saltbush (*Atriplex canescens*). *Journal of Chemical Thermodynamics*, Vol. 39, pp. 488- 492.
8. Bulut, Y., Baysal, Z., 2006. Removal of Pb(II) from wastewater using wheat bran. *Journal of Environment Management*, Vol. 78, pp.107-13.
9. Mungasavalli, D. P., Viraraghavan, T., Jin, Y-C., 2007. Biosorption of chromium from aqueous solutions by pretreated *Aspergillus niger*: Batch and column studies. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, Vol. 301, pp. 214-223.
10. Khademi, R., Seresht, R., Farar, N., 2004, Common Methods for Using Plant Residues in Country Palms, First

محلول‌هایی با حضور دو یا سه فلز صورت گیرد تا اثرات متقابل یون‌های فلزی و درصد کاهش یا افزایش جذب توسط بیوماس خاکستر در این حالت‌های جدید بررسی گردد.

✓ کار با فاضلاب صنایع که حاوی فلز کادمیم است برای تکمیل نتایج تحقیق حاضر انجام شود و تاثیر ترکیبات آلی و معدنی مختلف موجود در آن نیز بر میزان جذب بررسی شود.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر در قالب طرح پژوهشی با استفاده از اعتبارات دانشگاه جیرفت انجام شده است. بدین وسیله از معاونت آموزشی و پژوهشی دانش گاه جیرفت نهایت تشکر را داریم. هم چنین از آقایان دکتر برومند و مهندس سنجرى اساتید گروه خاک شناسی دانشگاه جیرفت و خانم مهندس حیدری کارشناس آزمایشگاه خاک شناسی دانشگاه جیرفت که در پیشرفت عملی کار حاضر ما را یاری نمودند، سپاس گزاریم.

Reference

1. Wang, X. S., Lu, Z. P., Miao, H. H., He, W., Shen, H.L., 2010. Kinetics of Pb (II) adsorption on black carbon derived from wheat residue. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 166, pp. 986-993.
2. Liu, Y-g., Fan, T., Zeng, G-m., Li, X., Tong, Q., Ye, F., Zhou, M., Xu, W-h., Huang, Y-e., 2006. Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living *Aspergillus niger*. *Transition Nonferrous Metals Society China*, Vol. 16, pp. 681-686.
3. Bahadir, T., Bakan, G., Altas, L., Buyukgungor, H., 2007. The investigation of lead removal by biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. *Enzyme Microbiology and Technology*, Vol. 41, pp. 98- 102.

- biosorption of copper (II) and lead(II) ions onto pretreated *Aspergillus niger*. Biochemical Engineering Journal, Vol. 28, pp.187–195.
17. Akar, T., Tunali, S., Kiran, I., 2005. *Botrytis cinerea* as a new fungal biosorbent for removal of Pb(II) from aqueous solutions. Biochemical Engineering Journal, Vol. 25, pp. 227-235.
18. Selatnia, A., Boukazoula, A., Kechid, N., Bakhti, M. Z., Chergui, A., Kerchich, Y., 2004b. Biosorption of lead (II) from aqueous solution by a bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass. Biochemical Engineering Journal, Vol. 19, pp. 127-135.
19. Congeevaram, S., Dhanarani, S., Park, J., Dexilin, M., Thamaraiselvi, K., 2007. Biosorption of chromium and nickel by heavy metal resistant fungal and bacterial isolates. Journal of Hazardous Materials, Vol. 146, pp. 270- 277.
20. Azila, Y., Mashita, M. D., Bhatia, S., 2008. Biosorption of copper (II) onto immobilized cells of *Pycnoporus sanguineus* from aqueous solution: Equilibrium and kinetic studies. Journal of Hazardous Materials, Vol. 161, pp.189-195.
21. Selatnia, A., Madani, A., Bakhti, M. Z., Kertous, L., Mansouri, Y., Yous, R., 2004c. Biosorption of Ni²⁺ from aqueous solution by a NaOH-treated bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass, Mineral Engineering, Vol. 17, pp. 903–911.
22. Han, R., Li, H., Li, Y., Zhang, J., Xiao, H., Shi, J., 2006. Biosorption of copper and lead ions by waste beer yeast. Journal of Hazardous Materials, Vol. 137, pp. 1569-1576.
- Scientific Conference on Plant Residues Management, Tehran, Agricultural Jihad. (In Persian).
11. Ghorbani, F., Sanati, A. M., Younesi, H., Ghoreyshi, A. A., 2012. The Potential of Date-palm Leaf Ash as Low-cost Adsorbent for the Removal of Pb(II) Ion from Aqueous Solution. International Journal of Engineering: Applications, Vol. 25(4), pp. 296-278
12. Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., Zinatizadeh Lorestani, A. A., Ghorbani, F., Daneshi, A., Sharifzadeh, M., 2008. Application of response surface methodology for optimization of lead biosorption in an aqueous solution by *Aspergillus niger*. Journal of Hazardous Materials, Vol. 54, pp. 694-702.
13. Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2013. Biosorption of U(VI) from Aqueous Solution by *Chlorella vulgaris*: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies. Journal of environmental engineering, Vol. 139, pp. 410-421.
14. Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2008. Process modeling and optimization of nickel ions biosorption by *Aspergillus niger* in an aqueous solution using response surface methodology and isotherm models. Chemosphere, pp. 1483- 1491.
15. Liu S. Y., Gao, J., Yang, Y. J., Yang, Y. C., Ye, Z. X., 2010. Adsorption intrinsic kinetics and isotherms of lead ions on steel slag. Journal of Hazardous Materials, Vol. 173, pp. 558-62.
16. Dursun, A. Y., 2006. A comparative study on determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of

- their role in biosorption of Fe, Ni and Cr. *Bioresource Technology*, Vol. 98, pp. 595-601.
26. Park, D., Yun, Y-S., Jo, J. H., Park, J. M., 2005. Mechanism of hexavalent chromium removal by dead fungal biomass of *Aspergillus niger*. *Water Resource*, Vol. 39, pp. 533-540.
23. Nourbakhsh, M. N., Kiliçarslan, S., İlhan, S., Ozdag, H., 2002. Biosorption of Cr^{6+} , Pb^{2+} and Cu^{2+} ions in industrial waste water on *Bacillus* sp. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 85, pp. 351-355.
24. Apiratikul, R., Pavasant, P., 2008. Batch and column studies of biosorption of heavy metals by *Caulerpa lentillifer*. *Bioresource Technology*, Vol. 99, pp. 2766-2777.
25. Pradhan, S., Singh, S., Rai, L. C., 2007. Characterization of various functional groups present in the capsule of *Microcystis* and study of