

تأثیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر جذب کادمیم از فاضلاب توسط گیاه سیر

ملیحه امینی^{*۱}

*۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران، صندوق پستی: ۳۶۴

چکیده

آلودگی رو به افزایش فاضلاب‌های شهری به ترکیبات سمی در اثر توسعه و رشد صنایع مسأله نگران کننده‌ای است. کادمیم فلزی خطرناک برای موجودات و در اثر استفاده از فاضلاب‌های صنعتی برای آبیاری در زمین‌های زراعی در حال افزایش است. با توجه به اهمیت و تأثیر بالای حضور انواع مختلف یون‌های فلزی در فاضلاب‌های صنعتی و تأثیر بازدارنده حضور آنیون‌ها و کاتیون‌های فلزی بر کارایی جاذب‌ها در پاکسازی یون‌های کادمیم، در تحقیق حاضر شرایط بهینه حذف یون کادمیم توسط برگ گیاه سیر بررسی و در ادامه در صد حذف و ظرفیت جذب تعادلی در حضور دیگر آنیون‌ها و کاتیون‌ها مطالعه گردید. در هر آزمایش حضور یکی از یون‌های NO_3^- ، Cu^{2+} ، Zn^{2+} ، Pb^{2+} ، Al^{3+} و Fe^{2+} بررسی شد. براساس نتایج حضور آنیون نیترات در محلول حاوی کادمیم تأثیری بر میزان جذب آن توسط بیوماس برگ گیاه سیر نداشت. در رابطه با کاتیون‌های مس، سرب و آهن نیز تأثیری بر میزان جذب مشاهده نشد اما یون‌های روی موجب افزایش میزان جذب کادمیم توسط برگ گیاه سیر و یون‌های آهن تا حدودی نقش بازدارنده در فرآیند جذب داشتند ولی به طور کلی میزان تأثیر حضور یون‌های دیگر بر میزان جذب و حذف یون‌های کادمیم از محلول‌های آبی چشم‌گیر نبود. بنابراین نتایج مطالعه آزمایشگاهی حاضر به عنوان نمایی از واقعیت در حضور انواع یون‌های فلزی قابل تعمیم می‌باشد و برگ گیاه سیر می‌تواند تا حد بالایی یون‌های آلاینده فلزات سنگین را از فاضلاب حذف نماید و حضور دیگر یون‌ها نیز در محلول حاوی کادمیم نقش بازدارنده در حد چشم‌گیری نخواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: برگ سیر، جذب بیولوژیک، کاتیون‌ها، آنیون‌ها، فاضلاب سنتزی

مقدمه

شناسایی و پاکسازی مواد شیمیایی سمی، امری کلیدی در حفاظت محیط‌زیست است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹). آلاینده‌های سمی مثل کادمیم، نیکل و سرب عمدتاً در فاضلاب‌های صنعتی یافت می‌شوند و به شدت برای ارگانیزم‌های زنده و محیط‌زیست خطرناک هستند. این فلزات ممکن است به روش‌های مختلفی وارد بدن انسان شوند. به طور مثال، استنشاق گرد و غبار و هوای آلوده، ورود مستقیم فلزات به خاک‌های زراعی و مصرف عناصر سنگین توسط گیاهان رشد یافته در این مناطق، که نهایتاً منجر به ورود این عناصر به زنجیره غذایی انسان خواهند شد (Rattan et al., 2005).

کادمیم به دلیل تحرک بالا در خاک و جذب آسان آن توسط گیاه به راحتی وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردد (صارمی راد و همکاران، ۱۳۹۳) و سمیت آن برای گیاهان تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین است. بنابراین آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین، یکی از مشکلات محیطی عمده در جوامع بشری است (Türkdoğan et al., 2003) که علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامتی افراد جامعه را به خطر می‌اندازد (تابنده و طاهری، ۱۳۹۵). این فلز غیرقابل تجزیه بوده و یا نسبت به تجزیه بیولوژیکی بسیار مقاوم است (Sari & Tuzen, 2008). از عوارض نامطلوب حضور آن در بدن می‌توان به اسهال، شکم درد و استفراغ شدید، شکستگی استخوان (Zeid et al., 2009)، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی، ناهنجاری‌های روانی و آسیب احتمالی به DNA و سرطان اشاره کرد (ملکوتیان و هراتی نژاد تربتی، ۱۳۹۲ و مسعودی، ۱۳۹۱).

روش‌های زیادی برای جداسازی یون‌های فلزات سنگین از پساب وجود دارد. از جمله جداسازی شیمیایی، فیلتراسیون، جداسازی غشایی، تصفیه الکتروشیمیایی، جذب و تبادل یونی را می‌توان نام برد. جاذب‌های متفاوتی از جمله مواد زیستی، رزین‌ها، کربن فعال، رس‌ها و زئولیت‌ها برای جذب یون‌های فلزات سنگین بررسی شده‌اند (Sen Gupta et al., 2008, Shafaei et al., 2007).

Lohani et al., 2008, Febrianto et al., 2009, Donia et al., 2009, Jaramillo et al., 2009, Chutia et al., 2009

قربانی و یونسی، ۱۳۸۷). گیاه پالایی نیز به عنوان یک تکنولوژی جدید، ضروری و مورد نیاز با استفاده از گیاهان خاص با قابلیت بالای تجمع فلزات برای پاک‌سازی محیط زیست با پیشرفت‌هایی مانند هزینه کمتر، تولید بقایای گیاهی حاوی مقدار بالای فلزات که قابل بازیافت هستند، قابلیت اجرا برای رنج وسیعی از فلزات سمی و مواد راديواکتیو، کمترین انتشار در محیط‌زیست و جلوگیری از ورود آلاینده‌های ثانویه به منابع آب و خاک مورد بررسی قرار گرفته است (Jiang et al., 2001).

با توجه به اهمیت این قبیل مواد غذایی و مصرف سبزیجات آلوده در کشورهای درحال توسعه و نهایتاً، ورود فلزات سنگین به چرخه غذایی انسان، لازم است به نحوی سلامت غذایی سبزیجات مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی توانایی جذب عنصر کادمیم توسط برگ سیر تحت تأثیر حضور آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محلول‌های آبی است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی جاذب بیولوژیک

در تحقیق حاضر برگ گیاه سیر 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 کاملاً خشک گردد. در ادامه برگ‌ها کاملاً خرد و در هاون آسیاب گردید. سپس پودر خرد شده از الک mesh ۱۰۰ عبور داده شد تا پودری کاملاً همگن و بسیار ریز و سطح جذب بالا به دست آید. این پودر آماده برای شروع آزمایشات مورد نظر بود.

تهیه محلول فلز سنگین

محلول اصلی فلز کادمیم مورد استفاده در انجام آزمایشات، محلول ppm ۱۰۰۰ فلز بود که از نمک آن فلز با محاسبه دقیق رابطه جرم ملکولی نمک فلز و مقایسه با مقدار مورد انتظار حضور فلز در محلول به دست آمده بود. در آزمایشات این تحقیق نمک مورد استفاده برای کادمیم

تعادلی یون های فلزی در محلول، میلی گرم بر لیتر، V حجم محلول، میلی لیتر و W وزن جاذب است، گرم):

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (2)$$

نتایج و بحث

تاثیر حضور آنیون نیترات بر حذف یون های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله اول آزمایشات حضور یون های نیترات بر درصد حذف یون های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۱ نشان می دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور نیترات در محلول ۴۵/۶۳٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور آنیون نیترات به مقادیر ۴۵/۴۴٪ و ۵/۴۴ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد تغییر قابل توجهی را در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط های آبی از یون های فلز کادمیم نشان نمی دهد. بنابراین حضور نیترات در فاضلاب در کنار یون های کادمیم تأثیر چندانی بر توانایی برگ گیاه سیر ندارد و توانایی رقابت با یون های کادمیم را برای قرارگیری و ترکیب با گروه های عاملی در دیواره سلولی گیاه نخواهد داشت. نیازی به گفتن نیست که حضور دیگر یون های قابل جذب در داخل محلول ممکن است با یون های حاضر برای قرارگیری در مکان های فعال جذب در دیواره سلولی رقابت کنند و موجب قرارگیری دیگر یون ها و یا جلوگیری از حذف موثر یون های موجود و دارای تأثیر قابل توجه بر ظرفیت جذب به وسیله جاذب باشند. نتایج تحقیقات Amini و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که آنیون نیترات، کلراید و سولفات تأثیر ناچیز و قابل چشم پوشی بر ظرفیت جذب اورانیم از محلول داشتند و این مسأله تأیید کننده نتایج تحقیق حاضر در مورد استفاده از جاذب های بیولوژیکی و بی تأثیر بودن حضور آنیون ها بر جذب یون های فلزی با بار مثبت از محلول های آبی می باشد زیرا آنیون ها باری مشابه دیواره سلولی و گروه های سولفیدریل موجود در آن دارند و بنابراین تأثیری بر جذب یون های فلزات سنگین از جمله کادمیم نخواهند داشت.

نمک سولفات (CdSO₄) بود. پس از تهیه محلول ppm ۱۰۰۰ برای هر فلز، غلظت های پایین تر با توجه به محدوده آزمایشات تهیه گردید. حجم محلول های تهیه شده برای انجام آزمایشات ۱۰۰ ml بود و در داخل ارلن های ۲۵۰ ml قرار می گرفت. هر کدام از محلول ها دارای pH مشخصی بودند که تنظیم آن با NaOH یک مولار و HNO₃ یک مولار صورت پذیرفت.

شرایط و طراحی آزمایشات

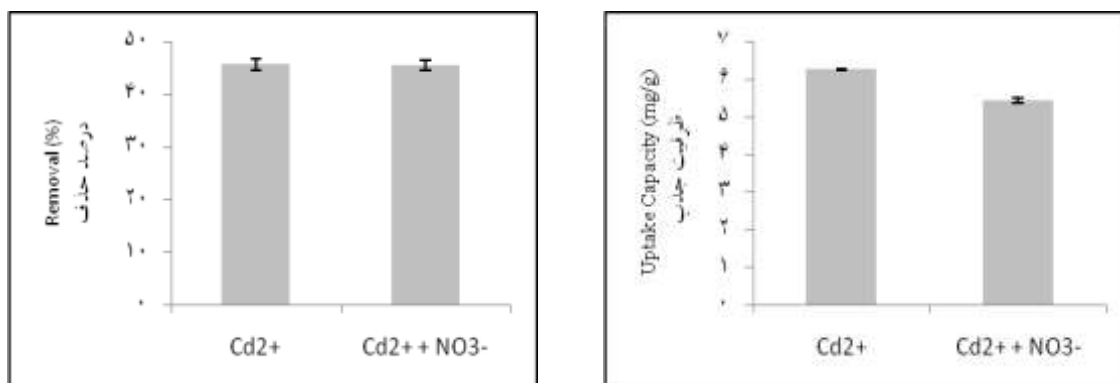
شرایط بهینه جذب ابتدا توسط برگ گیاه سیر برای حذف کادمیم از محلول های آبی یافت می شود و در ادامه حضور تعدادی از آنیون ها و کاتیون ها (نیترات، مس، روی، سرب، آلومینیوم و آهن) در کنار یون های کادمیم و میزان تاثیر مثبت یا منفی بر درصد حذف یون های کادمیم و ظرفیت جذب تعادلی بررسی می گردد. در هر آزمایش حضور یکی از یون های مداخله کننده در کنار یون های کادمیم بر فرآیند حذف کادمیم از محلول های آبی بررسی می گردد. همه آزمایشات در سه نوبت تکرار و میانگین به عنوان نتیجه نهایی گزارش گردید.

انجام آزمایشات جذب بیولوژیک

نمونه گیری در هر آزمایش به مدت ۱ ساعت در زمان های ۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه انجام شد و نمونه های فیلتر شده پس از رقیق سازی در دستگاه جذب اتمی آنالیز گردیدند. برای محاسبه مقدار R که میزان حذف فلز توسط بیوماس برگ گیاه سیر است، از معادله (۱) استفاده شد (R درصد باز یافت فلز توسط بیوماس، P₀ غلظت اولیه یون فلزی، میلی گرم بر لیتر و P_e غلظت نهایی یون های فلزی است، میلی گرم بر لیتر):

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

برای محاسبه مقدار q که میزان ظرفیت جذب تعادلی یون های فلزی توسط بیوماس برگ گیاه سیر است نیز از معادله (۲) استفاده شد (qe مقدار فلز جذب شده به ازای واحد وزن جاذب، میلی گرم بر گرم، C₀ غلظت اولیه یون های فلزی در محلول، میلی گرم بر لیتر، C_e غلظت

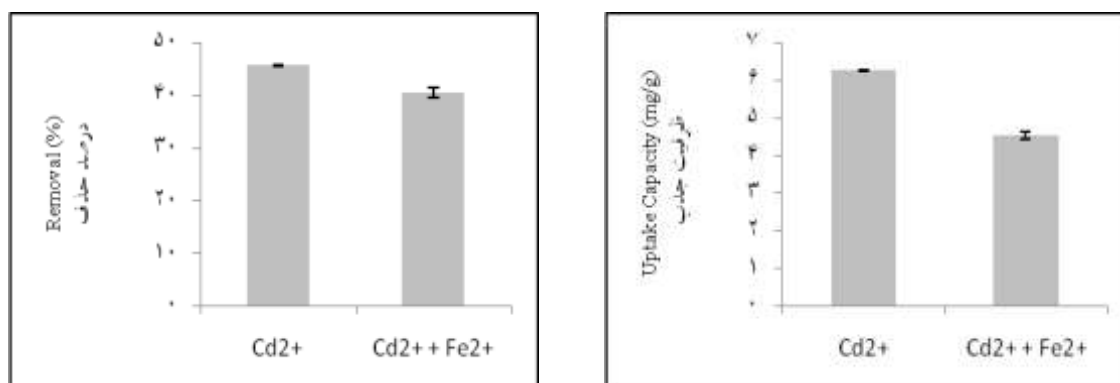


شکل ۱- بررسی تأثیر حضور نیترات بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

سلولی برگ گیاه سیر و در رقابت با یون‌های کادمیم برای ترکیب شدن با گروه‌های سولفیدریلی در دیواره سلولی خواهد بود و در نمونه‌های فاضلاب که حاوی یون‌های کادمیم و آهن در کنار هم باشند، کارایی جذب و پاکسازی فلز سنگین کادمیم توسط گیاه سیر کمتر خواهد شد. به طور کلی حضور هر یونی در محلول می‌تواند وارد رقابت با یون‌های هدف در فرآیند جذب گردد زیرا حذف یون‌های فلزی با حضور آنیون‌ها و کاتیون‌ها کاهش می‌یابد (Han *et al.*, 2008). در تحقیق Bhainsa و D'Souza (۱۹۹۹) حضور آهن تأثیری بر فرآیند جذب یون‌های فلزی از محلول‌های آبی نداشته است و این مسأله ممکن است به علت تفاوت در شرایط جذب خصوصاً عدم تشابه در pH مورد استفاده در آزمایشات جذب باشد.

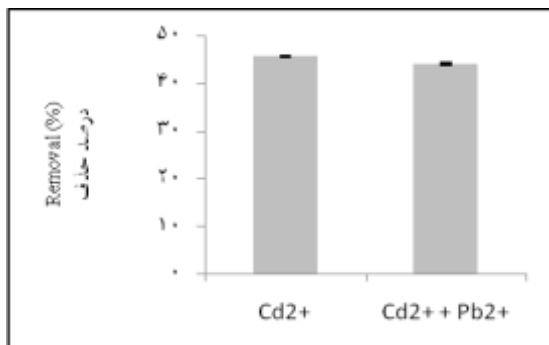
تأثیر حضور کاتیون آهن بر حذف یون‌های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله دوم آزمایشات حضور یون‌های آهن بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۲ نشان می‌دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور آهن در محلول ۶۳/۴۵٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور کاتیون آهن به مقادیر ۴۸/۴۰٪ و ۴/۵۳ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد تغییر قابل توجهی را در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط‌های آبی از یون‌های فلز کادمیم نشان می‌دهد بنابراین حضور آهن در فاضلاب در کنار یون‌های کادمیم به عنوان عاملی بازدارنده مانع از قرارگیری یون‌های کادمیم بر روی دیواره



شکل ۲- بررسی تأثیر حضور کاتیون آهن بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

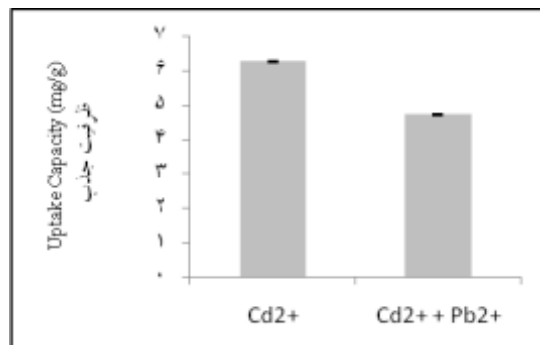
فقط براساس خصوصیات اتمی و ملکولی و شعاع اتمی بین یون‌هایی که در نمونه حضور می‌یابند، امکان رقابت به وجود می‌آید که در این بخش توانایی قرارگیری یون‌های کادمیم و ترکیب شدن با گروه‌های سولفیدریل برای یون‌های کادمیم بالاتر از یون‌های سرب است و حضور سرب موجب تغییر قابل توجهی در خصوصیات جذب کادمیم توسط جاذب بیولوژیک نخواهد شد. Greene و همکاران (۱۹۸۶) تأثیر حضور آنیون‌ها و کاتیون‌ها را بر روی جذب یون‌های فلزی توسط بیوماس جاذب بیولوژیک بررسی کردند. براساس نتایج اکثر یون‌های مورد بررسی تأثیر چشم‌گیر و قابل ذکری بر فرآیند جذب نداشتند در واقع اگر تأثیر کمی هم توسط یون‌های مزاحم در داخل محلول وجود داشته باشد، با کاهش آن از pHهای قلیایی به سمت حالت‌های خنثی و رسیدن آن به مقدار ۵ دخالت یون‌ها بسیار کمتر خواهد شد.



شکل ۳- بررسی تأثیر حضور کاتیون سرب بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

تأثیر حضور کاتیون سرب بر حذف یون‌های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله سوم آزمایشات حضور یون‌های سرب بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۳ نشان می‌دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور نیترات در محلول ۴۵/۶۳٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور کاتیون سرب به مقادیر ۴۴/۰۳٪ و ۴/۷۲ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد تغییر قابل توجهی را در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط‌های آبی از یون‌های فلز کادمیم نشان نمی‌دهد. با توجه به این که برگ گیاه سیر در این آزمایشات به صورت بیوماس مرده برای جذب یون‌های کادمیم از فاضلاب استفاده شده است. بنابراین سمیت این عناصر تأثیری بر فرآیند جذب نخواهد داشت و



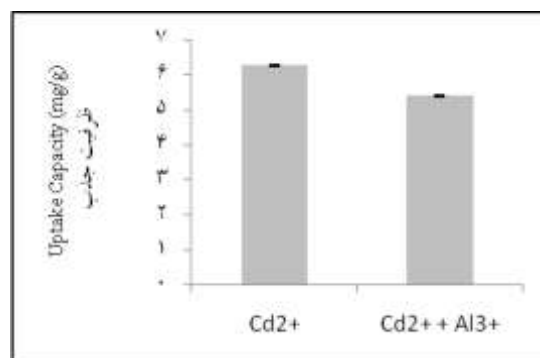
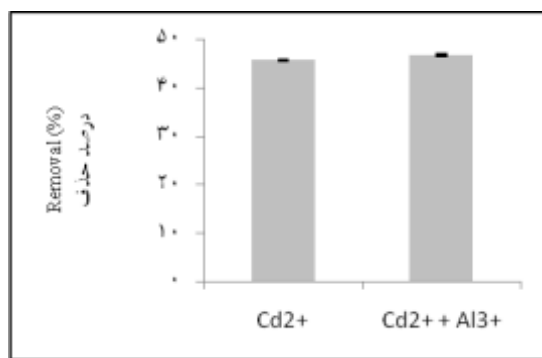
حذف تغییر مثبت ناچیزی پیدا کرده است اما در کنار آن ظرفیت جذب نیز کمی کمتر شده است که تغییرات بسیار کم و قابل چشم‌پوشی هستند. بنابراین حضور آلومینیوم در فاضلاب در کنار یون‌های کادمیم تأثیر چندانی بر توانایی برگ گیاه سیر ندارد و توانایی رقابت با یون‌های کادمیم را برای قرارگیری و ترکیب با گروه‌های عاملی در دیواره سلولی گیاه نخواهد داشت. البته تمام مطالعات دخالت و مزاحمت آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر فرآیند جذب یون‌های هدف در فرآیند جذب در محلول ممکن است با توجه به تغییر شرایط آزمایشی مانند تغییر در pH، غلظت یون‌های فلزی، زمان تماس، سرعت تماس و تغییرات

تأثیر حضور کاتیون آلومینیوم بر حذف یون‌های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله چهارم آزمایشات حضور یون‌های آلومینیوم بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۴ نشان می‌دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور آلومینیوم در محلول ۴۵/۶۳٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور کاتیون آلومینیوم به مقادیر ۴۶/۲۹٪ و ۵/۳۵ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد تغییر قابل توجهی را در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط‌های آبی از یون‌های فلز کادمیم نشان نمی‌دهد. البته درصد

در شرایط آزمایشات، نوع یون فلزی هدف در آزمایشات و بیوماس جذب که تغییراتی در آن صورت گرفته باشد و دارای آماده‌سازی باشد یا نه مرتبط است.

دمایی نتایج متفاوتی را از دخالت چشم‌گیر یا تأثیر خیلی کم و ناچیز نشان دهند. به طوری که حتی با تغییر شرایط، مشابه تحقیقات Bhainsa و D.Souza (۱۹۹۹) دخالت آلومینوم در فرآیند جذب گزارش شود. این مسأله به تفاوت

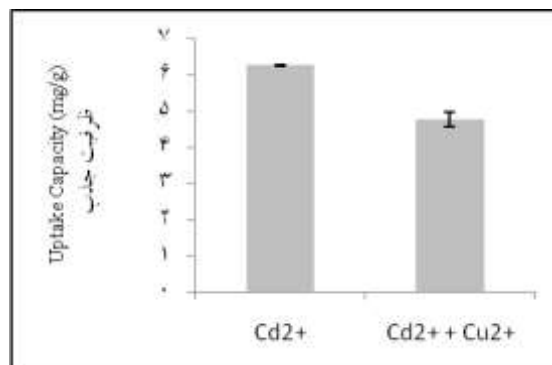
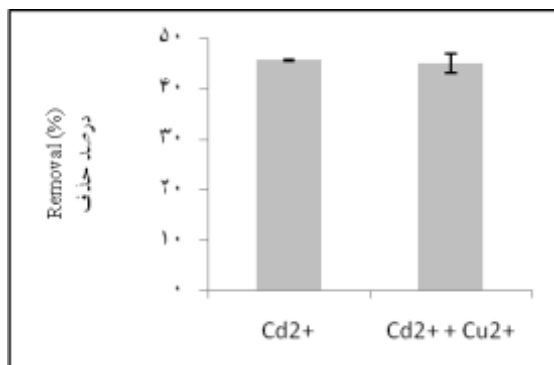


شکل ۴- بررسی تأثیر حضور کاتیون آلومینوم بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

آبی از یون‌های فلز کادمیم نشان نمی‌دهد بنابراین حضور مس نیز در فاضلاب در کنار یون‌های کادمیم تأثیر چندانی بر توانایی برگ گیاه سیر ندارد و توانایی رقابت با یون‌های کادمیم را برای قرارگیری و ترکیب با گروه‌های عاملی در دیواره سلولی گیاه نخواهد داشت. نتایج تحقیقات Amini و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که کاتیون‌های مس در داخل محلول تأثیر ناچیز و قابل چشم‌پوشی بر ظرفیت جذب یون‌های فلزی از محلول داشتند و در pH بهینه برابر ۵ حضور کاتیون‌های مس در محلول موجب تغییر و کاهش معنی‌داری در جذب یون‌های فلزی توسط بیوماس بیولوژیک نمی‌شوند.

تأثیر حضور کاتیون مس بر حذف یون‌های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله پنجم آزمایشات حضور یون‌های مس بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۵ نشان می‌دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور مس در محلول ۶۳/۴۵٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور کاتیون مس به مقادیر ۹۸/۴۴٪ و ۴/۷۷ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد مشابه نتایج به دست آمده در رابطه با تأثیر یون‌های سرب، آلومینوم و نیترات تغییر قابل توجهی را در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط‌های

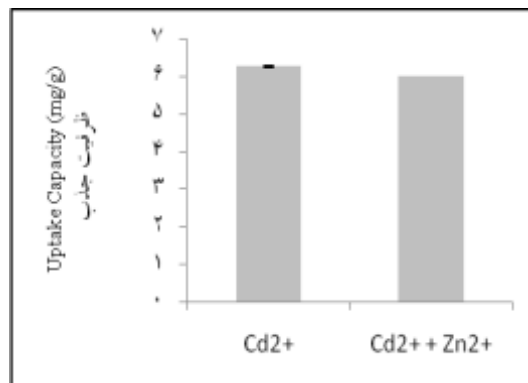
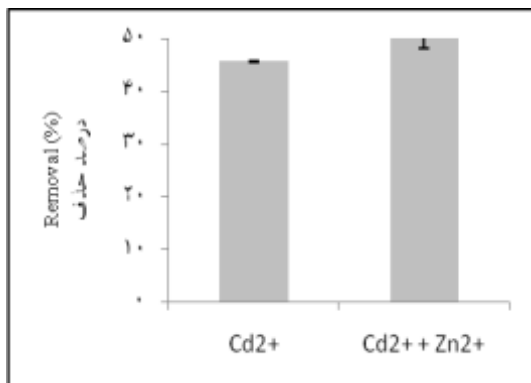


شکل ۵- بررسی تأثیر حضور کاتیون مس بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

مسأله دارای اهمیت بالایی برای افزایش کارایی حذف یون‌های خطرناک کادمیم از فاضلاب‌های آلوده و حاوی مقادیر بالایی از فلز روی می‌باشد که حضور دو عنصر در کنار هم موجب افزایش درصد و ظرفیت جذب می‌گردد. به طور عمده فرم‌های اصلی کاتیون‌ها و آنیون‌ها در pH ۴ و بالاتر که نزدیک به خنثی است به صورت آزاد و بدون ترکیب با بخش‌های هیدروکسیلی هست، بنابراین در صورتی که تمایل به قرارگیری در دیواره سلولی داشته باشند به راحتی جای یون‌های هدف آزمایشات جذب و پاکسازی فلز سنگین را اشغال می‌کنند (Amini et al., 2013). ولی با افزایش pH و نزدیک شدن به حالت خنثی مشابه تحقیق حاضر ممکن است یون‌هایی مانند روی با تغییر در تعداد یون‌های هیدراته در داخل محلول بر روی دیواره سلولی کمتر قرار گیرند و حتی سرعت قرارگیری یون‌های هدف آزمایشات جذب را نیز افزایش دهند.

تأثیر حضور کاتیون روی بر حذف یون‌های کادمیم توسط بیوماس برگ گیاه سیر

در مرحله ششم آزمایشات حضور یون‌های روی بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط پودر برگ گیاه سیر بررسی شد. نتایج گزارش شده در شکل ۶ نشان می‌دهند که درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که بدون حضور روی در محلول ۴۵/۶۳٪ و ۶/۲۵ mg/g بوده است، پس از حضور کاتیون روی به مقادیر ۵۰/۰۳٪ و ۵/۹۹ mg/g تغییر پیدا کرده است. این اعداد تغییر قابل توجه و مثبت در توانایی برگ گیاه سیر به منظور پاکسازی محیط‌های آبی از یون‌های فلز کادمیم نشان می‌دهد. در واقع قرارگیری کاتیون‌های فلز روی موجب تسریع و افزایش در سرعت ترکیب شدن یون‌های کادمیم با دیواره سلولی جاذب و پاکسازی بهتر محیط‌های آلوده از کادمیم می‌گردد. این



شکل ۶- بررسی تأثیر حضور کاتیون روی بر درصد حذف و ظرفیت جذب یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر

محل تجمع عناصر ضروری و در کنار آن‌ها فلزات سمی نیز می‌باشد و با تجمع بیش از حد مجاز عناصر سنگین در آن‌ها، می‌تواند تهدیدی بر سلامتی انسان و نهایتاً خطراتی را بر جامعه بشری وارد سازد. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که توانایی تحمل و جذب کادمیم در گیاهان موجب جلوگیری از انتشار کادمیم یا غیرسمی نمودن آن در گیاه می‌گردد. کادمیم یک فلز سنگین سمی است که باعث تنش اکسیداتیو در گیاهان

نتیجه‌گیری

سبزیجات با دارا بودن کربوهیدرات‌ها، پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی و عناصر کم مصرف جزء مهمی از زنجیره غذایی انسان است. در سال‌های اخیر علی‌الخصوص در میان جوامع شهری، مصرف سبزیجات رو به افزایش است و این، ناشی از افزایش آگاهی‌های مردم از ارزش مفید غذاهای حاوی سبزیجات است. البته با ورود فاضلاب‌های آلوده به زمین‌های کشاورزی، سبزیجات

به‌عنوان یک روش کاربردی جهت حذف فلزات سنگین از فاضلاب‌های صنعتی استفاده نمود.

منابع

۱. تابنده، ل. طاهری، م. ۱۳۹۵. ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین مس، روی، کادمیم و سرب در سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان. مجله سلامت و محیط‌زیست، ۹(۱): ۴۱-۵۶.
۲. حیدری، ا. یونسی، ح. مهربان، ز. ۱۳۸۹. حذف مخلوط یون‌های فلزی سرب، نیکل و کادمیم از محلول‌های آبی با استفاده از جاذب نانو حفره MCM-41 اصلاح شده. مجله آب و فاضلاب، ۲۱(۱): ۲۵-۳۳.
۳. صارمی راد، ب. اسفندیاری، ع. شکرپور، م. سفالیان، ا. آوانس، آ. موسوی، ب. ۱۳۹۳. اثر کادمیم روی برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گندم در مرحله گیاهچه‌ای. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷(۱): ۱-۱۱.
۴. قربانی، ف. یونسی، ح. ۱۳۸۷. جذب یون‌های کادمیم به وسیله بیوماس *Saccharomyces cerevisiae* از محلول‌های آبی. مجله آب و فاضلاب، ۳۳-۳۹: ۶۸.
۵. مسعودی، ز. ۱۳۹۱. تأثیر کادمیم و زئولیت بر رشد، عملکرد و تجمع کادمیم در سوخ سیرخوراکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز. دانشکده علوم کشاورزی.
۶. ملکوتیان، م. هراتی نژاد تربتی، ا. ۱۳۹۲. بررسی راندمان جذب فلزات سنگین (مس، کادمیم و سرب) بر روی برگ گیاه زعفران در محلول‌های آبی و تعیین ایزوترم‌های جذب. فصلنامه علمی دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، ۱۵(۳): ۱۵-۲۳.

7. 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*

شده و سمیت بالایی را برای گیاه، حیوان و انسان ایجاد می‌کند. از بین مواد بیولوژیک و جاذب، گیاه سیر با دارا بودن گروه‌های سولفیدریل دارای توانایی حذف کادمیم از آب‌های آلوده می‌باشد. این گیاه توانایی جذب و تجمع کادمیم را در ریشه و هم‌چنین برگ‌ها دارا می‌باشد. در واقع تجمع کادمیم در برگ‌ها متناسب با مقدار کادمیم رها شده و موجود در ریشه‌ها می‌باشد. برخی از پژوهشگران معتقدند که به دلیل سمیت بالای کادمیم در فرم آزاد، سلول‌های گیاهی تلاش می‌کنند با استفاده از راهکارهایی نظیر اتصال آن به دیواره سلولی و ذخیره نمودن در واکوئل، این عنصر را در ریشه تثبیت نموده و بدین شکل از سمیت آن بکاهند. اما با بیشتر شدن میزان این عنصر در محیط، مقدار بیشتری از کادمیم به اندام‌های هوایی انتقال یافته و در برگ‌ها تجمع می‌یابد. در تحقیق حاضر حضور دیگر یون‌ها به صورت آنیونی و کاتیونی به عنوان عوامل ایجاد مزاحمت در جذب یون‌های فلز کادمیم توسط برگ سیر بررسی شدند. براساس نتایج به دست آمده درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم که برای برگ سیر بدون حضور عوامل ایجاد مزاحمت به ترتیب ۴۵/۶۳٪ و ۶/۲۵ mg/g بود، با حضور یون‌های دیگر تغییر چشم‌گیری پیدا نکرد به طوری که یون‌های نترات، مس، سرب و آلومینیوم بی تأثیر بر میزان جذب یون‌های کادمیم از محلول‌های آبی بودند و درصد حذف و ظرفیت جذب کادمیم توسط پودر سیر در حضور هر یون به ترتیب به مقادیر (۴۵/۴۴٪، ۴۴/۹۸٪، ۴۴/۰۳٪ و ۴۶/۱۶٪) و (۵/۴۴ mg/g، ۴/۷۷، ۴/۷۲، ۵/۳۸) تغییر یافت اما حضور یون روی تا حدودی تأثیر مثبت بر جذب یون‌های کادمیم داشت (۵۰/۰۳٪ و ۵/۹۹ mg/g) و هم‌چنین حضور یون‌های آهن تا حدودی تأثیر بازدارنده بر میزان جذب یون‌های کادمیم توسط گیاه سیر نشان دادند (۴۰/۴۸٪ و ۴/۵۳ mg/g). به طور کلی حضور آنیون‌ها و کاتیون‌ها تأثیر چندانی بر توانایی حذف یون‌های کادمیم توسط برگ گیاه سیر نداشت بنابراین با توجه به نتایج آزمایشات و در دسترس بودن برگ گیاه در منطقه، فصل رویش و ارزانی جاذب می‌توان از این روش

- bulbs and shoots of garlic (*Allium sativum* L.). *Bioresource Technology* 76: 9-13.
16. Lohani, M.B. Singh, A. Rupainwar, D.C & Dhar, D.N. (2008). Studies on efficiency of guava (*Psidium guajava*) bark as bioadsorbent for removal of Hg(II) from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials* 159: 626-629. 10.1016/j.jhazmat.2008.02.072
 17. Rattan R, Datta S, Chhonkar P, Suribabu K & Singh. A. (2005). Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 109(3):310-22. 10.1016/j.agee.2005.02.025
 18. Sari A & Tuzen M. (2008). Biosorption of cadmium (II) from aqueous solution by red algae (*Ceramium virgatum*): equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Hazardous Materials*. 157(2-3):448. 10.1016/j.jhazmat.2007.06.097
 19. Sen Gupta, S & Bhattacharyya, K.G. (2008). Immobilization of Pb(II), Cd(II) and Ni(II) ions on kaolinite and montmorillonite surfaces from aqueous medium, *Journal of Environmental Management* 87: 46-58. 10.1016/j.jenvman.2007.01.048
 20. Shafaei, A. Ashtiani, F.Z & Kaghazchi, T. (2007). Equilibrium studies of the sorption of Hg (II) ions onto chitosan, *Chemical Engineering Journal* 133: 311-316.
 21. Türkdoğan M. K, Kilicel F, Kara K, Tuncer I & Uygan I. (2003). Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 13(3):175-79. 10.1016/S1382-6689(02)00156-4
 22. Zeid A. A. A, Hassanein WA, Salama H. M & Fahd G. A. A. (2009). Biosorption of some heavy metal ions using bacterial species isolated from agriculture waste water drains in Egypt. *Journal of Applied Science Research*. 5(4):372-83.
 - Engineering.139:410-421. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000651](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000651).
 8. Bhainsa, K. C & D'Souza, S. F. (1999). "Biosorption of uranium (VI) by *Aspergillus fumigatus*." *Biotechnology & Technology*., 13(10): 695-699. <https://doi.org/10.1081/ESE-100106247>
 9. Chutia, P. Kato, S. Kojima, T & Satokawa, S. (2009). Arsenic adsorption from aqueous solution on synthetic zeolites, *Journal of Hazardous Materials* 162: 440-447. 10.1016/j.jhazmat.2008.05.061
 10. Donia, A.M. Atia, A.A. Moussa, E.M.M. El-Sherif, A.M & Abd El-Magied, M.O. (2009). Removal of uranium (VI) from aqueous solutions using glycidyl methacrylate chelating resins, *Hydrometallurgy* 95: 183-189. 10.1016/j.hydromet.2008.05.037
 11. Febrianto, J. Kosasih, A.N. Sunarso, J. Ju, Y.-H. Indraswati, N & Ismadji, S. (2009). Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies, *Journal of Hazardous Materials* 162: 616-645. 10.1016/j.jhazmat.2008.06.042
 12. Greene, B., Henzl, M. T., Hosea, J. M & Darnall, D. W. (1986). "Elimination of bicarbonate interference in the binding of U(VI) in mill-waters to freeze-dried *Chlorella vulgaris*." *Biotechnology & Bioengineering*., 28(5): 764-767.
 13. Han, X., Wong, Y. S., Wong, M. H & Tam, N. F. Y. (2008). "Effects of anion species and concentration on the removal of Cr(VI) by a microalgal isolate, *Chlorella miniata*." *Journal of Hazardous Materials*, 158(2-3): 615-620. 10.1016/j.jhazmat.2008.02.024
 14. Jaramillo, J. Gómez-Serrano, V & Álvarez, P.M. (2009). Enhanced adsorption of metal ions onto functionalized granular activated carbons prepared from cherry stones, *Journal of Hazardous Materials* 161: 670-676. 10.1016/j.jhazmat.2008.04.009
 15. Jiang W, Liu D & Hou W., (2001). Hyperaccumulation of cadmium by roots,

The Effect of Anions and Cations on the Biosorption of Cadmium from Wastewater Using Garlic Leaves

Malihe Amini ^{1*}

^{1*} - Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran, P.O.Box: 364

Abstract

The increasing pollution of urban wastewater into toxic compounds due to industrial development and growth is a threat for environment. Cadmium is a dangerous metal for creatures and is increasing due to the use of industrial wastewater for irrigation in agricultural land. Considering the importance and the high impact of the presence of different types of metal ions in industrial wastewater and the inhibitory effect of the presence of metal anions and cations for effectiveness of biosorbents in cleaning up dangerous metal ions, in this research, the optimal conditions for removal of cadmium ion with the leaves of garlic are investigated and then, removal percentages and equilibrium absorption capacity were studied in the presence of other anions and cations. In each experiment, one of the NO_3^- , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} ions was examined. According to results, the presence of nitrate in a solution containing cadmium did not affect the rate of absorption by garlic leaf biomass. Also, copper, lead and iron cations had no effect on the absorption rate but zinc ions increases the rate of absorption of cadmium by garlic leaves and iron ions had a somewhat inhibitory effect on the absorption process but in general effect of the presence of other ions on the absorption and removal of cadmium ions from aqueous solutions was not significant. Therefore results of present experience investigation as an illustration of the fact, in the presence of a variety of metal ions can be generalized and garlic leaves can remove excess heavy metal ions from the wastewater successfully and the presence of other ions in a cadmium-containing solution will not have a significant inhibitory effect.

Key words: Garlic Leaf, Biological Biosorption, Cations, Anions, Synthetic Wastewater