بررسی توانایی گونه *Helianthus annuus* در پالایش کادمیوم از آب

میترا عمادی[1]، رکسانا موگوئی [2] و مهدی برقعی[3]

۱ - گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

۲ - گروه برنامه ریزی ، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۳ - گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۰۷/۱۶

چکیده

گیاه پالائی تکنیک استفاده از خانواده های مختلف گیاهی در پالایش یا کنترل انواع مختلف آلودگی شامل فلزات سنگین از محیط آبی و خشکی است. درتحقیق حاضر کارایی گیاه *Helianthus annuus* L. در پالایش محلول کادمیوم مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش با تکنیک گیاه پالایی در طرح بلوک های کاملا تصادفی با P > ۰/۰۱ با ۳ تکرار و ۱ شاهد طراحی و برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SAS استفاده شد. هر ظرف شامل ۳ گیاه بود و نمونه های گیاه در معرض جذب کادمیوم از محلول نیترات کادمیوم با دو غلظت متفاوت(۲ و ۱۰میلی‌گرم در لیتر) به مدت پانزده روز قرار گرفتند. غلظت ها با دستگاه جذب اتمی (Variance Spectra AA-55B) در طی عملیات مورد پالایش قرار گرفتند. بر اساس نتایج، به ترتیب ۲۲/۱۰ ± ۷۰/۵۳ درصد و ۱/۱۲ ± ۹۲/۲۶ درصد از یون های کادمیوم از محلول جذب شد. همچنین با افزایش غلظت کادمیوم در محلول کارائی پالایش افزایش یافت. چون فلزات سنگین نظیر کادمیوم از آلاینده های اصلی محیط زیست محسوب شده و اثرات سمی بر همه ارگانیسم های زنده دارند، گیاه پالائی می تواند یک روش سازگار با محیط زیست درپالایش پساب تلقی شود. هدف از این تحقیق تعیین کارایی گیاه *Helianthus annuus* L. در پالایش محلول های حاوی کادمیوم بود و لذا با توجه به نتایج بدست آمده گونه ی *Helianthus annuus* L. گزینه مناسبی برای کاربرد در روش گیاه پالائی و پالایش محلول های آلوده به کادمیوم به شمار می رود.

واژگان کلیدی: گیاه پالائی، محلول، کادمیوم، *Helianthus annuus*

*نگارنده پاسخگو: r_moogoui@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

فلزهای سنگین مانند سرب، نقره و کادمیوم آلاینده های اصلی محیط زیست می باشند. این فلزها حتی در غلظت های اندک در اتمسفر، خاک و آب برای موجودات زنده سمی هستند. فلزات سنگین و عناصر کمیاب، محصول بسیاری از فرآیندهای صنعتی می باشند که به صورت پسمانده های صنعتی به محیط زیست دریایی وارد می شوند (Stingu *et al.*, 2012). این مواد هم از اتمسفر به صورت ریزش های جوی و هم از طریق پسماندها از خشکی به دریا وارد می شوند. فلزهای سنگین، در سواحل دریاها به صورت طبیعی نیز وجود دارند. آنها، در اشکال عناصر آزاد تراکم یافته سمی نیستند، اما در ترکیبات کاتیونی که توانایی اتصال به زنجیره های کربنی کوتاه را دارند، برای ارگانیسم های زنده ی دریایی، خطرناک می باشند. این عناصر در این حالت وارد زنجیره های غذایی گردیده و در ارگانیسم های دریایی انباشت زیستی می یابند. این فلزها در ارگانیسم ها، در فرآیندهای متابولیکی که شامل اجزاء سولفوری می شوند، اختلال ایجاد می کنند زیرا اکثر فلزات سنگین (مانند جیوه، نقره، مس) تمایل فراوانی به سولفور و اتصال به گروه های سولفیدریل پروتئین ها و آنزیم ها در موجودات زنده دارند. تداخل فلزات سنگین موجب افزایش نفوذ پذیری دیواره ی سلولی پلانکتون و دیگر جلبک های دریایی شده و موجب از دست رفتن اجزا درون سلولی این موجودات و در نتیجه تخریب سلولی درآنها می‌گردد. فلزهای مزبور همچنین موجب توقف تقسیم سلولی در فیتوپلانکتون می شوند و در نتیجه آنها از حد معمول بزرگ تر می گردند (مرکز تحقیقات زیست فن آوری خلیج فارس، ۱۳۹۱). فلزات در بافت هایی همچون کبد و ماهیچه انباشته می گردند. کادمیوم، سرب و جیوه، دارای توان تضعیف کنندگی ایمنی هستند. کادمیوم خطر سرطان زایی برای انسان دارد، اما خطر عمده ی آن برای سلامتی انسان، نفروتوکسیستی (پروتئین آوری و نارسایی کلیوی) است. بنابراین انباشت زیستی این عناصر از طریق زنجیره های غذایی، در بافت های موجودات زنده می تواند بهداشت عمومی را به مخاطره اندازد (Ducruix *et al.*, 2008). گیاهان مکانیسم های گسترده ای در سطح سلولی برای از بین بردن خواص سمی فلزها داشته و بنابراین به استرس های ناشی از سمیت فلزات سنگین مقاوم هستند (برقعی و همکاران، ۱۳۹۰). این ویژگی گیاهان دلیل عمده کاربرد تکنیک گیاه پالایی در پالایش آلاینده های مختلف از آب، پساب، رسوبات، خاک، پسماندها و غیره است (Moogouei *et al.*, 2011). کادمیوم از پساب های تولید شده از صنایع، پسماندهای معادن و محصولات جانبی کودهای شیمیایی معدنی به محیط زیست وارد می شود (De la Rosa *et al.*, 2005). طبق گزارش‌های منتشره ساکنین مناطق مرزی جنوب، جنوب غرب و غرب به طور گسترده در معرض این آلاینده‌ها قرار دارند به طوری که فراوانی انواع سرطان‌ها در سال های اخیر در دو استان خوزستان و فارس روند افزایشی داشته است (محبی و هاروتونیان، ۱۳۸۹).غلظت کادمیم در بعضی از اراضی کشاورزی استان خوزستان بیشتر از یک میلی گرم بر کیلو گرم خاک تعیین شده است (محبی و هاروتونیان، ۱۳۸۹). آفتابگردان از خانواده Asteraceae با نام علمی: *Helianthus annuus* L. می باشد (USDA, 2012).

شکل۱- گل گیاه آفتابگردان *Helianthus annuus* L.

در مدیریت محیط زیست استفاده از گیاهانی که در سطح وسیعی قابل رویش هستند، اهمیت ویژه ای دارند زیرا این ویژگی امکان کاربری آن ها را افزایش می دهد. هدف از این تحقیق بررسی کارایی این گیاه با دامنه رویش وسیع در ایران در پالایش کادمیوم از آب است. این فن آوری های زیستی سازگار با محیط زیست بوده و امکان پالایش آب و خاک را به صورت گسترده ای با هزینه های کم فراهم می آورد.

مواد و روش‌ها

غربالگری گونه‌های گیاهی

در بررسی امکان پالایش زیستی ترکیبات و عناصر مختلف از محیط زیست، بررسی گزارش‌ها و آزمایش‌های قبلی در آزمایشگاه، گلخانه و در محیط‌های طبیعی ضروری است. غربالگری گونه‌های زیستی که در زمینه پالایش انواع آلاینده ها از قابلیت‌های بالاتری برخوردارند، از مهم ترین مراحل آن به شمار می‌روند. این بررسی ها نشان می دهد گیاه آفتابگردان ، گونه *Helianthus annuus* L. مستعد جذب آلاینده های مختلف به ویژه فلزات سنگین می باشد (Hao *et al.*, 2012).

عملیات تصفیه پساب

برای بررسی کارایی پالایش، نمونه های سه لیتری از پساب مورد نظر حاوی نمک نیترات کادمیوم با غلظت‌های ۲ و ۱۰میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و قبل از شروع عملیات پالایش، ظرف ها با آب مقطر شسته گردید. همه ظرف ها کد گذاری شدند. در طرح بلوک های کاملا تصادفی برای هر آزمایش و برای هر غلظت سه تکرار در نظر گرفته شد. ظرف هایی نیز حاوی آب به عنوان گروه شاهد انتخاب شد. در هر یک از ظروف ۶ گیاه سه ماهه *Helianthus annuus L.* به مدت ۱۵ روز در معرض پساب قرار داده شد (Singh *et al.*, 2009; Moogouei *et al.*, 2011). درطول دوره پالایش، دما ۲۵ درجه سانتی گراد و pH در محدوده۶-۵/۵ قرار داشت. پس از خارج کردن گیاهان از پساب pH به ۵/۵ کاهش داده شد و برای بررسی نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. غلظت کادمیوم در محلول پس

از عملیات پالایش با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Variance Spectra AA-55B) تعیین گردید.

برای تعیین کارایی پالایش کادمیوم از محلول نیترات کادمیوم توسط گیاه آفتابگردان *Helianthus annuus L.* از فرمول زیر استفاده گردید:

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$$

در این رابطه C_1 غلظت کادمیوم در محلول قبل از عملیات پالایش و C_2 غلظت کادمیوم در محلول پس از عملیات پالایش و R کارایی پالایش است (Moogouei *et al*., 2011)

تجزیه و تحلیل آماری

داده های بدست آمده شامل غلظت های کادمیوم در پساب پس از دوره پالایش مورد تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از بسته نرم افزاری SAS و آزمون دانکن انجام گرفت. آزمایش ها در بلوک های کاملا تصادفی با سه تکرار و یک شاهد طراحی شد.

نتایج

نتایج حاصل از پژوهش به شرح جدول (۱) می باشد که بر اساس آن غلظت کادمیم در آب (غلظت اولیه) و غلظت آن در آب پس از دوره پالایش تعیین و مورد مقایسه و محاسبه در فرمول بالا قرار گرفت. بیشترین کاهش غلظت کادمیوم در غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر محاسبه شده است.

جدول۱- غلظت کادمیوم قبل و بعد از عملیات پالایش توسط گیاه آفتابگردان. داده ها میانگین سه تکرار

غلظت پس از عملیات پالایش (میلی گرم بر لیتر)	غلظت اولیه (میلی گرم بر لیتر)
۰/۰۲۳ ±۰ /۰۰۱	۰
۰/۵۷۴ ±۰/۰۰۵	۲
۰/۷۶۰ ± ۰/۰۰۷	۱۰

پس از محاسبه داده‌ها در فرمول بالا مقادیر پالایش محاسبه و میانگین آن در جدول (۲) نمایش داده شده است.

جدول ۲- میانگین کارائی پالایش کادمیوم توسط *Helianthus annuus* L. ، داده ها میانگین سه تکرار است.

درصد کارائی پالایش	غلظت(میلی گرم بر لیتر)
۰	۰
۲۲/۱۰±۷۰/۵۳	۲
۱/۱۲±۹۲/۲۶	۱۰

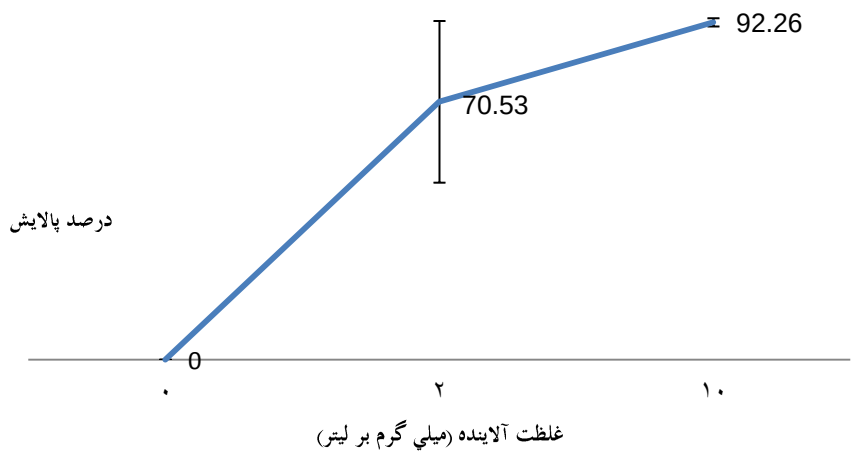
میانگین داده های به دست آمده در سه تکرار و سه غلظت مورد آزمایش با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج آن به شرح جدول (۴) است.

با توجه به جدول (۴) گیاه آفتابگردان در پالایش محلول های ۱۰ و ۲ میلی گرم بر لیتر رفتار مشابهی نشان داد.

جدول۴- مقایسه میانگین کارائی پالایش فلز کادمیوم توسط *Helianthus annuus* L. در غلظت های ۲ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات کادمیوم

غلظت (میلی گرم بر لیتر)	**کارائی پالایش** (درصد)	دسته بندی دانکن
۱۰	۹۲/ ۲۶ ±۱/۱۲	A*
۲	۷۰/۵۳ ±۲۲/۱۰	A
۰	۰	B

*میانگین های با حروف مشابه تفاوت معنی داری ندارند.



شکل ۲- مقایسه خطی تاثیر غلظت کادمیوم در کارائی پالایش(آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

با توجه به شکل بالا با افزایش غلظت کادمیوم در محلول کارایی پالایش نیز افزایش نشان می دهد. اما در دو غلظت ۲ و ۱۰ میلی گرم برلیتر تفاوت معنی داری ازنظر کارائی پالایش کادمیوم مشاهده نمی شود (P> ۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش غلظت کادمیوم در محلول اولیه، میزان کاهش کادمیوم در گروه های تیماری افزایش می یابد(جدول ۱). بیشترین درصد کارایی پالایش نیز در غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر(بیشترین غلظت مورد سنجش) برابر با ۹۲/۲۶ درصد بود که از غلظت های کمتر در محلول اولیه بیشتر می باشد. گیاه پالایی می تواند روشی مناسب، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای پالایش پساب های حاوی کادمیوم به شمار رود. همانگونه که در جدول (۲) نمایش داده شده است، کارائی بیش از ۹۰ درصد پالایش کادمیوم از محلول های حاوی این عنصر توسط گونه آفتابگردان و کشت وسیع این گونه در بیش از ۲۰ استان کشور (قدس ولی و وفایی، ۱۳۹۳) و امکان توسعه آن در سایر استان های ایران، آن را گزینه مناسبی برای پالایش پساب های با غلظت تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر کادمیوم قرار می دهد. بنابراین استفاده از این فن آوری زیستی، می تواند به صورت گسترده در مدیریت محیط زیست کشور به کار گرفته شود. همانند آنچه Hao و همکاران در سال (۲۰۱۲) گزارش نمود، گونه آفتابگردان می تواند گزینه مناسبی برای گیاه پالائی محیط های آلوده به کادمیوم به شمار رفته و از نظر اقتصادی نیز مناسب باشد (Zhang *et al.*, 2010). این گیاه قادر به جذب سایر آلاینده های زیست محیطی از قبیل اورانیوم و رادیوم و رنگ ها نیز می باشد (Vera Tomé, *et al.*, 2009, Huicheng *et al.*, 2012). آفتابگردان توانائی انتقال کادمیوم از ریشه به بخش های هوائی را دارد(Meighan et al., 2011) براساس این مطالعه بخش اعظم کادمیوم موجود در سیستم هایدروپونیک با بخش خارجی ریشه ایجاد باند نموده است. چون غلظت در ریشه گیاه بیشتر از غلظت در بخش های هوایی است گیاه فاکتور انتقال کمی نسبت به کادمیوم دارد. گونه *Helianthus annuus* L. برای گیاه پالایی محلول ها به ویژه در غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر (کارائی بیش از ۹۲درصد) مناسب است و پس از عملیات پالایش حضور کادمیوم در ناحیه ریشه گیاه خواهد بود. برای جلوگیری از ورود این فلزات از طریق گیاهان آلوده، قبل از ورود آن به زنجیره غذائی توسط جانوران یا انسان ، گیاهان مورد استفاده در پالایش جداسازی، جمع آوری و فلزات آن ها باید بازیافت شود. لازم به ذکر است بسیاری از افزودنی های طبیعی بر حرکت یون های فلزات سنگین مانند کادمیوم اثر گذارند (Stingu *et al.*, 2012). همچنین بر اساس استانداردهای جهانی مقدار کادمیوم در آب رودخانه به میزان ۵ میکروگرم بر کیلوگرم مجاز است (اقبالی شمس آباد و همکاران، ۱۳۸۹) که بر این مبنا گیاه پالایی روشی کاملا کارا و سازگار با محیط زیست برای پالایش محیط های آلوده به کادمیوم محسوب می شود.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با پشتیبانی Mcenter for Phytoremediation Research انجام گردیده است. بدین وسیله از کلیه همکاران این مرکز تشکر و قدردانی می شود.

منابع

اقبالی شمس آباد، پ.، معماریانی، م. و معطر، ف. ۱۳۸۹. بررسی عناصر سنگین کروم ، کادمیوم، سرب و مواد آلی در سفید رود با نگرشی بر منشأ زمین ساختاری آنها. مجله علمی تخصصی تالاب ، ۳: ۳۹-۵۵.

برقعی، م.، موگوئی، ر.، ارجمندی، ر.، وثوقی، م. و تجدد، گ. ۱۳۹۰. استفاده از روش گیاه پالایی در پالایش سزیم پایدار از محلول ها. مهندسی عمران شریف، ۲-۲۸(۳): ۸۸- ۹۷.

محبی، ع. و هاروتونیان، س. ۱۳۸۹. گیاه پالایی عنصر کادمیم توسط آفتابگردان، یونجه و ذرت. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، ۱۰-۱۱ آبان ، تهران.

مرکز تحقیقات زیست فن آوری خلیج فارس. ۱۳۹۱. آلودگی محیط زیست دریایی و سلامت. قابل دسترسی در: http://pgmmb.pgbrci.ir.

قدس ولی، ع. و وفایی، ن. ۱۳۹۳. بررسی خصوصیات فیزیکی دانه آفتابگردان ارقام روغنی استان گلستان. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی کشاورزی و مکانیزاسیون. قابل دسترسی در: http//:confbank.um.ac.ir.

Ducruix, C., Vailhen, D., Werner, E., Fievet, J., Bourguignon, J., Tabet, J., Ezan, E. & Junot, C. 2008. Metabolomic investigation of the response of the model plant *Arabidopsis thaliana* to cadmium exposure: Evaluation of data pretreatment method for further statistical analyses. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 91: 67-77.

De la Rosa, G., Martinez-Martinez, A., Pelayo, H., Peralta-Vigea, J., Sanchez-Salcido,B. & Gardea-Torresdey, J. 2005. Production of low-molecular weight thiols as a response to cadmium uptake by Tumble weed (*Salsola kali*). Plant Physiology and Biochemistry, 34:491-498.

Hao, X., Zhou, D., Li, D., & Jia, P. 2012. Growth, Cadmium and Zinc accumulation of ornamental Sunflower *(Helianthus annuus L.)* in contaminated soil with different amendments. Pedosphere, 22(5): 631-639.

Huicheng, X., Chongrong, L., Jihong, L. & Wang, L. 2012. Phytoremediation of wastewater containing azo dye by sunflowers and their photosynthetic response . Acta Ecologica Sinica, 32(5):240-243.

Meighan, M., Fenus, T., Karey, E. & MacNeil, J. 2011. The impact of EDTA on the rate of accumulation and root/shoot partitioning of cadmium in mature dwarf sunflowers. Chemosphere, 83 (11), 1539-1545.

Moogouei, R., Borghei, M. & Arjmandi, R. 2011. Phytoremediation of stable Cs from solutions by *Calendula alata*,

Amaranthus chlorostachys and *Chenopodium album*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74 : 2036–2039.

Singh, S.,Thorat,V.,Kaushik,C.P.,Raj,K.,Eapen, S. & D'Souza,S.F. 2009.Potentialof *Chromolaena odorata* for phytoremediationof ^{137}Cs from solutions and low level nuclear waste. Journal of Hazardous Materials, 162:743–745.

Stingu, A., Volf, I., Valentin, I. Popa, V. & Gostin, I. 2012. New approaches concerning the utilization of natural amendments in cadmium phytoremediation. Industrial Crops and Products, 35(1): 53-60.

USDA, 2012. Plant profile. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. USA. Available in: http://plants.usda.gov.

Vera Tomé, F., Blanco Rodríguez, P. & Lozano, J.C. 2009. The ability of *Helianthus annuus L.* and *Brassica junceato* uptake and translocate natural uranium and ^{226}Ra under different milieu conditions. Chemosphere, 74(2), 293-300.

Zhanga, B.Y. , Zhenga, J.S., & Sharp, R.G. 2010. Phytoremediation in engineered wetlands: mechanisms and applications. Procedia Environmental Sciences, 2 : 1315–1325