

قابلیت گیاه پالایی گیاه آبزی *Nelumbo nucifera* در حذف فلزات

سنگین (مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم) در تالاب انزلی

امیرحسین حمیدیان^{۱*}، هاجر نوروزنیا^۲، روح... میرزایی^۳

^۱دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد منابع طبیعی - محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

^۳استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۶/۲۵)

چکیده:

گیاه پالایی یکی از مهمترین روش‌های زیستی پایدار جهت مقابله با اثرات روزافزون آلاینده‌ها می باشد. در مطالعه حاضر قابلیت گیاه پالایی یک گیاه آبزی (لاله تالابی) جهت پالایش فلزات سنگین (مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم) ارزیابی می گردد. مطابق نتایج لاله تالابی مقادیر زیادی از فلزات مذکور را طبق غلظت های اندازه گیری شده مورد تجمع زیستی قرار می دهد. غلظت ها به ترتیب برای فلزات مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم ۰/۳۱، ۳/۰۷، ۰/۹۱، ۱/۲ و ۱۴/۳۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک می باشند. کارآیی گیاه پالایی از طریق اندازه گیری غلظت زیستی و انتقال زیستی مورد ارزیابی قرار می گیرد. متوسط فاکتورهای غلظت زیستی به ترتیب برای فلزات مس، کروم، سرب، کادمیوم و آرسنیک ۱۸۳۰، ۱۱۷۰، ۴۶۰، ۲۹۰۰ می باشند. مطابق نتایج لاله تالابی قابلیت بالایی در جذب فلزات مذکور از خود بروز داده است. با توجه به داده ها، نتایج نشان می دهد که لاله تالابی می تواند به عنوان یک گونه ارزشمند جهت اهداف گیاه پالایی در تالاب انزلی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌گان: فلزات سنگین، گیاه پالایی، غلظت زیستی، انتقال زیستی، لاله تالابی، تالاب انزلی

۱. مقدمه

زیست است. در سالهای اخیر روش های فیزیکی، شیمیایی و زیستی عمده ای جهت کاهش اثر آلاینده ها به ویژه فلزات سنگین به کار گرفته شده است (Sheoran et al., 2011). بسیاری از این روش ها باعث تحمل هزینه های بالا و در برخی موارد موجبات آسیب به محیط زیست را فراهم می کنند (Ali et al., 2013). گیاه پالایی یکی از بهترین روشهای موثر، دوستدار محیط زیست، کم هزینه و با منشاء نور خورشیدی جهت حذف فلزات سنگین از مناطق آلوده به آلاینده های آلی و غیر آلی بویژه در محیط های آبی می باشد (Carranza- Alvarez, 2008). یک گونه گیاهی مناسب جهت گیاه پالایی باید شامل ویژگیهایی چون رشد سریع و فراوان، پراکندگی زیاد در منطقه مورد مطالعه و توان بالقوه جهت جذب و تجمع فلزات سنگین باشد. گیاهان آبی به طور بالقوه توان مناسب را جهت جذب و تجمع فلزات سنگین دارند (Hamidian et al., 2014).

به طور کلی این مطالعه سعی دارد قابلیت گیاه پالایی لاله تالایی را که یک گیاه شناور، بومی و فراوان در تالاب انزلی می باشد ارزیابی کند. این گونه گیاهی یک گونه شناور در تالاب انزلی می باشد و ویژگی تجمع فلزی آن به طور قابل توجهی به غلظت فلزات در محیط آبی پیرامون آن وابسته است (Favas and Pratas, 2013).

این مطالعه سعی در بررسی قابلیت مناسب بودن این گونه آبی در استفاده به عنوان یک گونه موثر در گیاه پالایی فلزات سنگین شامل (مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم) دارد؛ و در این رابطه (۱) غلظت فلزات مذکور در آب و بافت های مختلف گیاه اندازه

کیفیت آب یکی از مهمترین نگرانی های جوامع انسانی است. تخلیه فاضلاب ها و ضایعات صنعتی و شهری در محیط های آبی و ایجاد آلودگی شدید در این منابع ارزشمند طبیعی سبب این نگرانی شده است. در اغلب نقاط جهان به دلیل روند رو به رشد آلودگی و اعمال مدیریت نادرست در رابطه با حفاظت منابع آب در مقیاس وسیع آب کافی و سالم وجود ندارد (Hamidian et al., 2014). همچنین با توجه به افزایش روند رو به رشد صنایع به ویژه در ایران نیاز آبی نیز افزایش یافته که نتیجه آن تولید فاضلاب به مقدار زیاد است. نگرانی مهمی که در مورد فاضلاب های صنعتی و شهری وجود دارد بحث مضر بودن این فاضلاب ها برای گیاهان آبی، آبیان و پرندگان و به دنبال آن انسان می باشد. این نگرانی به دلیل ماهیت غیر قابل تجزیه بودن، سمیت زیاد، اثرات تجمعی و سرطانزا بودن ترکیبات این آلاینده ها می باشد. فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های ضایعات و فاضلاب ها هستند. کادمیوم، سرب و آرسنیک، فلزات غیر ضروری و سمی می باشند. این فلزات در غلظت های پایین می توانند اثرات سمی ایجاد کنند. مس و کروم فلزات ضروری می باشند که در مقادیر بالا از خود خاصیت سمی بروز می دهند. عدم توازن فلزات کمیاب می تواند برای چندین نوع بیماری به عنوان عامل خطر در نظر گرفته شود. یکی از خصوصیات بارز فلزات سنگین این است که تجزیه نمی شوند و در بدن موجودات زنده در سطوح غذایی بالاتر تجمع زیستی می نمایند. مبحث تجمع زیستی یک بخش عمده در سم شناسی و شیمی محیط

ICP-OES) (PerkinElmer, USA) غلظت فلزات اندازه‌گیری شد.

۳.۲. فاکتورهای تغلیظ زیستی و انتقال زیستی:

ارزیابی امکان و قابلیت گیاه پالایی توسط دو فاکتور اساسی یعنی فاکتور غلظت زیستی و فاکتور انتقال زیستی تعیین می‌گردد (Pratas et al., 2012). فاکتور تغلیظ زیستی به صورت غلظت فلز در وزن خشک بر روی غلظت آن در محیط اطراف آن تعریف می‌شود

(Favas and Pratas, 2012). فاکتور تغلیظ زیستی براساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد (Zhuang et al., 2007).

فاکتور تغلیظ زیستی = غلظت در محیط آب / غلظت در بافت (جدول ۱).

مطابق فرمول غلظت در بافت عبارتست از غلظت فلز در بافت گیاه برداشت شده و همچنین غلظت در آب عبارتست از مقدار غلظتی که فلز مورد نظر در محیط پیرامونی (آب). معمولا فاکتور تغلیظ زیستی بیشتر از هزار، نشان دهنده قابلیت تجمعی بالای گیاه در جذب فلزات سنگین می‌باشد (Boonyapookana et al., 2002).

فاکتور انتقال زیستی که توانایی گیاه در انتقال فلز از ریشه به اندامهای هوایی را نشان می‌دهد (Ali et al., 2013). براساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

فاکتور تغلیظ زیستی =

غلظت در محیط آب / غلظت در بافت (جدول ۱).

گیری می‌گردد. (شکل ۲ و ۳)، (۲) تعیین توانایی حذف فلزات فوق الذکر با استفاده از لاله تالابی (۳) تخمین قابلیت انتقال با توجه به فاکتور غلظت زیستی و انتقال زیستی (جدول ۱) (۴) تایید همبستگی بین غلظت فلزی در آب و گیاه آبزی لاله تالابی در تالاب انزلی.

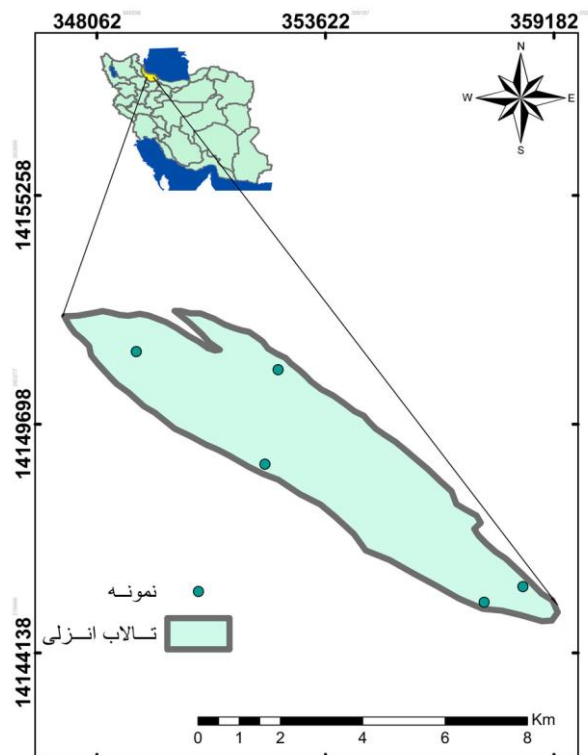
۲. مواد و روش ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

تالاب انزلی یکی از بوم سازگان‌های مهم آبی در ایران است. این ذخیره گاه آبی در جنوب غربی دریای خزر واقع شده و زیستگاه ماهیان، آبزیان و پرندگان با ارزشی است که از ابعاد اکولوژیک و اقتصادی در خور توجه است. انسان در طول عمر این ذخیره گاه طبیعی با دخالت‌های خود و تغییر در عوامل زنده و غیر زنده این اکوسیستم اثرات چشمگیری در حیات موجودات زنده آن داشته است (شکل ۱).

۲.۲. آماده‌سازی نمونه‌ها:

نمونه‌های آب از پنج منطقه تالاب برداشته شد و پس از گذراندن از صافی به آن دو درصد حجم HNO_3 اضافه گردید. همچنین نمونه‌های گیاه از همان پنج ایستگاه برداشت گردید. پس از شستشوی گیاهان و همگن‌سازی آنها؛ نمونه‌ها در اون با دمای 60°C و به مدت ۲۴ ساعت خشک‌گردید. سپس نمونه‌های خشک‌شده پودر شده و از صافی 0.15 میلی‌متری گذرانده شد (Kalra, 1998). به دنبال آن هضم اسیدی انجام و سپس با استفاده از دستگاه



شکل ۱. موقعیت تالاب انزلی

غلظت در ریشه عبارتست از مقدار غلظتی که فلز مورد نظر در ریشه گیاه دارد. فاکتور انتقال بالاتر از یک، توانایی بالای گیاه در انتقال فلزات در بافتهای گیاه را نشان می‌دهد.

۴.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها:

تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار (SPSS ver.16) انجام گرفت. اندازه‌گیری توزیع نرمال داده‌ها توسط آزمون کولموکروف- اسمیرنوف و مقایسه مقادیر میانگین فلزات در مکان‌های نمونه‌گیری با استفاده از آزمون‌های واریانس یک‌طرفه و دانکن انجام شد. جهت تخمین پیوستگی بین غلظت فلزات در آب و بافت گیاهی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید. همچنین مقایسه

مطابق فرمول غلظت در بافت عبارتست از غلظت فلز در بافت گیاه برداشت شده و همچنین غلظت در آب عبارتست از مقدار غلظتی که فلز مورد نظر در محیط پیرامونی (آب). معمولا فاکتور تغلیظ زیستی بیشتر از هزار، نشان دهنده قابلیت تجمع‌ی بالای گیاه در جذب فلزات سنگین می باشد (*Boonyapookana et al., 2002*).

فاکتور انتقال زیستی که توانایی گیاه در انتقال فلز از ریشه به اندامهای هوایی را نشان می دهد (*Ali et al., 2013*).. براساس فرمول زیر محاسبه می گردد. فاکتور انتقال زیستی = غلظت در ریشه / غلظت در اندامهای هوایی (جدول ۱).

مطابق فرمول غلظت در اندامهای هوایی عبارتست از غلظت فلز در ساقه و برگ گیاه و همچنین

بین غلظت فلزات در آب و بافت گیاهی توسط آزمون تی انجام شد.

۳. نتایج

خلاصه آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب و ریشه و برگ لاله تالابی در (جدول ۱) آورده شده است. بیشترین و کمترین مقادیر گزارش شده غلظت فلزات در نمونه‌های آب در دامنه‌ای بین ۰/۰۳ و ۶/۹۱ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است. بیشترین و کمترین غلظت گزارش شده در نمونه‌های گیاهی در دامنه ای بین ۰/۳۲ و ۱۵/۷۲ میکروگرم بر گرم در ریشه و برگ گیاه لاله تالابی گزارش شده است.

در مطالعه حاضر فاکتور تغلیظ زیستی در گیاه لاله تالابی در دامنه ای بین 0.2×10^3 و 5.7×10^3 بود. کمترین مقدار در مورد فلز سرب گزارش شده بود که نشانگر عدم تمایل گیاه لاله تالابی در جذب فلز سرب از اکوسیستم تالابی انزلی می‌باشد. بیشترین مقدار نیز در مورد فلز مس گزارش شده است، که تمایل بالای گیاه لاله تالابی را در جذب و گیاه پالایی فلز مس در تالاب انزلی را نشان می‌دهد. سایر مقادیر به ترتیب در فلزهای کروم، کادمیوم و آرسنیک دارای بیشترین فاکتور تغلیظ زیستی می‌باشد: کروم 2.38×10^3 ، کادمیوم 1.67×10^3 ، آرسنیک 0.56×10^3 (جدول ۱).

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین در بافت های گیاه لاله تالابی (میکروگرم بر گرم) و غلظت فلزات در نمونه های آب (میکروگرم بر لیتر)

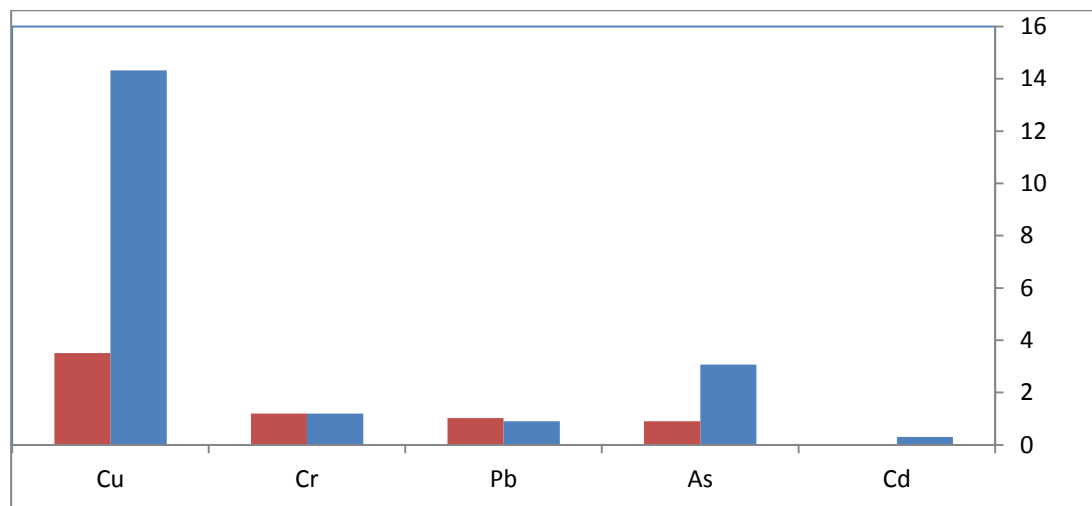
عنصر	نمونه (Mean \pm SD, n=20)			فاکتور تغلیظ زیستی	فاکتور انتقال
	آب ($\mu\text{g L}^{-1}$)	برگ ($\mu\text{g g}^{-1}$)	ریشه ($\mu\text{g g}^{-1}$)		
مس	2.82 ± 0.14	3.51 ± 0.12	14.2 ± 0.17	۵۰۷۰	۰/۲۴
کروم	0.51 ± 0.03	1.73 ± 0.24	1.2 ± 0.05	۲۳۸۰	۱/۴۴
سرب	5.41 ± 1.43	1.03 ± 0.2	0.91 ± 0.134	۲۰۰	۱/۱۳
آرسنیک	5.42 ± 0.65	0.99 ± 0.05	3.07 ± 0.127	۵۶۰	۰/۳۲
کادمیوم	0.187 ± 0.01	-	0.313 ± 0.02	۱۶۷۰	-

کروم و کادمیوم دارد. به همچنین نتایج فاکتور انتقال زیستی از ریشه به اندامهای هوایی گیاه لاله تالابی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان انتقال به ترتیب در فلزات کروم (۱/۴۴) و آرسنیک (۰/۳۲) است. نتایج در مورد فلز کادمیوم غیرقابل ارزیابی بوده است. بدین ترتیب گیاه مذکور بیشترین توانایی را در

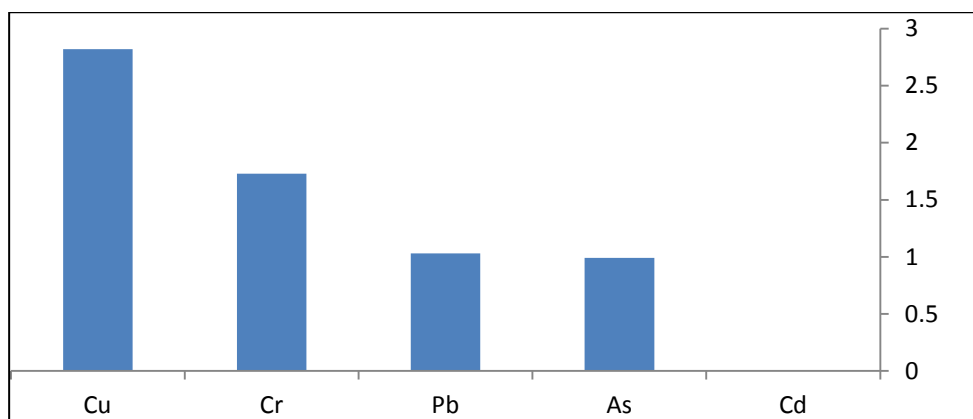
این مقادیر نشانگر آن است که گیاه لاله تالابی پس از مس بیشترین جذب را توسط ریزوم خود در مورد کروم و سپس کادمیوم و آرسنیک اعمال می‌کند. براساس نتایج فاکتور تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال زیستی می‌توان دریافت که گیاه لاله تالابی توانایی شایان توجهی در جذب فلزات سنگین به ویژه مس،

مس ۰/۲۴ که توانایی ضعیف گیاه در انتقال این فلزات از اندامهای تحتانی به اندامهای هوایی را نشان می دهد.

انتقال زیستی فلز کروم و سپس سرب با فاکتور انتقال زیستی (۱/۱۳) از خود نشان داده است. فاکتورهای انتقال سایر فلزات عبارت بودند از: آرسنیک ۰/۳۲ و



شکل ۲. غلظت فلزات سنگین در ریشه (ستون آبی رنگ) و در برگ گیاه لاله تالابی (ستون قرمز رنگ) (میکروگرم بر گرم وزن خشک)



شکل ۳. غلظت فلزات سنگین در آب (میکروگرم بر لیتر)

همکاران (۲۰۰۸)، Sasmaz و همکاران (۲۰۰۸) همچنین Pratas و همکاران (۲۰۱۲) و Hamidian و همکاران (۲۰۱۴) Pratas و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از گیاه *Callitriche stagnalis*، غلظت اورانیوم در گیاه را پس از ۲۴ ساعت از ۷۳ میکروگرم بر لیتر به ۵۰۰ میکروگرم بر لیتر گزارش کردند که

۴. بحث و نتیجه گیری:

تاکنون مطالعات فراوانی جهت ارزیابی تجمع زیستی و تغلیظ زیستی فلزات سنگین با استفاده از گیاهان آبی صورت گرفته Robinson و همکاران (۲۰۰۳)، Pejavick و همکاران (۲۰۰۸)، Alvarez و

است. نتایج Ait Ali و همکاران (۲۰۰۲) نیز این موضوع را تایید می‌کند که با افزایش غلظت مس در محیط رشد این گیاه، جذب این عنصر توسط گیاه فوق الذکر افزایش می‌یابد همچنین در مطالعه حاضر بیشترین فاکتور تغلیظ زیستی در گیاه لاله تالابی $10^3 \times 5/07$ در فلز مس اندازه گیری شده است، که نشانگر پتانسیل بالای این گیاه در حذف فلز مس در محیط آبی تالاب انزلی می‌باشد. غلظت کروم اندازه گیری شده در گیاه لاله تالابی در تالاب انزلی $1/2$ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد. میزان سمی کروم برای گیاه بین ۱۰ تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. بنابراین غلظت آن در گیاه لاله تالابی در محدوده مجاز غلظت می‌باشد. افزایش غلظت کروم در گیاه آسیب های جدی به ریشه و ایجاد کلروزیس در ریشه های جوان گیاه و بی نظمی در کلرو پلاست غشایی در گیاهان آبی منجمله لاله تالابی و عدسک آبی می‌شود

(Kabata-Pendias and Pendias, 2000).

همچنین بالاترین فاکتور تغلیظ زیستی در مورد فلز کروم $10^3 \times 2/38$ در گیاه فوق الذکر می‌باشد. غلظت سرب اندازه گیری شده در گیاه لاله تالابی $0/9$ میکرو گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است. اگرچه غلظت سرب به طور طبیعی در تمام گیاهان دیده می‌شود ولی نشانه ای از حضور ضروری آن در متابولیسم گیاه دیده نمی‌شود. این مقدار کمتر از مقادیر گزارش شده توسط Kumar و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد. (۹۱/۵ میکروگرم بر گرم) همچنین طبق دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی میزان مجاز سرب $0/5$ میلی گرم در گرم در گیاه مذکور

توانایی بالقوه این گیاه در حذف فلز اورانیوم از مناطق آبی آلوده را نشان می‌دهد Pratas و همکاران (۲۰۱۲) همچنین اهمیت گیاهان *Callitriche* *Fontinalis* و *stagnalis, Lemna minor antypyretica* را در گیاه پالایی اثبات کردند همینطور Sasmaz و همکاران (۲۰۰۸) مطالعاتی در مورد گیاه تالابی *Typha latifolia* انجام دادند و فاکتور تغلیظ زیستی و فاکتور انتقال زیستی را برای حذف فلزات روی، منگنز و کروم محاسبه کردند. در این تحقیق فاکتور انتقال زیستی برای فلزات روی و منگنز بالاتر از یک گزارش گردید که بیانگر قدرت گیاه در انتقال فلزات مذکور از ریشه به اندامهای فوقانی می‌باشد. Favas و همکاران (۲۰۱۲) از گیاهان

Ranuncullus trichophyllus, Ranunculus peltatus subsp. saniculifolius, Lemna minor, Azolla caroliniana and the leaves of Juncus جهت گیاه پالایی فلز آرسنیک

استفاده کردند. در این تحقیق بیشترین و کمترین غلظت های به دست آمده عبارت بود از: ۲۳۴۹ میلی گرم بر کیلوگرم و ۳۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک. که نشانگر اهمیت استفاده از گونه های تالابی جهت حذف فلزات سنگین از محیط های آبی است.

غلظت فلزات در گیاه لاله تالابی برداشت شده از تالاب انزلی به این ترتیب می‌باشد:

$Cd > Pb > Cr > As > Cu$.

غلظت متوسط مس در لاله تالابی $14/32$ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد. طبق استاندارد EPA حد مجاز مس در گیاهان آبی بین ۲۱-۱۹ میلی گرم بر لیتر می‌باشد

(Noak et al., 2000). بنابراین غلظت آن در ماکرفیت آبی لاله تالابی در تالاب انزلی در حد مجاز

¹World Health Organization

(۶۷، ۱/۵۶، ۰/۲، ۰/۲۴) (جدول ۱). با توجه به این ارقام گیاه لاله تالابی یک گونه تجمع کننده مناسب در محیط آبی تالاب انزلی می باشد.

فاکتور انتقال بالاتر از ۱، توانایی بالای گیاه در انتقال فلزات در بافتهای گیاه را نشان می دهد. در مطالعه حاضر بیشترین مقادیر فاکتور انتقال در دو فلز کروم و سرب، بیشتر از یک گزارش شده است؛ که توانایی گیاه در انتقال زیستی این دو فلز را نشان می دهد (جدول ۱). فاکتور انتقال به ترتیب برای فلزات مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم عبارتند از: ND، ۰/۳۲، ۱/۱۳، ۱/۴۴، ۰/۲۴. این نتایج نشان می دهد که گیاه لاله تالابی در انتقال فلزات کروم و سرب از ریشه به اندام های هوایی توانایی و اهمیت قابل توجهی دارد. میانگین غلظت فلزات نشان می دهد که با افزایش میانگین غلظت مس، کروم، سرب، آرسنیک و کادمیوم در محیط پیرامون نیز در بافت های مختلف گیاه (ریشه و برگ) نیز جذب این فلزات افزایش می یابد. چنین برآوردی توانایی بالقوه گیاه لاله تالابی در جذب فلزات سنگین از محیط آبی و به تبع آن کاهش غلظت فلزات مذکور در محیط پیرامون گیاه را خاطر نشان می کند (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). مقایسه غلظت فلزات ریشه و برگ گیاه لاله تالابی در ایستگاههای مختلف نشان می دهد که اختلاف معنی داری در ایستگاههای مختلف وجود ندارد. البته در ایستگاههای ۱ و ۳ که ورودی رودخانه های پیر بازار و هندخاله به درون تالاب است، میزان غلظت فلزات متفاوت بود.

تالاب ها توانایی قابل توجهی در کاهش اثرات ناخوشایند آلاینده ها در اکوسیستم های طبیعی دارا هستند. مطالعه حاضر نقش مهم گیاهان تالابی به ویژه

می باشد. Broyer و همکاران (۲۰۰۰) خاطر نشان کرده اند که میزان قابل قبول و حد مجاز سرب در گیاهان ۶-۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک گیاه می باشد. بنابراین میزان سرب در گیاه لاله تالابی بیشتر از حد مجاز غلظت می باشد. در حال حاضر غلظت بیش از حد مجاز سرب به عنوان یک آلاینده عمده محیط زیست و به عنوان یک عنصر سمی برای گیاهان شناخته شده است. و حدود ۹۵٪ جذب سرب توسط گیاه از طریق اندامهای هوایی گیاه صورت می گیرد (Kabata-Pendias, 2011). غلظت متوسط آرسنیک در این گیاه در تالاب انزلی ۳/۰۲ میکروگرم برگرم وزن خشک گیاه میباشد. این مقدار غلظت بسیار پایین تر از غلظتی است که توسط Lutz and Rosenberg (۲۰۰۷) در این ماکروفیت آبی گزارش شده است. در مطالعه مذکور مقدار آرسنیک از ۱۵۰-۳۷۰۰ میکروگرم بر گرم گزارش شده است. ماکروفیت ها یکی از تجمع دهنده های مهم آرسنیک می باشند (Klumpp and Peterson, 1979). غلظت کادمیوم اندازه گیری شده در گیاه لاله تالابی ۰/۳۱ میکروگرم بر گرم وزن خشک می باشد. این مقدار در مقایسه با اندازه گیری Schoner و Kumar (۲۰۰۹) در گیاه لاله تالابی (۱۱/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک گیاه) بسیار پایین تر گزارش شده است. همچنین غلظت کادمیوم از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (۱۹۸۴) (۰/۰۵ میکروگرم در گرم) بسیار بیشتر می باشد. البته غلظت مجاز کادمیوم در گیاهان ۰/۱ تا ۱ میلی گرم بر کیلوگرم نیز بیان شده است (Kabata-Pendias, 2011). به همین ترتیب بالاترین مقادیر فاکتور تغلیظ زیستی برای فلزات سرب، آرسنیک و کادمیوم عبارتند از: $10^3 \times$

نشانگر عدم تمایل گیاه لاله تالابی در جذب فلز سرب در منطقه مورد نظر دارد. همچنین فاکتور انتقال در گیاه فوق‌الذکر در مورد فلز کروم (۱/۴۴) و سرب (۱/۱۳) بیشتر از ۱ بود که نشانگر میزان انتقال قابل توجه فلز از ریشه به اندام‌های هوایی می‌باشد. در نتیجه، این مطالعه گیاه لاله تالابی را به عنوان یک گونه مناسب جهت گیاه پالایی محیط‌های آبی تالاب انزلی به ویژه در مورد فلزات سنگین (Cu, Cr, As and Cd) معرفی می‌کند. در واقع، این بررسی با معرفی گیاه لاله تالابی به عنوان یک تجمع‌کننده مناسب زیستی و یک تصفیه‌گر بیولوژیکی در اکوسیستم‌های طبیعی آلوده کامل می‌شود.

لاله تالابی در فرایند گیاه‌پالایی و کاهش اثرات مخرب فلزات سنگین در تالاب انزلی را بررسی کرده است. بطور کلی، گیاه پالایی مزایای متعددی همچون، روشی بی‌ضرر و دوستدار محیط زیست، دارای صرفه اقتصادی، تصفیه ترجیحی فلزات، استفاده مجدد از فلزات، کمترین میزان تخریب محیط زیست، استفاده از منابع طبیعی انرژی، کاهش در فرسایش خاک را دارا می‌باشد (Hamidian *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر مقادیر فاکتور تغلیظ زیستی در گیاه لاله تالابی در دامنه‌ای بین 0.2×10^3 و 5.07×10^3 بود. بیشترین مقدار مربوط به فلز مس (5.07×10^3) و کمترین مقدار مربوط به فلز سرب (0.2×10^3) می‌باشد که

References

- Ait Ali, N., Bernal, M.P., Ater, M. 2002 Tolerance and bioaccumulation of copper in Phragmites australis and Zea mays, Plant and Soil. 239:103-111
- Ali, H., Khan, E., Sajad, M.A., 2013. Phytoremediation of heavy metals - Concepts and applications. *Chemosphere*, 91, 869-881
- Boonyapookana, B., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Singhakaw, S., 2002. Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in Duckweed *Wolffia globosa*. *International Journal of Phytoremediation*, 4, 87-100
- Broyer, M. 2000. Evaluation of phytostabilization, a green technology to remove heavy metals from industrial sludge using *Typha latifolia* L. Research Article, *Biotechnol. Bioinf. Bioeng.* 1(1):137-145

Carranza-Alvarez, C., Alonso-Castro, A.J., Alfaro-De La Torre, M.C., Garcia-De La Cruz, R.F., 2008. Accumulation and distribution of heavy metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an artificial lagoon in San Luis Potos, Mexico. *Water Air Soil Pollution*, 188, 297-309

EPA (Environmental Protection Agency). 2002. Risk assessment: Technical background information. RBG Table. Available from <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk> (online update: 23.03.2009).

Favas, P.J.C., Pratas, J., Prasad, M.N.V., 2012. Accumulation of arsenic by aquatic plants in large-scale field conditions: Opportunities for phytoremediation and bioindication. *Science of the Total Environment*, 433, 390-397

Favas, P.J.C., Pratas, J., 2013. Uptake of uranium by native aquatic plants: potential for bioindication and phytoremediation. Published by EDP Sciences,

E3S Web of conferences in Portugal 1, 13007, 674-677

Hamidian ,A.H., Atashgahi, M., Khorasani, N., 2014. Phytoremediation of heavy metals (Cd, Pb and V) in gas refinery wastewater using common reed (*Phragmites australis*). *International Journal of Aquatic Biology*, 2(1), 29-35

Joao, Pratas, Paulo, J. C. Favas, Carlos Paulo, Nelson, Rodrigues, and M. N. V. Prasad ., 2012. Uranium accumulation by aquatic plants from uranium- contaminated water in central portugal. *International Journal of Phytoremediation*, 14:221–234

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Washington, D.C.
Kabata-Pendias, A. 2011. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Washington, D.C. 534 p
Kalra, A.P., 1998. Handbook of references methods for plant analysis .Soil and plant analysis council, Inc. CRC Press. Boca Raton Boston. London. New York. Washington, D.C. 281 p

Klumpp, D.W., Peterson, P.J. 1979. Arsenic and other trace element in the waters and organism of an estuary in SW England, Environment pollution, 19: 11-20

Kumar, R. M and Schröder, P. 2009. Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. *Environ Sci Pollut Res* . 16:162–175

Lutz, D and Rosenberg, K. (2007) Exploiting plant metabolism for phytoremediation of organic

xenobiotics. In: Willey N (ed) Phytoremediation methods and reviews. Humana, New Jersey, USA

Noak, A., Grant, G., Cameron D., borough,C., David J. 2000. Colloid Movement through Stable Soils of Low Cation-Exchange Capacity, *Environmental Science and Technology*.34 (12): 2490-2497

Pajević, S., Kevrešan, Ž., Radulović, S., Radnović, D., Vučković, M., Matavulj, M., 2003. The role of macrophytes in monitoring the impact of heavy metal effluents on the aquatic environment. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 9, 317-321

Perkin Elmer, 1994. Analytical methods for atomic absorption spectrometry. USA

Robinson, B.H., Duwig, C., Bolan, N.S., Kannathasan, M., Saravanan, A., 2003. Uptake of arsenic by New Zealand watercress (*Lepidium sativum*). *Science of the Total Environment*, 301, 67-73

Sasmaz, A., Obek, E., Hasar ,H., 2008. The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. *Ecological Engineering*, 33, 278-284

Sheoran, V., Sheoran, A., Poonia, P,2011. Role of hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41, 168-214

Zhuang, P., Yang, Q., Wang, H., Shu, W., 2007. Phytoextraction of heavy metals by eight plant species in the field. *Water, Air, and Soil Pollution*, 184, 235-242

Phytoremediation efficiency of *Nelumbo nucifera* in removing heavy metals (Cu, Cr, Pb, As and Cd) from water of Anzali wetland

Amir Hossein Hamidian^{1*}, Hajar Norouznia², Rouhollah Mirzaie³

¹ Associate professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

² Student of M.Sc in Natural resources- Environment, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Kashan University, Kashan, Iran.

³ Assistant professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Kashan University, Kashan, Iran.

Received: 16-Apr.-2014

Accepted: 16-Sep.-2015

Abstract

Plant-based remediation (i.e. phytoremediation) is one of the most significant eco-sustainable techniques to cope with devastating consequences of pollutants. In the present study, the potential of a wetland macrophyte (i.e. *Nelumbo nucifera*) for the phytoremediation of heavy metals (i.e. Cu, Cr, Pb, As and Cd) in the Anzali wetland was evaluated. The results showed that *N.nucifera* tends to accumulate notable amounts of Cu, Cr, Pb, As and Cd according to their assayed concentrations as follows: 0.31 $\mu\text{g g}^{-1}$ dw, 3.07 $\mu\text{g g}^{-1}$ dw, 0.91 $\mu\text{g g}^{-1}$ dw, 1.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ dw and 14.32 $\mu\text{g g}^{-1}$ dw, respectively. Further accurate perception of the phytoremediation efficiency were conducted using both bioconcentration factor and translocation factor. The average of the highest bioconcentration factors was presented in a descending order as: 1.83×10^3 , 1.17×10^3 , 1.17×10^3 , 0.46×10^3 and 0.29×10^3 for the Cu, Cr, Pb, Cd and As, respectively. Based on the results, *N.nucifera* presents high potential to absorb all the alluded metals except for As and Cd. Eventually, relying on the observed findings, the results support the idea that *N.nucifera* species would be employed as the prospective candidate for the phytoremediation process in Anzali wetland.

Keywords: Heavy metals, Phytoremediation, Bioconcentration, Translocation, *Nelumbo nucifera*, Anzali wetland.

* Corresponding author: Tel: +98-9109774245,

E-mail: a.hamidian@ut.ac.ir