Archive of SID

3rd International Conference On Modern Research in
AGRICULTURAL SCIENCE AND ENVIRONMENT
15 December 2016 Singapore

سومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در
علوم کشاورزی و محیط زیست
۲۵ آذر ۱۳۹۵ سنگاپور

بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف گیاه نی در فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند و مقایسه با گیاه نی رشد یافته در تالاب شادگان

سیده جنان حسینی

دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز
Jenanhosseiny@gmail.com

سید منصور سید نژاد

استاد، دکتری فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز
SM.seyyednejad@gmail.com

چکیده

یکی از مهمترین مشکلات جهانی که بویژه در ایران با توجه به اقلیم خشک آن بیشتر نمود پیدا کرده، مشکل کمبود آب است. این مسئله با توجه به بحث تخلیه فاضلاب‌ها و بویژه فاضلاب‌های صنعتی به دلیل ماهیت سمیشان به محیط زیست اهمیت تصفیه فاضلاب را دو چندان می‌کند. فلزات سنگین همچون کادمیوم، سرب و روی بخشی از نفت و به تبع آن فاضلاب حاصل از آن را تشکیل می‌دهند و از مهمترین آلاینده‌های صنایع نفت و گاز محسوب می‌شوند. توانایی گیاهان آبزی جهت جذب فلزات سنگین به خصوص برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی مورد توجه بسیار واقع شده است. با این حال به دلیل سازگاری این فناوری و همچنین کم هزینه بودن آن مورد توجه صاحب نظران زیادی قرار گرفته است. در این مطالعه بررسی و مقایسه تجمع فلزات سنگین کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و روی (Zn) در گیاه آبزی *Phragmites australis* پالایشگاه گاز بید بلند و تالاب شادگان مورد بررسی قرار گرفت. پس از نمونه برداری از هر دو منطقه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و با روش‌های استاندارد در آون خشک گردیدند و میزان فلزات سنگین ذکر شده در سه بخش ریشه، ساقه و برگ گیاهان با استفاده از دستگاه جذب اتمی در سه تکرار مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داده که بیشترین میزان فلزات سنگین در ریشه‌ی گیاه دیده شد و بیشترین میزان فلز سنگین متعلق به فلز روی (۳۰۰/۴۱PPm) می‌باشد. تصفیه با این روش استاندارد خروجی فلزات سنگین مذکور را برای دفع این فاضلاب‌ها به آب‌های سطحی، چاه‌های جاذب و مصارف کشاورزی حمایت می‌کند. طبق نتایج حاصله روش تصفیه با گیاه نی برای کاهش فلزات سنگین Pb,Cd و Zn فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، تالاب، پالایشگاه گاز بید بلند، گیاه پالایی، نی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

فاضلاب پالایشگاه‌های نفت و گاز دارای مقادیری روغن و چربی به صورت ذرات معلق، هیدروکربن‌های سبک و سنگین، فلزات سنگین، فنل و مواد آلی حل شده، دارای مقادیر بالای BOD5 و TSS, TDS, COD و ..... می‌باشد (صفی،۱۳۸۲). همچنین با توجه به افزایش رو به رشد صنایع به ویژه در ایران نیاز آبی افزایش یافته که نتیجه آن تولید فاضلاب به مقدار زیاد است. نگرانی مهمی که در مورد فاضلاب‌های صنعتی وجود دارد بحث مضر بودن این فاضلاب‌ها برای آبزیان، پرندگان و گیاهان آبزی و متعاقبا انسان می‌باشد که این نگرانی به دلیل ماهیت غیر قابل تجزیه بودن، سمیت زیاد، اثرات تجمعی و سرطان زا بودن ترکیبات این فاضلاب‌ها است (Sadeghi Attar., 2009). فلزات سنگین همچون کادمیوم، سرب و روی بخشی از نفت و به تبع آن فاضلاب حاصل از آن را تشکیل می‌دهد که از مهمترین آلاینده‌های این صنایع می‌باشند. این فلزات در غلظت‌های بالا می‌توانند اثرات سمی ایجاد نمایند. یکی از خصوصیات فلزات سنگین این است که تجزیه نمی‌شوند، بنابراین با ورودشان به زنجیره غذایی در اندام‌های گیاهی تجمع یافته (تجمع زیستی)[1] و با مصرف آن‌ها توسط موجودات سطوح بعدی زنجیره غذایی باعث تجمع و در نتیجه سمیت بیشتری در سطوح بالایی زنجیره غذایی می‌شوند (بزرگنمایی زیستی)[2] و با مصرف انسان از موجودات این زنجیره غذایی، فلزات سنگین وارد سیستم بدن انسان شده و نیز در آنجا تجمع می‌یابد و باعث بروز بیماری‌های حاد و مزمن می‌شود. امروزه نیز فعالیت‌های انسانی به طور مداوم افزایش یافته و حجم زیادی از فلزات سنگین را وارد محیط زیست به ویژه اکوسیستم‌های آبی می‌کند (Abdel-baki *et al.*,2011). در سال‌های اخیر توجه زیادی به تجمع فلزات سنگین توسط گیاهان آبزی شده است که این عمل گیاهان آبزی را گیاه پالایی (Phytoremediation) می‌گویند. آن‌ها از طریق ریشه، ساقه و برگ خود می‌توانند مواد آلوده را جذب کنند. مطالعات اخیر ثابت کرده که گیاهان ماکروفیت آبزی می‌توانند مقادیر زیادی از فلزات سنگین را در بافت‌های خود ذخیره کنند (Arts *et al.*,2008). گیاهان آبزی بخش طبیعی هر اکوسیستم آبی را به خود اختصاص می‌دهند. استفاده از گیاهان آبزی در تصفیه اکوسیستم‌های آبی مزایایی دارد که مهمترین آن‌ها موثر بودن، ارزان بودن و قابلیت پایدار بودن است و به خاطر این واقعیت است که گیاهان خود گرداننده نور خورشید هستند. این تکنولوژی برای تصفیه آب‌ها مورد توجه بسیاری واقع شده و برای مواد آلوده کننده آلی و غیر آلی کاربرد دارد. استفاده از گیاهان آبزی در آب، رسوبات و خاک کاربرد دارد. انطباق گیاهان آبزی با محیط اطرافشان استفاده از آن‌ها را آسان‌تر می‌سازد (عصری و افتخاری، ۱۳۷۸). گونه‌های مختلف گیاهان آبزی در تجمع فلزات سنگین به طور یکسان عمل نمی‌کنند و تفاوت‌هایی دارند که به گونه و محیط اکولوژیکی آن‌ها بر می‌گردد (Skinner *et al.*, 2007). گیاهان آبزی برای تصفیه آب، مناسب تر از گیاهان خشکی هستند. به این دلیل که آن‌ها رشد سریع‌تر و توده زنده بیشتری تولید می‌کنند، توانایی بالاتری برای جذب آلودگی‌ها دارند و اثرات آن‌ها در خالص سازی و تصفیه به دلیل تماس مستقیم با آلودگی بیشتر است. همچنین آن‌ها نقش مهمی در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های آبی از طریق تغییر رژیم حرکات آب بازی می‌کنند (Dhote and Dixit, 2009; Phillips *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2015).

1-Bioaccumulation

2-Biomagnification

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین گیاهان به سبب قرار داشتن در اکوسیستم شاخص‌های مفیدی برای آلودگی فلزات سنگین هستند (مرادی و همکاران،۱۳۹۰). در جهان گیاه نی بعد از گونه لویی یکی از بهترین گونه‌های گیاهی است که می‌تواند برای تصفیه مطرح شود (Fallahi *et al.*, 2012). احسانی و همکاران (۱۳۸۹)، گیاهان آبزی اکوسیستم‌های آبی خوزستان را بررسی کردند. امینی رنجبر و همکاران (۱۳۸۹)، اثر غلظت فلزات سنگین بر میزان کلروفیل a در برگ سه گونهه از گیاهان تالاب انزلی را بررسی کردند. چراغی و همکاران (Cheraghi *et al.*, 2012) در بندر امام خمینی، تجمع فلزات سنگین مس، سرب، روی، کادمیوم و نیکل را در رسوب، برگ و ریشه گیاه حرا (*Avicenia marina*)، بررسی کردند نتایج نشان داد بیشترین غلظت در رسوب و کمترین مقدار غلظت در برگ بوده است و بین مقادیر غلظت فلز مس، سرب، کادمیوم و نیکل در رسوب، ریشه و برگ این گیاه، اختلاف معنی داری وجود دارد. براگاتو و همکاران (Bragato *et al.*, 2009)، طی مطالعه‌ای بر رودخانه‌ی پو[1] واقع در شمال ایتالیا، تجمع چهار فلز سنگین نیکل، روی، مس و کروم را در گیاه نی (*Phragmites australis*) بررسی کردند. نتایج نشان داد سطوح فلزات در طی فصل رشد، در ریزوم و ساقه نسبت به برگ‌ها بالاتر بوده، این گیاه می‌تواند به طور موثر در زمان برداشت برای حذف فلزات از اندام‌های هوایی به کار گرفته شود. براگاتو و همکاران (Bragato *et al.*, 2009)، در بخشی از کار خود به منظور بررسی فلزات سنگین رها شده در حوضه‌ی آبخیز لاگون ونیز[2] در ایتالیا، دو ماکروفیت غالب *Phragmites australis* و *Bolboschoenus maritimus* موجود تالاب را مطالعه کردند. نتایج نشان داد تجمع فلزات سنگین در *P. australis* نسبت به *B. maritimus* بیشتر بود. همچنین تجمع فلزات سنگین به طور عمده در اواخر فصل رشد گیاه افزایش یافته بود. ایت علی و همکاران (Ait Ali *et al.*, 2002) در رودخانه گوادالنتین[3] اسپانیا، جذب فلزات توسط *Phragmites australis* و *Zea mays* را بررسی کردند. نتایج نشان داد که گیاه نی به طور قابل توجهی تحمل بیشتری در برابر عنصر مس، نسبت به ذرت دارد. همچنین فاکتور تجمع زیستی در ریشه‌ها نسبت به ساقه‌های هر دو گونه‌ی گیاهی بیشتر بود و در نهایت نی را به عنوان یک گیاه مناسب در تصفیه فاضلاب برای حذف مس معرفی کردند. از آنجا که نیزارهای طبیعی[4]، نقش اصلی در محیط زیست دارند، از آن‌ها می‌توان به عنوان سیستم‌های طبیعی پالایش آب‌های آلوده شهری، صنعتی و کشاورزی استفاده کرد (Rezvani *et al.*,2005).

هدف از این مطالعه مقایسه گیاه نی در دو منطقه تالاب شادگان به عنوان منطقه پاک و فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند به عنوان منطقه آلوده به منظور کارایی آن‌ها در جذب فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی است تا با استفاده از پتانسیل این گیاهان در حذف فلزات سنگین بتوان در شرایط مصنوعی نیز از آن‌ها بهره برد.

1-Po

2-Venice

3-Guadalentin

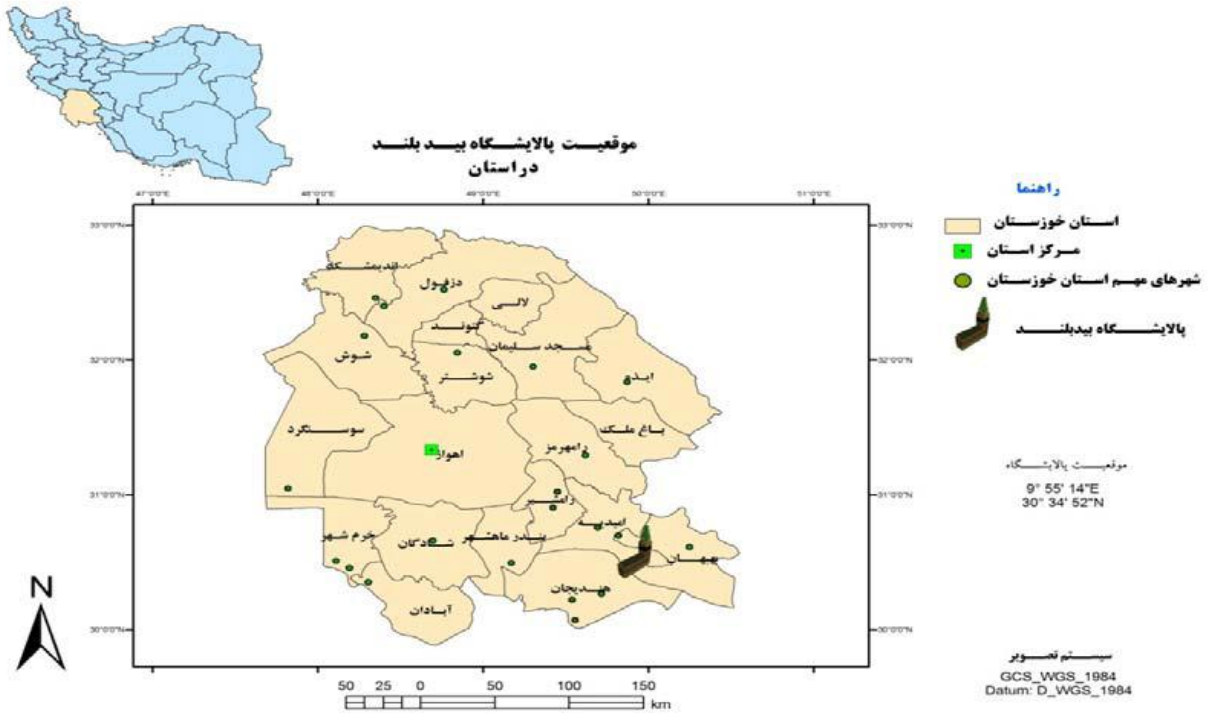
4-Natural Wetlands

www.SID.ir

روش تحقیق:

محدوده‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه پالایشگاه گاز بید بلند (شکل ۱) در ۳۲ کیلومتری شمال غربی شهر بهبهان در استان خوزستان است. این پالایشگاه در اطراف روستاهای آب امیری از دهستان تشان، روستای بید بلند از دهستان حومه بخش مرکزی شهرستان بهبهان و روستای بید زرد از دهستان ابوالفارس بخش مرکزی شهرستان رامهرمز و میانکوه در ۳۲ کیلومتری غربی بهبهان واقع شده است (Porkhabaz,2007).



شکل ۱- موقعیت پالایشگاه بید بلند در استان خوزستان

نی *Phragmites australis* ، گیاهی است که اکثرا در زمین‌های نیمه باتلاقی یا زمین‌های زراعی که در حاشیه‌ی آن‌ها رودخانه-های نسبتا بزرگ وجود دارد هستند. *Phragmites australis* با ابزار دست چین از فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند بهبهان و منطقه‌ی پاک تالاب شادگان جمع آوری شد. به علت پایا بودن این گیاهان، آن‌ها همیشه سبز، و در منطقه به طور دائم وجود دارند، ولی فصل بهار بهترین زمان جمع آوری آن‌هاست. نمونه برداری از سه بخش ریشه، ساقه و برگ گیاه مورد نظر نیز در بهار ۹۵ صورت گرفت تا میزان تجمع فلزات سنگین در این سه بخش مشخص گردد. نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند و اندام‌های گیاهی از

www.SID.ir

Archive of SID

هم جدا گردیدند. سپس نمونه‌های گیاهی در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون گذاشته شد تا به وزن ثابتی برسند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها آسیاب و الک شدند (Bonanno and Lo Giudice, 2010). سپس ۱ گرم از هر نمونه وزن شد و داخل ارلن‌ها ریخته، شماره ارلن‌ها یادداشت شد در مرحله‌ی بعد به منظور هضم اسیدی نمونه‌ها به داخل هر ارلن، به وسیله‌ی ترکیبی از اسید نیتریک و اسید پرکلریک به نسبت چهار به یک بر روی Hotplate ابتدا در دمای پایین (۴۰ درجه سانتی گراد) به مدت یک ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد به مدت سه ساعت هضم گردید. سپس نمونه‌ها توسط آب مقطر دو بار تقطیر و به حجم رسانده شد. پس از آن با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند (Yap *etal.*, 2002). در نهایت غلظت فلزات Pb,Cd و Zn در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل Savant AA اندازه گیری گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

ابتدا داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار Excel دسته بندی شدند. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از نرم افزار Minitab نسخه ۱۴، استفاده شد، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS با نسخه ۲۱ و مقایسه میانگین داده‌ها برای داده‌های همگن با کمک آزمون دانکن و برای داده‌های ناهمگن با استفاده از آزمون Dunnett T3 انجام گرفت.

محاسبه‌ی شاخص انتقال (TF[1])

شاخص انتقال یا ضریب انتقال نشان دهنده‌ی توانایی خاص گیاهان برای جذب و انتقال فلزات از رسوبات و سپس ذخیره‌ی آن‌ها در بخش‌های بالایی سطح زمین است (Sasmaz *etal.*, 2008). مقادیر این شاخص مطابق رابطه‌ی (۱) به صورت زیر محاسبه می‌گردد (Malekzade *etal.*, 2011; Zacchini *etal.*, 2008).

رابطه‌ی (۱)

$$\text{شاخص انتقال از اندام زیر زمینی به اندام هوایی} = \frac{\text{غلظت فلز در اندام هوایی}}{\text{غلظت فلز در اندام زیر زمینی}}$$

1- Translocation Factor

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

جدول۱: میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین در سه بخش ریشه، برگ و ساقه (*Phragmites australis*) در منطقه‌ی آلوده

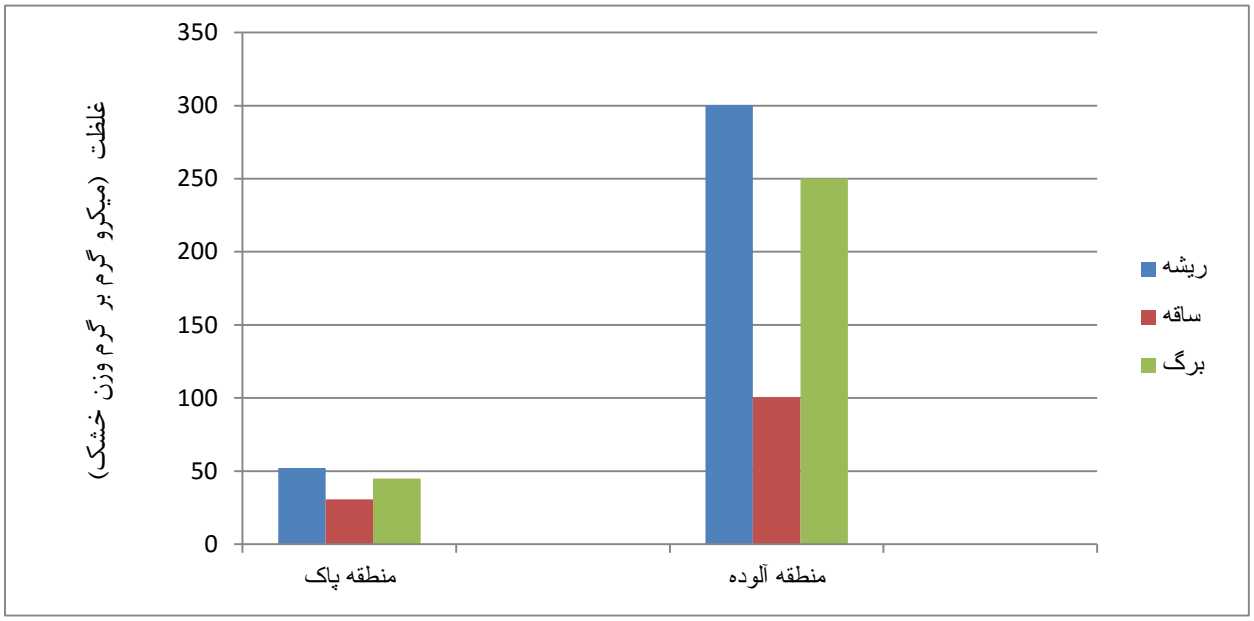
اندام گیاهی / عنصر	ریشه		برگ		ساقه	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
Zn	۳۰۰/۴۱	۰/۰۲	۲۵۰/۲۸	۰/۰۱	۱۰۰/۴۷	۰/۰۱
Pb	۵/۵۲	۰/۱۲	۱/۹۱	۰/۰۱	۱/۱۱	۰/۰۷
Cd	۰/۴۱	۰/۰۰۱	۰/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۲۰	۰/۰۱

جدول۲: میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین در سه بخش ریشه، برگ و ساقه (*Phragmites australis*) در منطقه‌ی پاک

اندام گیاهی / عنصر	ریشه		برگ		ساقه	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
Zn	۵۲/۲۱۶	۰/۰۱	۴۴/۹۸۱	۰/۰۲	۳۰/۷۹۰	۰/۰۳
Pb	۲/۶۷۴	۰/۱۱	۰/۵۸۵	۰/۰۱	۰/۲۶۵	۰/۰۰۱
Cd	۰/۲۷۵	۰/۰۰۱	۰/۱۲۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۱

www.SID.ir

مطابق شکل (۲) میانگین غلظت فلز روی در دو منطقه‌ی پاک و آلوده در اندام‌های گیاهی آورده شده است:

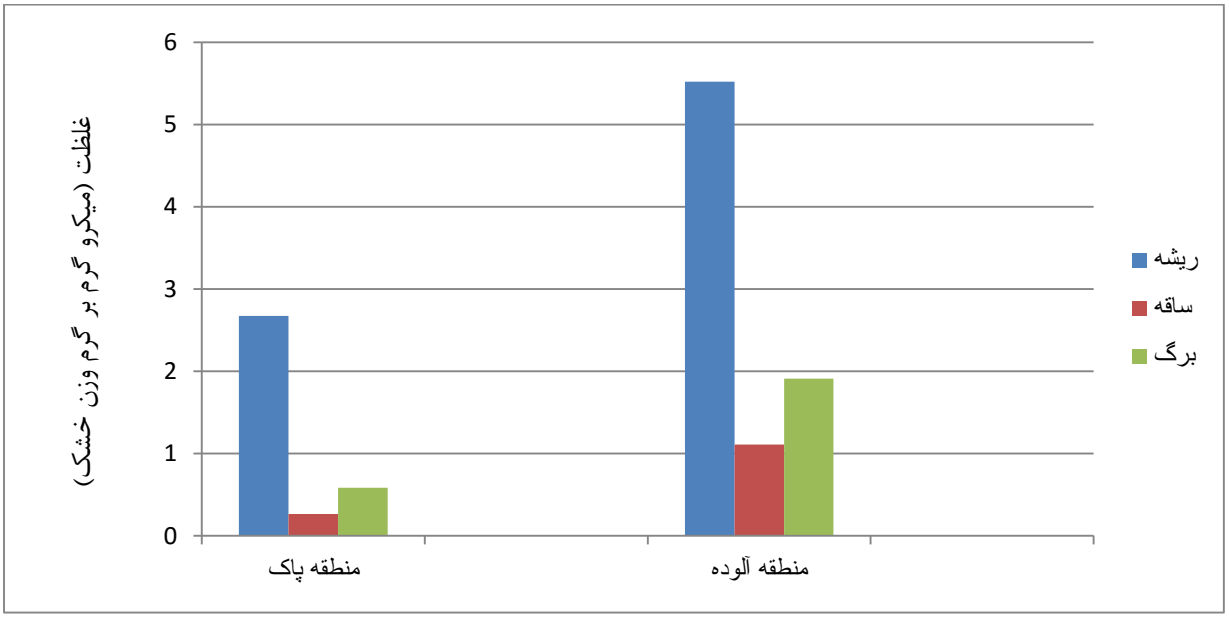


شکل ۲- نمودار مقایسه میزان غلظت روی در ساقه، برگ و ریشه گیاه نی در دو منطقه پاک و آلوده

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه داده‌ها نشان داد بین غلظت این فلز در دو منطقه پاک و آلوده، اختلاف معناداری وجود دارد.

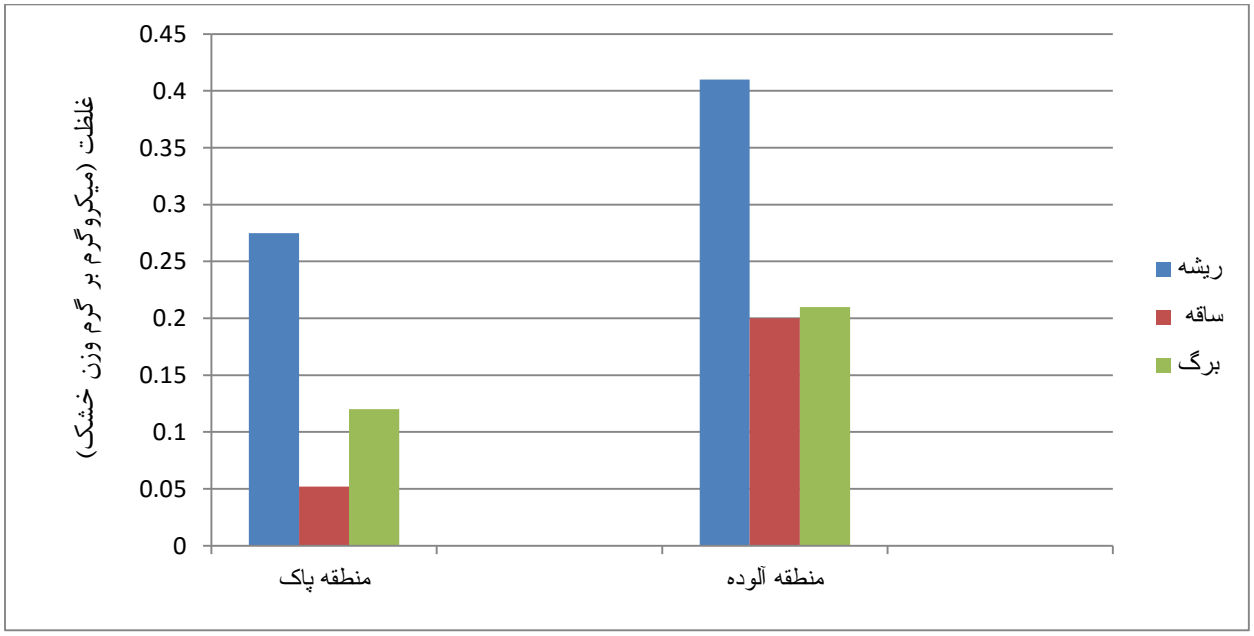
شکل (۳) میانگین غلظت فلز سرب در اندام‌های گیاهی در دو منطقه پاک و آلوده آورده شده است. آزمون ANOVA نشان داد بین غلظت این فلز در دو منطقه پاک و آلوده اختلاف معناداری در سطح ۹۵٪ وجود دارد.

www.SID.ir



شکل ۳- نمودار مقایسه میزان غلظت سرب در ساقه، برگ و ریشه گیاه نی در دو منطقه پاک و آلوده

مطابق شکل (۴) میانگین غلظت فلز کادمیوم در دو منطقه پاک و آلوده در اندام‌های گیاهی آورده شده است. آزمون ANOVA نشان داد بین غلظت این فلز در دو منطقه پاک و آلوده اختلاف معناداری در سطح ۹۵٪ وجود دارد.



شکل ۴- نمودار مقایسه میزان غلظت کادمیوم در ساقه، برگ و اندام زیر زمینی گیاه نی در دو منطقه پاک و آلوده

www.SID.ir

مقادیر محاسبه شده شاخص انتقال برای فلزات سرب، روی و کادمیوم در گیاه نی در جدول (۳) آمده است:

جدول۳- مقادیر محاسبه شده شاخص انتقال

	TF (Pb)	TF(Zn)	TF(Cd)
شاخص انتقال از اندام زیر زمینی به اندام هوایی در منطقه پاک	۰/۳۱۷	۱/۴۵۱	۰/۶۲۵
شاخص انتقال از اندام زیر زمینی به اندام هوایی در منطقه آلوده	۰/۵۴۷	۰/۶۲۴	۱

بحث و نتیجه گیری

اخیرا توجه زیادی به حذف مواد آلوده با بکارگیری گیاهان آبزی شده است. دلایل آن شامل: ۱) پتانسیل خطر برای ارگانیسم‌های آبزی به خاطر رها سازی مقادیر زیاد فلزات سنگین به درون آب زیاد است. فلزات سنگین به علت سمی بودن مشکل جدی برای آلوده شدن اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌روند. با توجه به میزان آلودگی، گیاهان آبزی به عنوان شاخص‌های زیستی در تمام جهان شناخته شده‌اند. ۲) نقش گیاهان در چرخه زیست- زمین- شیمیایی عناصر بسیار مهم است. هنوز سوالات زیادی برای محققان در مورد پروسه جذب فلزات، مقدار، شکل و مکان‌های رها سازی آن‌ها و اثر سمی بودن آن‌ها بر روی متابولیسم گیاهان وجود دارد. ۳) تکنیک‌های جدیدی برای مطالعه فلزات سنگین و چرخه مواد سمی وجود دارد مانند جذب اتمی و اشعه ایکس (Padmavathiamma and Li, 2007).

در رابطه با مقادیر غلظت بدست آمده برای فلز روی در این مطالعه از حد مسمومیت گیاهی فلز روی (۱۵۰۰- ۵۰۰ میکروگرم بر گرم) که توسط چانی و همکاران (Chaney *etal.*, 1997) مطرح شده کمتر بوده؛ اما از محدوده بحرانی برای گیاهان (۲۰- ۵ میکروگرم بر گرم) که توسط آکسوی و دمیرزن (Aksoy and Demirezen, 2004) مطرح شده، برای هر دو منطقه بالاتر می‌باشد در حالی که مقادیر بدست آمده برای فلز روی در گیاه لویی توسط قنادپور و زند مقدم (Ghanad pour and Zndmoqadam, 2010) در محدوده بحرانی قرار داشت. نتایج بونانو و لو گیودیس (Bonnano and Lo Giudice, 2010) به جز در رابطه با ساقه‌ها که در محدوده بحرانی قرار داشت، سایر اندام‌ها از محدوده سمی گیاهی، سمی بوده اما از محدوده بحرانی برای این فلز بیشتر است. میزان روی در خاک‌های آلوده بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم است (Warne *et al.*, 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج میزان روی در گیاه نی رشد یافته در فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند در این دامنه قرار می‌گیرد. پس از نظر آلودگی به فلز روی فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند آلوده محسوب می‌شود. فلز روی از فلزاتی است که جزء پرمصرف ترین فلزات صنعتی تلقی می‌شود.

میانگین غلظت فلز سرب در اندام‌های مختلف گیاه نی در منطقه پاک از حد مسمومیت گیاهی مربوط به فلز سرب (۳۰۰ – ۳۰ میکروگرم بر گرم) که توسط چانی و همکاران (Chaney *et al.*, 1989) مطرح شده، کمتر بوده و در محدوده مقادیر به دست آمده در گیاهان مناطق غیر آلوده (۳- ۰/۰۵ میکروگرم بر گرم) که توسط آلن (Allen, 1989) مطرح گردیده، با نتایج به دست آمده توسط بونانو و لوگیودیس (Bonanno and Lo Giudice, 2010) در رابطه با گیاه نی و قنادپور و زند مقدم (Ghanad pour and Zandmoqadam, 2010) در رابطه با گیاه لویی مطابقت دارد. سرب از فلزاتی است که برای انسان و سایر جانداران سمی می‌باشد؛ اما در مطالعه فوق غلظت آن از حد مجاز تعیین شده توسط (U.S. EPA, 1996) (۴۷ میلی گرم بر کیلو گرم) کم تر گزارش شد. مقادیر به دست آمده برای فلز کادمیوم برای هر دو منطقه پاک و آلوده از حد مسمومیت گیاهی فلز کادمیوم (۷۰۰ – ۵ میکرو گرم بر گرم) که توسط چانی و همکاران (Chaney *et al.*, 1989) مطرح شده، کم تر بوده و برای گیاه نی رشد یافته در تالاب در محدوده به دست آمده گیاهان مناطق غیر آلوده (۰/۳- ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلو گرم) که توسط آلن (Allen, 1989) مطرح شده، قرار داشته، با نتایج قناد پور و زند مقدم (Ghanad pour and Zandmoqadam, 2010) مطابقت دارد؛ اما نتایج بونانو و لو گیودیس (Bonanno and Lo Giudice., 2010) نشان داد با وجودی که غلظت‌های به دست آمده از حد سمیت گیاهی کمتر است، از محدوده به دست آمده برای گیاهان مناطق غیر آلوده بیشتر بوده است. این بررسی نشان داد تنها جذب فلز کادمیوم در اندام‌های مختلف گیاه نی تفاوت معنا دار آماری ندارد ($P < ۰/۰۵$).

علاوه بر موارد یاد شده، وضعیت فلزات مورد مطالعه در گیاه نی در دو منطقه پاک و آلوده در مقایسه با محدوده‌های استاندارد توسط کاباتا- پندیاس و پندیاس (Kabata – Pendias and Pendias, 1992) مطابق جدول ۳ آورده شده است:

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه محدوده‌های استاندارد توسط کاباتا- پندیاس و پندیاس (Kabata- Pendias and Pendias, 1992) برای گیاهان و وضعیت گیاه در دو منطقه پاک و آلوده در مطالعه حاضر (بر حسب میلی گرم بر کیلو گرم)

فلز	محدوده میانگین غلظت در منطقه پاک	محدوده میانگین غلظت در منطقه آلوده	محدوده معمول در گیاهان	محدوده بحرانی در گیاهان	وضعیت سمیت
Zn	۳۰/۷۹۰ -۵۲/۲۱۶	۸۷/۴۷ -۳۰۰/۴۱	۱ -۴۰۰	۱۰۰ -۴۰۰	حد معمول
Pb	۰/۲۶۵ – ۲/۶۷۴	۱/۱۱ -۵/ ۵۲	۰/۲ -۲۰	۳۰ -۳۰۰	حد معمول
Cd	۰/۰۵۲ -۰/۲۷۵	۰/۲۰ -۰/۴۱	۰/۱ – ۲/۴	۱۰ -۳۰	حد معمول

همانطور که گفته شد شاخص انتقال توانایی گیاه، اهداف گیاه پالایی را برآورد می‌کند. طبق نظریات کاباتا- پندیای و پندیاس (Kabata-Pendias and Pendias., 2000)، چنانچه شاخص انتقال بین ۰/۰۱ تا یک باشد به این معنی است که حالت تجمع و دسترسی در گیاه، متوسط است. بر این اساس، در این مطالعه هم در منطقه پاک و هم منطقه آلوده به جز در مورد فلز روی در رابطه با فلزات سرب و کادمیوم حالت تجمع و دسترسی در گیاه در همان حد میانه است؛ اما در رابطه با فلز روی مقدار این شاخص بزرگتر از یک بوده؛ بنابراین در این گیاه، فلز روی تجمع و دسترسی بالایی دارد. این امر بیانگر کارایی سیستم انتقال فلزات است که احتمالا فلزات را در واکوئل برگ‌ها و آپوپلاست متوقف می‌کند (Sasmas *et al.*, 2008). مقادیر حاصل از شاخص انتقال این پژوهش از مدل زیر پیروی می‌کند:

شاخص انتقال از اندام زیر زمینی به هوایی : Zn>Cd>Pb

مدل به دست آمده توسط قنادپور و زند مقدم (Ghanad pour and Zandmoqadam, 2010) مربوط به گیاه لویی در رابطه با فلزات بررسی شده با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت:

شاخص انتقال از اندام زیر زمینی به هوایی : Ni>Zn>Cd>Pb

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که غلظت فلزات سنگین در گونه‌ی *P. australis* بستگی زیادی به اندام گیاهی دارد. همانطور که گفته شد اندام‌های زیر زمینی بیشترین تجمع فلزات مورد مطالعه را در مقایسه با اندام‌های هوایی را داشتند که بر اساس

www.SID.ir

نتایج به دست آمده، احتمالا مربوط به دسترسی زیستی این عناصر در رسوبات است. اندام‌های زیر زمینی *P. australis* به دلیل بافت پارانشیمی با فضاهای بین سلولی زیاد که از هوا پر شده‌اند، می‌توانند مقادیر زیادی از فلزات را در خود جمع کنند (Bonanno and Lo Giudice., 2010). در رابطه با هر سه نوع فلز مورد مطالعه، نسبت غلظت فلز در برگ به ساقه بیشتر از یک است؛ زیرا در اندام‌های هوایی گیاه، فلزات به طور معمول در واکوئل‌های برگ‌ها تجمع می‌یابند. کلمنتس و همکاران (Clements *et al.*,2005)، عبادتی و همکاران (Ebadati *et al.*, 2009) و ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al.*,2012) نیز به نتیجه مشابه در این زمینه رسیدند.

به طور کلی روند رو برو در رابطه با هر سه فلز مورد مطالعه یافت شد:

ساقه‌ها < برگ‌ها <اندام‌های زیر زمینی

روند رو برو در هر اندام گیاهی یافت شد:

کادمیوم< سرب < روی

P.australis به واسطه راهکارهای دفاعی خود مانند افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، به عنوان یک گونه بسیار مقاوم نسبت به کادمیوم مطرح شده است. به طور ویژه مشخص شد که ریشه‌ها می‌توانند به عنوان انباشتگرهای کادمیوم مطرح شوند و توانایی آن‌ها به منظور استفاده جهت سم زدایی کادمیوم پیشنهاد شده است؛ نتایج به دست آمده از این مطالعه در رابطه با انباشتگر بودن اندام زیر زمینی گیاه نی برای فلز کادمیوم در منطقه پاک با نتایج بونانو و لو گیودیس (Bonanno and Lo Giudice., 2010) مطابقت دارد. مطابق گزارش‌های فتاحی کیاسری و همکاران(Fattahi Kiasari *et al.*, 2010) اذعان داشتند که در انتخاب گیاهان به منظور گیاه پالایی گیاهی مناسب تر است که بتواند علاوه بر جذب زیاد عنصر، نسبت انتقال آن از اندام زیر زمینی به ساقه بیشتر باشد. بنابراین گیاه نی در تالاب شادگان می‌تواند به عنوان یک گیاه مناسب برای تثبیت گیاهی کادمیوم در این پژوهش مطرح شود. مطالعات متعددی در مورد جذب موثر ریشه گیاه نی وجود دارد (Calheiros *et al.*, 2008; Bragato *et al.*, 2009). مطالعات (Mishra *et al.*,2009، Piava *et al.*, 2009 و Mufarrege *et al.*, 2010) ثابت کردند که جذب عناصر سنگین بیشتر از طریق ریشه گیاهان صورت می‌گیرد و اضهار داشتند که در گیاهان حاشیه‌ای و بن در آب جذب فلزات از طریق ریشه بیشتر صورت می‌گیرد اما در گیاهان غوطه ور آبزی برگ‌ها از اهمیت بیشتری در جذب عناصر برخوردارند. وجود مقادیر زیاد روی بستگی زیادی به منشاء زمینی آن دارد اما دو فلز کادمیوم و سرب دارای منشاء انسان زاد هستند. پس وجود مقادیر زیاد عناصر سرب و کادمیوم که ناشی از فعالیت‌های انسانی هستند دور از انتظار نیست.

فاکتورهایی مانند شدت نور، میزان اکسیژن محلول و دما نقش مهمی در جذب فلزات سنگین دارند. انرژی ناشی از فتوسنتز و اکسیژن رها شده شرایط را برای جذب فعال عناصر مهیا می‌سازد. تعامل بین فلزات روندی پیچیده است که بستگی به غلظت فلزات و PH محیط دارد (Meharg., 1994). Hoseinizadeh و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس، کروم و

www.SID.ir

Archive of SID

کادمیوم در سه گیه آبزی *Trapa natans, Typha latifolia* و *Hydrocotyle vulgrls* در تالاب انزلی پرداختند. بیشترین میزان آلودگی مربوط به فلز روی و کم ترین مس و کروم گزارش شد. تجمع میزان فلزات سنگین در تیفا از دو گیاه دیگر کمتر بود. آن‌ها هم مطابق با مطالعه فعلی میزان زیاد روی را ناشی از فعالیت‌های انسانی دانستند.

در نتیجه گیری کلی می‌توان گفت که غلظت فلزات در اندام‌های گیاهی از حدود سمیت استاندارد کمتر بوده و اندام‌های زیر زمینی بیشترین تجمع فلزات مورد مطالعه را در مقایسه با اندام‌های هوایی دارند که در رابطه با فلز کادمیوم، اندام زیر زمینی به عنوان ابر جاذب عمل می‌کند و فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند نسبت به فلز روی آلوده است ولی میزان سرب و کادمیوم از حد مجاز پایین‌ترند. بنابراین به طور کلی، گونه‌ی *P. australis* به عنوان یک گیاه جاذب و تجمع دهنده قابل استفاده برای کاهش فلزات سنگین پیشنهاد می‌شود و می‌تواند در پالایش فاضلاب پالایشگاه گاز بید بلند موثر واقع شود.

منابع:

احسانی، جعفر، رومیانی، لاله، منیعات، میلاد، ۱۳۸۹، بررسی گیاهان آبزی برخی از اکوسیستم‌های آبی مهم استان خوزستان، تالاب زمستان، ۲(۶). ۳۲-۲۵.

امینی رنجبر، غلامرضا، حسن پور، عباس و خداپرست شریفی، سید حجت الله. ۱۳۷۶، بررسی اثر غلظت فلزات سنگین بر میزان کلروفیل a در برگ سه گونه از گیاهان آبزی تالاب انزلی، مجله پژوهش و سازندگی، شماره۴۷(۳). ۱۳۸-۱۳۶.

مرادی، مارال، آذرپور، ابراهیم و حلاجی ثانی، نسا، ۱۳۹۰، بررسی فاکتور انتقال فلزات سنگین در فرایند گیاه پالایی توسط سه گیاه آبزی تالاب انزلی، اولین همایش فناوری‌های پالایش در محیط زیست.

صفی، مریم، ۱۳۸۲، پایان نامه کارشناسی ارشد بررسی آلودگی فلزات سنگین در پساب پالایشگاه بید بلند.

عصری، یونس، افتخاری، طاهره، معرفی فلور و پوشش گیاهی تالاب سیاه کشیم. مجله محیط شناسی دانشگاه تهران. تابستان ۱۳۸۱، دوره۲۸، شماره۲۹، ۳۴- ۲۵.

Abdel- Baki, A.S., M. A. Dkhil and S.Al- Quraishy. (2011). Bioaccumulation of some Heavy Metals in Tilapia Fish Relevant to Their Concentration in Water and Sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. Environment Monitoring Assessment, 157(2011). 449-458.

Allen S.E. (1989). Chemical Analysis of Ecological Material, 2nd edition. Oxford, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 368p.

Ait Ali N., Pilar Bernal M., Ater M. (2002). Tolerance and bioaccumulation of copper in *Phragmites australis* and *Zea mays* , Plant and soil. 239 (2002). 130-111.

www.SID.ir

Archive of SID

Arts, G. H. P., Belgers, J. D. M., Hoekzema, C.H. and Thissen, J. T. N. M., 2008. Sensitivity of sup-mersed Freshwater macrophytes and endpoints in laboratory toxicity test. Environ pollut :153(1). 199-206.

Bonanno G., Lo Giudice R. (2010). Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (Common reed) and their potential use as contamination indicators. 10(2010). 639-645.

Bragato, Claudia. Schiavon, Michela. Polese, Riccardo. Ertani, Andrea. Pittarello, Marco. Malagoli, Mario. (2009). Seasonal variations of Cu, Zn, Ni, and Cr concentration in *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex steudel in a constructed wetland of North Italy. Desalination. 246(2009). 35-44.

Calheiros, Cristina Sousa Coutinho. Rangel, Antonia O. S.S. Castro, Paula M. L. (2008). The effects of tannery wastewater on the development of different plant species and chromium accumulation in *Phragmites australis* . Arch Environ Contam Toxicol. 55(2008). 404-414.

Chaney, Rufus. L. M. Malik, Minnie. Li, Yin. M. Brown, Sally. L. Brewer, Eric. P. Angle. J. Scott. Baker, Alon. J. M. (1997). Phytoremediation of metals. Current Opinion in Biotechnology. 8(1997). 279-284.

Cheraghi M., Dadalhy Sohrab A., Sfahyh A. R., Ghanemi K., Douraghi A. M. (2012). Investigation of accumulation of heavy metals in bed, leaves and roots of mangrove (*Avicennia marina*) in the province of Khuzestan. Journal of Marine Science and Technology. Vol. 11. No. 4. 46-56. (In Persian).

Clements, Stephan., Plamgren, Michael. G., Kramer, Ute. (2002). A long way ahead :understanding and engineering plant metal accumulation. Trends Plant Science. Vol. 7. No. 7. 309-315.

Dhote, Sangeeta. And Dixit, Savita. (2009). Water quality improvement through macrophytes- a review. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 152. No. 1. 149-153.

Ebadati, F. Ismail Sari, A. Riahi Bakhtiari, A. R. (2009). How the changes of heavy metals and sediments Miankaleh wetland. Journal of Environmental Studies. Vol. 37. 53-57. (In Persion).

Ebrahimi, Mahdieh. Jafari, Mohammad. Savaghebi, Gholam Reza. Azarnivand, Hossein. Tawil, A. (2012). Investigation of phytoremediation species of *phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in soils contaminated with heavy metals(Case study, Industrial area Lia – Ghazvin).Journal of Research pasture, the sixth year.Vol. 1. 1-9. (In Persian).

Fallahi, Fatima. Ayati, B. Ganji dost, H. (2012). Nitrate removal by phytoremediation on laboratory scale process. Journal of water and wastewater. 1(2012). 57-65. (In Persian).

Fattahi Kiasari, A. Fotoat, A. Astarayi, A.R. Haq nia, Gh.H. (2010). Sulfuric acid and EDTA on phytoremediation of lead in of soil by three plants sunflower, maize and cotton. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences, Year fourteenth. 51(2010). 57-68. (In Persian).

Ghanad pour, J. Zndmoqadam, A. (2010). Accumulation of heavy metals lead, zinc,nickel and cadmium in *Typha latifolia* and river sediments Arvand and Bahmanshir in winter season. Journal of wetlands, Islamic Azad University Khuzestan, Second year. 5(2010). 29-36. (In Persian).

Hosseinizadeh, Gholam Reza. Azarpour, Ebrahim. Ziaeidoustan, Hami. Moradi, Maral. Amiri, Ebrahim. (2011). Phytoremadiation of Heavy Metals by Hydrophytes of Anzali Wetland (Iran).World Applied Sciences Journal. 12(2011). 1478-1481.

www.SID.ir

Archive of SID

Kabata- Pendias, Alina. Pendias, Henryk. (1992). Trace Elements in Soils and Plants. 2nd edition. CRC Press, Florida Boca Raton. 365 P.

Malekzadeh, A. Alikhani, Hossein Ali. Savaghebi Firoozabadi, Gh. R. Zarei, M. (2011). Interactions of arbuscular mycorrhizal fungus and bacteriaes PGPR cadmium resistant. Phytoremediation cadmium, Journalof Soil and water (Science and Agricultural Industry). 25(2011). 266-274.

Meharg, A.A. (1994). Integrated tolerance mechanisms- constitutive and adaptive plant- response to elevated metal concentratios in the environment. Plant Cell and Envi 17 (1994). 989-993.

Mishra,Virendra-kumar. Tripathi, Brahma Dutt. Kim, Ki-Hyun . (2009). Removal and accumulation of mercury by aquatic macrophytes from an open cast coal mine effluent. Journal of Hazardous Materials. 172 (2009). 749-754.

Mufarrege, Mercedes. Hadad, Hernan Ricardo. Maine, Maria Alejandra. (2010). Response of Pistia stratiotes to heavy metals (Cr, Ni and Zn) and phosphorous. Archivesof Environmental Contamination and Toxicology. 58(2010). 53-61.

Padmavathiamma, Prabha K. and Li, Loretta Y. (2007). Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Met-als in plants. Water Air Soil Pollut. 184(2007). 105-126.

Paiva, Brito. Luisa. de Oliveira, Jurandi. Goncalves. Azevedo, Ricardo. A. Ribeiro,Douglas.Rodrigues. de Silva, Marcelo. Gomes. And Vitoria, Angela. P. (2009). Ecophysiological responses of water hyacinth exposed to Cr^3 and Cr^6. Environmental and Experimental Botany. 65(2009). 403-409.

Phillips, D. P. Human, L. R. D. and Adams, J. B. (2015). Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. Marine Pollution Bulletin. 92(2015). 227-232.

Pourkhabbaze, A. H.R. Pourkhabbaze, M.J, Amiri, Z. Izad khasti. (2007). Determination of waste water pollutant of the Behbahan BidBoland Gaseous Refinery. Proceedings of the 1st Conference of Planning Engineering & Management of Environmental Systems, University of Tehran. Tehran, P. 25. (in Persian).

Rezvani, M. Ghorban Noor Mohammadi, G.H. Zfranian, P. (2005). Clearing the contaminants of soile, groundwater and air by plants (Phytoremediation). Special Issue-Research of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Tehran, Year eleventh. 1(2005). 7-25. (In Persian).

Sadeghi Attar, G. (2009). Investigation of Farabi Petroleum Wastewater Quality and Quantity and Presentation of Suitable Treatment Approaches. MSc Thesis of Environmental Science, Faculty of Environmental, University of Tehran University. Tehran, 134P. (in Persian).

Sasmas, Ahmet. Obek, Erdal. Hasar, Halil. (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. EcologicalEngineering. 33(2008). 78-284.

Sharma, Sunita. Singh, Bikram. and Manchanda, V. K. (2015). Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metalcontaminated soil and water. Environ Sci Pollut Res. 22(2015). 946-962.

Skinner, Kathleen. Wright, Nicole. And Porter-Goff, Emily. (2007). Mercury uptake and accumulation by four species of aquatic plants. Environmental Pollution 145(2007). 234-237.

www.SID.ir

Archive of SID

Warne, Mishael St. John. Heemsbergen, Diane. Stevens, Darryl. Mclaughlin, Mike. Cozens, Gillian. Whatmuff, Mark. Broos,Kris. Barry, Glenn. Bell, Mike. Nash, David. Pritchard, Deb. and Penney, Nancy. (2008). Modeling the toxicity of copper and Zinc salts to wheat in 14 soils. Environ ToxicolChem. 27(2008). 786-792.

Yap, C.K. Ismail, Ahmad. Tan, S.G. Omar, Hamdi. (2002). Concentration of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west cost of Peninsular Malaysia.Environnement International. 28(2002).467-479.

Zacchini, Massimo. Pietrini, Fabrizio. Mugnozza, Giuseppe Scarascia. Iori, Valentina. (2008). Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water Air Soil Pollution. 197 (2008). 23-34.

www.SID.ir