

مقاله پژوهشی

پایش عناصر سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) در تالاب هورالعظیم استان خوزستان

نازنین فیروزشاهیان^۱، خوشناز پاینده^{۲*}، سیما سبزی پور^۱

^۱ گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۲ گروه خاک شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* Email: Payandeh426@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۰۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۷

چکیده

در اکوسیستم‌های آبی، گیاهان آبی شاخص‌های زیستی مناسبی برای پایش فلزات سنگین می‌باشند، زیرا در آب ساکن هستند و می‌توانند سطوح آلودگی را تعیین کنند. این تحقیق در سال ۱۳۹۷ با هدف بررسی فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) تالاب هورالعظیم انجام شد. نمونه برداری از ۳ ایستگاه تالاب با ۹ تکرار انجام شد. جهت سنجش عناصر سنگین از روش طیف‌سنجی پلاسما جفت شده القایی (ICP) استفاده گردید. بالاترین میزان کادمیوم در ریشه گیاه نی $1/486 \pm 0/020$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و پایین‌ترین میزان این فلز در ساقه گیاه لویی $0/036 \pm 0/001$ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$). بالاترین میزان فلز نیکل در ریشه گیاه لویی $4/770 \pm 0/045$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و پایین‌ترین میزان فلز نیکل در ساقه گیاه نی $0/843 \pm 0/072$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود ($P < 0/05$). بالاترین میزان فلز وانادیوم در ریشه گیاه لویی $16/553 \pm 0/128$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و پایین‌ترین میزان این فلز در ساقه گیاه نی $3/136 \pm 0/015$ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد ($P < 0/05$). غلظت کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه بود ($P < 0/05$). کادمیوم در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی بالاتر از گیاه لویی بود، اما میزان نیکل و وانادیوم در ریشه، ساقه و برگ گیاه لویی بالاتر از گیاه نی مشاهده شد ($P < 0/05$). کادمیوم در گیاهان آبی نی و لویی بیش انباشتگر و درمورد نیکل و وانادیوم تجمع دهنده هستند. شاخص انتقال عناصر کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ به دست آمد. برگ گیاهان آبی نی و لویی توانایی انتقال کادمیوم، وانادیوم و نیکل را ندارند، اما ساقه این دو گیاه آبی توانایی انتقال فلزات کادمیوم و وانادیوم را دارند. درمورد فلز نیکل نیز ساقه گیاه نی توانایی انتقال این فلز را دارد.

کلیدواژه‌ها: تالاب هورالعظیم، شاخص انتقال، فلزات سنگین، لویی، نی.

مقدمه

ژنتیکی شود و به طور کلی ممکن است بر روی پوست، عضلات، گردش خون، ریه، کلیه ها، کبد، قلب و دیگر اعضای حیاتی بدن عوارض خطرناکی بر جای بگذارد. قرارگیری دراز مدت انسان در معرض فلزات سنگین از طریق آلودگی آب، به مرور شرایط دیابت، پرفشاری خون و بیماری قلبی را بر بدن تحمیل می‌کند و موجب نوعی فرایند آهسته‌ی تحلیل عضلات و اعصاب می‌شود که علائمی شبیه به بیماری آلزایمر، پارکینسون و ام اس را ایجاد می‌کند و حتی برخی از این فلزات می‌توانند باعث ایجاد سرطان در انسان شوند [۶۲، ۶۳].

کلیه عناصر مورد نیاز گیاهان در پوسته جامد زمین و بالطبع در خاک وجود دارند. در میان این عناصر کربن، اکسیژن و هیدروژن به قدر کافی از هوا و آب، در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و بقیه از تجزیه و تخریب مواد معدنی و بقایای آلی تمین می‌شوند [۶۳]. استفاده از موجودات زنده نظیر میکروارگانیسم‌ها و گیاهان به عنوان راهکارهای بیولوژیکی موثر در حذف فلزات سنگین از محیط، از آن جهت که دوستدار محیط‌زیست بوده، کمترین هزینه را به لحاظ اقتصادی دارد، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است که به این روش‌ها زیست پالایی (Bioremediation) گفته می‌شود. چنانچه از گیاهان برای پاک‌سازی محیط استفاده گردد، به روش مذکور گیاه پالایی (Phytoremediation) می‌گویند [۳۲، ۲۵]. گیاهان جهت رشد در خاک‌های آلوده به فلز سنگین از سه راهکار استفاده می‌نمایند، گونه‌های اجتناب کننده (Excluder) که غلظت عنصر در بخش هوایی، حتی در غلظت‌های بالای آن در خاک، در مقادیر پایینی نگه داشته می‌شود [۳۶]، گونه‌های شاخص یا متحمل (Indicator) که میزان فلزات سنگین در گیاه

آلودگی تالاب‌ها با انواع آلاینده‌های خطرناک و سمی می‌تواند مشکلات مهمی را در مورد سلامت انسان و بهداشت محیط‌زیست به وجود آورد. تالاب‌ها به عنوان یکی از مهمترین اکوسیستم‌های آبی جهت مصارف انسانی و سایر موجودات زنده در معرض آلودگی‌های محیط‌زیست متعددی هستند [۲۱، ۲۲]. تالاب بزرگ هویزه یا هورالعظیم در غرب استان خوزستان در انتهای رود کرخه در منطقه مرزی دشت آزادگان بین دو کشور ایران و عراق واقع شده است و دارای طول جغرافیای ۴۷ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۷ درجه ۱۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه ۵۳ دقیقه تا ۴۱ درجه عرض شمالی است. هورالعظیم تنها باقیمانده تالاب‌های بسیار بزرگ بین‌النهرین است که در غرب استان خوزستان واقع می‌باشد و عمده منابع آبی تالاب از طریق رودخانه‌های کرخه، نیرسان، سابله و نهرهای انشعابی تامین می‌شود. این تالاب یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران محسوب می‌شود که با دارا بودن تنوع زیستی بالا زیستگاه و پناهگاه آبزیان بسیاری می‌باشد و دارای آب شیرین و شور است [۲۱، ۲].

فلزات سنگین به دلیل تجمع در بافت‌ها و اندام‌های موجودات زنده برای سلامتی جانداران و انسان‌ها خطرناک هستند [۴۹، ۱۳]. دوز سمیت عناصر به نوع فلز، نقش زیستی آن در بدن و نوع موجود زنده‌ای که در معرض آن قرار می‌گیرد، بستگی دارد [۵۲]. مسمومیت با فلزات سنگین در انسان می‌تواند منجر به علائم متعددی از جمله آسیب مغزی و کاهش توانایی ذهنی، کاهش عملکرد سیستم اعصاب مرکزی، کاهش سطح انرژی بدن و آسیب به محتوای

آب‌های داخلی در بخش‌های مختلف کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، اهمیت این منابع را بیش از پیش نمایان می‌سازد [۷، ۱۴]. در حال حاضر بسیاری از رودخانه‌ها و تالاب‌های ایران در معرض آلودگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند که تجمع آلودگی فلزات سنگین ناشی از فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی در آب و رسوبات و آبزیان نیز گزارش شده است [۴، ۵، ۹، ۱۷، ۱۹].

بنابراین با توجه به افزایش فعالیت‌های نفتی و صنعتی در سال‌های اخیر در مجاورت تالاب هورالعظیم و وجود عناصر کادمیوم، نیکل و وانادیوم در مشتقات نفتی و فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و گاز، این تحقیق با هدف بررسی فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) تالاب هورالعظیم در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

اکوسیستم مورد مطالعه در این پژوهش تالاب هورالعظیم در جنوب غربی ایران و استان خوزستان می‌باشد (شکل ۱). در این پژوهش جهت نمونه‌برداری گیاهان آبی منابع آلودگی‌های محیط زیست تالاب با فواصل زیاد در نظر گرفته شدند. به عبارت دیگر یک ایستگاه در نقطه شمالی، یک ایستگاه در مجاورت میدین نفتی در بخش مرکزی تالاب و یک ایستگاه در جنوب تالاب و محل تردد مناطق مرزی انتخاب گردید (جدول ۱). نمونه‌برداری از گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha Latifolia*) در فصل بهار (ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد) سال ۱۳۹۷ صورت گرفت.

با غلظت عناصر مذکور در خاک یکسان است و گونه‌های تجمع دهنده (accumulator) که قادر به تغلیظ فلز در بخش هوایی خود، بیش از غلظت عنصر در خاک می‌باشند [۵۴، ۶۱]. گیاهان بیش تجمع دهنده (hyperaccumulator) زیر گروهی از گیاهان تجمع دهنده هستند که می‌توانند در خاک‌های آلوده به فلزات، بدون بروز علائم سمیت، چرخه زندگی خود را تکمیل نمایند [۲۴، ۳۸].

گیاهان آبی یکی از مهمترین بخش‌های یک اکوسیستم آبی را تشکیل می‌دهند و به همراه جلبک‌ها از تولید کنندگان این اکوسیستم‌ها به شمار می‌آیند [۳۳]. گیاه نی معمولی (common reed) با نام علمی *Phragmites australis* متعلق به خانواده پوآسه (Poaceae) از جمله گراس‌های چند ساله، ایستاده و بلند می‌باشد که به صورت‌های آبی تا نیمه آبی رشد می‌کند [۳، ۱۰]. گیاه لویی (*Typha latifolia*) ماکروفیتی آبی و تالابی است که در حاشیه دریاچه‌ها، باتلاق‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌های مناطق گرم و حاره ای رشد می‌کند و اغلب به صورت کلونی و متراکم در این اکوسیستم‌های آبی دیده می‌شود [۱۱، ۱۵].

در سال‌های اخیر، آلودگی رودخانه‌ها و تالاب‌ها مورد توجه پژوهشگران متعددی بوده است [۲۷]. آلودگی آب تالاب‌ها با انواع آلاینده‌های خطرناک می‌تواند مشکلات مهمی را در مورد سلامت انسان و محیط زیست به وجود آورد [۶۰]. در حال حاضر مشکلات آلودگی در ایران نیز مانند سایر کشورهای در حال توسعه، به واسطه پیشرفت تکنولوژیک و فعالیت‌های انسان ساخت، روز به روز در حال افزایش می‌باشد و لزوم توجه بیشتری را می‌طلبد. از سوی دیگر بررسی تحقیقات پیشین و نقش منابع

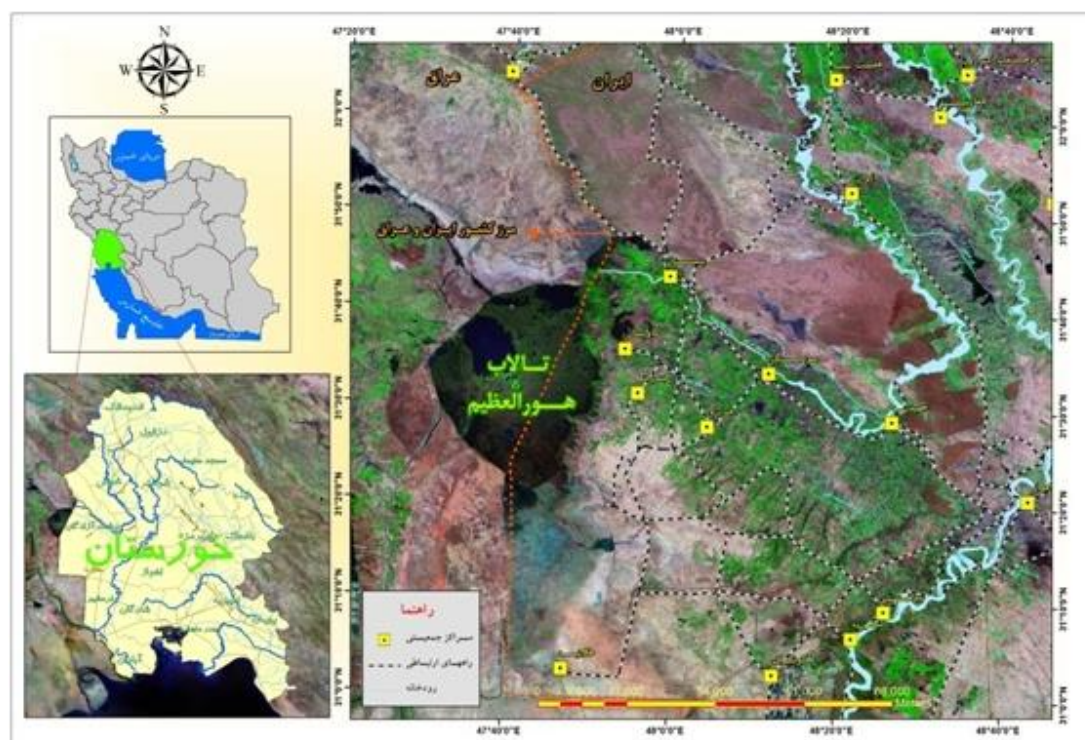
شدند. پس از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت برگ گیاهان آبی‌زی را خرد و الک نموده و ۰/۵ گرم از هر نمونه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. جهت هضم شیمیایی، ۰/۵ گرم از هر نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه گردید و برای اینکه عمل جوشاندن به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد چند عدد سنگ جوش در ظرف قرار داده شد.

موقعیت جغرافیایی و مشخصات هر ایستگاه ثبت و نمونه‌های گیاهان آبی‌زی کدگذاری شده و درون کیسه پلاستیکی در یخدان حاوی پودر یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. تعداد ۱۸ نمونه از هر گیاه آبی‌زی موردنظر جمع‌آوری گردید [۲۶].

در آزمایشگاه نمونه‌ها با آب مقطر شستشو و ریشه، ساقه و برگ‌ها از یکدیگر تفکیک شدند. سپس هر نمونه به طور جداگانه در ظروف پتری‌دیش علامت‌گذاری شده و در دستگاه اتوکلاو به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی نمونه برداری گیاهان آبی‌زی در تالاب هورالعظیم

| شماره ایستگاه | محل نمونه برداری | بخش تالاب | طول و عرض جغرافیایی |
|---------------|------------------|-----------|---------------------------------|
| ایستگاه ۱ | رفیع | شمالی | N 31° 36' 30.8" E 47° 48' 18.5" |
| ایستگاه ۲ | طبر | مرکزی | N 31° 29' 6.6" E 47° 45' 28.3" |
| ایستگاه ۳ | شطعلی | جنوبی | N 31° 22' 17.6" E 47° 43' 13.6" |



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری گیاهان آبی‌زی تالاب هورالعظیم

سپس ذخیره آن‌ها در اندام‌های بالایی را تعیین می‌کنند
[۶۵]:

$$\text{غلظت فلز در اندام هوایی} \\ \text{غلظت فلز در اندام زیرزمینی} = \text{شاخص انتقال (TF)}$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از SPSS 24 انجام پذیرفت. جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون t در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ درصد انجام گردید. نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون کولموگراف - اسمیرنوف بررسی شدند. جداول و نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel 2007 رسم شدند.

نتایج

میانگین غلظت کادمیوم در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ دو گیاه نی و لویی در ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). بالاترین میزان این فلز در ریشه گیاه نی $1/486 \pm 0/020$ میلی گرم در کیلوگرم بود و پایین‌ترین میزان فلز کادمیوم در ساقه گیاه لویی $0/36 \pm 0/001$ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد. میزان عنصر کادمیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه آن‌ها بود. میانگین غلظت نیکل در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ دو گیاه نی و لویی در ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). اختلاف معنی‌دار آماری میزان این فلز در ریشه گیاهان آبی نی و لویی مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین در ساقه گیاه نی در ایستگاه اول و ساقه گیاه لویی در ایستگاه دوم با سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بالاترین میزان فلز نیکل در ریشه گیاه لویی $4/770 \pm 0/045$ میلی گرم در کیلوگرم بود و پایین‌ترین میزان فلز نیکل در

سرد گردید و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد. بعد از این مرحله، مخلوط را حرارت داده تا بخارات سفید رنگ اسید به طور کامل محو شدند. به مخلوط سرد شده، در حالی که بالن چرخانده می‌شد، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی اضافه گردید. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملاً شفاف به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال و به حجم رسانده شد [۲۳].

سنجش عناصر سنگین به روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی (ICP) و ترکیب آن با طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS) انجام شد. جهت تعیین فلزات کادمیوم، نیکل و وانادیوم از دستگاه ICP-OES مدل Varian 710-ES ساخت کشور آمریکا استفاده گردید. این روش دارای حساسیت، حد تشخیص و مزاحمت‌های طیفی و شیمیایی کمتری نسبت به سایر روش‌های نشری است [۵۷].

ارزیابی امکان و قابلیت گیاه‌پالایی توسط فاکتور تجمع زیستی تعیین شد. فاکتور تجمع زیستی به صورت غلظت فلز در وزن خشک بر روی غلظت آن در محیط اطراف آن تعریف می‌شود. معمولاً فاکتور تجمع زیستی بیشتر از ۱، نشان‌دهنده قابلیت جمع‌بندی بالایی گیاه در جذب فلزات سنگین می‌باشد [۲۸]. این فاکتور بر اساس فرمول ذیل محاسبه شد [۳۷]:

$$\text{BAF} = \frac{\text{Conc. in organism } (\mu\text{g/g.dw})}{\text{Conc. in Soil } (\mu\text{g/l})}$$

در این پژوهش شاخص انتقال (Translocation Factor) از رابطه زیر محاسبه شد. این فاکتور توانایی جذب فلزات سنگین به وسیله گیاه از رسوبات و

میزان عنصر وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه آن ها بود (جدول ۲). شاخص تجمع زیستی فلز کادمیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از ساقه و برگ بود. بالاترین میزان تجمع زیستی این فلز در ریشه گیاه نی در ایستگاه اول ۳۶/۸۳ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان تجمع زیستی فلز کادمیوم در ساقه گیاه لویی در ایستگاه سوم ۰/۶۷ محاسبه شد. شاخص تجمع زیستی فلز نیکل در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از ساقه و برگ بود، اما در گیاه نی در ایستگاه دوم در ریشه پایین تر از برگ مشاهده شد. بالاترین میزان تجمع زیستی این فلز در ریشه

ساقه گیاه نی ۰/۰۷۲±۰/۸۴۳ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد. میزان عنصر نیکل در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه آن ها بود، فقط میزان این عنصر در ریشه گیاه نی در ایستگاه دوم از برگ و ساقه پایین تر به دست آمد (جدول ۳). میانگین غلظت وانادیوم در اندام های ریشه، ساقه و برگ بین دو گیاه نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشت (P<0.05). بالاترین میزان فلز وانادیوم در ریشه گیاه لویی ۱۶/۵۵۳±۰/۱۲۸ میلی گرم در کیلوگرم بود و پایین ترین میزان این فلز در ساقه گیاه نی ۳/۱۳۶±۰/۰۱۵ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد.

جدول ۲- میانگین غلظت عناصر سنگین (میلی گرم در کیلوگرم) در گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha*)

(*latifolia*) تالاب هورالعظیم در استان خوزستان (بهار ۱۳۹۷)

| عناصر | گیاهان آبی | ایستگاه ها | برگ | ساقه | ریشه |
|----------|------------|-------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| کادمیوم | نی | ایستگاه اول | ۰/۵۲۳±۰/۰۲۳ ^a | ۰/۰۹۳±۰/۰۳۵ ^a | ۱/۳۲۶±۰/۰۲۸ ^a |
| | | ایستگاه دوم | ۰/۷۰۰±۰/۰۳۰ ^b | ۰/۱۶۰±۰/۰۲۶ ^b | ۱/۴۸۶±۰/۰۲۰ ^a |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۶۰۰±۰/۰۲۶ ^c | ۰/۱۱۳±۰/۰۲۵ ^c | ۱/۳۲۳±۰/۰۲۵ ^a |
| | لویی | ایستگاه اول | ۰/۳۷۰±۰/۰۱۷ ^d | ۰/۱۶۷±۰/۰۲۴ ^d | ۰/۹۱۶±۰/۰۳۵ ^b |
| | | ایستگاه دوم | ۰/۴۴۳±۰/۰۲۰ ^e | ۰/۰۶۳±۰/۰۱۳ ^e | ۱/۰۴۳±۰/۰۶۶ ^c |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۴۱۶±۰/۰۰۵ ^e | ۰/۰۳۶±۰/۰۰۱ ^f | ۱/۰۲۳±۰/۰۳۲ ^c |
| نیکل | نی | ایستگاه اول | ۱/۱۶۳±۰/۰۳۷ ^a | ۰/۸۴۳±۰/۰۷۲ ^a | ۱/۲۴۰±۰/۰۵۲ ^a |
| | | ایستگاه دوم | ۲/۴۴۶±۰/۰۴۱ ^a | ۱/۷۷۳±۰/۱۲۰ ^b | ۱/۶۱۰±۰/۰۸۵ ^a |
| | | ایستگاه سوم | ۱/۳۸۳±۰/۰۶۵ ^a | ۱/۲۶۰±۰/۰۵۵ ^b | ۱/۸۳۰±۰/۰۵۵ ^a |
| | لویی | ایستگاه اول | ۱/۲۴۳±۰/۰۲۵ ^a | ۲/۱۳۶±۰/۰۸۶ ^b | ۳/۰۵۰±۰/۰۷۰ ^b |
| | | ایستگاه دوم | ۲/۲۷۳±۰/۰۳۵ ^a | ۳/۲۵۴±۰/۱۹۱ ^c | ۴/۷۷۰±۰/۰۴۵ ^b |
| | | ایستگاه سوم | ۱/۵۶۶±۰/۰۲۰ ^a | ۲/۷۹۶±۰/۰۴۷ ^c | ۳/۷۹۳±۰/۱۵۳ ^b |
| وانادیوم | نی | ایستگاه اول | ۷/۰۷۳±۰/۷۵۷ ^a | ۳/۱۳۶±۰/۰۱۵ ^a | ۱۱/۱۴۶±۰/۱۶۱ ^a |
| | | ایستگاه دوم | ۷/۸۹۰±۰/۲۶۵ ^a | ۳/۷۷۳±۰/۰۴۰ ^a | ۱۲/۹۵۰±۰/۱۸۰ ^a |
| | | ایستگاه سوم | ۷/۴۷۰±۰/۷۵۲ ^a | ۳/۶۴۶±۰/۱۴۹ ^a | ۱۲/۵۵۳±۰/۲۹۴ ^a |
| | لویی | ایستگاه اول | ۹/۰۶۰±۰/۳۳۷ ^b | ۵/۰۱۶±۰/۲۸۶ ^b | ۱۴/۱۲۳±۰/۱۰۵ ^b |
| | | ایستگاه دوم | ۱۰/۵۷۰±۰/۱۳۲ ^b | ۵/۸۸۲±۰/۰۸۹ ^b | ۱۶/۵۵۳±۰/۱۲۸ ^c |
| | | ایستگاه سوم | ۱۰/۰۸۳±۰/۷۶۱ ^b | ۵/۶۱۳±۰/۰۶۱ ^b | ۱۶/۰۹۳±۰/۱۱۳ ^c |

a, b, c, d, e, f: حروف غیرهمنام در هر ستون فلزات سنگین اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P<0.05)

کادمیوم در برگ گیاه نی در ایستگاه اول ۰/۳۹۴ محاسبه شد. شاخص انتقال فلز نیکل در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ بود، فقط در برگ گیاه نی در ایستگاه دوم بالاتر از ساقه به دست آمد. بالاترین میزان شاخص انتقال این فلز در برگ گیاه نی در ایستگاه دوم ۱/۵۱۹ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان شاخص انتقال فلز نیکل در برگ گیاه لویی در ایستگاه اول ۰/۴۰۷ محاسبه شد. شاخص انتقال فلز وانادیوم در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ بود. بالاترین میزان شاخص انتقال این فلز در ساقه گیاه نی در ایستگاه اول ۲/۲۵۵ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان شاخص انتقال فلز وانادیوم در برگ گیاه نی در ایستگاه سوم ۰/۵۹۵ محاسبه شد (جدول ۴).

گیاه لویی در ایستگاه اول ۰/۰۲۴ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان تجمع زیستی فلز نیکل در ساقه گیاه نی در ایستگاه اول ۰/۰۰۶ محاسبه شد. شاخص تجمع زیستی فلز وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از ساقه و برگ بود. بالاترین میزان تجمع زیستی این فلز در ریشه گیاه لویی در ایستگاه اول ۰/۴۶۲ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان تجمع زیستی فلز وانادیوم در ساقه گیاه نی در ایستگاه دوم ۰/۰۴۶ محاسبه شد (جدول ۳).

شاخص انتقال فلز کادمیوم در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ بود. بالاترین میزان شاخص انتقال این فلز در ساقه گیاه لویی در ایستگاه سوم ۱۱/۵۵۵ به دست آمد. همچنین پایین ترین میزان شاخص انتقال فلز

جدول ۳- مقادیر شاخص تجمع زیستی (BCF) عناصر سنگین در گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) تالاب هورالعظیم در استان خوزستان (بهار ۱۳۹۷)

| عناصر | گیاهان آبی | ایستگاه ها | برگ | ساقه | ریشه |
|----------|-------------|-------------|-------|-------|-------|
| کادمیوم | نی | ایستگاه اول | ۱۴/۵۲ | ۲/۵۸ | ۳۶/۸۳ |
| | | ایستگاه دوم | ۹/۵۸ | ۲/۱۹ | ۲۰/۳۵ |
| | لویی | ایستگاه سوم | ۱۱/۳۲ | ۲/۱۳ | ۲۴/۹۶ |
| | | ایستگاه اول | ۱۰/۲۷ | ۴/۶۳ | ۲۵/۴۴ |
| نیکل | نی | ایستگاه دوم | ۶/۰۶ | ۰/۸۶ | ۱۴/۲۸ |
| | | ایستگاه سوم | ۷/۸۴ | ۰/۶۷ | ۱۹/۳۰ |
| | | ایستگاه اول | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۹ |
| | لویی | ایستگاه دوم | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۱ |
| | | ایستگاه اول | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۲۴ |
| وانادیوم | نی | ایستگاه دوم | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۲۳ |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۲۲ |
| | | ایستگاه اول | ۰/۲۳۱ | ۰/۱۰۲ | ۰/۳۶۵ |
| | لویی | ایستگاه دوم | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۴۶ | ۰/۱۶۱ |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۶۶ | ۰/۲۲۷ |
| | | ایستگاه اول | ۰/۲۹۶ | ۰/۱۶۴ | ۰/۴۶۲ |
| لویی | ایستگاه دوم | ۰/۱۳۱ | ۰/۰۷۳ | ۰/۲۰۷ | |
| | ایستگاه سوم | ۰/۱۸۲ | ۰/۱۰۱ | ۰/۲۹۱ | |

جدول ۴- مقادیر شاخص انتقال (TF) عناصر سنگین در گیاهان آبی نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*)

تالاب هورالعظیم در استان خوزستان (بهار ۱۳۹۷)

| عناصر | گیاهان آبی | ایستگاه ها | ساقه | برگ |
|----------|------------|-------------|--------|-------|
| کادمیوم | نی | ایستگاه اول | ۵/۶۲۳ | ۰/۳۹۴ |
| | | ایستگاه دوم | ۴/۳۷۵ | ۰/۴۷۱ |
| | | ایستگاه سوم | ۵/۳۰۹ | ۰/۴۵۳ |
| | لویی | ایستگاه اول | ۲/۲۱۵ | ۰/۴۰۳ |
| | | ایستگاه دوم | ۷/۰۳۱ | ۰/۴۲۴ |
| | | ایستگاه سوم | ۱۱/۵۵۵ | ۰/۴۰۶ |
| نیکل | نی | ایستگاه اول | ۱/۳۷۹ | ۰/۹۳۷ |
| | | ایستگاه دوم | ۱/۳۷۹ | ۱/۵۱۹ |
| | | ایستگاه سوم | ۱/۰۹۷ | ۰/۷۵۵ |
| | لویی | ایستگاه اول | ۰/۵۸۱ | ۰/۴۰۷ |
| | | ایستگاه دوم | ۰/۶۹۸ | ۰/۴۷۶ |
| | | ایستگاه سوم | ۰/۵۶۰ | ۰/۴۱۲ |
| وانادیوم | نی | ایستگاه اول | ۲/۲۵۵ | ۰/۶۳۴ |
| | | ایستگاه دوم | ۲/۰۹۱ | ۰/۶۰۹ |
| | | ایستگاه سوم | ۲/۰۴۸ | ۰/۵۹۵ |
| | لویی | ایستگاه اول | ۱/۸۰۶ | ۰/۶۴۱ |
| | | ایستگاه دوم | ۱/۷۹۶ | ۰/۶۳۴ |
| | | ایستگاه سوم | ۱/۷۹۶ | ۰/۶۲۶ |

بحث و نتیجه گیری

غلظت کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه به دست آمد، فقط میزان نیکل در برگ گیاه نی در ایستگاه دوم بالاتر از ساقه و ریشه مشاهده شد. تجمع فلزات سنگین در گیاهان آبی حاشیه‌ای مانند نی و لویی از الگوی ریشه < برگ < ساقه تبعیت می‌کند که این مطلب نتایج این تحقیق را تایید می‌کند [۳۰، ۳۱].

گیاه آبی نی از سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای برخوردار است که به خوبی با شرایط غیرهوازی خاک‌های غرقاب سازگاری یافته است، زیرا دارای بافت خاصی می‌باشد که اکسیژن لازم را از فتوسنتز

برگ‌ها تأمین می‌نماید. نی معمولی دارای مجموعه‌ای از ریشه‌های طویل، ضخیم و فاقد انشعاب است که به درون بستر نفوذ می‌یابند [۴۲، ۵۳]. ریشه گیاه نی در جذب فلزات سنگین توانایی فوق‌العاده‌ای دارد، به طوری که میزان تجمع فلزات سنگین در این اندام نسبت به برگ و ساقه بالاتر است [۸، ۱۵]. در تحقیقات دیگر نیز یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان عناصر سنگین در ریشه گیاه نی و لویی بالاتر از اندام ساقه و برگ بوده است [۱، ۱۵، ۳۰، ۴۸، ۵۵].

کادمیوم در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی بالاتر از گیاه لویی بود، فقط در ایستگاه اول در ساقه گیاه لویی بالاتر از ساقه گیاه نی به دست آمد. میزان نیکل

گزارش شد، فقط وانادیوم در ساقه گیاه نی بالاتر از ریشه بوده است [۴۳]. میزان تجمع فلز نیکل در گیاه لویی (*Typha Latifolia*) رودخانه شاوور بین ۹/۶ تا ۱۵/۹۵ میلی گرم بر کیلوگرم تعیین گردید [۱۲]. میانگین غلظت فلزات سنگین در گیاه لویی (*Typha latifolia*) در رودخانه اروند و بهمنشیر در فصل بهار در ایستگاه‌های مختلف در ریشه و برگ به ترتیب برای کادمیوم ۰/۱۴ و ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم و برای نیکل ۰/۳۴ و ۱/۸۲ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد [۱۶]. جذب و تجمع فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان آبی متفاوت است، زیرا به محیط زیست، اکولوژی، زیست شناسی، فصول سال و نوع گیاه آبی بستگی دارد [۶، ۵۸، ۵۹].

در این تحقیق تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه به دست آمد. تجمع زیستی نیکل و وانادیوم در گیاه آبی لویی بالاتر از گیاه نی بود، اما در مورد فلز کادمیوم در گیاه لویی پایین‌تر از گیاه نی مشاهده شد. به طور کلی شاخص تجمع زیستی قابلیت گیاه در جذب فلزات سنگین رسوب و تجمع آن‌ها در داخل اندام‌های شان را نشان می‌دهد، که در واقع از نسبت غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی به غلظت آن‌ها در رسوبات به دست می‌آید [۴۰]. بالا بودن تجمع زیستی فلزات کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی نشان دهنده ظرفیت بیشتر ریشه نسبت به برگ و ساقه در جذب و تجمع فلزات سنگین می‌باشد. البته باید توجه داشت که گیاهان آبی نی و لویی توانایی پایینی در جذب و تجمع فلزات سنگین در اندام‌های هوایی برگ و ساقه دارند [۴۴، ۴۷].

با توجه به نتایج به دست آمده، تجمع زیستی فلز کادمیوم در اندام‌های دو گیاه آبی نی و لویی بالاتر

و وانادیوم در ریشه، ساقه و برگ گیاه لویی بالاتر از گیاه نی بود، فقط در برگ گیاه نی در ایستگاه دوم بالاتر از برگ گیاه لویی مشاهده شد. تحقیقات متعددی نیز اثبات کرده اند که ریشه، ساقه و برگ گیاه آبی لویی توانایی تجمع و گیاه پالایی فلزات سنگین را دارد [۳۵، ۴۷، ۵۱]. از جمله گیاهانی که به شکل غالب در منطقه وجود دارد و دارای توان بالایی در جذب فلزات سنگین می‌باشد گیاه لویی است. ماکروفیتی آبی و تالابی است که در حاشیه دریاچه ها، باتلاق ها، رودخانه ها و تالاب های مناطق گرم و حاره ای رشد می کند و اغلب به صورت کلونی و مترکم در اکوسیستم های آبی دیده می شود. همچنین ریشه این گیاه باعث جلوگیری از فرسایش شده و می‌تواند به عنوان یک تصفیه گر زیستی جهت حفاظت از دریاچه، مصب، آب زیرزمینی، گیاهان و جانوران آبی قرار گیرد [۳۴].

میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبی نی و لویی به ترتیب ۱/۰۷، ۱۶/۲۷، ۱۰ و ۱/۳۹، ۲۶/۲۲ و ۲۳ میلی گرم در کیلوگرم و در ساقه - برگ این گیاهان آبی به ترتیب ۰/۴۳، ۴/۹، ۳ و ۰/۸۷، ۰/۸۴ و ۶ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده که میزان کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه، برگ و ساقه گیاه لویی بالاتر از گیاه نی بوده فقط میزان نیکل در ساقه و برگ گیاه نی بالاتر از گیاه لویی تعیین شده است [۴۴، ۴۵] که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد. میانگین غلظت کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه دو گیاه آبی نی (*Phragmites australis*) و (*Typha australis*) ۰/۲۰، ۱۲/۳۱، ۷/۵۰ و ۰/۳۳، ۱۰/۴۱، ۴۲/۶۹ میلی گرم در کیلوگرم) در تالاب شادگان بالاتر از ساقه (۰/۰۶، ۱/۴۰، ۱۶/۶۰ و ۰/۱۹، ۲/۷۷، ۹/۲۷ میلی گرم در کیلوگرم) و برگ (میلی گرم در کیلوگرم)

کمتر از ۱ محاسبه گردید، اما در ساقه گیاه نی بالاتر از ۱ بود. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که برگ گیاهان آبی نی و لویی توانایی انتقال کادمیوم، وانادیوم و نیکل را ندارند، اما ساقه این دو گیاه آبی نی توانایی انتقال فلزات کادمیوم و وانادیوم را دارند. در مورد فلز نیکل نیز ساقه گیاه نی توانایی انتقال این فلز را دارد. افزایش غلظت کادمیوم در اندام‌های هوایی را می‌توان به بالا بودن غلظت در خاک و توانایی جذب و انتقال آن از ریشه به برگ ارتباط داد. Bragato در بررسی‌های خود شاخص انتقال فلزات از اندام زیرزمینی به اندام هوایی را از مهمترین عوامل افزایش آن در اندام هوایی گیاهان ذکر نمود [۲۹،۳۰]. با توجه به این مطلب که در گیاه‌پالایی فلزات سنگین، نسبت انتقال عناصر از اندام زیرزمینی به اندام هوایی بسیار مهم و ضروری است، نتایج نشان داد که گیاه نی نیز توانایی انتقال فلزات را دارد.

مهم‌ترین عوامل آلاینده ناشی از فلز کادمیوم، معدن کاری سرب و روی، کودهای فسفاته، مواد الکترونیکی، صنایع آلیاژی و تولید ورق فولادی، رنگدانه‌ها در کارخانجات پلاستیک، لعاب کاری و باتری‌های نیکل و کادمیوم، دود کارخانه‌های ذوب فلزی است، این عنصر بیشتر در بخش بالایی محیط خاک تمرکز می‌یابد، بنابراین گیاهانی که در مناطق خاکی با عیار بالای کادمیوم رشد می‌کنند تمرکز بالاتری از خود نشان می‌دهند که پیامد آن می‌تواند آلودگی با رژیم تغذیه باشد [۲۰]. فاکتورهای زیست‌محیطی نظیر مقدار رس، ماده آلی، فسفر و کلسیم از عوامل موثر بر جذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه نی می‌باشند [۵۶]. همچنین جذب یک فلز می‌تواند از راه رقابت در محل جذب تحت تاثیر حضور سایر عناصر معدنی و فلزات سمی قرار

از ۱ به دست آمد و تجمع زیستی فلزات نیکل و وانادیوم کمتر از ۱ محاسبه گردید. چنانچه شاخص تجمع زیستی بیشتر از ۱ باشد، گیاه بیش انباشتگر؛ کمتر از یک تجمع دهنده و مساوی صفر دفع می‌باشد [۵۰]، بنابراین در مورد کادمیوم در گیاهان آبی نی و لویی بیش انباشتگر و در مورد نیکل و وانادیوم تجمع دهنده هستند. به طور کلی علاوه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط و نوع فلزات مورد بررسی عوامل مختلفی در قدرت جذب عناصر توسط گیاهان نقش دارند که از جمله می‌توان به خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه، میزان درستی زیستی فلز و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط رشد گیاه اشاره نمود، به طوری که برخی از گونه‌های گیاهی به عنوان گیاهان بیش انباشتگر تا حد زیادی می‌توانند فلزات سنگین را از محیط جذب نمایند بدون اینکه خودشان دچار آسیب جدی شوند، در حالی که بعضی از گونه‌های گیاهی توانایی جذب پایین‌تری داشته و ممکن است در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین در اثر مسمومیت آسیب دیده و از بین بروند [۳،۱۸]. مقادیر بالای فلزات سنگین از آب و رسوبات می‌تواند در گیاهان آبی انباشته شود که نشان دهنده سودمندی آن‌ها در جذب زیستی این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی می‌باشد [۳۹،۴۱].

در این تحقیق شاخص انتقال عناصر کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از برگ به دست آمد. شاخص انتقال نیکل و وانادیوم در گیاه آبی نی بالاتر از لویی مشاهده شد، فقط عنصر وانادیوم در برگ گیاه لویی بالاتر از نی بود. با توجه به اینکه شاخص انتقال فلزات کادمیوم و وانادیوم در ساقه گیاهان آبی نی و لویی بالاتر از ۱ به دست آمد، اما در برگ کمتر از ۱ بود. در مورد فلز نیکل نیز در ساقه و برگ گیاه لویی و برگ گیاه نی

گیرد [۶۴].

سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط‌زیست. سنگاپور، ۳۰۹-۲۹۴.

منابع

- [۱] ابراهیمی، م.، جعفری، م.، ثواقبی، غ.ر.، آذرنیوند، ح.، طویلی، ع. و فرناندو، م. ۱۳۹۱. بررسی گیاه پالایی گونه *Phragmites australis* در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین. نشریه تحقیقات مرتع، ۶ (۱): ۹-۱.
- [۲] اسدی، ا.، فاطمی، س.م.، اسکندری، غ. و پاپهن، ف. ۱۳۸۹. مطالعه ای بر جمعیت ماهیان در تالاب هویزه در ایران. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۲ (۶): ۱۱-۳.
- [۳] ایلدرمی، ع.، نوروزی‌فرد، پ. و مرتضوی، ث.، ۱۳۹۲. بررسی نقش نی (*Phragmites australis*) در پالایش آلودگی ناشی از فلزات سنگین جهت حفاظت زیست‌بوم بخشی از حوزه آبخیز دز. نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، ۱ (۳): ۴۶-۳۱.
- [۴] باقری، ح.، شارمد، ت.، خیرآبادی، و.، درویش بسطامی، ک. و باقری، ز.، ۱۳۹۰. سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگانرود. فصلنامه اقیانوس‌شناسی، ۲ (۵): ۳۹-۳۵.
- [۵] جاسمی‌زاده، ز.، سواری، ا. و ابراهیمی قوام آبادی، ل.، ۱۳۹۳. مقایسه آلاینده‌های فلزی رسوبات رودخانه بهمنشیر متأثر از پساب‌های وارده با استانداردهای جهانی. اولین همایش ملی پدافند غیرعامل در علوم دریایی. هرمزگان. صفحات ۶۷-۶۰.
- [۶] حسینی، س.ج. و سیدنژاد، س.م.، ۱۳۹۵. 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.
- [۷] رضوانی، م.، قربانیان، ا.ع.، نوجوان، م. و صهبا، م.، ۱۳۹۲. ارزیابی میزان آلودگی فلزات سنگین (کادمیوم، کبالت، سرب، روی و منگنز) در آبخوان اشتهارد. فصلنامه علوم و مهندسی محیط‌زیست، ۱ (۱): ۲۱-۱۳.
- [۸] رومیانی، ل.، حکیمی مفرد، ر. و جلیلی، س. ۱۳۹۴. گیاه پالایی گیاهان آبی *Potamogeton crispus* و *Ceratophyllum demersum hydropper* و *Phragmites australis* رودخانه دز، در تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، ۷ (۲۳): ۳۸-۲۹.
- [۹] طباطبایی، ا.، گندمکار، م.، اسکندری، ص. و طباطبایی، ا. ۱۳۹۶. بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین خاک تالاب بند علیخان ورامین و تاثیرات زیست محیطی. فصلنامه مطالعات علوم محیط زیست، ۲ (۳): ۴۸۴-۴۷۶.
- [۱۰] طیبی، ل.، حمیدیان، ا.ح.، دانه کار، ا. و پورباقر، ه.، ۱۳۹۵. بررسی توانایی گیاه نی (*Phragmites australis*) در حذف فلز جیوه از پساب کارخانه کلر آلکالی پتروشیمی بندر امام. مجله محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، ۶۹ (۱): ۱۰۵-۹۵.
- [۱۱] عبدالخانی، ر.، سواری، ا.، نیسی، ع. و مراونه، ج.، ۱۳۹۲. تعیین نقش گیاه لویی (*Typha Latifolia*) و رسوبات در پالایش و تجمع زیستی فلز سرب در رودخانه شاوور در فصول زمستان، بهار، تابستان، پاییز. سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران. ۱۰ صفحه.

- [۱۲] عبدالخانی، ر. و عبودی، ج. ۱۳۹۴. تعیین میزان تجمع فلز نیکل در گیاه لویی (*Typha Latifolia*) و رسوبات رودخانه شاوور. اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران، اردبیل، مرکز پژوهشی زمین کاو. ۵ صفحه.
- [۱۳] عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، اهواز. ۳۸۰ صفحه.
- [۱۴] فعال، ز.، ۱۳۹۱. بررسی کیفی آب رودخانه بهمشیر با استفاده از جلبک‌ها به عنوان شاخص‌های زیستی. فصلنامه علمی محیط‌زیست، ۵۲: ۱۰-۱.
- [۱۵] قائنی، م.، رومیانی، ل. و صفرخانلو، ل.، ۱۳۹۳. بررسی میزان آرسنیک، جیوه، روی و مس در گیاهان آبی کارا (*Chara sp.*)، نی (*Phragmites australis*)، لویی (*Typha latifolia*) و پیزور (*Scirpus bulrush*) در رودخانه دز. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، ۶ (۲۲): ۵۸-۴۹.
- [۱۶] قنادپور، ج.، زند مقدم، ا. و صفاهیه، ع.ر. ۱۳۹۰. تجمع فلزات سنگین سرب، روی، نیکل و کادمیوم در گیاه لویی (*Typha latifolia*) و رسوبات رودخانه اروند و بهمشیر در فصل بهار. پنجمین همایش تخصصی محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست. ۱۰ صفحه.
- [۱۷] مرتضوی، ث. و صابری نصب، ف. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی غلظت و ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات تالاب میقان. فصلنامه اکوهیدرولوژی، ۴ (۲): ۵۴۵-۵۳۳.
- [۱۸] مرتضوی، ث. و حاتمی منش، م. ۱۳۹۶. سنجش بار آلودگی فلزات سنگین در رسوبات و گیاه آبی علف چشمه (*Nasturtium microphyllum*) رودخانه بشار یاسوج. مجله مهندسی بهداشت محیط، ۵ (۲): ۱۷۲-۱۵۷.
- [۱۹] مرتضوی، ث.، رحمانی، ج. و چمنی، ع. ۱۳۹۶. پایش زیستی فلزات سنگین با استفاده از گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب هشیلان کرمانشاه. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹ (۴): ۷۹-۶۷.
- [۲۰] مقصودی، ع.، ونایی، م. و یزدی، م. ۱۳۹۴. آلودگی فلزات سنگین و بررسی شاخص‌های شدت غنی‌شدگی و ژئوشیمیایی در رودخانه نکارود. فصلنامه علوم زمین، زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست، ۲۴ (۹۵): ۱۷۴-۱۶۷.
- [۲۱] ولایت‌زاده، م. و نجفی، م. ۱۳۹۲. اکولوژی رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان. انتشارات ترقی، چاپ اول، ۱۸۸ صفحه.
- [۲۲] ولایت‌زاده، م. ۱۳۹۵. بررسی میزان فلزات سنگین آهن، روی و مس در عضله برخی ماهیان بومی تالاب هورالعظیم، استان خوزستان. فصلنامه پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۱۱ (۳): ۱۰۰-۸۸
- [23] ASTM, 2000. Annual book of ASTM Standards ASTM. Vol:11. 01, pp. D1971-95. D-4691-96.
- [24] Baker, A. J. M. and Brooks, R. R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements and review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1: 81-126.
- [25] Baldantoni, D., Alfani, A., Di Tommasi, P., Bartoli, G. and De Santo, A.V. 2011. Assessment of macro and microelement accumulation capability of two aquatic plants. *Environmental Pollution*, 130: 149-156.
- [26] Bonanno, G. and Lo Giudice, R., 2010. Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. *Ecological Indicators*, 10: 639-645.
- [27] Bonanno, G. 2013. Comparative performance of trace element bioaccumulation and biomonitoring in the plant species *Typha domingensis*,

- Phragmites australis* and *Arundo donax*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 97: 124-130.
- [28] Boonyapookana, B., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Singhakaew, S., 2002. Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in Duckweed *Wolffia globosa*. *International Journal of Phytoremediation*, 4: 87-100.
- [29] Bragato C., Brix H., Malagoli M. 2006. Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel and *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. *Environmental Pollution*, 144: 967-975.
- [30] Bragato C., Schiavon M., Polese R., Ertani A., Pittarello M. et al., 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*, 246:35-44.
- [31] Calheiros, C.S.C., Rangel, A.O.S.S. and Castro, P.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: 404-414.
- [32] Chaney, R.L.M., Malik, Y.M., Li, S., Brown, L. and Baker, A.J.M. 1997. Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology* 8:279-284.
- [33] Cronquist, A., 1988. The evolution and classification of flowering plants. Oxford university press.
- [34] DeBusk, W., 1999. Wastewater Treatment Wetlands: Contaminant Removal Processes. Institute of Food and Agriculture science. university of florida.
- [35] Demirezen, D. and Aksoy, A., 2004. Accumulation of heavy metal in *Typha angustifolia* (L) and *Potamogeton pectinatus* (L) living in Sultan Marsh (Kayseri and Turkey). *Chemosphere*, 56: 685-696.
- [36] DeVos, C.H.R., Schat, H., De Waal, M.A.M., Voojs, R. and Ernst, W.H.O. 1991. Increased resistance to copper-induced damage of root cell plasmalemma in copper tolerant *Silene cucubalus*. *Physiologia Plantarum* 82: 523-528.
- [37] Favas, P.J.C. and Pratas, J., 2012. 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.
- [38] Fawzy, M.A., El-sayed Badr, N., El-Khatib, A. and Abo-El-Kassem, A. 2011. Heavy metal biomonitoring and phytoremediation potentialities of aquatic macrophytes in River Nile. *Environ Monit Assess.*, 184 (3): 1753-1771.
- [39] Fritioff, A. and Greger, M., 2006. Uptake and distribution of Zn, Cu, Cd, and Pb in an aquatic plant *Potamogeton natans*. *Chemosphere*, 63: 220-227.
- [40] Galal, T.M. and Shehata, H.S. 2015. Bioaccumulation and translocation of heavy metals by *Plantago major* L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. *Ecol Indic.*, 48: 244-251.
- [41] [41] Harguinteguy, C.A., Cirelli, A.F. and Pignata, M.L. 2014. Heavy metal accumulation in leaves of aquatic plant *Stuckenia filiformis* and its relationship with sediment and water in the Suquia river (Argentina). *Microchemical Journal*, 114: 111-118.
- [42] Haslam, S.M., 2010. A Book of Reed: (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, Formerly *Phragmites communis Trin.*). Forrest Text, Cardigan, GB, 254 pp.
- [43] Hosseini Alhashemi, A., Karbassi, A.R., Hassanzadeh Kiabi, B., Monavari, S.M. and Nabavi, S.M.B. 2011. Accumulation and bioaccessibility of trace elements in wetland sediments. *African Journal of Biotechnology*, 10 (9): 1625-1636.
- [44] Janadeleh, H., Hosseini Alhashemi, A. and Nabavi, S.M.B. 2016. Investigation on concentration of elements in wetland sediments and aquatic plants. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 2(1): 78-93.
- [45] Janadeleh, H. and Kameli, M.A. 2017. Metals contamination in sediment and their bioaccumulation in plants and three fish species from freshwater ecosystem. *Toxin Reviews*, 18 (31): 1-9.
- [46] Jiang, X., Wang, W., Wang, S., Zhang, B. and Hu, J. 2012. Initial identification of heavy metals contamination in Taihu Lake, a eutrophic lake in China. *Journal Environment Science (China)*. 24: 1539-1548.
- [47] Juan, A.Z., Jeffery, S.P. and Peter, R.J., 2008. Influence of plants on the reduction

- of hexavalent chromium in wetland sediments. *Environ. Poll. J.* xx, 1-7.
- [48] Kanclerz, J., Borowiak, K. and Mleczek, M. 2016. Cadmium and Lead Accumulation in Water and Macrophytes in an Artificial Lake. *Annual Set The Environment Protection*, 322-336.
- [49] Kukrer, S. 2017. Pollution, source and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of Lake Aktaş, NE Turkey, *Human and Ecological Risk Assessment*, An International Journal.
- [50] Ma, L.Q., Komar, K.M., Tu, C., Zhang, W., Cai, Y. and Kennelley, E.D. 2001. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*, 409: 579.
- [51] Manios, T., Stentiford, E.I. and Millner, P. 2003. Removal of heavy metals from a metalliferous water solution by *typha latifolia* plants and sewage sludge compost. *Chemosphere Journal*, 53: 487-494.
- [52] Mendes, M.P., Salomao, A.L.S., Niemeyer, J.C. and Marques, M. 2017. Ecological Risk Assessment in a Tropical Wetland Contaminated with Gasoline: Tier 1, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*.
- [53] Meyerson, L.A., Lambert, A.M. and Saltonstall, K., 2010. A tale of three lineages: expansion of common reed (*Phragmites australis*) in the US Southwest and Gulf Coast. *Invasive Plant Science and Management*, 3: 515-520.
- [54] Ndimele, P.E. and Jimoh, A.A. 2011. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) in phytoremediation of heavy metal polluted water of Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Res J Environ Sci.*, 5: 424-433.
- [55] Pha, T.T., Minh, D.V., Van, D.X. and Duc, L. 2014. Growth and absorbance of heavy metals of reed plants (*Phragmites australis*) in soil after mineral mining in thai nguyen province of Vietnam. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 9 (8): 264-269.
- [56] Prasad, M.N.V. and Hagemeyer, J., 1999. Heavy metal stress in plant, from molecules to ecosystems. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 401.
- [57] Sakan, S. M., Dordevic, D. S., Manojlovic, D.D. and Predrag, P.S. 2009. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments. *Journal of Environmental Management*, 90: 3382-3390.
- [58] Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P.B.A., Dushenkov, V., Ensley, D., Chet, I. and Raskin, I., 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Biotechnology*, 13: 468-474.
- [59] Skinner, K., Wright, N. and Porter-Goff, E., 2007. Mercury uptake and accumulation by four species of aquatic plants. *Environmental Pollution*, 145: 234-237.
- [60] Sukumaran, D. 2013. Phytoremediation of heavy metals from industrial effluent using constructed wetland technology. *Appl. Ecol. Environ. Sci.*, 1: 92-97.
- [61] Taylor, G. J. 1987. Exclusion of metals from the symplasm: a possible mechanism of metal tolerance in higher plants. *Journal of Plant Nutrition* 10: 1213-1320.
- [62] Tsakovski, S., Kudlak, B., Simeonov, V., Wolska, L., Garcia, G. and Namiesnik, J. 2012. Relationship between heavy metal distribution in sediment samples and their ecotoxicity by the use of the Hasse diagram technique. *Anal. Chim. Acta.*, 719: 16-23.
- [63] Yabanli, M., Yozukmaz, A. and Sel, F. 2014. Heavy Metal Accumulation In the Leaves, Stem and Root of the Invasive Submerged Macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. (Haloragaceae): An Example of Kadm Creek (Mugla, Turkey). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57 (3): 434-440.
- [64] Ying, M., 2005. Monitoring of heavy metals in the Bottlary River using *Typha capensis* and *Phragmites australis*, Msc Thesis, Department of Biodiversity and Conservation Biology, University of the Western Cape, 1-90.
- [65] Zacchini, M., Pietrini, F., Mugnozza, G. and Lori, V., 2008. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *Journal Water Air Soil Pollution*, 197: 23-34.

Monitoring Heavy Elements Cadmium, Nickel and Vanadium in Aquatic Plants, *Typha latifolia* and *Phragmites australis* in Hooralazim Wetland from Khuzestan Province

Firozshahian N.¹, Payandeh Kh.*², Sabz Alipour S.¹

¹ Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

² Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

* Email: Payandeh426@gmail.com

Received: 6 April 2019

Accepted: 28 July 2019

Abstract

In aquatic ecosystems, aquatic plants are good biochemical indicators for monitoring heavy metals because they are stagnant in water and can determine contamination levels. This research was conducted in 2018 to investigate heavy metals of cadmium, nickel and vanadium in aquatic plants of straw (*Phragmites australis*) and Louisiana (*Typha latifolia*) of Hooralazim wetland in Khuzestan province. Sampling was performed from three stations. In order to measure heavy elements was used to measure the induction plasma (ICP). The highest of cadmium in root of *Phragmites australis* was 1.486 ± 0.020 mg Kg⁻¹ and lowest concentration of this metal in stem of *Typha latifolia* was 0.036 ± 0.001 mg Kg⁻¹ (P<0.05). The highest of nickel in root of *Typha latifolia* was 4.770 ± 0.045 mg Kg⁻¹ and lowest concentration of nickel in stem of *Phragmites australis* was 0.843 ± 0.072 mg Kg⁻¹ (P<0.05). The highest of vanadium in root of *Typha latifolia* was 16.553 ± 0.128 mg Kg⁻¹ and lowest concentration of vanadium in stem of *Phragmites australis* was 3.136 ± 0.015 mg Kg⁻¹ (P<0.05). The concentrations of cadmium, nickel and vanadium were obtained in the root of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* above the leaves and stems (P<0.05). Cadmium in the roots, stems and leaves of the *Phragmites australis* was higher than the *Typha latifolia*, but the amount of nickel and vanadium in the roots, stems and leaves of *Typha latifolia* were higher than *Phragmites australis* (P<0.05). Cadmium is found in aquatic plants hyper accumulate and nickel and vanadium accumulate. The TF of cadmium, nickel and vanadium elements in the shoot of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* were higher than the leaves. The leaves of the *Phragmites australis* and *Typha latifolia* do not contain cadmium, vanadium and nickel, but the stems of these two aquatic plants carry of TF cadmium and vanadium. In the case of nickel metal, the stems of the *Phragmites australis* also carry the metal.

Keywords: Hooralazim Wetland, Transfer Factor, Heavy elements, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*.