بررسی تغییرات برخی عناصر در گیاه آبزی نی (*Phragmites australis*) تالاب ناصری در فصول بهار و پاییز

خوشناز پاینده*[۱]
لاله رومیانی[۲]
محمد ولایت زاده[۳]

۱. گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۳. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Payandeh426@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۷۰۱۰۵۴۶
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۳
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

این تحقیق باهدف تعیین وضعیت میزان فلزات کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در گیاه نی (*Phragmites australis*) در بخش‌های شمالی، جنوبی و مرکزی تالاب ناصری و مقایسه میزان این فلزات در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ گیاه نی در دو فصل پاییز ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ انجام شد. برای نمونه‌برداری در هر ایستگاه موردمطالعه در هر فصل ۱۰ نمونه گیاه نی با ۳ تکرار از حاشیه تالاب جمع‌آوری گردید. سنجش فلزات سنگین به روش جذب اتمی با دستگاه پرکین المر ۴۱۰۰ صورت گرفت. بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم در ریشه (۰/۰۰۳±۰/۰۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ساقه (۰/۰۰۱±۰/۰۱۵ میلی-گرم در کیلوگرم) بود. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب در ریشه (۰/۰۰۶±۰/۸۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ساقه (۰/۰۰۴±۰/۲۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) گیاه نی مشاهده شد. میزان جیوه در ریشه گیاه نی در فصل بهار بالاترین غلظت (۰/۰۵±۷/۲۵ میکروگرم در کیلوگرم) را داشت، اما بالاترین مقدار آرسنیک در ریشه این گیاه در فصل پاییز (۱/۹۲±۲۱/۸۸ میکروگرم در کیلوگرم) به دست آمد. برای هر دو فلز پایین-ترین غلظت برعکس بود، به‌عبارت‌دیگر پایین‌ترین میزان جیوه و آرسنیک در ساقه گیاه نی به ترتیب در فصول پاییز و بهار ۰/۰۵±۴/۰۶ و ۰/۹۵±۱۱/۸۸ میکروگرم در کیلوگرم به دست آمد. میانگین غلظت کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در ریشه بالاتر از برگ و ساقه مشاهده شد. الگوی تجمع فلزات کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در اندام‌های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به‌صورت ریشه > برگ > ساقه بود. میزان تجمع کادمیوم، سرب و جیوه در گیاه آبزی نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد ($P<0/05$)، اما در مورد عنصر آرسنیک میزان تجمع در این گیاه آبزی در فصل بهار پایین‌تر بود ($P<0/05$)؛ بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان نمود که گیاه آبزی نی قدرت گیاه‌پالایی عناصر کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک را در ریشه، ساقه و برگ دارد.

واژگان کلیدی: فلزات، ریشه، ساقه، برگ، گیاه نی.

مقدمه

گیاهان آبزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های یک اکوسیستم آبی را تشکیل می‌دهند و به همراه جلبک‌ها از تولیدکنندگان این اکوسیستم‌ها به شمار می‌آیند. گیاهان آبزی حقیقی به گیاهانی گفته می‌شود که قادرند چرخه زایشی خود را هنگامی‌که تمامی بخش‌های رویشی آن‌ها در آب غوطه‌ور بوده و یا تنها برگ‌های آن‌ها در سطح آب شناور هستند، کامل کنند (علیزاده و بیطرف، ۱۳۸۶؛ Cronquist, 1988). نی معمولی (common reed) بانام علمی *Phragmites australis* متعلق به خانواده پوآسه (Poaceae) ازجمله گراس‌های چندساله، ایستاده و بلند می‌باشد که به صورت‌های آبزی (aquatic) تا نیمه آبزی (subaquatic) رشد می‌کند و ارتفاع آن به ۶-۴ متر می‌رسد. این گیاه که عمدتاً در اراضی ماندابی فقیر رشد می‌کند، از توانایی تشکیل کلونی در طیف وسیعی از سکونت‌گاه‌های آب‌های شیرین و لب‌شور برخوردار می‌باشد (League *et al*., 2006; Holdredge *et al*., 2010). نی معمولی در بسیاری از مناطق جهان حضور دارد، اما بیشترین گستردگی را در

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

کشورهای نیوزیلند، استرالیا، اسپانیا، روسیه، پرتقال، ایتالیا، یونان، فنلاند، آرژانتین، آمریکا، تایوان، فیلیپین، عربستان سعودی، بحرین، چین، ایران، عراق و ژاپن دارد (Haslam, 2010; Meyerson *et al*., 2010).

در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشأ انسانی مانند فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی، به مقدار زیادی افزایش‌یافته است که به‌عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به شمار می‌آیند. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و انسان‌ساخت وارد محیط‌زیست می‌شوند. میزان ورود این فلزات سنگین به داخل محیط‌زیست، متجاوز از میزانی است که به‌وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط‌زیست موردتوجه می‌باشد (Miloskovic and Simic, 2015; Qin *et al*., 2015). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌ها، از راه‌های مختلف نظیر پساب‌های شهری، کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و بیمارستانی وارد رودخانه‌ها و تالاب‌ها می‌شوند و خسارات جبران‌ناپذیری را بر موجودات زنده ازجمله انسان برجای می‌گذارند (الهی و همکاران، ۱۳۹۳؛ خنفریان و سواری، ۱۳۹۴). عناصر سمی نظیر کادمیوم و سرب از مهم‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست به‌حساب می‌آیند (Asha *et al*., 2010; Ananth *et al*., 2014). عوارض سرب و کادمیوم بر سلامت انسان به‌طور عمده به دنبال در معرض قرار گرفتن مزمن و تدریجی اتفاق می‌افتد و علاوه بر مشکلات کبدی، کلیوی و استخوانی به‌طور بالقوه سرطان‌زا، جهش‌زا و آلرژی‌زا هستند (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۳).

تالاب‌ها نیز جزء گروه بزرگی از اکوسیستم‌های آبی ساکن هستند که در زندگی انسان فواید و کاربری‌های بسیار دارند. تالاب‌ها زیستگاه آبزیان، پرندگان، دوزیستان، خزندگان و پستانداران هستند و بسیاری از گونه‌های اقتصادی و تجاری گیاهان دارویی وجود دارند. تالاب‌ها در معتدل نمودن آب‌وهوای منطقه، تغذیه آب‌های سطحی و زیرزمینی، جلوگیری از گسترش کویرها و بیابان‌ها، کنترل سیلاب‌ها، امرارمعاش مردم بومی به‌واسطه صید و شکار آبزیان و پرندگان نقش اساسی در زندگی انسان‌ها دارند. به دلیل افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی بسیاری از اکوسیستم‌های طبیعی ازجمله تالاب‌ها در معرض تهدید قرار دارند. اقدام به حفاظت برای این اکوسیستم‌های باارزش، به‌ویژه تالاب‌هایی که دارای نقش اکولوژیکی، حفاظتی یا اقتصادی بارز می‌باشند، ضرورت دارد. آلودگی تالاب‌ها با انواع آلاینده‌های خطرناک و سمی می‌تواند مشکلات مهمی را در مورد سلامت انسان و بهداشت محیط‌زیست به وجود آورد. تالاب‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی جهت مصارف انسانی و سایر موجودات زنده در معرض آلودگی‌های محیط‌زیست متعددی هستند (ولایت زاده و نجفی، ۱۳۹۲؛ ولایت زاده، ۱۳۹۵).

قناد پور و همکاران (۱۳۹۰) تجمع فلزات سنگین سرب، روی، نیکل و کادمیوم در گیاه لویی (*Typha latifolia*) و رسوبات رودخانه اروند و بهمنشیر در فصل بهار را مطالعه نمودند. از میان فلزات سنگین مذکور، میانگین غلظت فلزات روی و کادمیوم در قسمت ریزوم بالاتر از برگ و رسوب بوده است. در مطالعه‌ای بیشترین تجمع فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در اندام‌های زیرزمینی گیاه نی (*Phragmites australis*) رودخانه دز تعیین گردید که الگوی میزان عناصر موردمطالعه به ترتیب در ساقه>برگ>اندام زیرزمینی بوده است که بیان کردند این عناصر از اندام‌های زیرزمینی به اندام‌های هوایی را تحرک کمی دارند (ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۲). الهی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که میزان عنصر آرسنیک در گیاه نی (*Phragmites australis*) تالاب زریوار در استان کردستان ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده است. ریشه گیاه نی در جذب فلزات سنگین توانایی دارد و میزان تجمع فلزات سنگین نسبت به برگ و ساقه بالاتر است (قائنی و همکاران، ۱۳۹۳؛ رومیانی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج تحقیقی نشان داده است که فصول مختلف سال بر تجمع میزان نیکل در گیاه لویی (*Typha Latifolia*) رودخانه شاوور تاثیری ندارد (عبدالخانی و عبودی، ۱۳۹۴). زارع رشکوییه و همکاران (۱۳۹۵) میزان برخی فلزات سنگین را در گیاه نی (*Phragmites australis*) سد خدا آفرین رودخانه ارس را مطالعه نمودند. غلظت آرسنیک، کادمیوم و مس در گیاه آبزی نی به ترتیب ۲۷۶/۸۳، ۳/۱۹ و ۲۰۶/۵ میکروگرم در گرم بود. افروس و لیاقت (۱۳۹۰) گیاه‌پالایی میزان جذب و تجمع جیوه را در ۴ گونه گیاهان آبزی *Typha latifolia*، *Alisma plantgo*، *Phragmites australis* و *Scirpus bulrush* محدوده شهرستان دزفول را مطالعه نمودند. میزان تجمع جیوه در اندام‌های زیرزمینی و هوایی به ترتیب ۲/۰۸ و ۰/۰۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان جذب روزانه این عنصر توسط گیاهان ۳۴/۶۷ و ۰/۸۶۵ میکروگرم بر گرم در روز بود. میزان تجمع جیوه در اندام‌های زیرزمینی و هوایی برای *Typha latifolia* ۱/۴۳ و ۰/۰۸۴،

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

Alisma plantgo ۰/۸۱ و ۰/۰۳۷، *Phragmites australis* ۴/۷۶ و ۰/۰۴۶ و *Scirpus bulrush* ۱/۱۲ و ۰/۰۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شد. میانگین میزان فلزات سنگین در ریشه و برگ گیاه آبزی حرا (*Avicennia marina*) در ایستگاه‌های مختلف به ترتیب برای کادمیوم ۳/۲۷ و ۲/۶۴، سرب ۱۱/۸۷ و ۹/۵۵، نیکل ۷/۳۵ و ۵/۰۱، مس ۱۱/۳ و ۶/۳۶، روی ۳۲/۰۷ و ۱۸/۸۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش‌شده است (چراغی و همکاران، ۱۳۹۱). میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس، کادمیوم و سرب در ریشه، ساقه و برگ گیاهان آبزی نی (*Phragmites australis*)، *Myriophyllum spicatum* و *Potamogeton perfoliatus* در ۲ ایستگاه شمالی و جنوبی رودخانه دز نشان داده شد که در گیاه حاشیه‌ای نی بیشترین تجمع فلز روی در ریشه ۳۰۰/۴۵، برای گیاه غوطه‌ور مریوفایلوم در ساقه ۱۰۴/۴۳ و پوتاموژتون در برگ ۱۲۲/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده است. نتایج بیانگر این نکته بود که هر سه گیاه پتانسیل جذب فلزات سنگین را داشتند و برای هر عنصر انتخابی عمل کردند و می‌توان از آن‌ها برای پایش محیط استفاده کرد (رومیانی و جلیل زاده ینگجه، ۱۳۹۵). در تحقیقی بیشترین میزان فلزات سنگین در ریشه گیاه نی در تالاب شادگان تعیین گردید و روش تصفیه با گیاه نی برای کاهش فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی فاضلاب پیشنهاد شد (حسینی و سیدنژاد، ۱۳۹۵).

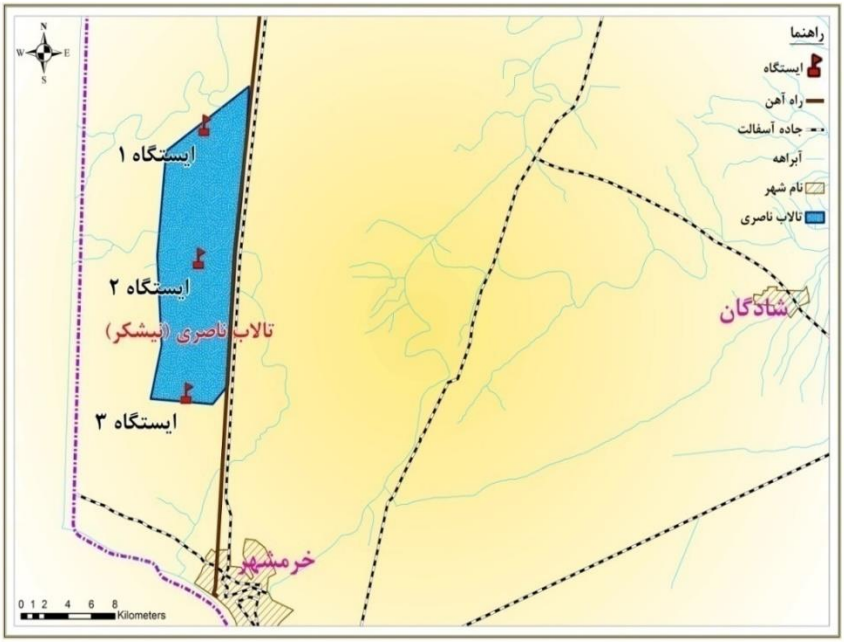
در مطالعات متعددی مشخص گردید که گیاه آبزی نی توانایی گیاه‌پالایی فلزات سنگین نظیر آهن، منگنز مس، سرب، کادمیوم و روی را دارد (Osma *et al*., 2015; Borowiak *et al*., 2016; Mahmoud and Ghoneim, 2016). Kumari و Tripathi (۲۰۱۵) میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی، مس، آهن، نیکل و کروم را در دو گونه گیاه آبزی *Phragmites australis* و *Typha latifolia* را تعیین نمودند. میانگین میزان کادمیوم و سرب در گیاه *Phragmites australis*۱/۶۱ و ۵/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در گیاه *Typha latifolia* ۱/۴۲ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. Kanclerz و همکاران (۲۰۱۶) تجمع فلزات سنگین کادمیوم و سرب را در *Phragmites australis* و *Typha angustifolia* را در حوزه آبخیز رودخانه Cybina تعیین نمودند. میزان این دو فلز در ریشه‌های گیاهان آبزی موردمطالعه بالاتر از سایر اندام‌های موردمطالعه بود. میزان سرب در اندام‌های گیاه آبزی *Typha angustifolia* بالاتر از *Phragmites australis* به دست آمد. میزان کادمیوم در ریشه *Typha angustifolia* پایین‌تر از *Phragmites australis* بود.

این تحقیق باهدف تعیین وضعیت میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در گیاه نی در بخش‌های شمالی، جنوبی و مرکزی تالاب ناصری و مقایسه میزان این فلزات در گیاه نی در فصول گرم و سرد سال در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ انجام شد.

مواد و روش‌ها

تالاب خرمشهر (ناصری)، یک تالاب انسان‌ساخت در حدود ۱۷ کیلومتری شمال غرب خرمشهر به‌موازات جاده اصلی اهواز ـ خرمشهر در غرب رودخانه کارون واقع‌شده است که درنتیجه تخلیه پساب‌های کشاورزی حاصل واحدهای نیشکر میرزا کوچک خان و امیرکبیر در سال ۱۳۷۸ در مناطق پست شرق نوار مرزی ایران ـ عراق شکل گرفت که با مساحت حدود ۱۸۰۰۰ هکتار در تقسیم‌بندی اکوسیستم‌های آبی جزء اکوسیستم‌های لب‌شور و شور قرار دارد. این تالاب در موقعیت جغرافیایی ۰۵/۹۴ ۳۸ ۳۰ شمالی و ۵۹/۸۶ ۰۷ ۴۸ شرقی قرار دارد (شکل ۱). با توجه به اینکه در این تالاب ورودی آب شیرین ناشی از رودخانه وجود ندارد، آب آن بسیار شور می‌باشد و زمین‌های اطراف و منطقه را نیز شور نموده است و در آن ماهیان دریایی نظیر شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) و گیاهان آبزی مقاوم مانند نی (*Phragmites australis*) زندگی می‌کنند (ولایت زاده، ۱۳۹۵) (شکل ۲).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب و رسوبات تالاب ناصری.

شکل ۲: گیاه نی (*Phragmites australis*) نمونه‌برداری شده از تالاب ناصری.

در این تحقیق تالاب ناصری به سه قسمت کلی تقسیم گردید و سه ایستگاه شامل ایستگاه ۱ (بخش شمالی)، ایستگاه ۲ (بخش مرکزی) و ایستگاه ۳ (بخش جنوبی) جهت مطالعه و بررسی در نظر گرفته شد (جدول ۱).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب ناصری.

نام ایستگاه	منطقه تالاب	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	بخش شمالی	48 08 31	30 45 51
ایستگاه ۲	بخش مرکزی	48 08 22	30 40 13
ایستگاه ۳	بخش جنوبی	48 07 52	30 34 31

نمونه‌برداری از گیاه آبزی نی از سه منطقه شمالی، مرکزی و جنوبی تالاب ناصری در دو فصل پاییز ۱۳۹۵ و بهار ۱۳۹۶ انجام شد. برای نمونه‌برداری در هر ایستگاه موردمطالعه در هر فصل ۱۰ نمونه گیاه نی با ۳ تکرار از حاشیه تالاب جمع‌آوری گردید. به‌عبارت‌دیگر در هر فصل سه بار نمونه‌برداری انجام شد. سپس موقعیت جغرافیایی و مشخصات هر ایستگاه ثبت و نمونه‌های گیاه نی کدگذاری شده و درون کیسه پلاستیکی در یخدان حاوی پودر یخ به آزمایشگاه منتقل شدند (Bonanno and Lo Giudice, 2010).

در آزمایشگاه نمونه‌های گیاه نی با آب مقطر شستشو و اندام‌های گیاه نی شامل ریشه، ساقه و برگ از یکدیگر تفکیک شدند. سپس هر نمونه به‌طور جداگانه در ظروف پتری دیش علامت‌گذاری شده و در دستگاه اتوکلاو به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت نمونه‌های گیاهی 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 گیاه نی، ۰/۵ گرم از هر نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ میلی‌لیتر محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد را اضافه نموده و چند عدد سنگ جوش را برای اینکه عمل جوشاندن به‌طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد. سپس نمونه سرد گردید و از بالای مبرد به‌آرامی ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد. بعدازاین مرحله، مخلوط را حرارت داده تا بخارات سفیدرنگ اسید به‌طور کامل محو شدند. به مخلوط سرد شده، درحالی‌که بالن چرخانده می‌شد، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر از بالای مبرد به‌آرامی اضافه گردید. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملاً شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر انتقال و به حجم رسانده شد (ASTM, 2000).

سنجش فلزات سنگین موردمطالعه به روش جذب اتمی و سیستم کوره گرافیتی و سنجش جیوه به روش هیبرید با کمک دستگاه Perkin Elmer 4100 انجام شد. حد تشخیص فلزات سرب، کادمیوم و آرسنیک به روش کوره گرافیتی ۱۰ قسمت در بیلیون و حد تشخیص جیوه به روش هیبرید در حد ۱۰۰ قسمت در بیلیون بود که دارای دقت حدود ۱۰۰۰ برابر سیستم شعله می‌باشد. جهت اندازه‌گیری کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر محلول آمونیم پیرولیدین کاربامات ۵ درصد اضافه‌شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند تا عناصر به‌صورت فرم آلی‌فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی‌لیتر متیل ایزوبوتیل کتون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها به هم زده شدند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند و عناصر موردنظر به فاز آلی منتقل شدند. پس از تنظیم کوره و سیستم EDL (منبع تولید اشعه کاتدی) دستگاه و بهینه کردن دستگاه جذب اتمی منحنی کالیبراسیون به کمک استانداردهای این عناصر و ماتریکس مدیفایر پالادیم توسط نرم‌افزار WinLab 32 رسم و مقدار این عناصر در محلول‌های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید (Ahmad and Shuhaimi-Othman, 2010).

در این پژوهش شاخص انتقال (Translocation Factor) از رابطه زیر محاسبه شد (Zacchini *et al*., 2008). این فاکتور توانایی جذب فلزات سنگین به‌وسیله گیاه از رسوبات و سپس ذخیره آن‌ها در اندام‌های بالایی را تعیین می‌کند (Sasmaz *et al*., 2008).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

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

آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۱۸ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. میانگین داده‌ها به‌منظور مقایسه اختلاف معنی‌دار با ضریب اطمینان ۹۵ درصد (P=۰/۰۵) با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد. نرمال بودن داده‌ها به کمک آزمون کولموگراف ـ اسمیرنف بررسی شدند. همچنین جهت رسم جداول و نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده گردید.

نتایج

میانگین میزان کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در اندام‌های گیاه نی در تالاب ناصری در فصل پاییز و بهار در جدول ۲ و ۳ آمده است. میانگین میزان کادمیوم، سرب و آرسنیک در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ در گیاه نی اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵)، اما غلظت جیوه اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). میزان کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در گیاه نی در فصل پاییز در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه ۲ و ۳ به دست آمد، اما میزان آرسنیک در برگ گیاه در ایستگاه ۳ بالاتر از ایستگاه ۱ و ۲ بود. میزان سرب در ایستگاه ۳ و میزان کادمیوم در ایستگاه ۲ کمترین مقدار را داشت.

جدول ۲: میانگین میزان سرب، کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)، جیوه و آرسنیک (میکروگرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در فصل پاییز.

ایستگاه‌ها	منطقه تالاب	اندام‌های گیاه	کادمیوم	سرب	جیوه	آرسنیک
ایستگاه ۱	بخش شمالی	ریشه	۰/۰۵۴±۰/۰۰۳^{a}	۰/۵۳۸±۰/۰۰۷^{a}	۶/۵۲±۰/۰۷^{a}	۲۱/۸۸±۱/۹۲^{a}
		ساقه	۰/۰۲۳±۰/۰۰۲^{b}	۰/۴۰۸±۰/۰۰۳^{b}	۵/۲۲±۰/۰۶^{a}	۱۶/۲۹±۱/۰۷^{b}
		برگ	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱^{b}	۰/۴۴۷±۰/۰۰۳^{c}	۶/۲۲±۰/۰۶^{a}	۱۶/۷۶±۰/۹۷^{b}
ایستگاه ۲	بخش مرکزی	ریشه	۰/۰۱۸±۰/۰۰۱^{c}	۰/۳۳۷±۰/۰۰۵^{d}	۴/۶۷±۰/۰۳^{b}	۱۸/۳۵±۱/۵۸^{c}
		ساقه	۰/۰۱۵±۰/۰۰۱^{d}	۰/۳۱۲±۰/۰۰۲^{e}	۴/۰۶±۰/۰۵^{b}	۱۴/۷۳±۰/۶۸^{d}
		برگ	۰/۰۱۷±۰/۰۰۱^{c}	۰/۳۰۸±۰/۰۰۴^{f}	۴/۳۳±۰/۰۵^{b}	۱۵/۵۱±۱/۰۲^{b}
ایستگاه ۳	بخش جنوبی	ریشه	۰/۰۲۷±۰/۰۰۲^{e}	۰/۳۱۱±۰/۰۰۴^{e}	۴/۹۲±۰/۰۵^{b}	۱۹/۵۸±۰/۹۵^{c}
		ساقه	۰/۰۱۹±۰/۰۰۲^{c}	۰/۲۵۲±۰/۰۰۴^{g}	۴/۱۷±۰/۰۴^{b}	۱۲/۳۰±۰/۷۸^{f}
		برگ	۰/۰۲۶±۰/۰۰۲^{e}	۰/۲۸۸±۰/۰۰۵^{h}	۴/۷۸±۰/۰۶^{b}	۱۶/۸۸±۰/۸۶^{b}

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

در فصل بهار میزان کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در ایستگاه ۲ بالاتر از ایستگاه ۱ و ۳ به دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین میزان کادمیوم در ریشه (۰/۰۵۴±۰/۰۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ساقه (۰/۰۱۵±۰/۰۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. همچنین بالاترین و پایین‌ترین میزان سرب در ریشه (۰/۸۰۸±۰/۰۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ساقه (۰/۲۵۲±۰/۰۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) گیاه نی مشاهده شد. میزان جیوه در ریشه گیاه نی در فصل بهار بالاترین غلظت (۷/۲۵±۰/۰۵ میکروگرم در کیلوگرم) را داشت، اما بالاترین مقدار آرسنیک در ریشه این گیاه در فصل پاییز (۲۱/۸۸±۱/۹۲ میکروگرم در کیلوگرم) به دست آمد. برای هر دو فلز پایین‌ترین غلظت برعکس بود، به‌عبارت‌دیگر پایین‌ترین میزان جیوه و آرسنیک در ساقه گیاه نی به ترتیب در فصول پاییز و بهار ۴/۰۶±۰/۰۵ و ۱۱/۸۸±۰/۹۵ میکروگرم در کیلوگرم به دست آمد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

جدول ۳: میانگین میزان سرب، کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)، جیوه و آرسنیک (میکروگرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در فصل بهار.

ایستگاه‌ها	منطقه تالاب	اندام‌های گیاه	کادمیوم	سرب	جیوه	آرسنیک
ایستگاه ۱	بخش شمالی	ریشه	۰/۰۳۵±۰/۰۰۱^{a}	۰/۷۳۸±۰/۰۰۵^{a}	۶/۷۸±۰/۰۴^{a}	۱۶/۵۰±۰/۹۶^{a}
		ساقه	۰/۰۲۹±۰/۰۰۲^{b}	۰/۶۹۷±۰/۰۰۴^{b}	۶/۰۲±۰/۰۴^{a}	۱۲/۶۶±۰/۸۸^{b}
		برگ	۰/۰۳۲±۰/۰۰۲^{c}	۰/۷۱۰±۰/۰۰۵^{c}	۶/۲۲±۰/۰۵^{a}	۱۴/۱۹±۰/۷۱^{c}
ایستگاه ۲	بخش مرکزی	ریشه	۰/۰۴۲±۰/۰۰۱^{d}	۰/۸۰۸±۰/۰۰۶^{d}	۷/۲۵±۰/۰۵^{a}	۱۹/۶۴±۱/۰۷^{d}
		ساقه	۰/۰۳۴±۰/۰۰۳^{a}	۰/۶۹۱±۰/۰۰۴^{e}	۶/۳۱±۰/۰۵^{a}	۱۵/۳۶±۰/۶۵^{a}
		برگ	۰/۰۴۱±۰/۰۰۳^{d}	۰/۷۷۵±۰/۰۰۶^{f}	۷/۰۴±۰/۰۴^{a}	۱۸/۶۰±۰/۸۲^{d}
ایستگاه ۳	بخش جنوبی	ریشه	۰/۰۳۸±۰/۰۰۱^{e}	۰/۷۷۵±۰/۰۰۵^{f}	۶/۶۲±۰/۰۳^{a}	۱۶/۹۳±۱/۶۲^{a}
		ساقه	۰/۰۲۹±۰/۰۰۱^{b}	۰/۶۱۴±۰/۰۰۵^{g}	۶/۱۰±۰/۰۴^{a}	۱۱/۸۸±۰/۹۵^{e}
		برگ	۰/۰۳۷±۰/۰۰۲^{e}	۰/۷۱۹±۰/۰۰۳^{h}	۶/۲۴±۰/۰۵^{a}	۱۵/۶۹±۱/۱۲^{a}

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

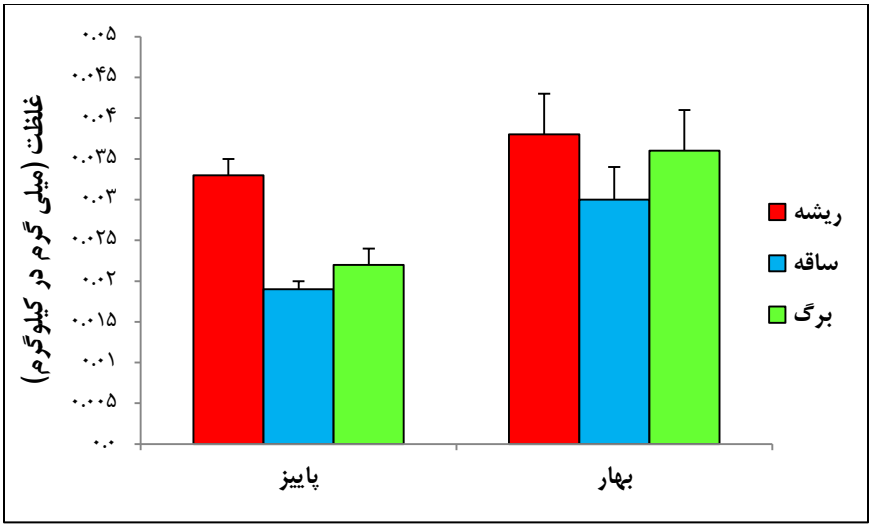
مقادیر محاسبه‌شده فاکتور انتقال در گیاه نی در تالاب ناصری در دو فصل بهار و پاییز در جدول ۴ ارائه‌شده است. شاخص انتقال کادمیوم، سرب و آرسنیک از اندام‌های زیرزمینی به اندام‌های بالایی گیاه نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد. پایین‌ترین شاخص انتقال کادمیوم، سرب و آرسنیک در ایستگاه ۱ بود. در مورد جیوه شاخص انتقال در ایستگاه ۲ و ۳ بالاتر به دست آمد، اما پایین‌ترین مقدار این شاخص در مورد فلز جیوه در گیاه نی در ایستگاه ۱ در فصل بهار بود.

جدول ٤: مقادیر محاسبه شاخص انتقال در گیاه نی (*Phragmites australis*) تالاب ناصری.

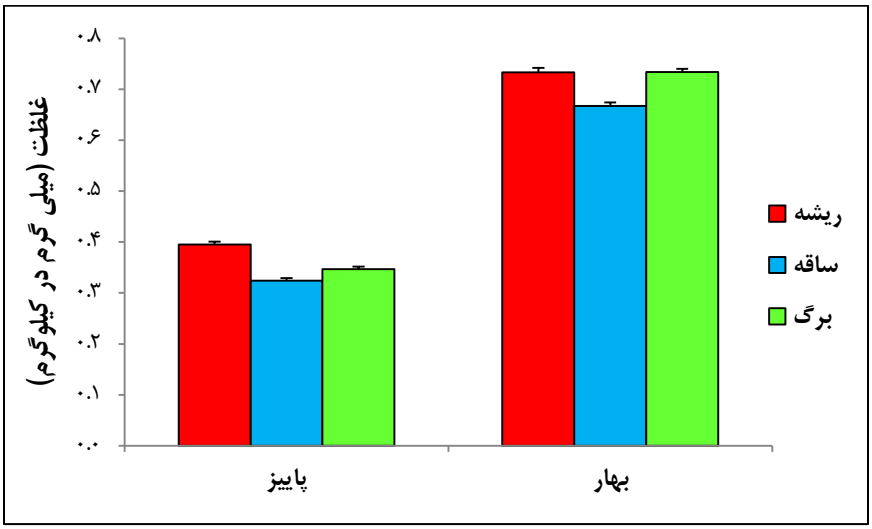
ایستگاه‌ها	فصل سال	کادمیوم	سرب	جیوه	آرسنیک
ایستگاه ۱	پاییز	۰/۴۶۲	۰/۸۳۰	۰/۹۵۳	۰/۷۶۴
	بهار	۰/۹۱۴	۰/۹۶۲	۰/۹۱۷	۰/۸۶۰
ایستگاه ۲	پاییز	۰/۹۴۴	۰/۹۱۳	۰/۹۲۷	۰/۸۴۵
	بهار	۰/۹۷۶	۰/۹۵۹	۰/۹۷۱	۰/۹۴۷
ایستگاه ۳	پاییز	۰/۹۶۲	۰/۹۲۶	۰/۹۷۱	۰/۸۶۲
	بهار	۰/۹۷۳	۰/۹۲۷	۰/۹۴۲	۰/۹۲۶

الگوی تجمع فلزات کادمیوم و سرب در اندام‌های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به‌صورت ریشه > برگ > ساقه بود. میزان تجمع کادمیوم و سرب در گیاه آبزی نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد. میانگین میزان کادمیوم در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی در فصل پاییز به ترتیب ۰/۰۰۲±۰/۰۳۳، ۰/۰۰۱±۰/۰۱۹ و ۰/۰۰۲±۰/۰۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در فصل بهار ۰/۰۰۵±۰/۰۳۸، ۰/۰۰۴±۰/۰۳۰ و ۰/۰۰۵±۰/۰۳۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین میزان سرب در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی در فصل پاییز به ترتیب ۰/۰۰۶±۰/۳۹۵، ۰/۰۰۵±۰/۳۲۴ و ۰/۰۰۵±۰/۳۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم و در فصل بهار ۰/۰۰۹±۰/۷۷۳، ۰/۰۰۷±۰/۶۶۷ و ۰/۰۰۶±۰/۷۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. میانگین غلظت سرب و کادمیوم در ریشه بالاتر از برگ و ساقه مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]



شکل ۳: مقایسه غلظت کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در دو فصل پاییز و بهار (حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)).

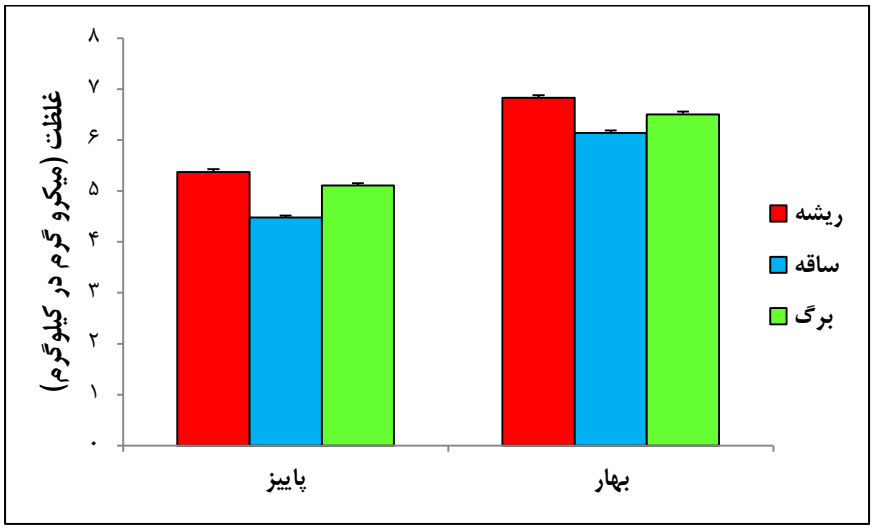


شکل ٤: مقایسه غلظت سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در دو فصل پاییز و بهار (حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)).

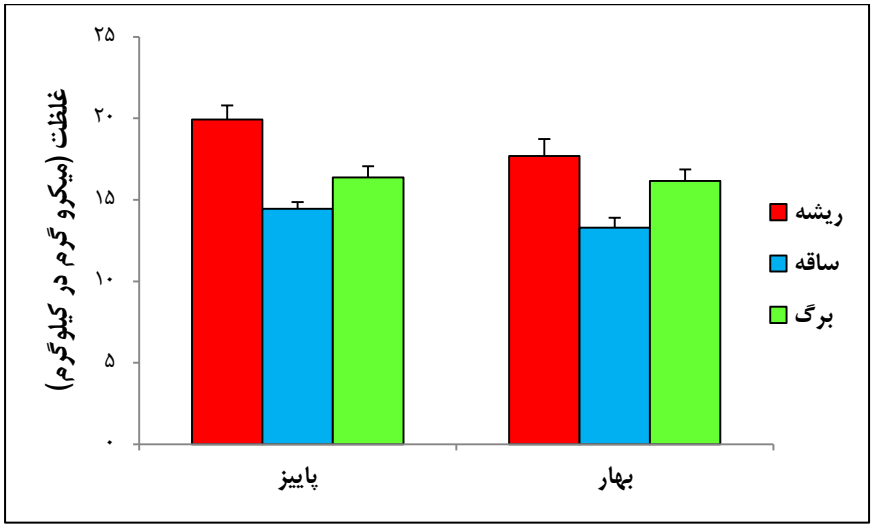
الگوی تجمع فلزات جیوه و آرسنیک نیز در اندام‌های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به‌صورت ریشه > برگ > ساقه بود. میزان تجمع جیوه در گیاه آبزی نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد، اما در مورد آرسنیک میزان تجمع در این گیاه آبزی در فصل بهار پایین‌تر بود. میانگین میزان جیوه در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی در فصل پاییز به ترتیب ۰/۰۶±۵/۳۷، ۰/۰۴±۴/۴۸ و ۰/۰۴±۵/۱۱ میکروگرم در کیلوگرم و در فصل بهار ۰/۰۵±۶/۸۳، ۰/۰۵±۶/۱۴ و ۰/۰۶±۶/۵۰ میکروگرم در کیلوگرم بود. میانگین میزان آرسنیک در ریشه، ساقه و برگ گیاه نی در فصل پاییز به ترتیب ۰/۸۷±۱۹/۹۳، ۰/۴۲±۱۴/۴۴ و ۰/۶۸±۱۶/۳۸ میکروگرم در کیلوگرم و در فصل بهار ۱/۰۴±۱۷/۶۹، ۰/۵۹±۱۳/۳۰ و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

۱۶/۱۶±۰/۷۱ میکروگرم در کیلوگرم به دست آمد. میانگین غلظت جیوه و آرسنیک در ریشه بالاتر از برگ و ساقه مشاهده شد (شکل‌های ۵ و ۶).



نمودار ۵: مقایسه غلظت جیوه (میکروگرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در دو فصل پاییز و بهار (حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)).



نمودار ٦: مقایسه غلظت آرسنیک (میکروگرم در کیلوگرم) در اندام‌های گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب ناصری در دو فصل پاییز و بهار (حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵)).

بحث و نتیجه‌گیری

در حال حاضر یکی از چالش‌های اساسی در زمینه محیطزیست، افزایش تدریجی غلظت فلزات سنگین در محیط به سبب عدم تجزیه آن‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. این‌گونه فلزات با توجه به داشتن خواص و اثرات بالقوه سیتوتوکسیک، کارسینوژنیک و موتاژنیک، مخاطرات جدی را بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده وارد می‌نمایند. در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان جهت پاک‌سازی محیط‌های آلوده به فلزات

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

سنگین به دلایل ارزانی و سادگی از توجه بسیار زیادی برخوردار گردیده است (امینی فر و رمرودی، ۱۳۹۲). یکی از روش‌های نوین گیاه‌پالایی، استخراج گیاهی (Phytoextraction) است که در آن از گیاهان آبزی تجمع دهنده فلز جهت پاک‌سازی محیط‌های حاوی مقادیر بالای فلزات سنگین استفاده می‌گردد (McGrath and Zhao, 2003). این گیاهان می‌توانند مقادیر مهمی از فلزات را در بخش هوایی و قابل‌برداشت خود مجتمع نمایند.

تالاب ناصری، یک تالاب انسان‌ساخت در حدود ۱۷ کیلومتری شمال غرب خرمشهر به‌موازات جاده اصلی اهواز ـ خرمشهر در غرب رودخانه کارون واقع‌شده است و تنها ورودی‌های این تالاب تخلیه پساب‌های کشاورزی حاصل واحدهای نیشکر میرزا کوچک خان و امیرکبیر هست. از مهم‌ترین منابع ورود فلزات سنگین سرب و کادمیوم به تالاب ناصری می‌توان به پساب واحدهای نیشکر، تردد خودروها در جاده‌های مجاور و آلودگی میادین نفتی اطراف اشاره نمود.

میانگین غلظت سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک در ریشه بالاتر از برگ و ساقه مشاهده شد. الگوی تجمع فلزات سرب، کادمیوم، جیوه و آرسنیک در اندام‌های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به‌صورت ریشه > برگ > ساقه بود. تجمع فلزات سنگین در گیاهان آبزی حاشیه‌ای مانند نی و لویی از الگوی ریشه > برگ > ساقه تبعیت می‌کند که این مطلب نتایج این تحقیق را تائید نمی‌کند (Calheiros *et al*., 2008; Bragato *et al*., 2009). گیاه آبزی نی از سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای برخوردار است که به‌خوبی با شرایط غیر هوازی 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 (Haslam, 2010; Meyerson *et al*., 2010). ریشه گیاه نی در جذب فلزات سنگین توانایی فوق‌العاده‌ای دارد، به‌طوری‌که میزان تجمع فلزات سنگین در این اندام نسبت به برگ و ساقه بالاتر است (قائنی و همکاران، ۱۳۹۳؛ رومیانی و همکاران، ۱۳۹۴). رومیانی و همکاران (۱۳۹۴) گیاه‌پالایی گیاهان آبزی *Potamogeton crispus*، *Polygonum hydropiper*، *Ceratophyllum demersum* و Phragmites *australis* رودخانه دز در تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس را مطالعه نمودند که ریشه گیاه نی و برگ گیاه پوتاموژتون در جذب فلزات سنگین از تفاوت معنی‌دار با سایر اندام‌های گیاهان برخوردار بودند. میزان فلزات سنگین موردمطالعه در برگ گیاه آبزی *Ceratophylum demersum* بالاتر از ریشه و ساقه به دست آمد و در ریشه گیاه *Phragmites australis* بالاتر از ساقه و برگ بود. در تحقیقات دیگر نیز یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان عناصر سنگین در ریشه گیاه نی بالاتر از اندام ساقه و برگ بوده است (افروس و لیاقت، ۱۳۹۰؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ قائنی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Bragato *et al*., 2009; Pha *et al*., 2014; Kanclerz *et al*., 2016).

میزان تجمع کادمیوم، سرب و جیوه در گیاه آبزی نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد. *فصل بهار، زمان رشد گیاه نی می‌باشد و معمولاً رشد این گیاه آبزی در فصول سرد متوقف می‌شود. یکی از عوامل تأثیرگذار بر تجمع فلزات سنگین در بافت‌های زنده فصول مختلف سال می‌باشند که انباشت غلظت فلزات سنگین به دلیل تبخیر و بارندگی و تغییرات در چرخه آب در اکوسیستم‌های آبی نوساناتی دارد و تحت تأثیر این مسئله می‌باشد.* به‌طورکلی دما باعث افزایش جذب فلزات سنگین می‌شود. همچنین افزایش دما سبب افزایش خاصیت سمی فلزات می‌شود (جعفر زاده حقیقی و فرهنگ، ۱۳۸۵؛ جلالی جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۶). میزان آرسنیک در اندام‌های گیاه نی در فصل پاییز بالاتر از فصل بهار بود. فاکتورهای زیست‌محیطی نظیر مقدار رس، ماده آلی، فسفر و کلسیم از عوامل مؤثر برجذب و تجمع فلزات سنگین در گیاه نی می‌باشند (Prasad and Hagemeyer, 1999). همچنین جذب یک فلز می‌تواند از راه رقابت در محل جذب تحت تأثیر حضور سایر عناصر معدنی و فلزات سمی قرار گیرد (Ying, 2005).

در مطالعه‌ای مشخص شد که تجمع فلزات سنگین به‌طور عمده در اواخر فصل رشد گیاه نی افزایش‌یافته بود (Bragato *et al*., 2006). در تحقیقی بر روی ۲۹ گونه گیاه آبزی نظیر گیاه نی میانگین میزان مس، منگنز و روی در گیاهان آبزی در فصل پاییز بالاتر از فصل بهار بود، اما میزان کادمیوم، کروم، سرب، آهن و نیکل در فصل بهار بالاتر گزارش‌شده است (Teuchies *et al*., 2013) که با نتایج تحقیق حاضر

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

هماهنگی دارد، اما در مطالعات بر روی گیاه آبزی لویی (*Typha Latifolia*) نشان داده است که تغییرات فصول مختلف سال تأثیری بر تجمع فلزات سنگین سرب و نیکل ندارد (عبدالخانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ عبدالخانی و عبودی، ۱۳۹۴) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. کمره‌یی و همکاران (۱۳۸۸) نیز تائید می‌کنند که آب رودخانه‌ها و تالاب‌ها در فصول کم باران و گرم سال به فلزات سنگین آلوده است و غلظت این آلاینده‌ها در فصول گرم نسبت به فصول بارانی افزایش بیشتری می‌یابد.

میزان کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در گیاه نی در فصل پاییز در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه ۲ و ۳ به دست آمد. میزان سرب در ایستگاه ۳ و میزان کادمیوم و جیوه در ایستگاه ۲ کمترین مقدار را داشت. دلیل اصلی این تفاوت در این است که ایستگاه بخش شمالی تالاب بیشتر تحت تأثیر پساب می‌باشد، درصورتی‌که در ایستگاه مرکزی و جنوبی تحت تأثیر پساب کمتر است و مقدار بالای فلزات سنگین را نشان داده است. در تابستان این پدیده تبخیر با شدت بیشتری تکرار شده، دلیل افزایش بیشتر در تابستان وجود مقدار کم آب نسبت به زمستان و همچنین افزایش فعالیت بسیاری از واحدهای نیشکر در این فصل می‌باشد که باعث افزایش بار آلودگی تالاب می‌شود. در فصل بهار میزان کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در ایستگاه ۲ بالاتر از ایستگاه ۱ و ۳ به دست آمد. پساب واحدهای نیشکر امیرکبیر و میرزا کوچک خان که در شرق جاده خرمشهر ـ اهواز قرار دارند باوجود ساخت کانال المهدی که قرار بود آب‌های این دو واحد را به خلیج‌فارس منتقل کند، به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده نیشکر و تأثیرگذارترین بخش روی محیط اطرافش در اراضی شمال شرق خرمشهر تحت عنوان حوضچه‌های تبخیری رها می‌شوند که به تالاب نیشکر یا همان تالاب ناصری معروف شده است. حجم پساب‌ها بسیار زیاد و علاوه بر موجودی نمک و شوری بالا، مقداری هم نهاده‌های کشاورزی مثل علف‌کش و فلزات سنگین در آن‌ها وجود دارد.

گیاه آبزی نی توانایی گیاه‌پالایی فلزات سنگین نظیر آهن، منگنز مس، سرب، کادمیوم و روی را دارد (Osma *et al*., 2015; Borowiak *et al*., 2016; Mahmoud and Ghoneim, 2016). الهی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که میزان عنصر آرسنیک در گیاه نی (*Phragmites australis*) تالاب زریوار در استان کردستان ۰/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بوده است. Kumari و Tripathi (۲۰۱۵) میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی، مس، آهن، نیکل و کروم را در دو گونه گیاه آبزی Phragmites *australis* و *Typha latifolia* را تعیین نمودند. میانگین میزان کادمیوم و سرب در گیاه *Phragmites australis* ۱/۶۱ و ۵/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در گیاه *Typha latifolia*۱/۴۲ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد. Kanclerz و همکاران (۲۰۱۶) تجمع فلزات سنگین کادمیوم و سرب را در *Phragmites australis* و *Typha angustifolia* را در حوزه آبخیز رودخانه Cybina تعیین نمودند. میزان این دو فلز در ریشه‌های گیاهان آبزی موردمطالعه بالاتر از سایر اندام‌های موردمطالعه بود. میزان سرب در اندام‌های گیاه آبزی *Typha angustifolia* بالاتر از *Phragmites australis* تعیین گردید. میزان کادمیوم در ریشه *Typha angustifolia* پایین‌تر از *Phragmites australis* بود. میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف در ریشه و برگ گیاه لویی (*Typha latifolia*) رودخانه اروند و بهمنشیر به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۱۳ میکروگرم بر گرم و میزان سرب ۵/۳۱ و ۱/۴۲ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری شد (قناد پور و همکاران، ۱۳۸۹). زارع رشکوییه و همکاران (۱۳۹۵) میزان برخی فلزات سنگین را در گیاه نی (*Phragmites australis*) سد خدا آفرین رودخانه ارس را مطالعه نمودند. غلظت کادمیوم و مس در گیاه آبزی نی به ترتیب ۳/۱۹ و ۲۰۶/۵ میکروگرم در گرم بود. میزان کادمیوم و سرب در ریشه گیاه نی ۰/۴۱ و ۵/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ این گیاه به ترتیب ۰/۲۱ و ۱/۱۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده است (رومیانی و جلیل زاده ینگجه، ۱۳۹۵). جذب و تجمع فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان آبزی متفاوت است، زیرا به محیط‌زیست، اکولوژی، زیست‌شناسی، فصول سال و نوع گیاه آبزی بستگی دارد (حسینی و سید نژاد، ۱۳۹۵؛ Salt *et al*., 1995; Skinner *et al*., 2007).

میزان تجمع جیوه در اندام‌های زیرزمینی و هوایی در محدوده شهرستان دزفول برای *Typha latifolia* ۱/۴۳ و ۰/۰۸۴، *Alisma plantgo* ۰/۸۱ و ۰/۰۳۷، *Phragmites australis* ۴/۷۶ و ۰/۰۴۶ و *Scirpus bulrush* ۱/۱۲ و ۰/۰۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش‌شده است. میزان تجمع جیوه در اندام‌های زیرزمینی و هوایی به ترتیب ۲/۰۸ و ۰/۰۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان جذب روزانه این

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

عنصر توسط گیاهان آبزی ۳۴/۶۷ و ۰/۸۶۵ میکروگرم بر گرم در روز بود (افروس و لیاقت، ۱۳۹۰). جذب بالای فلز جیوه توسط گیاهان احتمالاً به دلیل مکانیسم‌های سازگاری ویژه برای رشد در محیط‌های آلوده می‌باشد که به آن‌ها اجازه رشد و نمو در غلظت‌های بالای فلزات سنگین را می‌دهد که عامل مهمی در حذف فلزات از اکوسیستم‌های آبی هستند (Moreno *et al*., 2008; Mishra *et al*., 2009).

میزان جیوه و آرسنیک تجمع یافته در ریشه گیاه نی و لویی (*Typha latifolia*) در رودخانه دز بالاتر از ساقه و برگ بوده است (قائنی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین غلظت فلز آرسنیک در گیاه نی (*Phragmites australis*) سد خدا آفرین رودخانه ارس ۲۷۶/۸۳ میکروگرم در گرم گزارش‌شده است (زارع رشکوییه و همکاران، ۱۳۹۵). آرسنیک از طریق آب و گیاهان می‌تواند وارد زنجیره غذایی انسان شود این موضوع ارزش این مسئله را برای سلامتی انسان بسیار حائز اهمیت می‌کند (Akter *et al*., 2005; Zhu *et al*., 2013). گیاهان آبزی برای جذب این عنصر پتانسیل مناسبی دارند (الهی و همکاران، ۱۳۹۳؛ قائنی و همکاران، ۱۳۹۳).

در این پژوهش مقادیر محاسبه‌شده فاکتور انتقال در گیاه نی در تالاب ناصری در دو فصل بهار و پاییز کمتر از ۱ به دست آمد. چنانچه میزان فاکتور انتقال بین ۰/۰۱ تا ۱ باشد، میزان تجمع فلز در گیاه متوسط است (Kabata-Pendias and Pendias, 2000). شاخص انتقال کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در گیاه نی به ۱ بسیار نزدیک بود که این مسئله جذب و تجمع این دو فلز به‌وسیله گیاه نی را نشان می‌دهد. همچنین این امر بیانگر کارایی سیستم انتقال فلزات است که احتمالاً فلزات را در واکوئل برگ‌ها و آپوپلاست متوقف می‌کند (Sasmaz *et al*., 2008). افزایش غلظت سرب و 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 ضریب انتقال فلزات از اندام زیرزمینی به اندام هوایی را از مهم‌ترین عوامل افزایش آن در اندام هوایی گیاهان ذکر نمود (Bragato *et al*., 2006; Bragato *et al*., 2009). 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 این فلزات را دارد. Mc Grath و Zhao (۲۰۰۳) اظهار داشتند که نسبت انتقال در گیاهان انباشتگر بزرگ‌تر از ۱ و در گیاهان دافع کمتر از ۱ است.

مقایسه میزان سرب در گیاه نی در تالاب ناصری با استاندارد مربوط به این فلز در گیاهان (۳۰۰–۳۰ میکروگرم بر گرم) نشان داد که در دو فصل بهار و پاییز در گیاه نی مقادیر به‌دست‌آمده پایین‌تر از استاندارد بوده است (Chaney *et al*., 1997)، اما در مقایسه با استاندارد بیان‌شده توسط آلن (۳–۰/۰۵ میکروگرم بر گرم) بالاتر به دست آمد (Allen, 1989). استاندارد میزان کادمیوم در گیاهان ۷۰۰–۵ میکروگرم بر گرم بیان‌شده است (Chaney *et al*., 1997) که در مقایسه با غلظت این عنصر در گیاه نی پایین‌تر بود، اما استاندارد کادمیوم در مناطق غیر آلوده ۰/۳–۰/۰۱ میکروگرم بر گرم تعیین‌شده است (Allen, 1989) که مقادیر کادمیوم در گیاه نی بالاتر به دست آمد. میزان آرسنیک از مقادیر معمول جذب و تجمع این عنصر در گیاهان بالاتر بود (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه غلظت‌های استاندارد فلزات سرب و کادمیوم با مقادیر این عناصر در گیاه نی.

محدوده استانداردها	کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	آرسنیک (میکروگرم در کیلوگرم)	منابع
محدوده معمول در گیاهان	۰/۱–۲/۴	۰/۲–۲۰	۰/۱۵–۳/۷	Kabata-Pendias and Pendias, 2000; Klumpp and Peterson, 1979
محدوده بحرانی در گیاهان	۱۰–۳۰	۳۰–۳۰۰	-	Kabata-Pendias and Pendias, 2000
استاندارد مناطق غیر آلوده	۰/۰۱–۰/۳	۰/۰۵–۳	-	Allen, 1989

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

گیاه نی	۰/۰۱۵-۰/۰۵۴	۰/۲۵۲-۰/۸۰۸	۱۱/۸۸-۲۱/۸۸	مطالعه حاضر

بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان نمود که گیاه آبزی نی در فصول رشد میزان بالاتری مقادیر کادمیوم و سرب را جذب می‌کند. همچنین نی قدرت گیاه‌پالایی عناصر کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک را در ریشه، ساقه و برگ خود دارد. میزان فلزات سرب و کادمیوم در گیاه نی از حد سمیت و استاندارد در گیاهان کمتر به دست آمد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اعلام می‌دارند. شایان‌ذکر است کلیه اعتبار مالی این مقاله که مستخرج از طرح پژوهشی است، توسط حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تأمین‌شده است.

منابع

ابراهیمی، م.، جعفری، م.، ثواقبی،غ.ر.، آذرنیوند، ح.، طویلی، ع. و فرناندو، م.، ۱۳۹۱. بررسی گیاه‌پالایی گونه*Phragmites australis* در خاک-های آلوده به فلزات سنگین. نشریه تحقیقات مرتع، ۶ (۱): صفحات ۹-۱.

افروس، ش.ع. و لیاقت، ع.، ۱۳۹۰. ارزیابی توان گیاهان آبزی در جذب و کاهش میزان غلظت فلز سنگین جیوه از فاضلاب‌های صنعتی، مطالعه موردی: شهرستان دزفول. فصلنامه اکو بیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۳ (۹): صفحات ۵۷-۴۹.

الهی، م.، غریبی کانی‌پان، ش. و دوستی ایرانی، م.، ۱۳۹۳. بررسی غلظت آرسنیک در آب، رسوب، گیاه نی و ماهی کاراس در تالاب زریوار. فصلنامه علوم و مهندسی محیطزیست، ۱ (۲): صفحات ۸-۱.

امینی‌فر، ج. و رمرودی، م.، ۱۳۹۲. کارایی گیاه سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در پاک‌سازی محیط‌های آبی آلوده به عناصر سنگین و نیتروژن. همایش ملی پژوهش‌های محیطزیست ایران، همدان، دانشگاه شهید مفتح، ۷ ص.

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 زیست‌بوم گیاهان، ۱ (۳): صفحات ۴۶-۳۱.

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

جعفر زاده حقیقی، ن. و فرهنگ، م.، ۱۳۸۵. آلودگی دریا (ترجمه). انتشارات آوای قلم، چاپ اول، تهران، ۳۹۳ ص.

جلالی جعفری، ب. و آقازاده مشگی، م.، ۱۳۸٦. مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی. انتشارات مان کتاب، چاپ اول، تهران، ۱۳۴ ص.

چراغی، م.، دادالهی سهراب، ع.، صفاهیه، ع.ر.، غانمی، ک. و دورقی، ع.، ۱۳۹۱. بررسی تجمع فلزات سنگین در بستر، برگ و ریشه گیاه آبزی حرا (*Avicennia marina*) در استان خوزستان. مجله علوم و فنون دریایی، ۱۱ (۴): صفحات ۵۶-۴۶.

خنفریان، س. و سواری، ا.، ۱۳۹٤. بررسی تأثیر پساب صنایع نیشکر در افزایش مقدار آلودگی فلزات سنگین (روی، کادمیوم، سرب و کروم) در آب رسوب و گیاه (نی) تالاب شادگان. کنفرانس بین‌المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیطزیست، تهران، دانشکده محیطزیست دانشگاه تهران، ۱۱ ص.

رومیانی، ل.، حکیمی مفرد، ر. و جلیلی، س.، ۱۳۹٤. گیاه‌پالایی گیاهان آبزی*Potamogeton crispus*، *Polygonum hydropiper*، *Ceratophyllum demersum* و *Phragmites australis* رودخانه دز، در تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس. فصلنامه اکو بیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۷ (۲۳): صفحات ۳۸-۲۹.

رومیانی، ل. و جلیل زاده ینگجه، ر.، ۱۳۹۵. مطالعه پتانسیل جذب فلزات سنگین به‌وسیله گیاهان آبزی در رودخانه دز. مجله اکو هیدرولوژی، ۳ (۱): ۱۴۰-۱۳۳.

زارع رشکوییه، م.، حمیدیان، ا.ح.، پورباقر، ه. و اشرفی، س.، ۱۳۹۵. بررسی تجمع فلزات سنگین مس، کادمیوم و آرسنیک در رسوب و آبزیان سد خدا آفرین. نشریه دامپزشکی در پژوهش و سازندگی، ۱۱۰: صفحات ۸۰-۷۲.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

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 ص.

عبدالخانی، ر. و عبودی، ج.، ۱۳۹٤. تعیین میزان تجمع فلز نیکل در گیاه لویی (*Typha Latifolia*) و رسوبات رودخانه شاوور. اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیطزیست ایران، اردبیل، مرکز پژوهشی زمین کاو، ۵ ص.

عسکری ساری، ا. و ولایت زاده، م.، ۱۳۹۳. فلزات سنگین در آبزیان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، چاپ اول، اهواز. ۳۸۰ ص.

علیزاده، م. و بیطرف، ا.، ۱۳۸٦. راهنمای گیاهان آبزی (ترجمه). انتشارات موج سبز، چاپ اول، تهران. ۷۲ ص.

قائنی، م.، رومیانی، ل. و صفرخانلو، ل.، ۱۳۹۳. بررسی میزان آرسنیک، جیوه، روی و مس در گیاهان آبزی کارا (*Chara sp.*)، نی (*Phragmites australis*)، لویی (*Typha latifolia*) و پیزور (*Scirpus bulrush*) در رودخانه دز. فصلنامه اکو بیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۶ (۲۲): صفحات ۴۹-۵۸.

قناد پور، ج.، زند مقدم، ا. و صفاهیه، ع.ر.، ۱۳۸۹. تجمع فلزات سنگین سرب، روی، نیکل و کادمیوم در گیاه لویی (*Typha latifolia*) و رسوبات رودخانه اروند و بهمنشیر در فصل زمستان. فصلنامه اکو بیولوژی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۲ (۵): صفحات ۳۶-۲۹.

قناد پور، 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 بهمنشیر در فصل بهار. پنجمین همایش تخصصی محیطزیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیطزیست، ۱۰ ص.

کمره‌یی، ب.، میرحسینی، س.ح.، جعفری، ع.، عسکری، ق.، بیرجندی، م. و رستمی، ز.، ۱۳۸۸. اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، باریم، کادمیوم، جیوه، سرب، کروم) در منابع آب و رودخانه شهر بروجرد در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷. فصلنامه علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، ۱۱ (۴): صفحات ۵۱-۴۵.

ولایت زاده، م. و نجفی، م.، ۱۳۹۲. اکولوژی رودخانه‌ها و تالاب‌های استان خوزستان. انتشارات ترقی، چاپ اول، ۱۸۸ ص.

ولایت زاده، م.، ۱۳۹۵. اثرات زیست‌محیطی تالاب انسان‌ساخت و مصنوعی ناصری (نیشکر) در استان خوزستان. کنفرانس بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران-های زیست‌محیطی ایران، ۶ ص.

Ahmad, A. K. and Shuhaimi-Othman, M., 2010. Heavy metal concentration in sediments and fishes from Lake Chini, Pahang, Malaysia. Journal of Biological Sciences, 10 (2): 93-100.

Akter, K. F., Owens, G., Davey, D. E. and Naidu, R., 2005. Arsenic speciation and toxicity in biological systems. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 184: 97–149.

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

Ananth, S., Mathivanan, V., Aravinth S. and Sangeetha, V., 2014. Impact of Arsenic metal toxicant on biochemical changes in the grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. International Journal of Modern Research and Reviews, 2 (2): 74-78.

Asha, P. S., Krishnakumar, P. K., Kaladharan, P., Prema, D., Diwakar, K. and Valsalaand, K.K.G., 2010. Heavy metal concentration in sea water, sediment and bivalves off Tuticorin. Journal Marine Biological Association India, 52 (1): 48-54.

ASTM, 2000. Annual book of ASTM Standards ASTM. Vol:11. 01, pp. D1971-95. D-4691-96.

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.

Borowiak, K., Kanclerz, J., Mleczek, M., Lisiak, M. and Drzewiecka, K., 2016. Accumulation of Cd and Pb in water, sediment and two littoral plants (*Phragmites australis*, *Typha angustifolia*) of freshwater ecosystem. Archives of Environmental Protection, 42 (3): 47-57.

Bragato, C., Brix, H. and 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.

Bragato, C., Schiavon, M., Polese, R., Ertani, A., Pittarello, M. and Malagoli, M., 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.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

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*. Archives of ***Environmental Contamination*** and ***Toxicology***, 55: 404–414.

Chaney, R. L., Malik, M., Li, Y. M., Brown, S. L., Brewer, E. P., Angle, J.S. and Baker, A. J. M., 1997. Phytoremediation of soil metals. Current Opinion in Biotechnology, 8(3): 279-284.

Cronquist, A., 1988. The evolution and classification of flowering plants. Oxford university press.

Haslam, S. M., 2010. A Book of Reed*:* (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, Formerly Phragmites communis *Trin.*). Forrest Text, Cardigan, GB, 254 pp.

Holdredge, C., Bertness, M. D., von Wettberg, E. and Silliman, B. R., 2010. Nutrient enrichment enhances hidden differences in phenotype to drive a cryptic plant invasion. Oikos, 119: 1776–1784.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 2000. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edit, Bocaraton New York, CRC Press.

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, pp. 322-336.

Klumpp, D. W. and 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.

Kumari, M. and Tripathi, B. D., 2015. Effect of Phragmites australis and *Typha latifolia* on biofiltration of heavy metals from secondary treated effluent. *International Journal of Environmental Science* and *Technology*, 12: 1029–1038.

League, M. T., Colbert, E. P., Seliskar, D. M. and Gallagher, J. L., 2006. Rhizome growth dynamics of native and exotic haplotypes of *Phragmites australis* (common reed). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 29: 269–276.

Mahmoud, E. K. and Ghoneim, A. K., 2016. Effect of polluted water on soil and plant contamination by heavy metals in El-Mahla El-Kobra, Egypt. Solid Earth, 7: 703–711.

McGrath, S. P. and Zhao, F. J., 2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Current Opinion Biotechnology, 14: 277-282.

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.

Miloskovic, A. and Simic, V., 2015. Arsenic and other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. Polish Journal of Environmental Studies, 24 (1): 199-206.

Mishra, V. K., Tripathi, B. D. and Kim, K. H., 2009. Removal and accumulation of mercury by aquatic macrophytes from an open cast coal mine effluent. Journal of Hazardous Materials, 172 (2): 749-754.

Moreno, F. N., Anderson, C. W., Stewart, R. B. and Robinson, B. H., 2008. Phytofiltration of mercury-contaminated water: volatilisation and plant-accumulation aspects. Environmental and Experimental Botany, 62 (1): 78-85.

Osma, E., Ihlan, V. and Yalcin, I. E., 2015. Uptake of selected heavy metals and their effects on some physiologic parameters and mineral nutrition in *Phragmites australis* in Karasu river-Turkey. Global NEST Journal, 17(3): 555-564.

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.

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.

Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. and Mou, Z., 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish species from Northeast China. Food Control, 50: 1-8.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]

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.

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

Skinner, K., Wright, N. and Porter-Goff, E., 2007. Mercury uptake and accumulation by four species of aquatic plants. Environmental Pollution, 145: 234-237.

Teuchies, J., Jacobs, S., Oosterlee, L., Bervoets, L. and Meire, P., 2013. Role of plants in metal cycling in a tidal wetland: Implications for phytoremidiation. Science of the Total Environment, 445 & 446: 146–154.

Ying, M., 2005. Monitoring of heavy metals in the Bottlary river using *Typha capensis* and *Phragmites australis*. Msc Thesis, Depatment of Biodiversity and Conservation Biology, University of the Western Cape, pp. 1-90.

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.

Zhu, F., Wang, X. and Fan, W., 2013. Assessment of potential health risk for arsenic and heavy metals in some herbal flowers and their infusions consumed in China. Environmental Monitoring and Assessment, 185: 3909–3916.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-09]