JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2025; 17(1): 43-55 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Original Article

Assessment of heavy metals in Nasseri Wetland based on the biological indicator of Transfer Factor in aquatic plants *Typha latifolia* and *Phragmites australis*

Azita Koushafar [1*], Mohammad Velayatzadeh [2]

1. Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Industrial Safety Department, Caspian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.

Article history:

Received: 9 February 2025
Revised: 15 April 2025
Accepted: 23 April 2025
ePublished: 29 April 2025

***Corresponding author:** Azita Koushafar, Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

E-mail: Azitakoosh1348@gmail.com

Abstract

Aquatic plants are among the biological indicator groups that can absorb and accumulate heavy metals and can be used for monitoring heavy metals. This study aimed to assess the heavy metals copper, iron, zinc, lead, chromium, molybdenum, manganese and magnesium in the leaves, stems and roots of aquatic plants Typha latifolia and Phragmites australis. In the spring, 36 samples of reed and sedge plants were sampled from 3 stations of Nasseri Wetland in Khuzestan Province. Chemical digestion of leaves, stems and roots of plants was performed by dry digestion and heavy metals method using ICP-OES model Varian 710-ES made in the USA. The highest concentration of heavy metals related to magnesium was obtained in the roots of reed and sedge plants (1064.13 and 1293.20 mg/kg, respectively). The lowest metal values were also related to lead in the stems of sedge plants and leaves of reed plants (0.11 and 0.12 mg/kg, respectively). The transfer factor of iron, chromium, manganese and magnesium metals was lower than 1. For lead, copper and zinc metals, the transfer factor in aquatic reed plants was higher than 1, but was lower than 1 in sedge plants. The concentrations of copper, iron, zinc, lead, chromium, manganese and magnesium in the leaves, stems and roots of reed and lui in the studied stations of Nasseri Wetland were significantly different ($P<0.05$), but the amounts of molybdenum in the leaves, stems and roots of reed and lui did not show a significant difference ($P>0.05$). Reed and lui aquatic plants absorbed different concentrations of heavy metals copper, zinc, lead, chromium, magnesium, manganese and molybdenum and accumulated them in the leaves, stems and roots. Therefore, considering the metal transport factor, it can be stated that reed and lui have the ability to absorb and accumulate metals in their roots and leaves.

Keywords: Heavy metals, aquatic plants, transport factor, wetland aquatic animals, aquatic ecosystems

Please cite this article as follows: Koushafar A, Velayatzadeh M. Assessment of heavy metals in Nasseri Wetland based on the biological indicator of Transfer Factor in aquatic plants *Typha latifolia* and *Phragmites australis*. J Mar Biol, 2025; 17(1): 43–55. DOI:

Copyright © 2025 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله اصلی

ارزیابی فلزات سنگین تالاب ناصری بر اساس شاخص زیستی فاکتور انتقال (Transfer Factor) در گیاهان آبزی لویی (*Typha latifolia*) و نی (*Phragmites australis*)

آزیتا کوشافر[1*]، محمد ولایت‌زاده[2]

۱. گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. گروه ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی کاسپین، قزوین، ایران.

چکیده

گیاهان آبزی جزء گروه های شاخص زیستی هستند که می توانند فلزات سنگین را جذب و انباشته کرده و برای پایش فلزات سنگین استفاده شوند. این پژوهش با هدف ارزیابی فلزات سنگین مس، آهن، روی، سرب، کروم، مولیبدن، منگنز و منیزیم در برگ، ساقه و ریشه گیاهان آبزی نی (*Typha latifolia*) و لویی (*Phragmites australis*) انجام شد. در فصل بهار تعداد ۳۶ نمونه گیاه نی و لویی از ۳ ایستگاه تالاب ناصری در استان خوزستان نمونه برداری شد. هضم شیمیایی برگ، ساقه و ریشه گیاهان به روش هضم خشک و فلزات سنگین به وسیله دستگاه ICP-OES مدل Varian 710-ES ساخت کشور آمریکا انجام گردید. بالاترین غلظت فلزات سنگین مربوط به منیزیم در ریشه گیاه نی و ریشه گیاه لویی به ترتیب ۱۰۶۴/۱۳ و ۱۲۹۳/۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم به دست آمد. پایین‌ترین مقادیر فلزات نیز مربوط به سرب در ساقه گیاه لویی و برگ گیاه نی به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. فاکتور انتقال فلزات آهن، کروم، منگنز و منیزیم پایین تر از ۱ به دست آمد. درمورد فلزات سرب، مس و روی فاکتور انتقال در گیاه آبزی نی بالاتر از ۱ بود، اما در گیاه لویی پایین تر از ۱ مشاهده شد. غلظت مس، آهن، روی، سرب، کروم، منگنز و منیزیم در برگ، ساقه و ریشه نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه تالاب ناصری اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$)، اما مقادیر فلز مولیبدن در برگ، ساقه و ریشه نی و لویی اختلاف معنی داری را نشان نداد ($P>0.05$). گیاهان آبزی نی و لویی غلظت های مختلفی از فلزات سنگین مس، روی، سرب، کروم، منیزیم، منگنز و مولیبدن را جذب و در برگ، ساقه و ریشه انباشت کردند. بنابراین با توجه به فاکتور انتقال فلزات چنین می توان بیان کرد که نی و لویی توانایی جذب و انباشت فلزات را در ریشه و برگ خود دارند.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، گیاهان آبزی، فاکتور انتقال، آبزیان تالابی، اکوسیستم های آبی

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۱/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۲/۳
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۲/۹

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: آزیتا کوشافر، گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

ایمیل:
Azitakoosh1348@gmail.com

استناد: کوشافر، آزیتا؛ ولایت‌زاده، محمد. ارزیابی فلزات سنگین تالاب ناصری بر اساس شاخص زیستی فاکتور انتقال (Transfer Factor) در گیاهان آبزی لویی (*Typha latifolia*) و نی (*Phragmites australis*) . مجله زیست شناسی دریا، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۷(۱):۴۳-۵۵

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

گیاهان آبزی از نظر شکل زندگی، بوم‌شناسی و ترجیحات زیستگاهی، گروه بسیار متغیری از گیاهان را تشکیل می‌دهند. این گروه شامل گیاهانی است که به طور دائم یا دوره‌ای در آب غوطه‌ور، شناور یا خزه‌ها، سرخس‌ها و نهاندانگان و ماکروجلبک‌های رشته‌ای زندگی می کنند (Polechonska and Klink, 2025). گیاهان آبزی اجزای اصلی اکثر انواع اکوسیستم‌های آبی هستند که نقش مهمی در شکل‌دهی محیط فیزیکی و شیمیایی و همچنین ایجاد ساختار و عملکرد زیستی ایفا می‌کنند. گیاهان آبزی تعداد قابل توجهی از جایگاه‌های اکولوژیکی را فراهم می‌کنند و به عنوان تولیدکنندگان اولیه، اساس شبکه غذایی را تشکیل می‌دهند (Chaurasia, 2022). گیاهان آبزی در تنظیم دسترسی به مواد مغذی و کنترل یوتریفیکاسیون و تصفیه آب نقش دارند که می‌تواند در گیاه‌پالایی مورد استفاده قرار گیرد. نکته مهم این است که گیاهان آبزی به عنوان شاخص‌های زیستی و پایشگرهای زیستی شناخته می‌شوند، زیرا به انواع شرایط محیطی و آلاینده‌ها پاسخ می‌دهند (Fonge *et al.*, 2025). فلزات سنگین در محیط‌های آبی مانند تالاب‌ها به دلیل سمیت، پایداری و تمایل به انباشت زیستی دارای اهمیت فراوان هستند که گیاهان آبزی به عنوان یکی از مخازن مهم و اصلی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی هستند (Angon *et al.*, 2024) و گونه‌های مختلف گیاهان آبزی مقادیر متغیری از فلزات سنگین مختلف را در بافت‌های خود جذب و انباشته می‌کنند (Uddin *et al.*, 2021). در حقیقت گونه های متعدد درختان، درختچه ها و گیاهان آبزی ظرفیت‌های قابل توجهی برای انباشت فلزات سنگین دارند. قابلیت دریافت و جذب فلزات سنگین توسط گیاهان آبزی به طور کلی در گونه های مختلف بسته به شرایط بوم شناسی، زیستی و شیمیایی اکوسیستم آبی متفاوت است و تحت تأثیر گونه‌های گیاهی و محیط آبی قرار می‌گیرد (خزایی و همکاران، ۱۴۰۳؛ Angon *et al.*, 2024). گیاهان آبزی می‌توانند مقادیر زیادی از فلزات را از آب یا رسوبات از طریق جذب فعال و غیرفعال جذب کنند و با این ظرفیت جذب فلزات از طریق اندام‌های مختلف مانند ریشه، ساقه و برگ، گیاهان برای تغییرات فلزات سنگین در محیط آبی را به عنوان شاخص زیستی مناسب می‌کند (Chaurasia, 2022). علاوه بر این، اندازه‌گیری انباشت فلزات سنگین در گیاهان آبزی می‌تواند اطلاعات یکپارچه زمانی در مورد وجود فلزات در اکوسیستم‌های آبی ارائه دهد (Angon *et al.*, 2024).

آلودگی فلزات سنگین به دلیل آثار مختلف و متعدد بهداشتی، بوم شناسی، زیستی و سلامتی برای موجودات زنده و انسان اهمیت فراوانی دارند و مطالعات و تحقیقات فراوانی درمورد این آلاینده ها در منابع مختلف محیط زیست نظیر آب، خاک، رسوبات و آبزیان انجام شده است (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ ولایت‌زاده، و کوشافر، ۱۳۹۸؛ خزایی و همکاران، ۱۴۰۳؛ Uddin *et al.*, 2021; Angon *et al.*, 2024; Fonge *et al.*, 2025; Polechonska and Klink, 2025). فلزات سنگین به دلیل نیمه عمر زیستی طولانی، عدم تجزیه‌پذیری زیستی و پایداری محیطی، نقش کلیدی در اختلال در اکوسیستم‌های آبی دارند و در نتیجه به پیامدهای مخرب اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کمک می‌کنند (Fonge *et al.*, 2025). برخی از فلزات سنگین از مکانی به مکان دیگر مهاجرت می‌کنند و منجر به تغییر در چشم‌انداز و همچنین تراکم بالا در برخی از تالاب ها می‌شوند (ولایت‌زاده و کوشافر، ۱۳۹۸). آلودگی اکوسیستم‌های آبی و زمینی با فلزات سنگین سمی یک مشکل زیست‌محیطی با نگرانی در مورد سلامت عمومی است. آلاینده‌های موجود در محیط زیست به عنوان آلاینده‌های آلی و معدنی طبقه‌بندی می‌شوند که هر دسته دارای طیف وسیعی از سطوح سمی هستند (Uddin *et al.*, 2021). از این میان، آلاینده‌های معدنی مانند فلزات سنگین به دلیل ویژگی‌های خاص اکسیداسیون ـ احیا، قابلیت تشکیل کمپلکس و حلالیتشان، خطرهای مهم و عمده‌ای دارند (Polechonska and Klink, 2025). این فلزات چگالی بالاتری نسبت به اکثر فلزات با وزن اتمی کم دارند و حتی در سطوح بسیار پایین نیز سمی هستند (Angon *et al.*, 2024).

منابع ورود فلزات سنگین به محیط زیست را می‌توان به دو گروه گسترده به عنوان منابع طبیعی و منابع انسانی طبقه‌بندی کرد. منابع طبیعی شامل هوازدگی مواد معدنی خاک، ذرات آتشفشانی، گرد و غبار ناشی از باد، نمک دریا و آتش‌سوزی‌های جنگلی است (Sigamani *et al.*, 2024). طیف وسیعی از منابع انسانی شامل فعالیت‌های صنعتی و زباله‌های تولیدی آن ها (تولید باتری، محصولات فلزی، ذوب فلزات، صنایع پوشش کابل و رنگ و پلاستیک)، لجن فاضلاب، کوره‌های آجرپزی، مواد شیمیایی کشاورزی (آفت‌کش‌ها و کودها)، آبیاری با فاضلاب، انتشار سوخت‌های فسیلی، نیروگاه‌ها (احتراق زغال سنگ) می‌شود، اما محدود به آن ها نیست. علاوه بر این، معدن‌کاری و فرآوری صنعتی برای استخراج

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

منابع معدنی و کاربردهای بعدی آن ها برای توسعه صنعتی، کشاورزی و اقتصادی منجر به افزایش تحرک این عناصر در محیط زیست و اختلال در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی آن ها شده است (Mokarram *et al*., 2021; Uddin *et al*., 2021). در میان فلزات سنگین، کادمیوم، آرسنیک، کروم، سرب، مس، روی و جیوه باعث آسیب قابل توجهی به اکوسیستم‌های آبی می‌شوند. نشان داده شده است که تجمع فلزات سنگین در بدن انسان اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان دارد. فلزات سنگینی که احتمالاً باعث عوارض جانبی می‌شوند شامل آهن، آلومینیوم، جیوه، کادمیوم و آرسنیک هستند (فیروزشاهیان و همکاران، ۱۳۹۸). این فلزات می‌توانند از طریق روش‌های مختلفی مانند پوست یا استنشاق یا دریافت فلزات سنگین از طریق آب آشامیدنی و غذای آلوده وارد بدن شوند. فلزات سنگین همچنین می‌توانند با ترکیبات خاصی در بدن مانند اکسیژن و کلرید واکنش نشان دهند و اثرات سمی خود را اعمال کنند (Johnson and Newman, 2011). قرار گرفتن مداوم در معرض فلزات سنگین می‌تواند منجر به عدم تعادل در بدن شود، زمانی که فلزات سنگین در بدن تجمع می‌یابند و به عنوان جایگزین عناصر ضروری استفاده می‌شوند (Isaac and Kerber, 1971). انسان‌هایی که در معرض مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین قرار می‌گیرند، ممکن است طیف وسیعی از علائم و بیماری‌ها را هم در کوتاه مدت و هم در درازمدت نشان دهند (Penanes *et al*., 2021). این موارد ممکن است بر سیستم‌های مختلف بدن انسان مانند سیستم‌های ریوی، کلیوی، گوارشی، پوستی، عصبی و غیره تأثیر بگذارند و منجر به بیماری‌هایی مانند مشکلات قلبی عروقی، افسردگی، نارسایی خونی، گوارشی و کلیوی، آسیب عصبی، پوکی استخوان، اختلال عملکرد لوله‌های کلیوی و گلومرولی و سرطان‌های مختلف شوند (Balali-Mood *et al*., 2021). علاوه بر این، ممکن است به دلیل کاهش مواد مغذی ضروری در بدن، کمبود دفاع ایمنی مشاهده شود. مسمومیت با فلزات سنگین اثرات نامطلوبی در نوزادان، کودکان و نوجوانان دارد که ممکن است منجر به چالش‌های رشدی و کاهش ضریب هوشی شود (Rahman and Singh, 2019). مصرف طولانی مدت سطوح بالای فلزات سنگین از طریق غذای آلوده ممکن است باعث تجمع مزمن فلزات سنگین در کبد، کلیه و استخوان‌های انسان شود و در نتیجه بیماری‌های کلیوی، قلبی عروقی، عصبی و استخوانی ایجاد کند. علاوه بر این، فلزات سنگین همچنین ممکن است باعث ایجاد معلولیت‌های مادرزادی شوند و مسئول وزن کم هنگام تولد نوزادان و زایمان زودرس باشند (Johnson and Newman, 2011; Penanes *et al*., 2021). برخی از فلزات سنگین به ویژه منگنز، کبالت، مس، نیکل و روی در غلظت‌های خاصی در انسان به عنوان عناصر ضروری عمل می‌کنند، اما در صورت قرار گرفتن در معرض دوزهای بالاتر، مضر می‌شوند، در حالی که فلزاتی نظیر کادمیوم، سرب، کروم، آرسنیک و جیوه حتی در مقادیر کم نیز ممکن است اثرات سرطان‌زا داشته باشند (Balali-Mood *et al*., 2021).

بررسی فلزات سنگین در گیاه نی (*Phragmites australis*) رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز نشان داد که این گونه توانایی جذب، انباشت و انتقال زیستی فلزات کادمیوم، سرب و نیکل را دارد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین میانگین غلظت کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در ریشه گیاه نی (*Phragmites australis*) تالاب ناصری بالاتر از برگ و ساقه و الگوی انباشت فلزات کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در اندام های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به صورت ریشه>برگ>ساقه گزارش شده است (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیقی پژوهشگران گزارش کردند که گیاهان لویی (*Typha latifolia*) و علف هفت بند (*Polygonum aviculare*) توانایی جذب و انباشت فلزات سرب و نیکل را دارند (مترقی و پاینده، ۱۴۰۰). بررسی فلزات سنگین در دو گونه گیاه آبزی گیاه نی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) در تالاب هورالعظیم نشان داد این دو گیاه آبزی درمورد فلزات نیکل، سرب و کادمیوم انباشتگر هستند و قابلیت جذب و انباشته شدن فلزات در برگ، ساقه و ریشه خود را دارند (فیروزشاهیان و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه دیگری بر روی فلزات سنگین ۱۶ خانواده گیاهان آبزی گزارش شد که فلز روی نسبت به سایر فلزات قابلیت جذب و انباشت بالاتری دارد (سوری، ۱۳۹۹).

این پژوهش با هدف ارزیابی فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان آبزی نی و لویی در تالاب ناصری استان خوزستان با استفاده از فاکتور انتقال فلزات در بافت های گیاهی، بررسی توانایی دو گونه گیاه آبزی نی و لویی در انباشت فلزات سنگین، مقایسه غلظت فلزات سنگین در اندام های گیاهان آبزی نی و لویی و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در تالاب ناصری به واسطه شاخص های زیستی نی و لویی انجام شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

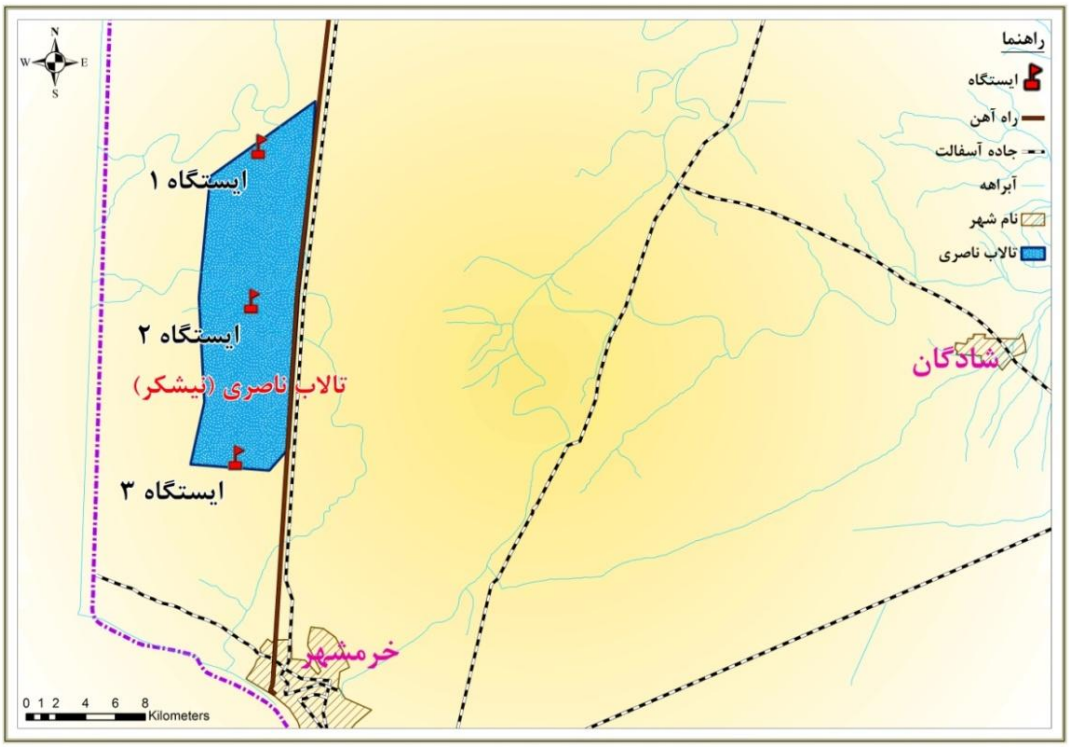
نمونه‌های گیاه آبزی لویی و نی از ۳ ایستگاه در تالاب ناصری استان خوزستان با ۳ تکرار جمع آوری شدند (جدول ۱). تالاب ناصری در جنوب شهر اهواز در مسیر جاده خرمشهر قرار دارد (شکل ۱). تعداد ۳ نمونه گیاه لویی و ۳ نمونه گیاه نی از هر ایستگاه در فصل تابستان جمع‌آوری شد. در مجموع ۱۸ قطعه گیاه لویی و ۱۸ قطعه گیاه نی از تالاب ناصری نمونه‌برداری گردید. گیاهان آبزی از عمق ۵۰ سانتیمتری تا ۱۰۰ سانتیمتری تالاب به وسیله یک بیلچه و چنگک تک سر متصل به یک میله به طول ۲ متر جمع آوری شدند. چنگک و بیلچه با دسته عمود بر سطح آب را داخل آب فرود آورده تا سر چنگک و بیلچه به رسوب برسد. هر نمونه گیاه از حدود ۰/۰۹متر مربع رسوب جمع آوری شد. همه گیاهان جمع آوری شده در یک کیسه پلاستیکی برچسب دار قرار داده، آب اضافی تخلیه و نمونه ها روی یخ ذخیره و به آزمایشگاه منتقل شدند (Johnson and Newman, 2011).

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب ناصری (خرمشهر)

نام ایستگاه	منطقه تالاب	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	بخش شمالی	۴۸ درجه و ۸ دقیقه و ۳۱ ثانیه	۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه و ۵۱ ثانیه
ایستگاه ۲	بخش مرکزی	۴۸ درجه و ۸ دقیقه و ۲۲ ثانیه	۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه و ۱۳ ثانیه
ایستگاه ۳	بخش جنوبی	۴۸ درجه و ۷ دقیقه و ۵۲ ثانیه	۳۰ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۱ ثانیه

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب ناصری (خرمشهر)

سنجش فلزات سنگین

هضم شیمیایی برگ، ساقه و ریشه گیاهان به روش هضم خشک انجام شد (Isaac and Kerber, 1971). جهت تعیین فلزات سنگین از دستگاه ICP-OES مدل Varian 710-ES ساخت کشور آمریکا استفاده گردید. طیف‌سنجی ICP-OES روشی است که برای تجزیه و تحلیل فلزات با اندازه‌گیری انتشار نور با طول موج‌های مشخصه زمانی که فلز در معرض جریان الکتریکی قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود و مزایای توانایی شناسایی عناصر متعدد، سریع، حساس و توانایی تشخیص سطوح دقیقه را فراهم می کند. این روش دارای حساسیت، حد تشخیص و مزاحمت‌های طیفی و شیمیایی کمتری نسبت به سایر روش‌های نشری است (Penanes *et al*., 2021).

روش محاسبه فاکتور انتقال

فاکتور انتقال با تقسیم غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی (برگ) بر اندام زمینی (ریشه) گیاه محاسبه شد (رابطه ۱). چنانچه مقادیر فاکتور انتقال فلزات سنگین کمتر از عدد ۱ باشند، نشان می دهد که گیاهان تحت تأثیر عناصر نیستند و نسبت های بالاتر از ۱ نشان می دهد که گیاهان فلزات سنگین را جذب و از محیط حذف می کنند. اگر گیاهان دارای مقادیر فاکتور انتقال بالاتری باشند، می توان از آن‌ها برای گیاه پالایی استفاده کرد (Sasmaz *et al*., 2008; Zacchini *et al*., 2009).

رابطه ۱: **فاکتور انتقال (Transfer Factor) = غلظت فلزات در برگ ÷ غلظت فلزات در ریشه**

تحلیل آماری فلزات

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

تجزیه و تحلیل مقادیر فلزات سنگین به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA-one way) و رسم جدول‌ها به وسیله نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج

بالاترین غلظت مس در ریشه گیاه نی (۹/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۹/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد ($P<0.05$) و پایین ترین مقادیر مس در ساقه گیاه لویی (۰/۹۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۱/۷۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بود ($P<0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز مس در گیاه نی (۱/۹۱) و گیاه لویی (۰/۴۰) مشاهده شد. غلظت مس در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$) (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین غلظت مس (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۴/۰±۷۸/۱۲^{a}	۱/۰±۸۸/۱۵^{a}	۹/۰±۲۲/۲۵^{a}	۰/۵۱
	دوم	۷/۰±۰۷/۵۲^{b}	۱/۰±۸۹/۱۸^{a}	۳/۰±۷۰/۱۹^{b}	۱/۹۱
	سوم	۲/۰±۷۴/۴۲^{c}	۱/۰±۷۲/۱۶^{a}	۳/۰±۸۰/۲۶^{b}	۰/۷۲
لویی	اول	۳/۰±۲۸/۲۵^{ac}	۱/۰±۵۴/۲۲^{a}	۹/۰±۷۶/۵۵^{a}	۰/۳۳
	دوم	۴/۰±۶۲/۳۹^{ac}	۰/۰±۹۱/۰۳^{a}	۹/۰±۳۵/۴۵^{a}	۰/۴۹
	سوم	۳/۰±۰۶/۲۸^{ac}	۲/۰±۱۶/۱۱^{a}	۷/۰±۴۷/۶۷^{c}	۰/۴۰

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ ($P=0.05$) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت آهن در ریشه گیاه لویی (۴۰۷/۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه نی (۲۴۸/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد ($P<0.05$) و پایین‌ترین مقادیر آهن در ساقه گیاه لویی (۲۸/۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه نی (۷۰/۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بود ($P<0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز آهن در گیاه نی (۰/۵۳) و گیاه لویی (۰/۱۲) مشاهده شد. غلظت آهن در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$) (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین غلظت آهن (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۷۵/۳±۹۶/۲۵^{a}	۱۳۱/۸±۲۸/۱۱^{a}	۲۴۸/۱۲±۹۹/۶۱^{a}	۰/۳۰
	دوم	۸۳/۱±۱۳/۷۶^{b}	۸۵/۴±۹۹/۳۲^{b}	۲۳۴/۱۵±۵۶/۷۱^{b}	۰/۳۵
	سوم	۱۰۰/۵±۲۹/۱۲^{c}	۷۰/۶±۲۸/۲۸^{c}	۱۸۸/۱۱±۳۱/۸۵^{c}	۰/۵۳
لویی	اول	۵۰/۲±۲۱/۶۸^{d}	۲۸/۲±۶۷/۸۹^{d}	۴۰۷/۲۳±۲۶/۰۵^{d}	۰/۱۲
	دوم	۴۵/۳±۳۰/۲۵^{e}	۶۷/۵±۵۱/۱۱^{e}	۲۶۲/۲۱±۶۰/۵۳^{e}	۰/۱۷
	سوم	۷۱/۵±۶۸/۸۱^{f}	۵۳/۴±۰۴/۲۷^{f}	۲۵۸/۲۳±۹۶/۹۳^{f}	۰/۲۷

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت روی در برگ گیاه نی (۳۰/۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۲۹/۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد (P<0.05) و پایین‌ترین مقادیر روی در ریشه گیاه نی (۸/۵۶ میلی گرم بر کیلوگرم) و برگ گیاه لویی (۸/۶۹ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (P<0.05). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز روی در گیاه نی (۰/۵۳) و گیاه لویی (۰/۱۲) مشاهده شد. غلظت روی در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت (P<0.05) (جدول ۴).

جدول ٤: میانگین غلظت روی (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۳۰/۰±۴۰/۷۸^{a}	۲۱/۰±۳۷/۶۷^{a}	۱۵/۰±۹۹/۲۵^{a}	۱/۹۰
	دوم	۲۵/۰±۱۳/۴۱^{b}	۱۶/۰±۳۴/۳۵^{b}	۸/۰±۵۶/۱۲^{b}	۲/۹۳
	سوم	۱۳/۰±۱۹/۲۲^{c}	۲۲/۰±۸۵/۶۵^{a}	۱۴/۰±۳۱/۲۴^{a}	۰/۹۲
لویی	اول	۸/۰±۶۹/۲۱^{d}	۱۲/۰±۵۰/۱۵^{c}	۲۷/۰±۲۶/۴۸^{c}	۰/۳۱
	دوم	۱۲/۰±۳۰/۶۲^{c}	۹/۰±۷۰/۱۲^{d}	۲۹/۰±۶۰/۲۵^{d}	۰/۴۱
	سوم	۱۳/۰±۹۸/۵۱^{c}	۲۶/۰±۳۱/۴۲^{e}	۲۱/۰±۹۶/۴۵^{e}	۰/۶۳

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت سرب در برگ گیاه نی (۲/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۱/۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد (P<0.05) و پایین‌ترین مقادیر سرب در ساقه گیاه لویی (۰/۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و برگ گیاه نی (۰/۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (P<0.05). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز سرب در گیاه نی (۲/۸۹) و گیاه لویی (۰/۱۶) مشاهده شد. غلظت سرب در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت (P<0.05) (جدول ۵).

جدول ٥: میانگین غلظت سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۱/۰±۱۶/۱۱^{a}	۰/۰±۲۶/۰۲^{a}	۰/۰±۵۸/۰۳^{a}	۲
	دوم	۲/۰±۱۴/۲۱^{a}	۰/۰±۳۸/۰۱^{b}	۰/۰±۷۴/۰۵^{b}	۲/۸۹
	سوم	۰/۰±۱۲/۰۳^{b}	۰/۰±۲۴/۰۱^{a}	۰/۰±۲۵/۰۲^{a}	۰/۴۸
لویی	اول	۰/۰±۱۶/۰۲^{b}	۰/۰±۱۱/۰۲^{c}	۰/۰±۹۸/۰۵^{c}	۰/۱۶
	دوم	۰/۰±۳۶/۰۲^{c}	۰/۰±۲۱/۰۲^{d}	۱/۰±۷۸/۰۹^{c}	۰/۲۰
	سوم	۰/۰±۴۹/۰۳^{d}	۰/۰±۳۹/۰۲^{b}	۱/۰±۵۲/۰۵^{d}	۰/۳۲

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) را نشان می دهد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

بالاترین غلظت کروم در ریشه گیاه نی (۲/۷۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۲/۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد ($P<0.05$) و پایین‌ترین مقادیر کروم در ساقه گیاه لویی (۰/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم) و برگ گیاه لویی (۰/۱۹ میلی گرم بر کیلوگرم) بود ($P<0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز کروم در گیاه نی (۰/۲۹) و گیاه لویی (۰/۲۲) مشاهده شد. غلظت کروم در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$) (جدول ۶).

جدول ٦: میانگین غلظت کروم (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۰/۰±۶۹/۰۳^{a}	۰/۰±۵۸/۰۲^{a}	۲/۰±۷۷/۱۲^{a}	۰/۲۴
	دوم	۰/۰±۳۶/۰۲^{b}	۲/۰±۷۶/۰۲^{b}	۱/۰±۶۶/۱۱^{a}	۰/۲۱
	سوم	۰/۰±۵۸/۰۲^{c}	۰/۰±۳۳/۰۲^{c}	۱/۰±۹۶/۰۹^{a}	۰/۲۹
لویی	اول	۰/۰±۱۹/۰۱^{d}	۰/۰±۱۶/۰۱^{d}	۲/۰±۳۷/۱۷^{a}	۰/۰۸
	دوم	۰/۰±۲۳/۰۱^{e}	۰/۰±۳۸/۰۱^{c}	۱/۰±۰۳/۰۵^{a}	۰/۲۲
	سوم	۰/۰±۲۱/۰۱^{e}	۱/۰±۸۲/۰۵^{b}	۲/۰±۲۸/۰۹^{a}	۰/۰۹

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ ($P=0.05$) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت منگنز در ریشه گیاه نی (۱۱۰/۶۲ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۱۱۷/۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد ($P<0.05$) و پایین‌ترین مقادیر منگنز در ساقه گیاه لویی (۱۵/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و برگ گیاه لویی (۱۷/۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بود ($P<0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز منگنز در گیاه نی (۰/۸۰) و گیاه لویی (۰/۱۵) مشاهده شد. غلظت منگنز در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$) (جدول ۷).

جدول ۷: میانگین غلظت منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۵۷/۲±۲۳/۶۷^{a}	۱۳/۱±۷۵/۲۵^{a}	۸۸/۳±۱۱/۳۵^{a}	۰/۶۴
	دوم	۴۳/۳±۵۰/۲۳^{b}	۲۲/۱±۵۵/۶۹^{b}	۵۴/۲±۱۷/۳۲^{b}	۰/۸۰
	سوم	۲۶/۱±۰۷/۷۲^{c}	۱۹/۲±۲۹/۳۶^{c}	۱۱۰/۴±۶۲/۴۶^{c}	۰/۲۳
لویی	اول	۱۷/۱±۶۸/۳۸^{d}	۱۵/۱±۶۱/۲۹^{d}	۱۱۷/۲±۴۵/۴۹^{d}	۰/۱۵
	دوم	۲۶/۱±۰۹/۷۷^{c}	۲۷/۲±۹۷/۵۶^{e}	۷۰/۳±۷۴/۲۷^{e}	۰/۳۶
	سوم	۲۶/۱±۱۷/۸۹^{c}	۳۴/۲±۹۱/۴۱^{f}	۴۳/۲±۸۶/۸۶^{f}	۰/۵۹

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ ($P=0.05$) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت منیزیم در ریشه گیاه نی (۱۰۶۴/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۱۲۹۳/۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد ($P<0.05$) و پایین‌ترین مقادیر منیزیم در ساقه گیاه لویی (۲۳۱/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم) و ساقه گیاه نی (۲۷۷/۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم) بود

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

($P<0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز منیزیم در گیاه نی (۰/۶۸) و گیاه لویی (۰/۳۱) مشاهده شد. غلظت منیزیم در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$) (جدول ۸).

جدول ۸: میانگین غلظت منیزیم (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۷۳۲/۱۲±۹۸/۲۶^{a}	۴۹۱/۱۰±۵۵/۵۷^{a}	۱۰۶۴/۱۵±۱۳/۲۶^{a}	۰/۶۸
	دوم	۴۹۶/۸±۱۳/۵۵^{b}	۲۷۷/۶±۲۱/۷۶^{b}	۸۹۸/۱۱±۳۶/۳۹^{b}	۰/۵۵
	سوم	۳۳۶/۹±۰۱/۲۹^{c}	۳۱۵/۸±۲۸/۲۹^{c}	۶۴۲/۹±۵۴/۷۸^{c}	۰/۵۲
لویی	اول	۴۰۳/۵±۵۷/۲۷^{d}	۲۳۱/۹±۳۹/۱۲^{d}	۱۲۹۳/۱۲±۲۰/۴۶^{d}	۰/۳۱
	دوم	۵۳۴/۸±۳۳/۹۲^{e}	۳۲۱/۷±۳۹/۱۸^{e}	۱۱۱۱/۱۳±۵۳/۲۷^{e}	۰/۴۸
	سوم	۳۹۰/۸±۷۷/۴۵^{f}	۵۷۵/۱۰±۵۲/۳۴^{f}	۶۹۰/۱۰±۴۷/۱۱^{f}	۰/۵۶

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ ($P=0.05$) را نشان می دهد.

بالاترین غلظت مولیبدن در ریشه گیاه نی (۲/۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم) و ریشه گیاه لویی (۲/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد ($P>0.05$) و پایین‌ترین مقادیر مولیبدن در ساقه گیاه لویی (۰/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و ساقه گیاه نی (۰/۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بود ($P>0.05$). بالاترین و پایین ترین مقدار فاکتور انتقال فلز مولیبدن در گیاه نی (۰/۹۶) و گیاه لویی (۰/۳۲) مشاهده شد. غلظت مولیبدن در برگ، ساقه و ریشه دو گیاه نی و لویی اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$) (جدول ۹).

جدول ۹: میانگین غلظت مولیبدن (میلی گرم بر کیلوگرم) در بافت های گیاه لویی و نی تالاب ناصری

گونه گیاهی	ایستگاه	برگ	ساقه	ریشه	فاکتور انتقال
نی	اول	۱/۰±۲۹/۱۱^{a}	۰/۰±۵۸/۰۱^{a}	۲/۰±۴۲/۱۵^{a}	۰/۵۳
	دوم	۱/۰±۴۸/۰۵^{a}	۰/۰±۷۸/۰۴^{a}	۲/۰±۸۸/۱۱^{a}	۰/۵۱
	سوم	۱/۰±۹۸/۰۹^{a}	۱/۰±۴۵/۰۶^{a}	۲/۰±۰۵/۰۹^{a}	۰/۹۶
لویی	اول	۱/۰±۶۵/۰۴^{a}	۰/۰±۹۸/۰۶^{a}	۲/۰±۱۷/۱۷^{a}	۰/۷۶
	دوم	۰/۰±۹۰/۱۲^{a}	۱/۰±۱۶/۰۲^{a}	۲/۰±۵۴/۱۷^{a}	۰/۳۵
	سوم	۰/۰±۹۸/۱۱^{a}	۰/۰±۶۱/۰۲^{a}	۲/۰±۹۹/۱۳^{a}	۰/۳۲

حروف متفاوت (a، b، c، d و....) در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ ($P=0.05$) را نشان می دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق غلظت فلز مس در بافت های گیاهان نی و لویی اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$). مقادیر مس در ریشه دو گیاه لویی و نی بالاتر از برگ و ساقه به دست آمد ($P<0.05$)، فقط در برگ گیاه نی در ایستگاه دوم بالاتر از ریشه مشاهده شد ($P<0.05$). فاکتور انتقال فلز مس در گیاهان نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه پایین تر از ۱ به دست آمد، اما در ایستگاه دوم برای گیاه آبزی نی بالاتر از ۱ بود. غلظت

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

فلزات آهن، منگنز، منیزیم، مولیبدن و کروم در نمونه های برگ، ساقه و ریشه گیاهان آبزی نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه تالاب ناصری اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$). مقادیر فلزات آهن، منگنز، منیزیم، مولیبدن و کروم در ریشه دو گیاه لویی و نی بالاتر از برگ و ساقه به دست آمد ($P<0.05$). فاکتور انتقال فلزات آهن، منگنز، منیزیم، مولیبدن و کروم در گیاهان نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه پایین تر از ۱ بود. غلظت فلزات سرب و روی در برگ گیاه نی در ایستگاه اول و دوم تالاب بالاتر از ریشه به دست آمد ($P<0.05$)، اما مقادیر فلزات سرب و روی در ریشه گیاه لویی بالاتر از ساقه و برگ بود ($P<0.05$). در این تحقیق غلظت فلزات سرب و روی در بافت های گیاهان نی و لویی اختلاف معنی داری داشت ($P<0.05$). فاکتور انتقال فلزات سرب و روی در گیاهان نی و لویی در ایستگاه های مورد مطالعه پایین تر از ۱ به دست آمد، اما در ایستگاه اول و دوم برای گیاه آبزی نی بالاتر از ۱ بود. در گیاهپالایی، از گیاهان تجمع‌دهنده فلزات برای مقابله با آلودگی در منابع اولیه مانند خاک و آب استفاده می‌شود (Muthusaravanan *et al*., 2018). گیاهان انتخاب شده برای گیاه‌پالایی بر اساس توانایی آنها در جذب سطوح بالای فلزات سنگین به ریشه‌هایشان، تحمل انواع مختلف فلزات و سازگاری فیزیولوژیکی با شرایط محیطی مختلف انتخاب می‌شوند (Prieto *et al*., 2018). در این تحقیق از دو گیاه نی و لویی تالاب ناصری بر اساس گزارش های مطالعات و تحقیقات گذشته (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷؛ محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ فیروزشاهیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ مترقی و همکاران، ۱۴۰۰) استفاده شد. همچنین برای بررسی ظرفیت گیاه پالایی این دو گونه گیاه آبزی از فاکتور انتقال فلزات سنگین استفاده شد (Fitz and Wenzel, 2002; Yoon *et al*., 2006).

مقادیر برخی فاکتور انتقال فلزات سرب، روی و مس در گیاهان آبزی نی و لویی بالاتر از ۱ به دست آمد. بالا بودن فاکتور انتقال فلزات نشان دهنده نقش احتمالی گیاهان آبزی نی و لویی در بی‌حرکت کردن فلزات سرب، روی و مس در محیطهای آبی طبیعی با ترسیب فلز در بافت‌های آن‌ها و در نتیجه کاهش پراکندگی در اکوسیستم است. با این حال، عواملی مانند در دسترس بودن فلز، pH محیط، ترکیب شیمیایی آلاینده‌های همراه و تعامل با موجودات ریزوسفری همگی بر جذب آلاینده‌ها توسط گیاهان تأثیر می‌گذارند (Mokarram *et al*., 2021; Chaurasia, 2022). انباشت فلزات سنگین در برگ گیاهان نی و لویی نشان دهنده پتانسیل انباشت کم اما توانایی متابولیسم بالای گیاه است که به آن اجازه می‌دهد فلزات را در قسمت‌های هوایی خود تجمع دهد و آن را برای تثبیت گیاهی مؤثر سازد (Uddin *et al*., 2021; Angon *et al*., 2024). گیاهان آبزی بیشتر این آلاینده ها را از طریق ساختار ریشه و ساقه به دلیل رشد سریع و زیست توده بالا جذب می کنند. انتقال به ساقه‌ها محدود است، اما بزرگنمایی فلزات سنگین در ریشه به ۱۰۰۰۰۰ برابر بیشتر از محیط آبی اطراف می رسد. گیاهان آبزی به طور مکرر برای ارزیابی آلودگی تالاب ها در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته اند و به خوبی مستند شده اند که نشانگر آلودگی هستند (Yoon *et al*., 2006; Sasmaz *et al*., 2008; Muthusaravanan *et al*. 2018; Prieto *et al*. 2018; Polechonska and Klink, 2025).

غلظت آهن در ریشه گیاه آبزی لویی در ایستگاه های مورد مطالعه تالاب ناصری بالاتر از ریشه گیاه نی به دست آمد. انباشت فلز آهن در ریشه گیاهان نی و لویی می تواند به دلیل جذب آهن به مکان‌های آنیونی، یعنی گروه‌های فسفات و کربوکسیل در دیواره‌های سلولی، و رسوب Fe_2O_3 و $Fe(OH)_3$ در دیواره‌های سلولی می‌تواند دلیل ریزوفیلتراسیون و انباشته شدن گیاهی بعدی آن باشد (Soltan and Rashed 2003). علاوه بر این، برخی از کلوییدهای غنی از آهن تشکیل شده در پساب‌های کشاورزی و صنعتی توسط بافت‌های ریزومی زیرزمینی گونه لویی احتمالاً با محلول‌سازی و سپس جذب بعدی از طریق ترشح اسیدهای آلی در خارج از سطح زیرزمینی جذب شدند (Jayaweera *et al*. 2008). در تحقیقی 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 نشان داده است که الگوی تجمع فلزات کادمیوم، سرب، جیوه و آرسنیک در اندام های گیاه نی در دو فصل پاییز و بهار به صورت ریشه > برگ > ساقه بود (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). در مطالعات دیگری میزان فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، روی، آهن، منگنز، مس، نیکل و وانادیوم در آب و رسوبات تالاب ناصری استان خوزستان در دو فصل زمستان و تابستان نشان داده که میزان آرسنیک و سرب در آب تالاب ناصری در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان به‌دست آمد، اما غلظت کادمیوم در فصل تابستان پایین‌تر بود. همچنین غلظت کادمیوم و سرب در رسوبات تالاب در فصل تابستان بالاتر از فصل

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

زمستان محاسبه شد، اما میزان آرسنیک در رسوبات در فصل تابستان پایین‌تر بود. میانگین غلظت فلزات سنگین در آب تالاب ناصری در ایستگاه سوم بالاتر از ایستگاه اول و دوم به دست آمد (کوشافر و ولایت زاده، ۱۳۹۸؛ ولایت‌زاده و کوشافر، ۱۳۹۸). انباشت فلزات سنگین در ریشه و اندام هوایی گیاهان آبزی نی (*Phragmites australis*)، لویی (*Typha latifolia*)، چمن‌شور (*Aeluropus lagopoides*)، باتلاقی‌شور (*Halocnemum strobilaceum*) و جگن (*Scripus maritimus*) تالاب شادگان در استان خوزستان گزارش شد که غلظت فلزات سنگین در ریشه‌ی هر پنج گونه از اندام هوایی بیشتر بود که بیانگر مناسب بودن این گونه‌ها به عنوان نشانگرهای حضور و میزان آلودگی فلزات سنگین در تالاب‌ها هستند (یاور عشایری و همکاران، ۱۳۹۸). در یک بررسی دیگر در استان خوزستان فلزات سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبزی نی و لویی تالاب هورالعظیم، غلظت کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ریشه گیاهان آبزی نی و لویی بالاتر از برگ و ساقه بود و 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 (فیروزشاهیان و همکاران، ۱۳۹۸).

با توجه به غلظت های مختلف و مقادیر متفاوت فلزات سنگین سرب، روی، مس، کروم، مولیبدن، منگنز و منیزیم در دو گیاه نی و لویی می توان چنین بیان کرد که تالاب ناصری پذیرنده آلودگی های متعددی بوده و آلاینده های فراوانی وارد این تالاب می شوند. تالاب ناصری به طور عمده پساب های کشاورزی طرح های مجتمع نیشکر میرزا کوچک خان جنگلی و امیرکبیر را دریافت می کند که شوری بالایی دارند. پساب های مزارع کشاورزی کشت نیشکر حاوی مقادیر بالای سموم علف کش، آفت کش ها، کودهای شیمیایی و معدنی هستند (کوشافر و ولایت زاده، ۱۳۹۸؛ ولایت‌زاده و کوشافر، ۱۳۹۸؛ رضایی و همکاران، ۱۴۰۲). آلودگی تالاب‌ها به فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های کشاورزی نیز تشدید می‌شود و ممکن است تحت انتقال تغذیه‌ای از طریق شبکه غذایی قرار گیرند. در تالاب‌ها، گیاهان آبزی به‌عنوان یک منبع از فلزات سنگین عمل می‌کند و آن‌ها را به عنوان تعیین‌کننده‌ای حیاتی در سطوح فلزات، می دانند. فلزات سمی تمایل دارند از طریق ریشه و برگ وارد بافت های گیاهی شوند و متعاقباً آن‌ها را در بافت‌های خود انباشته می‌کنند (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷؛ یاور عشایری و همکاران، ۱۳۹۸). تالاب ها که اغلب به عنوان کلیه زمین (Earth's kidney) شناخته می شوند، منطقه انتقالی بین سیستم خشکی و آبی هستند. تالاب ها قرن هاست که نقش مهمی در تصفیه آب های آلوده ایفا می کنند. اکثر تالاب ها به دلیل ظرفیت پاکسازی طبیعی خود برای جذب آلاینده های مختلف از جمله فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (Zhang *et al*., 2023). گیاهان آبزی و رسوبات موجود در تالاب‌ها، آلاینده‌های مختلفی را جذب و انباشته می کنند که از طریق فعالیت های طبیعی و انسانی وارد آب می شوند. فعالیت‌های صنعتی و انسانی، منجر به تخلیه مقادیر زیادی پساب و پسماند از جمله مواد شیمیایی مصنوعی به طور مستقیم در تالاب‌ها شده است (Sigamani *et al*., 2024).

وضعیت فعلی آلودگی محیط زیست توسط آلاینده‌ها، بر همه اجزای اکوسیستم تأثیر خواهد گذاشت. نتایج به دست آمده تا به امروز نشان می‌دهد که برخی از گیاهان می‌توانند در حذف فلزات سمی و آلاینده‌های سمی از آب مفید باشند. برای بازگرداندن تعادل محیط زیست، تکنیک گیاه‌پالایی مزایای متعددی از جمله هزینه کم در مقایسه با روش‌های فیزیکی و شیمیایی، عدم تأثیر بر تنوع زیستی و غیره دارد. بنابراین، یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای رسیدگی به دلیل تجمع فلزات سنگین در محیط زیست است. با این حال، کارایی و اثربخشی این روش به طراحی و انتخاب یک استراتژی علمی، دقیق و جامع، با در نظر گرفتن نوع یون‌های فلزی موجود در آب، موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه و پتانسیل گیاه برای حذف آلاینده‌ها از محیط زیست بستگی دارد. گیاه‌پالایی هنوز در مرحله تحقیق و توسعه است و مسائل فنی زیادی دارد که باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. از سوی دیگر، برای افزایش پذیرش آن به عنوان یک فناوری پایدار جهانی، معرفی این فناوری با اطلاعات واضح و دقیقی که توسط همه اعضای جامعه قابل درک و استفاده باشد، ضروری است. در این تحقیق گیاهان آبزی نی و لویی غلظت های مختلفی از فلزات سنگین مس، روی، سرب، کروم، منیزیم، منگنز و مولیبدن را جذب و در برگ، ساقه و ریشه انباشت کردند. بنابراین با توجه به فاکتور انتقال فلزات چنین می توان بیان کرد که نی و لویی توانایی جذب و انباشت فلزات را در ریشه و برگ خود دارند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۴۳-۵۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

References

۱. **پاینده، خ.، رومیانی، ل. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۷.** بررسی تغییرات برخی عناصر در گیاه آبزی نی (*Phragmites australis*) تالاب ناصری در فصول بهار و پاییز. مجله علمی اکوبیولوژی تالاب، ۱۰ (۱): ۹۴-۷۹.

۲. **خزایی، ز.، کوشافر، آ. و عطاروشن، س. ۱۴۰۳.** بررسی غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در برگ گونه‌های زینتی گل کاغذی (*Bougainvillea glabra*) و برهان گلی (*Cassia floribunda*) در بندر ماهشهر. مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۱۰ (۳): ۸۰-۶۳.

۳. **رضایی، ف.، رستگاری مهر، م. و شاکری، ع. ۱۴۰۲.** امکان سنجی استفاده از زهاب کشاورزی وارده به تالاب خرمشهر (ناصری) در طرح های شورورزی از نقطه نظر آلودگی زهاب به آفتکش‌های کشاورزی. فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۶ (۳): ۵۶۴-۵۵۱.

۴. **سوری، س. ۱۳۹۹.** شناسایی گونه‌های گیاهی آبزی جاذب فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی. فصلنامه طب دریا، ۲ (۳): ۱۷۰-۱۶۴.

۵. **فیروزشاهیان، ن.، پاینده، خ. و سبزعلیپور، س. ۱۳۹۸.** پایش عناصر سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبزی (*Phragmites australis*) و لویی (*Typha latifolia*) در تالاب هورالعظیم استان خوزستان. نشریه زیست شناسی تکوینی، ۱۱ (۳): ۶۰-۴۷.

۶. **کوشافر، آ. و ولایت زاده، م. ۱۳۹۸.** ارزیابی آلودگی فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در آب و رسوبات سطحی تالاب ناصری (خرمشهر). نشریه پژوهش های محیط زیست، ۱۰ (۲۰): ۱۴۰-۱۲۷.

۷. **مترقی، م. و پاینده، خ. ۱۴۰۰.** مطالعه کارایی حذف فلزات سرب و نیکل از پساب با استفاده از دو گونه گیاه لویی و علف هفت‌بند (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب غرب اهواز). مجله آب و فاضلاب، ۳۲ (۴): ۷۸-۶۷.

۸. **محمدزاده، ژ.، محمدی روزبهانی، م. و بابایی نژاد، ت. ۱۳۹۷.** تجمع فلزات سنگین در گیاه نی (*Phragmites australis*) و رسوبات رودخانه کارون (محدوده شهر اهواز). مجله علمی اکوبیولوژی تالاب، ۱۰ (۱): ۶۴-۵۵.

۹. **ولایت‌زاده، م. و کوشافر، آ. ۱۳۹۸.** ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات سطحی تالاب ناصری (خرمشهر). مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، ۱۷ (۲): ۱۵۷-۱۶۸.

۱۰. **یاور عشایری، ن.، کشاورزی، ب. و مر، ف. ۱۳۹۸.** زیست‌دسترس‌پذیری و زیست‌انباشت فلزات سنگین در سیستم رسوب ـ گیاه تالاب شادگان، استان خوزستان. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۹ (۴): ۴۰۶-۳۹۲.

11. **Angon, P.B., Islam, M.S., Das, A., Anjum, N., Poudel, A. and Suchi, S.A., 2024.** Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. Heliyon, 10(7), p. e28357.
12. **Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M.R. and Sadeghi, M., 2021.** Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. Frontiers in pharmacology, 12, p.643972.
13. **Chaurasia, S., 2022.** Role of macrophytes: a review. Advances in Zoology and Botany, 10, pp.75-81.
14. **Fitz, W.J. and Wenzel, W.W., 2002.** Arsenic transformations in the soil–rhizosphere–plant system: fundamentals and potential application to phytoremediation. Journal of biotechnology, 99(3), pp.259-278.
15. **Fonge, B.A., Lum-Ndob, V.S., Awo, M.E., Katte, N.K.Y., Tabot, P.T., Katte, B.F.N.N.N., Asare, D.A. and Emikpe, B.O., 2025.** Heavy metal and bacteria contamination of selected wetland ecosystems on the eastern slope of Mount Cameroon: implications for human and ecosystem health. Environmental Monitoring and Assessment, 197(4), p.373.
16. **Isaac, R.A. and Kerber, J.D., 1971.** Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant, and water analysis. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue, pp.17-37.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

17. **Jayaweera, M.W., Kasturiarachchi, J.C., Kularatne, R.K. and Wijeyekoon, S.L., 2008.** Contribution of water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) grown under different nutrient conditions to Fe-removal mechanisms in constructed wetlands. Journal of environmental management, 87(3), pp.450-460.
18. **Johnson, J.A. and Newman, R.M., 2011.** A comparison of two methods for sampling biomass of aquatic plants. Journal of Aquatic Plant Management, 49(1), pp.1-8.
19. **Mokarram, M., Saber, A. and Obeidi, R., 2021.** Effects of heavy metal contamination released by petrochemical plants on marine life and water quality of coastal areas. Environmental Science and Pollution Research, 28(37), pp.51369-51383.
20. **Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J.S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., Gayathri, V. and Al-Duaij, O.K., 2018.** Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. Environmental chemistry letters, 16, pp.1339-1359.
21. **Penanes, P.A., Galan, A.R., Huelga-Suarez, G., Rodriguez-Castrillon, J.A., Moldovan, M. and Alonso, J.I.G., 2022.** Isotopic measurements using ICP-MS: a tutorial review. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 37(4), pp.701-726.
22. **Prieto, M.J., Acevedo, S.O.A., Prieto, G.F. and Gonzalez, N.T., 2018.** Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. Biodiversity International Journal, 2(4), pp.362-376.
23. **Polechonska, L. and Klink, A., 2025.** Trace elements and aquatic plants: accumulation, ecological impact, and biomonitoring applications. Frontiers in Plant Science, 16, p.1600036.
24. **Rahman, Z. and Singh, V.P., 2019.** The relative impact of toxic heavy metals (THMs)(arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. Environmental monitoring and assessment, 191, pp.1-21.
25. **Sasmaz, A., Obek, E. and Hasar, H., 2008.** The accumulation of heavy metals in Typha latifolia L. grown in a stream carrying secondary effluent. Ecological engineering, 33(3-4), pp.278-284.
26. **Sigamani, S., Dhrisha, J.A., YT, D.M., Subiksha, S., Balaji, U., Kolandhasamy, P., Syed, A. and Elgorban, A.M., 2024.** Bioaccumulation and health risk of metal contamination from different tiers of food chain in Ennore estuary, Southeast coast of India. Marine Pollution Bulletin, 200, p.116154.
27. **Soltan, M.E. and Rashed, M.N., 2003.** Laboratory study on the survival of water hyacinth under several conditions of heavy metal concentrations. Advances in environmental research, 7(2), pp.321-334.
28. **Uddin, M.M., Zakeel, M.C.M., Zavahir, J.S., Marikar, F.M. and Jahan, I., 2021.** Heavy metal accumulation in rice and aquatic plants used as human food: A general review. Toxics, 9(12), p.360.
29. **Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q. and Ma, L.Q., 2006.** Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the total environment, 368(2-3), pp.456-464.
30. **Zacchini, M., Pietrini, F., Scarascia Mugnozza, G., Iori, V., Pietrosanti, L. and Massacci, A., 2009.** Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. Water, air, and soil pollution, 197, pp.23-34.
31. **Zhang, S., Fu, K., Gao, S., Liang, B., Lu, J. and Fu, G., 2023.** Bioaccumulation of heavy metals in the water, sediment, and organisms from the sea ranching areas of Haizhou Bay in China. Water, 15(12), p. 2218.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]