Journal of Marine Medicine
Autumn 2020, Volume 2, Issue 3
Pages: 164-170
10.30491/2.3.164

Identification of Aquatic Plant Species that Absorb Heavy Metals in Aquatic Ecosystems

Saeed Souri [1 *]

[1] *Master of Environmental Pollution, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 23 July 2020 **Accepted:** 31 October 2020

Abstract

Background and Aim: Heavy metals are harmful to human health. Aquatic plants can store large amounts of these heavy metals, and play an important role in the purification of these pollutants in aquatic ecosystems. The aim of this study was to identify the aquatic plant species that absorb and purify heavy metals in the aquatic ecosystems of Anzali wetland, north of Iran.

Methods: Sampling of aquatic plants and sediments of Anzali wetland, north of Iran, was done randomly based on vegetation density in 10 stations in July 2019. Species were identified and registered. Then leaf, stem and root limbs were isolated and then digested samples were prepared. Atomic absorption spectrometry was used to analyze the heavy metals in these samples.

Results: Among the plant families studied in Anzali Wetland, families of aquatic plants such as *Poaceae* or *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Potamogetonaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Lemnaceae*, *Labiatae* had the highest number of species in the absorption of heavy metals. Species that used the three parts of root, stem and leaf simultaneously to absorb heavy metals was the highest frequency of 96%, species that used only roots had 22%, roots and leaves had 69%, and roots and buds had 3%. Among the metals absorbed by different plant species, zinc with 13.97%, lead with 13.44%, and cadmium with 12.9% had a high frequency and metals such as copper, nickel and iron were in the next category.

Conclusion: In the present study, the genus *Poaceae* had the highest abundance of species and the roots had a greater share than the stem and leaves as the organ that absorbs heavy metals. Among heavy metals, zinc had the highest frequency of uptake by aquatic plants.

Keywords: Aquatic plants, Heavy metals, Phytoremediation

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.164]

[*] **Corresponding author:** Saeed Souri**, Email**: saeed.surii@yahoo.com
Address: Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات: ۱۷۰-۱۶۴
10.30491/2.3.164

شناسایی گونه‌های گیاهی آبزی جاذب فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی

سعید سوری [*۱]

[۱] کارشناس ارشد آلودگی های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۲ **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین برای سلامت انسان مضراتی دارند. گیاهان آبزی می‌توانند مقادیر زیادی از این فلزات سنگین را در خود ذخیره کنند، و نقش مهمی در تصفیه این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی دارند. مطالعه حاضر با هدف شناسایی گونه‌های گیاهی آبزی جاذب و تصفیه‌کننده فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی تالاب انزلی انجام شد.

روش‌ها: نمونه‌برداری از گیاهان آبزی و رسوبات تالاب انزلی در تیرماه ۱۳۹۷ پس از یک بررسی مقدماتی از منطقه در ۱۰ ایستگاه به‌صورت تصادفی و بر اساس تراکم پوشش گیاهی انجام شد. شناسایی و ثبت گونه‌ها انجام گرفت. سپس اندام‌های برگ، ساقه و ریشه جدا گردیدند و در ادامه نمونه‌های هضم شده از آن‌ها تهیه شد. برای آنالیز فلزات سنگین موجود در این نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید.

یافته‌ها: از بین خانواده‌های گیاهی مورد مطالعه در تالاب انزلی، خانواده‌های گیاهان آبزی ازجمله گندمیان (*Poaceae* or *Gramineae*)، جگن (*Cyperaceae*)، گوشابیان (*Potamogetonaceae*)، تخت قورباغه‌ایان (*Hydrocharitaceae*)، عدسک آبی (*Lemnaceae*)، و نعناعیان (*Labiatae*)، دارای بیشترین تعداد گونه در جذب فلزات سنگین بودند. گونه‌هایی که از سه بخش ریشه، ساقه و برگ به‌طور هم‌زمان برای جذب فلزات سنگین استفاده نمودند، با ۹۶ درصد فراوانی، بیشترین میزان را داشتند. ریشه به‌تنهایی ۲۲ درصد، ریشه و برگ ۶۹ درصد و ریشه و جوانه ۳ درصد را به خود اختصاص دادند. از بین فلزات جذب‌شده توسط گونه‌های مختلف گیاهی، روی با ۱۳/۹۷ درصد، سرب با ۱۳/۴۴ درصد، و کادمیوم با ۱۲/۹ درصد از فراوانی بالایی برخوردار بود و فلزاتی از قبیل مس، نیکل و آهن در رده بعدی قرار داشتند.

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر تیره گندمیان دارای بیشترین فراوانی گونه‌ای بوده و ریشه نسبت به ساقه و برگ، سهم بیشتری را به‌عنوان اندام جذب‌کننده فلزات سنگین به خود اختصاص دادند. از بین فلزات سنگین، روی بیشترین فراوانی جذب توسط گیاهان آبزی را داشت.

کلیدواژه‌ها: گیاهان آبزی، فلزات سنگین، گیاه‌پالایی.

*نویسنده مسئول: **سعید سوری**. پست الکترونیک: saeed.surii@yahoo.com
آدرس: دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.164]

مقدمه

از عوامل مهم آلاینده محیط‌زیست که مناطق ساحلی، آب‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها را با تهدیدی جدی مواجه نموده است فلزات سنگین ناشی از پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری است که از طریق زنجیره غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند. گیاهان آبزی به‌عنوان حلقه‌ای از زنجیره غذایی به‌واسطه جذب فلزات سنگین می‌توانند نشانگر افزایش نسبی غلظت این فلزات در آب یا رسوبات اکوسیستم‌های مورد نظر باشند (۱).

فلزات سنگین به دسته خاصی از فلزات گفته می‌شود که دارای وزن مخصوص بیش از ۶ گرم بر مترمکعب یا جرم اتمی بیشتر از ۵۰ باشند. فلزات سنگین بر سلامتی انسان تأثیرات بسیار مخربی دارد و از روش‌های گوناگون وارد بدن انسان می‌گردد. پس از ورود به بدن در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب‌کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز انواع بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. تأثیر فلزات سنگین بر انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی و تخریب سیستم ایمنی بدن است. میزان و درجه تأثیر فلزات سنگین بر سلول‌ها یا بافت یک ارگان از بدن انسان، بستگی به نوع آن فلز و همچنین میزان و شدت مواجهه با آن دارد (۲).

از سویی ورود این فلزات سنگین به چرخه محیط‌زیست، عملکرد و ترکیب محصولات را تغییر می‌دهد، به‌گونه‌ای که می‌توان اثر آن را در چرخه غذایی مشاهده نمود. از مهم‌ترین جنبه‌های زیست‌محیطی فلزات سنگین، تجمع آن در آب‌های زیرزمینی و درنتیجه، حضور در چاه‌های تأمین‌کننده آب آشامیدنی شهری و چاه‌های کشاورزی است (۳).

با توجه به افزایش آلودگی جهانی و نیازمندی به غذای سالم، استفاده از فنّاوری‌های جدید ازجمله گیاه‌پالایی (Phytoremediation) می‌تواند در این راه بسیار حائز اهمیت باشد. گیاه‌پالایی فنّاوری به وجود آمده بر اساس ترکیب فعالیت گیاهان و جامعه میکروبی همراه آن برای تجزیه، انتقال، غیرفعال کردن و ایموبولیزه کردن ترکیبات آلاینده خاک و آب‌ها است (۴).

گیاه‌پالایی یکی از روش‌های زیست پالایی است که در دهه‌های اخیر به آن توجه شده است. در این روش از گیاهان مقاوم جهت پالایش خاک‌های آلوده به ترکیبات آلی و معدنی استفاده می‌گردد. مزیت‌هایی که این روش نسبت به سایر روش‌ها دارد شامل سادگی، ارزان بودن و امکان بهره‌گیری در سطح وسیع است. گیاه‌پالایی از دیدگاه مدل‌سازی هم مورد مطالعه قرار گرفته است و مدل‌های پالایش سبز به‌منظور شناخت بیشتر فرایندهای حاکم بر پدیده پالایش و مدیریت اکوسیستم‌های آلوده به فلزات سنگین از اهمیت به سزایی برخوردار بوده است و پژوهشگران مختلفی در این زمینه کارکرده‌اند (۳،۵).

در فرایند گیاه‌پالایی، چندین مکانیسم می‌تواند باعث تصفیه شود که عبارت‌اند از گیاه‌تبدیلی (Phytodegradation or Phytotransformation)، گیاه‌تبخیری (Phyto volatilization)، زیست پالایی محیط ریشه (Rhizospher degredation)، گیاه‌تثبیتی (Phyto stabilization)، گیاه استخراجی (Phyto extraction)، فیلتراسیون ریشه‌ای (Rhizo filtration) و احیاء نمودن گیاهی (Phyto restoration) (۳).

گیاه تبدیلی به جذب و تجمع آلاینده‌های خاک و آب در گیاه و متعاقباً تجزیه آن‌ها توسط گیاه اطلاق می‌شود. در گیاه تبخیری، آلاینده‌های جذب‌شده توسط گیاه، با فرایند تبخیر وارد جو می‌شوند. در زیست پالایی محیط ریشه، ریشه گیاهان با مکانیسم‌های مختلف باعث بهبود زیست پالایی خاک در محیط ریشه می‌شود. گیاه تثبیتی، به نگهداری خاک و رسوبات آلوده در محل توسط پوشش گیاهی و همچنین ایستا کردن آلاینده‌های سمی اطلاق می‌شود. در گیاه استخراجی از گیاهان تجمع‌دهنده فلز (Metal-accumulating plant) برای انتقال فلزات از خاک به ریشه و سپس به ساقه‌ها، برگ‌ها و انباشته نمودن آن‌ها در گیاه استفاده می‌شود. فیلتراسیون ریشه‌ای به استفاده از ریشه‌های گیاه برای جذب آلاینده‌های فلزی از آب‌های سطحی یا زیرزمینی اشاره دارد (۶).

گونه‌های مختلف گیاهان آبزی در تجمع فلزات سنگین به طور یکسان عمل نمی‌کنند و تفاوت‌هایی دارند که به گونه و محیط اکولوژیکی آن‌ها برمی‌گردد. گیاهان آبزی برای تصفیه آب، مناسب‌تر از گیاهان خشکی هستند. به این دلیل که آن‌ها رشد سریع‌تری دارند و توده زنده بیشتری تولید می‌کنند. لذا توانایی بالاتری برای جذب آلودگی‌ها دارند و به دلیل تماس مستقیم با آلودگی اثر آن‌ها در خالص‌سازی و تصفیه بیشتر است (۷).

بسیاری از خانواده‌های گیاهی به‌ویژه خانواده‌های شب‌بو، غلات، نخود و همچنین آفتابگردان، بید، اسفناج، میخک و نیز برخی خانواده‌های گیاهی نظیر اویارسلام، تاج‌خروس، شاهدانه، گل اختر، لوئی و سنبل آبی دارای تک گونه‌های مناسب جهت استفاده در پالایش زیستی آلاینده‌ها می‌باشند. در سال‌های اخیر، گیاه‌پالایی به منزله روشی با کیفیت مطلوب و سازگار با محیط‌زیست مورد توجه بوده است (۸).

با توجه به این که گیاه‌پالایی روشی ارزان و سازگار با زیست‌بوم است و تحقیقات انجام شده در مورد آن در ایران نیز اندک می‌باشد لذا، انجام تحقیقاتی به‌منظور شناسایی و معرفی گونه‌های گیاهی مناسب برای پالایش فلزات سنگین از محیط، لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. مطالعه حاضر با هدف شناسایی گونه‌های گیاهی آبزی جاذب و تصفیه‌کننده فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی تالاب انزلی انجام شد.

روش‌ها

نمونه‌برداری از گیاهان آبزی و رسوبات تالاب انزلی در تیرماه ۱۳۹۷ پس از یک بررسی مقدماتی از منطقه مورد مطالعه در ۱۰

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.164]

ایستگاه به‌صورت تصادفی و بر اساس تراکم پوشش گیاهی انجام شد.

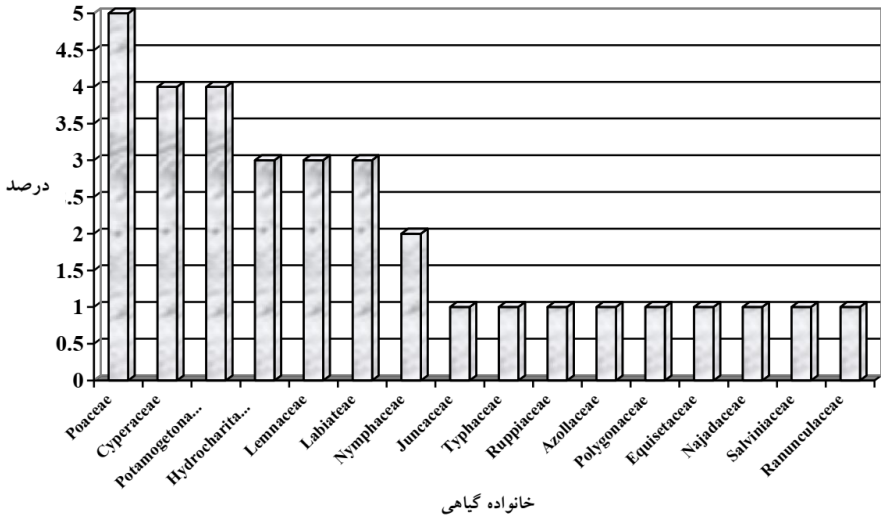
تالاب بین‌المللی انزلی، با وسعت ۲۰ هزار هکتار و حداکثر عمق ۵ متر، در جنوب غربی بندر انزلی قرار گرفته است. تالاب انزلی از نوع تالاب‌های ساحلی است و به‌وسیله یک کانال کشتیرانی که از طریق دو موج‌شکن واقع در تأسیسات بندرگاه انزلی حمایت می‌شود و به دریای خزر متصل می‌باشد. حوزه آب‌ریز تالاب دارای مساحتی حدود ۳۷۴ هزار هکتار است. تالاب انزلی جزء تالاب‌های طبیعی و آب شیرین کشور است و دارای ۱۱ رود اصلی و ۳۰ رود فرعی است که پس از آبیاری مزارع و شالیزارها به همراه جریان‌های سطحی حوزه آب‌ریز تالاب به آن وارد می‌شوند. حداکثر عمق آب تالاب در بهار و در نواحی غربی تالاب به ۲/۵ متر می‌رسد که به دلیل نوسان‌های سطح آب دریای خزر، این مقدار متغیر است.

پس از نمونه‌برداری، گیاهان و رسوبات به آزمایشگاه منتقل شدند. گونه‌های گیاهی شناسایی و ثبت شدند. نمونه‌های گیاهی ابتدا با آب مقطر شست‌وشو داده شد و سپس اندام‌های برگ، ساقه و ریشه جدا گردیدند. آنگاه به‌منظور خشک شدن و رسوب، نمونه‌های گیاه در داخل ظروف پتری علامت‌گذاری‌شده قرار گرفتند و در دستگاه اتوکلاو به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها خرد، پودر و الک گردیدند. سپس یک گرم از هر نمونه با ترازو وزن شد. برای هضم نمونه‌ها آن‌ها را درون ظروف پلاستیکی ریخته و روی حمام آبی (با دمای داخلی ۱۰۰ درجه سانتیگراد) قرار داده شد. ابتدا ۵ میلی‌لیتر اسید فلوئوریدریک به نمونه‌های گیاهی و رسوبات اضافه شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک مجدداً اضافه گردید. پس از اتمام هضم، نمونه‌ها صاف گردیدند و توسط اسید نیتریک ۴ درصد به حجم۲۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. بدین ترتیب نمونه‌های هضم شده برای تزریق به دستگاه جذب اتمی درون ظروف پلی‌اتیلنی دربسته ریخته شدند (۹). از دستگاه جذب اتمی در آزمایشگاه به‌منظور آنالیز فلزات سنگین موجود در نمونه‌ها استفاده شد.

نتایج

فراوانی گونه‌ای در خانواده‌های گیاهی مورد مطالعه

از بین خانواده‌های گیاهی مورد مطالعه در تالاب انزلی، ۱۶ خانواده شامل خانواده گندیمان (*Poaceae or Gramineae*)، تیره جگن (*Cyperaceae*)، گوشابیان (*Potamogetonaceae*)، تخت قورباغه‌ایان (*Hydrocharitaceae*)، عدسک‌آبی (*Lemnaceae*)، نعناعیان (*Labiatae*)، نیلوفرآبی (*Nymphaeaceae*)، سازوئیان (*Juncaceae*)، لوئیان (*Typhaceae*)، *Ruppiaceae*، آزیریان (*Azollaceae*)، هفت‌بندیان (*Polygonaceae*)، دم اسبیان (*Equisetaceae*)، *Najadaceae*، سرخس‌آبیان (*Salviniaceae*)، آلالگان (*Ranunculaceae*) به ترتیب دارای بیشترین تعداد گونه در جذب فلزات سنگین بودند (نمودار-۱).



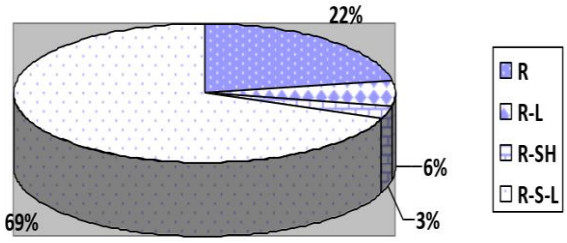
نمودار-۱. فراوانی گونه‌ای در خانواده‌های گیاهی مورد مطالعه

نسبت فراوانی اندام‌های جذب‌کننده

از نظر اندام جذب‌کننده فلزات سنگین، برخی گونه‌ها از چندین اندام به طور هم‌زمان در جذب استفاده نموده و برخی دیگر تنها از یک یا دو اندام در مکانیسم جذب خود بهره گرفتند. بر این اساس گونه‌هایی که از سه بخش ریشه، ساقه و برگ به‌طور هم‌زمان استفاده نموده‌اند، با ۹۶ درصد فراوانی، بیشترین میزان را داشتند، ریشه به‌تنهایی ۲۲ درصد، ریشه و برگ ۶۹ درصد و ریشه و جوانه ۳ درصد را به خود اختصاص دادند (نمودار-۲).

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

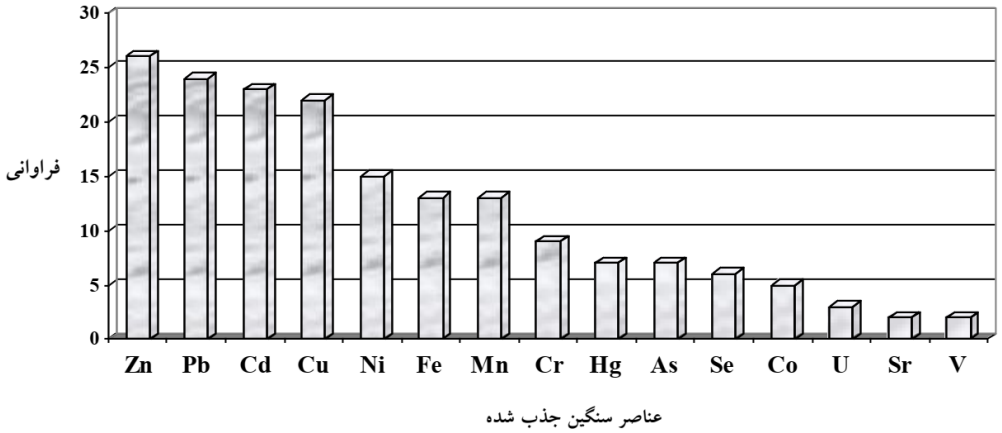
[DOI: 10.30491/2.3.164]



نمودار-۲. نسبت فراوانی اندام‌های جذب‌کننده R=Root, S=Stem, L=Leaf, SH=Shoot

فراوانی فلزات سنگین جذب‌شده توسط گونه‌ها

با توجه به اینکه غلظت بالای فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی از طریق گیاهان پالاینده کاهش یافته و تعدیل می‌گردد. بررسی نوع و میزان جذب این فلزات از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از بین فلزات جذب شده توسط گونه‌های مختلف گیاهی مورد مطالعه، روی با ۱۳/۹۷ درصد، سرب با ۱۳/۴۴ درصد، و کادمیوم ۱۲/۹ درصد از فراوانی بالایی برخوردار بودند و فلزاتی از قبیل مس، نیکل و آهن در رده بعدی قرار گرفتند (نمودار-۳).



نمودار-۳. فراوانی فلزات سنگین جذب‌شده توسط گونه‌های مورد مطالعه (به ترتیب: روی، سرب، کادمیوم، مس، نیکل، آهن، منگنز، کروم، جیوه، آرسنیک، سلنیوم، کبالت، اورانیوم، استرانسیوم، و وانادیوم).

بحث

با شناسایی و بکارگیری گونه‌های آبزی جاذب فلزات سنگین، علاوه بر نیاز کمتر به تجهیزات و فناوری‌های پیشرفته، سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی بالا، تخلیه آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از ارتباط مستقیم کارگران با ترکیبات شیمیایی مضر و خطرناک، می‌توان جنبه‌های طبیعی و زیست‌محیطی را رعایت نمود و با استفاده از فناوری‌های سبز در جهت رفع آلودگی‌ها و مدیریت مناطق آلوده به‌منظور دستیابی به محیط‌زیست پایدار گام برداشت. گیاهان آبزی به‌عنوان بخش مهمی از اکوسیستم‌های طبیعی دارای تاثیرات مهمی بر خواص فیزیکی و شیمیایی آب و حیات موجودات آبزی هستند (۱۰). نتایج بررسی حاضر در تالاب انزلی نشان داد که خانواده گندمیان با ۱۵/۱۵ درصد نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین فراوانی را دارا است. از آنجایی که این گونه‌ها از سرعت رشد، عملکرد زیست‌توده بالا و سیستم ریشه‌ای انبوه برخوردار می‌باشند می‌توان با شناسایی آن‌ها و مطالعه میزان جذب و اثر آن‌ها بر فلزات، در مناطقی که شرایط رویشی برای آن‌ها فراهم است؛ به کشت و توسعه آن‌ها اقدام کرد و در جهت رفع آلودگی محیط گام برداشت.

مقاومت زیاد نسبت به تجزیه زیستی، حالیت و تحرک بالا در آب و در نتیجه حرکت به سمت آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین عواملی است که باعث شده فلزات سنگین توانایی آلودگی آب‌های زیرزمینی را داشته باشند (۱۱)، بر همین اساس توانایی میزان جذب اندام‌های مختلف در گیاهان آبزی مورد بررسی قرارگرفت و نتایج حاصل نشان داد که استفاده از سه بخش ریشه، ساقه و برگ بیشترین نسبت فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین با توجه به توانایی متفاوت گونه‌های گیاهی در پالایش فلزات سنگین و جذب آن‌ها، آگاهی از نوع میزان آلودگی‌های موجود در مناطق مختلف جهت استفاده از گونه‌های مناسب در رفع آلودگی آب و محیط‌زیست، بسیار حایز اهمیت است (۱۲). تحقیق حاضر نشان داد جذب روی، سرب و کادمیوم که ازجمله فلزات اصلی آلوده‌کنندهٔ اکوسیستم‌های آبی انزلی می‌باشند، بیشترین فراوانی را توسط گونه‌های مورد مطالعه داشته‌اند که اهمیت پژوهش‌هایی در این زمینه را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد. در مطالعه‌ای مشابه در تالاب میانکاله نیز روی بیشترین غلظت را در اندام‌های مختلف گیاهان آبزی و همچنین رسوبات بستر، داشت (۱۲).

در مطالعه‌ای که بر روی گونه آبزی *Typha latifolia* انجام شد، یافته‌ها بیانگر آن بود که ضریب جذب برگ‌های این گونه در جذب عنصر روی و مس بیشتر از یک است در حالی که این ویژگی برای سایر فلزات، کمتر از یک است (۱۳). در مطالعهٔ دیگر که با هدف جذب و پراکنش فلزات روی، مس، کادمیوم و سرب بر روی گونه *Potamogeton natans* انجام شد بیشترین جذب این فلزات توسط ریشه بود (۱۴). در مطالعهٔ دیگری که با هدف بررسی توانایی

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.30491/2.3.164]

سه گونه آبزی *Mentha aquatica* و *Ludwigina palustris* و *Myriophyllum aquaticum* در کانادا انجام شد، یافته‌ها حاکی از آن بود که این سه گونه توانایی جذب فلزات آهن، روی، مس و جیوه را دارند (۱۰). در تحقیقی که با هدف مطالعه بر روی سرخس‌ها و با هدف جذب فلزات سنگین به وسیله اندام آن‌ها صورت گرفت، یافته‌ها بیانگر آن بود که سرخس *Pteridaceae* را می‌توان به‌عنوان یک گونه بیش انباشتگر در جذب آرسنیک به حساب آورد (۱۵).

مهمترین مزیت استفاده از گیاهان به‌منظور پاکسازی محیط‌زیست، شامل بهره‌برداری از صفات ذاتی آن‌ها نظیر زیست‌توده فراوان، سیستم ریشه‌ای گسترده، توانایی تحمل تنش‌های محیطی و غیره می‌باشد، گیاه‌پالایی از لحاظ زیبایی خوشایند و مطبوع است و محیط‌زیست را سبز و پاک می‌گرداند. از آن جایی که گیاه‌پالایی به‌صورت درجا باعث پاکسازی آلودگی‌ها می‌شود، به حرکت در آمدن آن توسط نور خورشید صورت می پذیرد و پس از کاشت گیاه به حداقل عملیات داشت و نگه‌داری نیاز دارد. هزینهٔ آن به طور میانگین ۰/۱ سایر روش‌های فیزیکی، شیمیایی یا حرارتی اصلاح و تعدیل محیط‌های آلوده به فلزات است (۱۶).

گیاهان روشی پایدار، درجا، خودکفا و مستقل را به‌منظور پاکسازی آلاینده‌ها از محیط فراهم می‌آورند. حضور گیاهان در مکان آلوده، فرسایش آبی و خاکی را کاهش می‌دهد. با استفاده از روش استخراج گیاهی می‌توان فلزات گران‌بها و مواد با ارزش دیگر را از محیط جمع‌آوری و بازیافت نمود و این امر موجب می‌شود که فرآیند استخراج گیاهی از لحاظ اقتصادی برای سرمایه‌گذاران سودبخش و ترغیب‌کننده باشد. گیاه‌پالایی از تخریب مناظر جلوگیری نموده و موجب افزایش فعالیت و تنوع ریزجانداران و ارتقای سلامت اکوسیستم‌ها می‌گردد (۱۷).

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مربوط به فن‌آوری گیاه‌پالایی، شامل سرعت پایین این فرآیند در مقایسه با روش‌های فیزیکی و شیمیایی اصلاح آلودگی‌ها است. پاکسازی یک مکان آلوده توسط گیاهان، به دلیل رشد آهسته آن‌ها که وابسته به محدودیت‌های اقلیمی و تنوع گونه‌ای است؛ ممکن است که نیازمند فصول رشد زیادی باشد (۳،۵).

اگر چه این دانش هم‌اکنون با سرعت در حال توسعه است، اما بررسی‌ها نشان داد گیاه‌پالایی تجاری از لحاظ زمانی باید با فناوری‌های دیگر قابل رقابت باشد. بیشتر آزمایش‌های گیاه‌پالایی در مقیاس آزمایشگاه در محیط هیدروپونیک انجام و فلزات سنگین به آن‌ها داده شده است، در حالی که اکوسیستم‌های طبیعی کاملاً متفاوت است. بسیاری از گیاهان هنوز شناخته نشده‌اند که باید شناسایی شوند و درباره فیزولوژی آن‌ها بیشتر دانست. بهینه‌سازی فرآیند جذب فلزات سنگین توسط گیاه و مصرف مناسب زیست‌توده تولید شده هنوز باید مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد تا نتایج آزمایشگاهی با عمل و واقعیت همخوانی داشته باشند. اگرچه بیش از ۱۰ سال از کاربرد اولیه فناوری گیاه‌پالایی در دنیا می‌گذرد، اما این دانش توسعه بسیار سریعی داشته است و امروزه گیاه‌پالایی در مورد مواد آلی، معدنی و رادیواکتیو نیز کاربرد دارد. این فرآیند پایدار و ارزان و برای کشورهای در حال توسعه بسیار مناسب است و صرفه اقتصادی دارد (۱۸).

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاضر نشان داد که در تالاب انزلی تیره گندمیان بیشترین فراوانی را در جذب فلزات سنگین دارد. در ۱۶ گیاه مورد مطالعه نیز ریشه نسبت به ساقه و برگ، سهم بیشتری را به‌عنوان اندام جذب‌کننده فلزات سنگین به خود اختصاص داد. از بین فلزات سنگین، روی، بیشترین فراوانی جذب توسط این گیاهان آبزی را داشت. استفاده از گیاهان آبزی در تصفیه اکوسیستم‌های آبی مزایایی دارد که مهمترین آن‌ها موثر بودن، ارزان بودن و پایدار بودن آن است که از طریق گیاه‌پالایی و حذف فلزات سنگین از اکوسیستم‌های آبی به‌طور غیرمستقیم به سلامت انسان کمک می‌کند.

تشکر و قدردانی: از همه افرادی که در انجام مطالعه حاضر یاری رساندند تشکر می‌شود.

نقش نویسندگان: نویسنده با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرد.

تضاد منافع: نویسنده تصریح می‌کند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Rai PK. Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach. International journal of phytoremediation. 2008;10(2):133-60. doi:10.1080/15226510801913918

2. Martin S, Griswold W. Human health effects of heavy metals. Environmental Science and Technology briefs for citizens. 2009;15:1-6.

3. Rezania S, Taib SM, Din MF, Dahalan FA, Kamyab H. Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. Journal of hazardous materials. 2016;318:587-99. doi:10.1016/j.jhazmat.2016.07.053

4. Wani RA, Ganai BA, Shah MA, Uqab B. Heavy metal uptake potential of aquatic plants through phytoremediation technique-a review. J Bioremediat

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.164]

Biodegrad. 2017;8(404):2. doi:10.4172/2155-6199.1000404
5. Parmar S, Singh V. Phytoremediation approaches for heavy metal pollution: a review. J Plant Sci Res. 2015;2(2):135.
6. Akpor OB, Muchie M. Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. International Journal of Physical Sciences. 2010 Oct 4;5(12):1807-17.
7. Carolin CF, Kumar PS, Saravanan A, Joshiba GJ, Naushad M. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. Journal of environmental chemical engineering. 2017;5(3):2782-99. doi:10.1016/j.jece.2017.05.029
8. Sharma S, Singh B, Manchanda VK. Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(2):946-62. doi:10.1007/s11356-014-3635-8
9. Jaiswal A, Verma A, Jaiswal P. Detrimental effects of heavy metals in soil, plants, and aquatic ecosystems and in humans. Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology. 2018;37(3). doi:10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.2018025348
10. Kamal M, Ghaly AE, Mahmoud N, Cote R. Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants. Environment international. 2004;29(8):1029-39. doi:10.1016/S0160-4120(03)00091-6
11. Mishra VK, Upadhyay AR, Pandey SK, Tripathi BD. Concentrations of heavy metals and aquatic macrophytes of Govind Ballabh Pant Sagar an anthropogenic lake affected by coal mining effluent. Environmental Monitoring and Assessment. 2008; 141(1-3):49-58. doi:10.1007/s10661-007-9877-x
12. Ebadati F, Ismaili Sari A, Riahi Bakhtiari A. The amount and manner of changes in heavy metals and organs of aquatic plants and sediments of Miankaleh wetland. Journal of Environmental Studies. 2005; 31: 53-57.
13. Sasmaz A, Obek E, Hasar H. The accumulation of heavy metals in Typha latifolia L. grown in a stream carrying secondary effluent. ecological engineering. 2008;33(3-4):278-84. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.05.006
14. Fritioff Å, Greger M. Uptake and distribution of Zn, Cu, Cd, and Pb in an aquatic plant Potamogeton natans. Chemosphere. 2006 Apr 1;63(2):220-7. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.08.018
15. Zhao FJ, Ma JF, Meharg AA, McGrath SP. Arsenic uptake and metabolism in plants. New Phytologist. 2009;181(4):777-94. doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02716.x
16. Prasad MN. Aquatic plants for phytotechnology. InEnvironmental bioremediation technologies 2007 (pp. 259-274). Springer, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-34793-4_11
17. Mustafa HM, Hayder G. Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. Ain Shams Engineering Journal. 2020. doi:10.1016/j.asej.2020.05.009
18. Roy SP. Overview of heavy metals and aquatic environment with notes on their recovery. Ecoscan. 2010; 4(2-3):235-40.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.164]