



## ORIGINAL RESEARCH PAPER (Marine Science)

Environmental study of heavy metal pollution of two species of plants *Juncus acutus* L. and *Hammada salicornica* L. of Shadegan wetlandEbtesam Hamid<sup>1</sup>, Khoshnaz Payandeh<sup>1,\*</sup>, MoHammada Tahsin Kariminejad<sup>2</sup>, Naghmeh Saadati<sup>1</sup><sup>1</sup> Department of Soil, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran<sup>2</sup> Department of Agriculture and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

## ARTICLE INFO

## Article History:

Received: 2020/10/21

Revised: 2020/12/5

Accepted: 2020/12/10

## Keywords:

Heavy Metals

Bioaccumulation

Remeth

Generation

Shadegan Wetland

\*Corresponding author:

[Payandeh426@gmail.com](mailto:Payandeh426@gmail.com)

## ABSTRACT

**Background and Theoretical Foundations:** The aim of this study was to evaluate the heavy metals zinc, copper, cobalt, manganese, selenium, nickel, cadmium and molybdenum in two species of *Hammada salicornica* L. and *Juncus acutus* L. in 2018-2019 from Shadegan Wetland.

**Methodology:** The collection of *Hammada salicornica* and *Juncus acutus* in two seasons of summer and winter was in two sites A (Atish region) and site B (Rugbeh region). At each site, there were three sampling stations (first, second, third stations) with a distance of 200 meters. Heavy elements were measured by induction-coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-OES).

**Findings:** The results showed that in the *Juncus acutus*, the highest values of bioaccumulation index of zinc and manganese metals in the leaves of the plant in the first station in summer were 1.60 and 0.85, respectively. The highest values of this index for cobalt and molybdenum in the leaves of the second *Juncus acutus* in winter were 8 and 37, respectively. Regarding copper and selenium, the highest amount of bioaccumulation index in plant leaves in winter was observed in the third and first stations of 1.11 and 6.22, respectively.

**Conclusion:** The lowest bioaccumulation index of zinc, copper, cobalt, manganese, selenium and molybdenum was obtained in the roots of the generation plant. In winter, the highest and lowest metal transfer index in the *Juncus acutus* was related to copper and nickel metals, respectively 22 and 0.02. In summer, the highest and lowest values of molybdenum and nickel were 4.12 and 0.53, respectively. The bioaccumulation index of metals in *Juncus acutus* and *Hammada salicornica* showed that these plants have the ability to accumulate heavy metals and are part of accumulator plants, because heavy metals in the leaves and roots of these plants were measured in very small amounts. According to the results of the indicators transition metal *Juncus acutus* and *Hammada salicornica* ability to attract and heavy metals have accumulated.



NUMBER OF TABLES

5



NUMBER OF FIGURES

1



NUMBER OF REFERENCES

68

## مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

بررسی زیست‌محیطی آلودگی فلزات سنگین دو گونه گیاهان نسل (*Juncus acutus* L.) و رمث (*Hammada salicornica* L.) تالاب شادگانابتسام حمید<sup>۱</sup>، خوشناز پاینده<sup>۱\*</sup>، محمد تحسین کریمی نژاد<sup>۲</sup>، نغمه سعادت<sup>۱</sup><sup>۱</sup> گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران<sup>۲</sup> گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

## اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۳۰/۷/۱۳۹۹

تاریخ بازبینی: ۱۵/۹/۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۲۰/۹/۱۳۹۹

## چکیده

**پیشینه و مبانی نظری پژوهش:** این تحقیق در سال ۹۸-۱۳۹۷ با هدف ارزیابی فلزات سنگین روی، مس، کبالت، منگنز، سلنیوم، نیکل، کادمیوم و مولیبدن در دو گونه از گیاهان رمث (*Hammada salicornica* L.) و نسل (*Juncus acutus* L.) تالاب شادگان انجام شد.

**روش‌شناسی:** محل نمونه‌برداری گیاهان رمث و نسل در دو سایت A (منطقه عطیش) و سایت B (منطقه رگبه) در دو فصل تابستان و زمستان بود که در هر سایت سه ایستگاه نمونه‌برداری (ایستگاه اول، دوم، سوم) با فواصل ۲۰۰ متر انتخاب شدند. نمونه‌های گیاهان با ۳ تکرار برداشت شدند. سنجش عناصر سنگین به روش طیف سنجی نشر اتمی - پلاسما جفت شده القایی (ICP-OES) انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد در گیاه نسل بالاترین مقدار شاخص تجمع زیستی فلزات روی و منگنز در برگ گیاه در ایستگاه اول در فصل تابستان به ترتیب ۱/۶۰ و ۰/۸۵ به‌دست آمد. بالاترین مقادیر این شاخص در مورد کبالت و مولیبدن در برگ گیاه نسل در ایستگاه دوم در فصل زمستان به ترتیب ۸ و ۳۷ بود. در مورد مس و سلنیوم بالاترین میزان شاخص تجمع زیستی در برگ گیاه در فصل زمستان به ترتیب در ایستگاه سوم و اول ۱/۱۱ و ۶/۲۲ مشاهده شد. پایین‌ترین میزان شاخص تجمع زیستی فلزات روی، مس، کبالت، منگنز، سلنیوم و مولیبدن در ریشه گیاه نسل به‌دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** در فصل زمستان بالاترین و پایین‌ترین شاخص انتقال فلزات در گیاه نسل مربوط به فلزات مس و نیکل به ترتیب ۲۲ و ۰/۰۲ بود. در فصل تابستان بالاترین و پایین‌ترین میزان این شاخص در مورد فلزات مولیبدن و نیکل ۴/۱۲ و ۰/۵۳ به‌دست آمد. شاخص تجمع زیستی فلزات در گیاهان نسل و رمث نشان داد که این گیاهان توانایی انباشت فلزات سنگین را دارند و جزء گیاهان انباشتگر می‌باشند، زیرا فلزات سنگین در برگ و ریشه این گیاهان در مقادیر بسیار کم سنجش شدند. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص انتقال فلزات در گیاه نسل و رمث توانایی جذب و انباشت فلزات سنگین را دارند.

## واژگان کلیدی:

فلزات سنگین

تجمع زیستی

رمث، نسل

تالاب شادگان

\*نویسنده مسئول

Payandeh426@gmail.com

## مقدمه

نی، لویی<sup>۶</sup>، چمن شور<sup>۷</sup>، باتلاقی شور<sup>۸</sup> و جگن<sup>۹</sup> از اندام هوایی بیشتر بود که بیانگر مناسب بودن این گونه‌ها به عنوان نشانگرهای حضور و میزان آلودگی فلزات سنگین در تالاب‌ها هستند [۲۲].

این تحقیق با هدف ارزیابی آلودگی دو گونه گیاهان ساحلی تالاب شادگان با عناصر سنگین و تغییرات این عناصر در دو فصل زمستان و تابستان انجام شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

تالاب شادگان در جنوب غربی ایران و جنوب جلگه خوزستان حد فاصل شهرستان‌های شادگان، آبادان، ماهشهر در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۸ دقیقه قرار دارد. پهناوری تالاب شادگان حدود ۴۰۰ هزار هکتار و پناهگاه حیات‌وحش آن ۳۲۷۶۵ هکتار می‌باشد. ۱۷ جامعه اصلی گیاهی متشکل از ۱۱۰ گونه گیاهی در شادگان شناسایی شده‌اند (سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور، ۱۳۸۹) [۲۳]. غنای گونه‌ای پوشش گیاهی تالاب شادگان نیز روبه کاهش است [۲۴، ۲۵]. در بررسی تنوع زیستی، جنس و گونه و همچنین وضعیت رویشی گیاهان موجود در تالاب با عملیات صحرایی از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۴، ۴۲ گونه، ۳۲ جنس و ۲۲ خانواده شناسایی و معرفی شدند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴).

این تحقیق در سال ۹۸-۱۳۹۷ بر روی دو گونه از گیاهان رمث<sup>۱۰</sup> و نسل<sup>۱۱</sup> تالاب شادگان انجام شد. علت انتخاب این دو گونه گیاهی، فراوانی پوشش در خط ساحلی و مناطق مختلف تالاب بوده است. محل نمونه‌برداری و جمع‌آوری گیاهان رمث و نسل در دو سایت A و B در دو فصل تابستان و زمستان بود (شکل ۱) که در هر سایت سه ایستگاه نمونه‌برداری (ایستگاه اول، دوم، سوم) با فواصل ۲۰۰ متر انتخاب شدند (جدول ۱). در هر سایت نمونه‌برداری، اندام‌های گیاهی در پلات‌های یک متر مربعی (۱ × ۱ متر) در خط ساحلی تالاب برداشت و درون کیسه پلاستیکی در یخدان حاوی پودر یخ به آزمایشگاه منتقل شدند [۲۶]. انتخاب استراتژی نمونه‌برداری گیاهان در پلات‌های یک متر مربعی با فواصل ۲۰۰ متری به این دلیل بوده است که برداشت نمونه‌های گیاهی در یک واحد سطح معین (مثلاً یک متر مربع) صورت گیرد تا از برداشت نقطه‌ای گیاهان در بستر خاک‌های هیدریک ساحل تالاب پرهیز شود. همچنین فاصله ۲۰۰ متری سایت‌های نمونه‌برداری به دلیل اجتناب از شبه تکرار<sup>۱۲</sup> در نظر گرفته شده است که در فواصل بسیار نزدیک سایت‌های نمونه‌برداری بسیار محتمل است. موقعیت جغرافیایی و مشخصات هر ایستگاه ثبت و نمونه‌های گیاهان رمث و نسل جهت شناسایی سایت و ایستگاه‌های کدگذاری در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱: مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های محل نمونه‌برداری

سایت	موقعیت محلی	مختصات جغرافیایی
A	عطیش	30°39'56" N, 48°31'56" E
B	رگبه	30°39'52" N, 48°31'52" E

یکی از آلاینده‌های مهم و خطرناک در محیط‌زیست فلزات سنگین هستند که به‌طور مداوم در اکوسیستم‌های طبیعی روبه افزایش می‌باشند و از راه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی انسان سبب آلودگی پیرامون شده یا از طریق فرسایش طبیعی سنگ‌های مادری و کانی‌های موجود در پوسته زمین وارد محیط‌زیست می‌شوند [۱]. به‌طور کلی در حال حاضر در جهان تعیین نحوه کنترل و کاهش آلودگی فلزات سنگین به موضوعی مهم و برجسته تبدیل شده است [۲، ۳]. آلودگی فلزات سنگین تاکنون به‌طور مؤثر کنترل نشده است، زیرا فعالیت‌های انسانی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه افزایش می‌یابد. بنابراین نگرانی‌های بسیاری در مورد انتشار فلزات سنگین و رفتار سمیت آن‌ها در محیط‌زیست وجود دارد [۴]. فلزات سنگین به‌طور طبیعی در آب و رسوبات تالاب‌ها وجود دارند [۵-۷]. استفاده و بهره‌برداری بیش از حد انسان‌ها از تالاب‌ها سبب افزایش آلودگی در این اکوسیستم‌های آبی شده است [۸-۱۰]. تالاب‌ها از منابع مختلف نظیر فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های صنعتی، مواد شیمیایی کشاورزی و زراعی در معرض آلودگی قرار دارند [۱۱، ۱۲]. فلزات سنگین سبب کاهش رشد در گیاهان می‌شود و جذب این آلاینده‌ها در زنجیره غذایی تحت تأثیر وضعیت اکوسیستم آبی می‌باشد که به‌طور مؤثر به عنوان یک ماده سمی بالقوه برای موجودات آبی هستند [۱۳، ۱۴]. فلزات سنگین در محیط‌های آبی و اکوسیستم‌های طبیعی انباشته شده و برای همیشه باقی می‌مانند و هرگز از راه فعالیت‌های میکروبی به مواد بی‌ضرر تبدیل نمی‌شوند [۱۵، ۱۶]. تعیین فلزات سنگین در گیاهان یک ابزار مهم ارزیابی آلودگی در محیط‌زیست است تا بتوان در کنترل و مدیریت آلودگی برنامه‌ریزی کرد [۱۷، ۱۸].

گیاهان عالی دارای توانایی متفاوت در تجمع و مقاومت به عناصر هستند که از این نظر می‌توانند به سه گروه انباشتگر<sup>۱</sup>، اندیکاتور<sup>۲</sup> و غیرانباشتگر<sup>۳</sup> تقسیم شوند [۱۹]. بعضی گونه‌های خاص گیاهی فوق‌انباشتگر<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند که خود به دو گروه تجمع‌دهنده‌های اولیه عناصر (تجمع هزاران میلی‌گرم عناصر در کیلوگرم وزن خشک) و تجمع‌دهنده‌های ثانویه عناصر (تجمع صدها میلی‌گرم عناصر در کیلوگرم وزن خشک) تقسیم می‌شوند. عموماً گیاهانی که کمتر از ۲۵ میکروگرم عناصر در هر گرم وزن خشک دارند به عنوان غیرانباشتگر در نظر گرفته می‌شود [۲۰].

تغییرات برخی عناصر در گیاه آبی نی<sup>۵</sup> تالاب ناصری در فصول بهار و پاییز نشان داد میزان تجمع کادمیوم، سرب و جیوه در گیاه آبی نی در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز به دست آمد ( $P < 0.05$ )، اما در مورد عنصر آرسنیک میزان تجمع در این گیاه آبی در فصل بهار پایین‌تر بود ( $P < 0.05$ ) [۲۱]. غلظت فلزات سنگین کبالت، کادمیوم، مس، روی، سلنیوم و منگنز در ریشه گیاهان

7- *Aeluropus lagopoides*8- *Halocnemum strobilaceum*9- *Scripus maritimus*10- *Hammada salicornica*11- *Juncus acutus*

12- Pseudo-replication

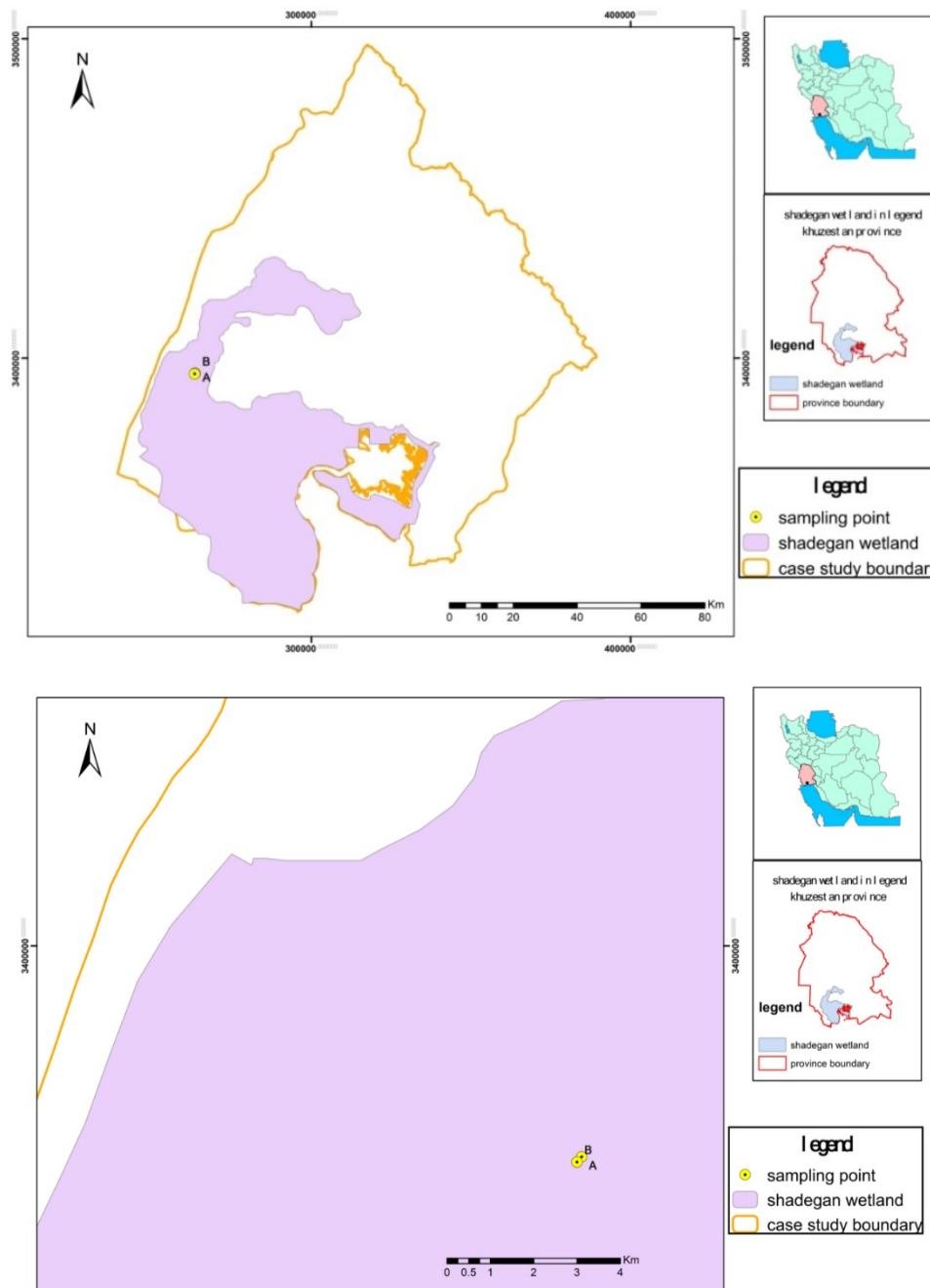
1- Accumulator

2- Indicator

3- Non-accumulator

4- Hyperaccumulator

5- *Phragmites australis*6- *Typha latifolia*



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی نمونه برداری گیاهان ساحلی نسل و رمث در تالاب شادگان

نسبت ۱:۱ به نمونه اضافه شد. بعد از این مرحله، مخلوط را حرارت داده تا بخارات سفید رنگ اسید به طور کامل محو شدند. به مخلوط سرد شده، در حالی که بالن چرخانده می‌شد، ۱۰ میلی لیتر آب مقطر از بالای مبرد به آرامی اضافه گردید. با حرارت دادن (حدود ۱۰۰ دقیقه) محلول کاملاً شفاف به دست آمد که پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر انتقال و به حجم رسانده شد [۲۷]. سنجش عناصر سنگین به روش طیف سنجی نشر اتمی - پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) انجام شد. جهت تعیین فلزات سنگین از دستگاه ICP-OES مدل Varian 710-ES استفاده گردید [۲۸].

ارزیابی امکان و قابلیت گیاه‌پالایی توسط فاکتور تجمع زیستی تعیین شد. فاکتور تجمع زیستی به صورت غلظت فلز در وزن خشک بر روی غلظت آن

در آزمایشگاه نمونه‌های رمث و نسل با آب مقطر شستشو و ریشه، ساقه و برگ‌ها از یکدیگر تفکیک شدند. سپس هر نمونه به طور 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، ۰/۵ گرم از هر نمونه در یک بالن ۲۵۰ میلی لیتر ریخته شد و به آن ۲۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۷ مولار اضافه گردید و برای اینکه عمل جوشاندن به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد چند عدد سنگ جوش در ظرف قرار داده شد. سپس نمونه سرد گردید و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به

همچنین پایین‌ترین میزان سلیوم و مولیبدن به‌ترتیب در ایستگاه سوم در فصل تابستان در ریشه گیاه نسل  $1/20 \pm 0/03$  و  $0/38 \pm 0/02$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. پایین‌ترین میزان کادمیوم و نیکل در برگ به‌ترتیب  $0/01 \pm 0/001$  و  $0/01 \pm 0/002$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۲).

میانگین میزان فلزات روی، مس، سلیوم و مولیبدن در برگ و ریشه گیاه رمث در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P < 0.05$ )، اما در مورد میزان کبالت، منگنز، کادمیوم و نیکل اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ). در گیاه رمث میزان روی، کبالت، منگنز و نیکل در دو فصل زمستان و تابستان در ریشه بالاتر از برگ به دست آمد ( $P < 0.05$ )، اما فلزات مس و مولیبدن در برگ بالاتر از ریشه بود ( $P < 0.05$ ) و عنصر سلیوم در فصل زمستان در ریشه بالاتر از برگ و در فصل تابستان میزان این عنصر در برگ بالاتر از ریشه مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). کادمیوم در فصل زمستان در برگ گیاه رمث بالاتر از ریشه بود و در فصل تابستان در برگ و ریشه میزان این فلز یکسان به‌دست آمد. مقایسه مقادیر فلزات سنگین بین فصول زمستان و تابستان نیز نشان داد مقادیر فلزات مورد مطالعه در برخی موارد در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود و در برخی نمونه‌های برگ و ریشه گیاه رمث در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان مشاهده شد. بالاترین مقادیر روی و مس در فصل تابستان به ترتیب در ریشه و برگ گیاه رمث ایستگاه‌های دوم و سوم و  $1/72 \pm 0/08$  و  $1/23 \pm 0/05$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. بالاترین میزان کبالت و منگنز نیز در فصل تابستان در ریشه گیاه رمث در ایستگاه اول به‌ترتیب  $0/69 \pm 0/03$  و  $2/67 \pm 0/06$  میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد، اما بالاترین میزان سلیوم و مولیبدن در فصل زمستان به ترتیب در ریشه و برگ گیاه رمث در ایستگاه‌های سوم و اول و  $4/20 \pm 0/09$  و  $3/25 \pm 0/18$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. پایین‌ترین مقادیر روی، کبالت و منگنز در فصل زمستان در برگ گیاه رمث در ایستگاه اول به‌ترتیب  $0/25 \pm 0/03$ ،  $0/2 \pm 0/01$  و  $0/3 \pm 0/04$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین پایین‌ترین میزان مس و سلیوم نیز در فصل زمستان به‌ترتیب در ریشه و برگ گیاه رمث در ایستگاه‌های سوم و دوم و  $0/11 \pm 0/02$  و  $1/25 \pm 0/07$  میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد، اما پایین‌ترین میزان مولیبدن در فصل تابستان در ریشه گیاه رمث در ایستگاه سوم و  $0/90 \pm 0/02$  میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. بالاترین میزان کادمیوم و نیکل در ریشه گیاه رمث در فصل تابستان به‌ترتیب  $0/49 \pm 0/04$  و  $0/74 \pm 0/02$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود. پایین‌ترین میزان کادمیوم در ریشه در فصل زمستان  $0/01 \pm 0/01$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. پایین‌ترین میزان نیکل در برگ گیاه رمث در فصل زمستان  $0/01 \pm 0/03$  میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۳).

در محیط اطراف آن تعریف می‌شود. معمولاً فاکتور تجمع زیستی بیشتر از ۱، نشان‌دهنده قابلیت تجمعی بالای گیاه در جذب فلزات سنگین می‌باشد [۲۹]. این فاکتور بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد [۳۰]:

$$\text{رابطه ۱: غلظت فلز در خاک (mg/Kg)} \div \text{غلظت فلز در گیاه (mg/Kg)} = \text{شاخص تجمع زیستی (BAF)}$$

در این پژوهش شاخص انتقال<sup>۱</sup> از رابطه ۲ محاسبه شد [۳۱]. این فاکتور توانایی جذب فلزات سنگین به وسیله گیاهان از خاک و سپس ذخیره آن‌ها در اندام‌های بالایی را تعیین می‌کند [۳۲]:

### رابطه ۲: شاخص انتقال (TF)

غلظت فلز در اندام هوایی/ غلظت فلز در اندام زیرزمینی  
برای آنالیز آماری و بررسی اختلاف میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از نرم‌افزار SPSS 24 استفاده شد. نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودارها و جداول استفاده شد. برای مقایسه و یافتن اختلاف معنی‌دار در گروه‌های در نظر گرفته شده از آنالیز واریانس یکطرفه<sup>۲</sup> و آنالیز واریانس دو طرفه<sup>۳</sup> استفاده شد.

## ۳. نتایج و بحث

میانگین میزان فلزات روی، مس، کبالت، منگنز، سلیوم و مولیبدن در برگ و ریشه گیاه نسل در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P < 0.05$ )، اما میزان کادمیوم و نیکل اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ). در گیاه نسل میزان روی، مس، کبالت، منگنز، سلیوم و مولیبدن در دو فصل زمستان و تابستان در برگ بالاتر ریشه به‌دست آمد ( $P < 0.05$ )، اما کادمیوم و نیکل در ریشه گیاه نسل بالاتر از برگ بود. مقایسه مقادیر فلزات سنگین بین فصول زمستان و تابستان نیز نشان داد مقادیر فلزات در برخی موارد در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود و در برخی نمونه‌های برگ و ریشه گیاه نسل در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان مشاهده شد. بالاترین مقادیر روی، مس، کبالت و منگنز در فصل تابستان در ایستگاه اول در برگ گیاه نسل به ترتیب  $1/01 \pm 0/05$ ،  $1/21 \pm 0/04$ ،  $0/69 \pm 0/03$  و  $2/48 \pm 0/06$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین بالاترین میزان سلیوم و مولیبدن به ترتیب در ایستگاه‌های اول و دوم در فصل زمستان در برگ گیاه نسل  $7/41 \pm 0/18$  و  $1/85 \pm 0/02$  میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد. بالاترین میزان کادمیوم و نیکل در ریشه در ایستگاه اول به ترتیب  $0/62 \pm 0/04$  و  $1/15 \pm 0/06$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود. پایین‌ترین مقادیر روی، مس، کبالت و منگنز در فصل زمستان در ریشه گیاه نسل به ترتیب در ایستگاه‌های دوم، سوم، دوم و اول  $0/08 \pm 0/06$ ،  $0/05 \pm 0/04$ ،  $0/01 \pm 0/02$  و  $0/34 \pm 0/02$  میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

جدول ۲: میانگین غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم) در گیاه نسل تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	برگ		ریشه	
	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه دوم
روی	$0/51 \pm 0/03^a$	$0/50 \pm 0/03^a$	$0/36 \pm 0/03^c$	$0/08 \pm 0/06^d$
مس	$0/21 \pm 0/01^a$	$0/36 \pm 0/02^b$	$1/10 \pm 0/04^c$	$0/15 \pm 0/02^e$
کبالت	$0/09 \pm 0/003^a$	$0/08 \pm 0/004^a$	$0/05 \pm 0/006^b$	$0/01 \pm 0/002^b$
زمستان				
روی	$0/51 \pm 0/03^a$	$0/50 \pm 0/03^a$	$0/36 \pm 0/03^c$	$0/08 \pm 0/06^d$
مس	$0/21 \pm 0/01^a$	$0/36 \pm 0/02^b$	$1/10 \pm 0/04^c$	$0/15 \pm 0/02^e$
کبالت	$0/09 \pm 0/003^a$	$0/08 \pm 0/004^a$	$0/05 \pm 0/006^b$	$0/01 \pm 0/002^b$

3- ANOVA Two-way

1- Translocation Factor

2- ANOVA One-way

۱/۵۰±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۵۳±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۰/۳۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۹۴±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۷۲±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱/۶۰±۰/۰۸ <sup>a</sup>	منگنز
۱/۸۹±۰/۰۴ <sup>d</sup>	۱/۶۷±۰/۰۳ <sup>d</sup>	۱/۲۵±۰/۰۳ <sup>d</sup>	۲/۳۹±۰/۰۵ <sup>c</sup>	۴/۶۹±۰/۰۸ <sup>b</sup>	۷/۴۱±۰/۱۸ <sup>a</sup>	سلنیوم
۰/۴۶±۰/۰۶ <sup>c</sup>	۰/۶۸±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۹۵±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۷۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۸۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۴۲±۰/۰۵ <sup>a</sup>	مولیبیدن
۰/۰۳±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۴±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۶±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۴±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	کادمیوم
۰/۰۵±۰/۰۰۳ <sup>c</sup>	۰/۰۴±۰/۰۰۲ <sup>c</sup>	۰/۰۳±۰/۰۰۱ <sup>c</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۵ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	نیکل
<b>تابستان</b>						
۰/۶۰±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۵۳±۰/۰۴ <sup>e</sup>	۰/۳۹±۰/۰۴ <sup>d</sup>	۰/۶۳±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۰/۶۰±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۰۱±۰/۰۵ <sup>a</sup>	روی
۰/۸۳±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۸۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۷۹±۰/۰۵ <sup>d</sup>	۰/۹۳±۰/۰۵ <sup>c</sup>	۰/۸۹±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۲۱±۰/۰۴ <sup>a</sup>	مس
۰/۶۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۶±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۶۶±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۶۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۶۶±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۶۹±۰/۰۳ <sup>a</sup>	کبالت
۱/۲۲±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱/۲۶±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۹۶±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۱/۶۳±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۳۳±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۲/۴۸±۰/۰۶ <sup>a</sup>	منگنز
۱/۲۰±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۵۰±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۹۶±۰/۰۶ <sup>c</sup>	۳/۲۱±۰/۱۴ <sup>b</sup>	۳/۲۵±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۵/۶۹±۰/۱۱ <sup>a</sup>	سلنیوم
۰/۳۸±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۴۱±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۵۵±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۱/۴۰±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۶۹±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۷۸±۰/۰۳ <sup>a</sup>	مولیبیدن
۰/۴۹±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۲±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۴۶±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۴۸±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۳ <sup>a</sup>	کادمیوم
۰/۹۷±۰/۰۶ <sup>c</sup>	۰/۸۴±۰/۰۵ <sup>c</sup>	۱/۱۵±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۶۴±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۶۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۶۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	نیکل

حروف متفاوت a, b, c, d و e در هر ردیف اختلاف معنی دار را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد (P<0.05).

جدول ۳: میانگین غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم) در گیاه رمث تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	برگ		ریشه	
	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه اول	ایستگاه دوم
<b>زمستان</b>				
روی	۰/۲۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۳۸±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۳۷±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۵۳±۰/۰۲ <sup>d</sup>
مس	۰/۱۹±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۲۸±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۴۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۱±۰/۰۲ <sup>c</sup>
کبالت	۰/۰۲±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۲±۰/۰۰۴ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۳ <sup>b</sup>
منگنز	۰/۳۰±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۵۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱/۲۲±۰/۰۴ <sup>b</sup>
سلنیوم	۱/۹۶±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۱/۲۵±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۶۸±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۴/۲۰±۰/۰۹ <sup>b</sup>
مولیبیدن	۳/۲۵±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۲/۷۵±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۲/۶۸±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۹۲±۰/۰۶ <sup>c</sup>
کادمیوم	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۷±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>
نیکل	۰/۰۲±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۰±۰/۰۰۲ <sup>c</sup>
<b>تابستان</b>				
روی	۰/۶۱±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۷۷±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۰/۷۵±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۱/۴۷±۰/۰۶ <sup>d</sup>
مس	۱/۰۹±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۱/۱۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۲۳±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱/۰۱±۰/۰۴ <sup>a</sup>
کبالت	۰/۶۸±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۱±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۶۲±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۳±۰/۰۴ <sup>a</sup>
منگنز	۱/۴۵±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲/۱۸±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۱/۸۴±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۲/۴۶±۰/۰۵ <sup>a</sup>
سلنیوم	۳/۹۲±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۳/۸۷±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳/۰۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۶۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>
مولیبیدن	۲/۷۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۲/۴۶±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲/۳۰±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۹۰±۰/۰۲ <sup>b</sup>
کادمیوم	۰/۴۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>
نیکل	۰/۶۶±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۶±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۷۳±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۷۴±۰/۰۳ <sup>c</sup>

حروف متفاوت a, b, c, d و e در هر ردیف اختلاف معنی دار را در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد (P<0.05).

پایین‌ترین مقدار این شاخص برای فلزات کبالت، منگنز و مولیبیدن در فصل زمستان ایستگاه اول به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۰۵ و ۲/۳۷ مشاهده شد. همچنین پایین‌ترین میزان شاخص تجمع زیستی فلز مس در ایستگاه سوم در فصل زمستان ۰/۰۵ به‌دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین شاخص زیستی کادمیوم در فصل زمستان در ریشه گیاه نسل در ایستگاه اول و ایستگاه سوم به ترتیب ۶ و ۰/۴۲ بود. بالاترین شاخص زیستی نیکل در فصل تابستان در ریشه این گیاه ۱/۲۳ مشاهده شد. پایین‌ترین شاخص زیستی نیکل در فصل زمستان در برگ گیاه نسل در ایستگاه سوم ۰/۰۱ به‌دست آمد (جدول ۴).

در گیاه نسل بالاترین مقدار شاخص تجمع زیستی فلزات روی و منگنز در برگ گیاه در ایستگاه اول در فصل تابستان به ترتیب ۱/۶۰ و ۰/۸۵ به‌دست آمد. بالاترین مقادیر این شاخص در مورد کبالت و مولیبیدن در برگ گیاه نسل در ایستگاه دوم در فصل زمستان به ترتیب ۸ و ۳۷ بود. در مورد مس و سلنیوم بالاترین میزان شاخص تجمع زیستی در برگ گیاه در فصل زمستان به ترتیب در ایستگاه سوم و اول ۱/۱۱ و ۶/۲۲ مشاهده شد. پایین‌ترین میزان شاخص تجمع زیستی فلزات روی، مس، کبالت، منگنز، سلنیوم و مولیبیدن در ریشه گیاه نسل به‌دست آمد. پایین‌ترین میزان شاخص تجمع زیستی فلزات روی و سلنیوم در ایستگاه سوم در فصل تابستان به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۴۲ بود و

جدول ۴: شاخص تجمع زیستی فلزات سنگین گیاه نسل تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	برگ		ریشه	
	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲
روی	۰/۲۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۳۸±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۳۷±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۵۳±۰/۰۲ <sup>d</sup>
مس	۰/۱۹±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۲۸±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۴۳±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۱±۰/۰۲ <sup>c</sup>
کبالت	۰/۰۲±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۲±۰/۰۰۴ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۳ <sup>b</sup>
منگنز	۰/۳۰±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۵۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۴۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱/۲۲±۰/۰۴ <sup>b</sup>
سلنیوم	۱/۹۶±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۱/۲۵±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۶۸±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۴/۲۰±۰/۰۹ <sup>b</sup>
مولیبیدن	۳/۲۵±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۲/۷۵±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۲/۶۸±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۹۲±۰/۰۶ <sup>c</sup>
کادمیوم	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۷±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>
نیکل	۰/۰۲±۰/۰۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۰±۰/۰۰۲ <sup>c</sup>

زمستان						
۱/۵۳	۰/۱۴	۰/۳۲	۲/۶۵	۰/۹۲	۰/۴۵	روی
۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱۰	۱/۱۱	۰/۵۲	۰/۲۲	مس
۰/۲	۱	۰/۱۲	۰/۵	۸	۱/۱۲	کیالت
۰/۵۹	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۲۶	منگنز
۰/۷۲	۰/۷۱	۱/۰۵	۰/۹۱	۱/۹۹	۶/۲۲	سلنیوم
۹/۲	۱۳/۶	۲/۳۷	۳۵	۳۷	۳/۵۵	مولیبیدن
۰/۴۲	۴/۴۴	۶	۰/۷۱	۴/۴۴	۳	کادمیوم
۰/۶۴	۱/۲۱	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۲	نیکل
تابستان						
۰/۱۲	۰/۷۰	۰/۶۱	۰/۱۳	۰/۸۰	۱/۶۰	روی
۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۲۷	۰/۵۸	۰/۸۲	مس
۰/۸۶	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۸	کیالت
۰/۲۲	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۷۸	۰/۸۵	منگنز
۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۸۶	۱/۱۴	۰/۹۴	۲/۵۱	سلنیوم
۶/۳۳	۲/۹۲	۹/۱۶	۲۳/۳۳	۱۲/۰۷	۲۹/۶۶	مولیبیدن
۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۳۴	۱	۱/۰۴	۱/۰۲	کادمیوم
۰/۹۷	۱/۱۵	۱/۲۳	۰/۶۴	۰/۸۴	۰/۶۵	نیکل

جدول ۵: شاخص تجمع زیستی فلزات سنگین گیاه رمث تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	برگ			ریشه		
	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳
زمستان						
روی	۰/۲۲	۰/۷۰	۱/۴۲	۰/۷۹	۱	۲/۰۳
مس	۰/۲۰	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۱
کیالت	۰/۲۵	۲	۰/۵	۰/۶۲	۹	۰/۵
منگنز	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۴۶	۰/۵۲
سلنیوم	۱/۶۴	۰/۵۳	۰/۶۴	۲/۷۵	۱/۵۷	۱/۶۱
مولیبیدن	۸/۱۲	۵۵	۵۳/۶۰	۲/۷۵	۱۹/۶۰	۱۸/۴۰
کادمیوم	۰/۷	۰/۲۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱۱	۰/۰۴
نیکل	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۱۲
تابستان						
روی	۰/۹۶	۱/۰۲	۰/۱۵	۱/۲۰	۲/۲۹	۰/۳۰
مس	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۵۱
کیالت	۰/۹۷	۰/۶۳	۰/۸۳	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۸۵
منگنز	۰/۵۰	۱/۲۸	۰/۳۴	۰/۹۲	۱/۴۴	۰/۴۵
سلنیوم	۱/۷۳	۱/۱۲	۱/۰۸	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۵۸
مولیبیدن	۴۵/۸۳	۱۷/۵۷	۳۸/۳۳	۲۰/۱۶	۷/۲۸	۱۵
کادمیوم	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۰۲
نیکل	۰/۷۰	۰/۹۰	۰/۷۳	۰/۷۵	۱/۰۱	۰/۷۴

کیالت، منگنز و مولیبیدن در فصل زمستان به ترتیب در ریشه، برگ، برگ و ریشه ۰/۱۱، ۰/۲۵، ۰/۰۴ و ۲/۷۵ به دست آمد. بالاترین و پایین‌ترین شاخص زیستی کادمیوم به ترتیب در فصل تابستان و زمستان در ریشه گیاه رمث در ایستگاه دوم و ایستگاه سوم ۱/۰۶ و ۰/۰۴ بود. بالاترین شاخص زیستی نیکل در فصل تابستان در ریشه این گیاه در ایستگاه دوم ۱/۰۱ مشاهده شد. پایین‌ترین شاخص زیستی نیکل در فصل زمستان در ریشه و برگ گیاه رمث ۰/۰۱ به دست آمد (جدول ۵).

بالاترین میزان شاخص تجمع زیستی فلزات روی و منگنز در ریشه گیاه رمث در فصل تابستان به ترتیب ۲/۲۹ و ۱/۴۴ به دست آمد. بالاترین میزان این شاخص در مورد فلزات مس و مولیبیدن در برگ این گیاه در ایستگاه دوم به ترتیب در فصل تابستان و زمستان ۰/۷۶ و ۵۵ مشاهده شد. همچنین بالاترین میزان این شاخص برای فلزات کیالت و سلنیوم در فصل زمستان در ریشه گیاه رمث به ترتیب در ایستگاه‌های دوم و اول ۹ و ۲/۷۵ بود. پایین‌ترین میزان روی و سلنیوم در فصل تابستان به ترتیب در برگ و ریشه در ایستگاه‌های سوم و دوم ۰/۱۵ و ۰/۴۴ بود. پایین‌ترین میزان این شاخص برای فلزات مس،

جدول ۶: شاخص انتقال فلزات سنگین گیاه نسل تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	میانگین
زمستان				

۳/۱۲	۱/۷۲	۶/۲۵	۱/۴۱	روی
۸/۸۳	۲۲	۲/۴	۲/۱	مس
۶/۵	۲/۵	۸	۹	کیالت
۳/۰۷	۱/۲۹	۳/۲۴	۴/۷۰	منگنز
۳/۳۲	۱/۲۶	۲/۸۰	۵/۹۲	سلنیوم
۲/۶۷	۳/۸۰	۲/۷۲	۱/۴۹	مولیبیدن
۱/۰۵	۱/۶۶	۱	۰/۵	کادمیوم
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۵	نیکل
تابستان				
۱/۵۸	۱/۰۵	۱/۱۳	۲/۵۸	روی
۱/۲۳	۱/۱۲	۱/۰۴	۱/۵۳	مس
۱/۰۲	۱/۰۴	۱	۱/۰۴	کیالت
۱/۶۵	۱/۳۲	۱/۰۵	۲/۵۸	منگنز
۲/۵۷	۲/۶۷	۲/۱۶	۲/۹۰	سلنیوم
۳/۶۷	۳/۶۸	۴/۱۲	۳/۲۳	مولیبیدن
۰/۹	۰/۹۳	۱/۰۲	۰/۷۵	کادمیوم
۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۵۳	نیکل

جدول ۷: میانگین شاخص انتقال فلزات سنگین در گیاه رمث تالاب شادگان (زمستان و تابستان ۹۸-۱۳۹۷)

فلزات سنگین	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	میانگین
زمستان				
روی	۰/۲۸	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۵۵
مس	۱/۱۸	۱/۸۶	۳/۹۰	۲/۳۱
کیالت	۰/۴۰	۰/۲۲	۱	۰/۵۴
منگنز	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۳۷
سلنیوم	۰/۵۹	۰/۳۱	۰/۴۰	۰/۴۳
مولیبیدن	۲/۹۵	۲/۸۰	۲/۹۱	۲/۸۸
کادمیوم	۳/۵	۲	۲/۳۳	۲/۶۱
نیکل	۲	۰/۳۵	۰/۱	۰/۸۱
تابستان				
روی	۰/۸۰	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۵۸
مس	۱/۲۲	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۲۱
کیالت	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۶
منگنز	۰/۵۴	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۷۲
سلنیوم	۲/۹۰	۲/۴۹	۱/۸۴	۲/۴۱
مولیبیدن	۲/۲۷	۲/۴۱	۲/۵۵	۲/۴۱
کادمیوم	۱	۰/۹۵	۱	۰/۹۸
نیکل	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۸	۰/۹۲

و ۰/۴۴ به دست آمد. بالاترین شاخص انتقال فلزات در ایستگاه سوم (مس) و پایین‌ترین میزان این شاخص در ایستگاه سوم (نیکل) مشاهده شد. شاخص انتقال فلزات منگنز، سلنیوم و نیکل در گیاه رمث در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان بود، اما مولیبیدن و کادمیوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان مشاهده شد. شاخص انتقال نیکل در ایستگاه اول در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان به دست آمد. در مورد مس و روی شاخص انتقال فلزات در ایستگاه دوم و سوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان بود (جدول ۷).

در گیاه نسل میزان فلزات سنگین روی، مس، کیالت، منگنز و سلنیوم در برگ بالاتر از ریشه به دست آمد، اما میزان کادمیوم و نیکل در ریشه بالاتر از برگ گیاه نسل بود. در گیاه رمث نیز میزان مولیبیدن و مس در برگ بالاتر از ریشه مشاهده شد، اما در این گیاه میزان روی، کیالت، نیکل، کادمیوم و منگنز در ریشه بالاتر از برگ بود. سلنیوم در فصل زمستان در ریشه گیاه رمث بالاتر از

در فصل زمستان بالاترین و پایین‌ترین شاخص انتقال فلزات در گیاه نسل مربوط به فلزات مس و نیکل به ترتیب ۲۲ و ۰/۰۲ بود. در فصل تابستان بالاترین و پایین‌ترین میزان این شاخص در مورد فلزات مولیبیدن و نیکل ۴/۱۲ و ۰/۵۳ به دست آمد. بالاترین شاخص انتقال فلزات در ایستگاه سوم (مس) و پایین‌ترین میزان این شاخص در ایستگاه دوم و سوم (نیکل) مشاهده شد. شاخص انتقال فلزات مس و کیالت در گیاه نسل در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان بود. در مورد منگنز، سلنیوم، مولیبیدن، نیکل و کادمیوم شاخص انتقال فلزات در ایستگاه سوم در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان مشاهده شد، اما کادمیوم در ایستگاه سوم در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان به دست آمد (جدول ۶).

در فصل زمستان بالاترین و پایین‌ترین شاخص انتقال فلزات در گیاه رمث مربوط به فلزات مس و نیکل به ترتیب ۳/۹۰ و ۰/۱ بود. در فصل تابستان بالاترین و پایین‌ترین میزان این شاخص در مورد فلزات سلنیوم و روی ۲/۹۰



زیستی در گیاه نسل مربوط به فلزات منگنز و مس در ریشه مشاهده شد. در گیاه رمث پایین‌ترین مقدار این شاخص در برگ مربوط به فلز منگنز بود. گونه‌ای که دارای مقادیر تجمع زیستی بیش‌تر از ۱ برای یک فلز خاص می‌باشد، می‌تواند به عنوان گونه تثبیت کننده آن عنصر، در نظر گرفته شود [۴۴، ۴۳]. شاخص تجمع زیستی فلزات در گیاهان نسل و رمث نشان داد که این گیاهان توانایی انباشت فلزات سنگین را دارند و جزء گیاهان انباشتگر می‌باشند [۲۰]. زیرا فلزات سنگین در برگ و ریشه این گیاهان در مقادیر بسیار کم سنجش شدند. البته باید توجه داشت که مولیبدن که در پوسته زمین و خاک‌ها به مقدار بسیار اندک وجود دارد به مقدار بسیار کمی نیز مورد نیاز گیاه است. مقدار مولیبدن در کره خاکی به طور متوسط ۲/۳ میلی گرم در کیلوگرم برآورده شده است که تقریباً ۱۰ درصد آن قابل استفاده گیاهی است. به عبارت دیگر کمبود مولیبدن بیشتر در خاک‌های اسیدی دیده می‌شود و از این جهت با دیگر عناصر کم مصرف که کمبود آن‌ها بیشتر در خاک‌های قلیایی دیده می‌شود، تفاوت دارد، یعنی کمبود این عنصر در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک مشاهده نشده است [۴۶، ۴۵]. همچنین میزان سلیوم گیاهان با میزان کم تا متوسط سلیوم خاک همبستگی ندارد، زیرا فاکتورهای متعددی مانند شکل شیمیایی سلیوم، اسیدیته (pH)، میزان رس، اکسیدهای آهن و مواد آلی و همچنین رقابت آنیونی بر میزان فراهمی سلیوم در خاک مؤثر است [۴۷]. میزان سلیوم در گیاهان بستگی به فرم شیمیایی سلیوم، غلظت و دسترسی زیستی آن در خاک و همچنین توانایی انباشت کنندگی گیاه دارد [۲۰]. این مسئله درست است که روی فلزی است که به‌طور گسترده در محیط توزیع می‌شود [۴۸]. اما مقدار فلز روی در گیاهان بین ۴۰ تا ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است و با فلزات مس و منگنز اثرات متقابل دارد [۴۹]. مولیبدن در فهرست ریزمغذی‌ها آخرین عنصر است و کمترین عنصری است که در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. محدوده غلظت مولیبدن موجود در بافت گیاهان به صورت طبیعی بین ۱/۵-۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (جدول ۸)، اما در بیشتر گیاهان حدود ۲-۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است [۴۵، ۵۰]. فلز کادمیوم عنصری غیرضروری و سمی برای گیاهان است و در طبیعت و محیط زیست به همراه فلز روی مشاهده می‌شود [۵۱، ۵۲] که مقادیر این فلز در گیاهان مورد مطالعه نسل و رمث در حد نرمال می‌باشد. نیکل از گروه عناصر جزئی است که دارای اثرات سمی بر گیاهان و دارای سرعت کند و خاصیت غیر انفعالی در رسوبات می‌باشد [۴۵]. البته از نحوه انتقال در گیاهان و فرم‌های شیمیایی آن در طبیعت اطلاعات چندانی در دست نمی‌باشد [۵۱، ۵۳، ۵۴]. غلظت حد بحرانی فلز نیکل در گیاهان عالی ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است [۵۰]. مقادیر فلز نیکل در گیاهان نسل و رمث نسبت به حد بحرانی پایین‌تر به‌دست آمد، بنابراین مقادیر نیکل در گیاهان رمث و نسل نیز در حد نرمال بود (جدول ۸).

بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص انتقال فلزات در دو گیاه نسل و رمث به ترتیب مربوط به فلزات مس و کبالت بود. مقادیر شاخص انتقال فلزات مس، کادمیوم، مولیبدن، کبالت و سلیوم در گیاه نسل بالاتر از ۱ به‌دست آمد، اما در گیاه رمث برای فلزات نیکل، روی و منگنز کمتر از ۱ و برای فلزات کادمیوم، مس، مولیبدن، کبالت و سلیوم بالاتر از ۱ مشاهده شد. چنانچه میزان فاکتور انتقال بین ۰/۱ تا ۱ باشد، میزان تجمع فلز در گیاه متوسط است [۴۵]. Zhao و Mc Grath (۲۰۰۳) [۵۵] اظهار داشتند که نسبت انتقال در

برگ و در فصل تابستان در برگ بالاتر از ریشه به‌دست آمد. بسیاری از تحقیقات و مطالعات انجام شده بر روی گیاهان، انباشت فلزات سنگین را در ریشه بالاتر از برگ گزارش کردند [۲۱، ۳۳-۳۵]. گیاهانی که دارای ریشه گسترده و ریشه‌های فرعی و منشعب هستند می‌توانند مقادیر بالایی از فلزات را جذب و در خود انباشته کنند [۳۶، ۳۷]. اما بالا بودن مقادیر فلزات در برگ گیاهان می‌تواند به دلیل توانایی انتقال آن‌ها از اندام‌های زمینی به هوایی باشد [۳۲]. البته می‌توان چنین بیان کرد که یکی از دلایل اینکه برخی گیاهان مقادیر بیشتری از فلزات سنگین را در برگ خود نسبت به ریشه انباشته می‌کنند، ظرفیت بالای آن‌ها در جذب و انباشت این آلاینده‌ها در اندام‌های هوایی است [۳۸، ۳۹]. گیاه رمث<sup>۱</sup> یک ریشه اصلی دارد که این ریشه شامل ریشه‌های فرعی و منشعب دارد و به‌طور معمول در حاشیه کانال‌ها، آبراهه‌ها، تالاب‌ها و مسیل‌های آب مشاهده می‌شود [۴۰]. بنابراین ریشه منشعب در این گیاه می‌تواند فلزات سنگین را به خوبی جذب کند. در برخی تحقیقات بر روی گیاهان دارای ریشه منشعب و گسترده جذب و انباشت فلزات سنگین با مقادیر بالا نشان داده شده است [۲۱، ۳۵].

جدول ۸: مقایسه مقادیر فلزات سنگین در گیاهان رمث و نسل تالاب شادگان با مقادیر نرمال و بحرانی گیاهان (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

فلزات	مقادیر در گیاهان مورد مطالعه	حد نرمال	حد بحرانی
روی	۰/۰۸-۱/۷۲	۱-۴۰۰	۱۰۰-۴۰۰
مس	۰/۰۵-۱/۲۳	۵-۲۰	۲۰-۱۰۰
منگنز	۰/۳۰-۲/۶۷	۲۰-۱۰۰۰	۳۰۰-۵۰۰
کبالت	۰/۰۱-۰/۶۹	-	-
سلیوم	۱/۲۰-۷/۴۱	-	-
مولیبدن	۰/۳۸-۳/۲۵	۰/۳-۱/۵	-
کادمیوم	۰/۰۰۱-۰/۴۹	۰/۱-۲/۴	۱۰-۳۰
نیکل	۰/۰۱-۱/۱۵	۰/۵-۵	>۵

فلزات روی، مس و منگنز در برگ و ریشه گیاه رمث در فصل زمستان بالاتر از فصل تابستان انباشت داشتند، که دلیل این مسئله رشد گیاه رمث می‌باشد که در خاک‌های با بافت شنی، لومی - شنی و شنی - لومی رویش و رشد بهتری دارد [۴۰]. در این تحقیق بالاترین میزان انباشت فلزات مورد مطالعه در گیاه نسل در ایستگاه اول مشاهده شد. در مجاورت این ایستگاه پساب کارخانه‌های نیشکر، موزاییک‌سازی و آلومینیوم‌سازی می‌باشد که باعث افزایش تردد انسان‌ها در تالاب و موجب آلودگی فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی در آن منطقه شده است [۴۱، ۴۲]. بنابراین مقادیر فلزات سنگین در تالاب شادگان در گیاهان و خاک این ناحیه نسبت به مناطق دیگر تالاب به همین دلایل ذکر شده باشد. یاور عشایری و همکاران (۱۳۹۸) [۲۲] انباشت فلزات سنگین مختلف از جمله مولیبدن، مس، روی، سلیوم، نیکل، کبالت و کادمیوم را در اندام‌های ماکروفیت‌های نی<sup>۱</sup>، لویی<sup>۲</sup>، چمن شور<sup>۳</sup>، بانالقی شور<sup>۴</sup> و جگن<sup>۵</sup> تالاب شادگان بررسی کردند. نتایج نشان دهنده این بود که همه فلزات مورد مطالعه در ریشه ۵ گونه گیاهان آبی و نیمه‌آبی بالاتر از اندام‌های هوایی بوده است که نتایج فلزات کادمیوم و نیکل در گیاهان نسل و رمث را تأیید می‌کند.

بالاترین مقادیر شاخص تجمع زیستی در گیاه نسل و رمث مربوط به فلز مولیبدن در برگ این گیاهان به‌دست آمد. پایین‌ترین میزان شاخص تجمع

4- *A. lagopoides*

5- *H. strobilaceum*

6- *S. maritimus*

1- *H. salicornica*

2- *P. australis*

3- *T. latifolia*

از ریشه به اندام‌های هوایی اشاره دارد (یاور عشایری و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه دیگری بر روی گیاه آبی *Scripus maritimus* در تالاب شادگان شاخص انتقال برای فلزات منگنز، سرب و مس بالاتر از ۱ گزارش شده است، اما شاخص انتقال در گیاه *Typha australis* برای فلزات کروم، کبالت، نیکل، روی و منگنز بالاتر از گیاهان *Phragmites australis* و *Porphyrio porphyrio* تعیین گردید [۵۹]. تفاوت در مقادیر شاخص انتقال فلزات سنگین، احتمالاً می‌تواند به دلیل توانایی متفاوت گیاهان مختلف آبی، نیمه آبی و خشکی‌زی در جذب، انباشت و انتقال این آلاینده‌ها در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ باشد [۶۰، ۶۱].

#### ۴. نتیجه‌گیری کلی

مقادیر شاخص تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان نسل و رمث نشان دهنده این است که این گیاهان توانایی انباشت فلزات سنگین را دارند و جزء گیاهان انباشتگر می‌باشند، زیرا فلزات سنگین در برگ و ریشه این گیاهان در مقادیر بسیار کم سنجش شدند. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص انتقال فلزات در گیاه نسل و رمث توانایی جذب و انتقال فلزات سنگین را دارند. بالاترین مقادیر شاخص تجمع زیستی در گیاه نسل و رمث مربوط به فلز مولیبدن در برگ این گیاهان به‌دست آمد. پایین‌ترین میزان شاخص تجمع زیستی در گیاه نسل مربوط به فلزات منگنز و مس در ریشه مشاهده شد. در گیاه رمث پایین‌ترین مقدار این شاخص در برگ مربوط به فلز منگنز بود. با توجه به این نتایج نیز مشاهده می‌شود که این دو گونه می‌توانند تثبیت‌کننده فلزات سنگین در ریشه و برگ خود باشند [۵۹، ۶۲].

گیاهان انباشتگر بزرگتر از ۱ و در گیاهان دافع کمتر از ۱ است. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده گیاه نسل و رمث توانایی جذب و انباشت فلزات سنگین را دارند.

انتقال سلیوم از ریشه به شاخ و برگ نیز از طریق آوند چوبی صورت می‌گیرد، اکثر گیاهان سلیوم را در شاخه‌ها و برگ‌ها بیشتر از بافت ریشه تجمع می‌دهند اما استثناهایی نیز وجود دارد [۵۶]. علاوه بر میزان بالای سلیوم در خاک، عوامل زمینه‌ای دیگری وجود دارد که ممکن است بر ارتباط میزان سلیوم خاک و میزان سلیوم بدن انسان تاثیرگذار باشد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که حلالیت سلیوم در آب و در نتیجه جذب آن توسط گیاهان در خاک قلیایی بسیار بیشتر از خاک‌های اسیدی است [۵۷، ۵۸]. قدرت جایابی مولیبدن در گیاهان نسبتاً خوب است و به‌همین دلیل این عنصر بیشتر در آوندهای آبکشی و سلول‌های پارانشیمی متمرکز می‌شود. به علت ناچیز بودن مقدار مولیبدن قابل جذب در خاک، غلظت آن معمولاً در بافت‌های گیاهی کم است. اما برخلاف دیگر عناصر کم مصرف، زیادی جذب مولیبدن فقط در صورتی در گیاه ایجاد مسمومیت می‌کند که غلظتش چند صد برابر غلظت معمولی باشد [۱، ۵۰]. مقادیر کم‌تر از ۱ برای فاکتور انتقال نشان از تمایل بیشتر گیاه به تجمع عنصر در اندام‌های زمینی نسبت به اندام هوایی و در واقع تحرک کم عنصر در اندام‌های گیاهی دارد. انحلال‌پذیری عنصر در مایعات بافتی و متابولیسم حاکم بر گونه گیاهی از جمله عوامل اصلی در تعیین مقادیر این پارامتر می‌باشند [۴۳، ۴۴]. در تحقیقی نشان داده است که با توجه به مقادیر شاخص انتقال (کمتر از ۱)، عناصر جذب شده توسط گیاه نی در تالاب شادگان در ریشه این گیاه باقی می‌مانند. مقادیر بالای شاخص انتقال (بالاتر از ۱)، برای عناصر مولیبدن، روی، مس، سلیوم و منگنز به ترتیب نشان دهنده توانایی زیاد گیاه لویی<sup>۱</sup>، چمن شور<sup>۲</sup> و جگن<sup>۳</sup> برای انتقال این عناصر

#### References

- Kayika P, Siachoono SM, Kalinda C, Kwenye JM. An investigation of concentrations of copper, cobalt and cadmium minerals in soils and mango fruits growing on Konkola copper mine tailings dam in Chingola, Zambia. *Archiv Des Sci / Editees Par La Societe De Physique Et D'histoire Naturelle De Geneve*. 2017;1(1):1-4.
- Adrees M, Ali S, Rizwan M, Zia-Ur-Rehman M, Ibrahim M, Abbas F, et al. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2015;119:186-197. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.05.011 pmid: 26004359
- Krishna AK, Mohan KR. Distribution, correlation, ecological and health risk assessment of heavy metal contamination in surface soils around an industrial area, Hyderabad, India. *Environ Earth Sci*. 2016;75:411. doi: 10.1007/s12665-015-5151-7
- Phillips DP, Human LRD, Adams JB. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. *Mar Pollut Bull*. 2015;92(1-2):227-232. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.038 pmid: 25599629
- George S, Krishnan KH, Thomas S, Murugan PR, Mundayoor S, Das MR. Distribution of heavy metals in Kuttanad wetland ecosystem of Kerala, India. *Int Eco Environ Sci*. 1999;25:91-95.
- Inaotombi S, Gupta PK. Fate of Metals in Relation to Water and Sediment Properties in a Subtropical Lake in Central Himalaya, India. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2017;72(3):391-401. doi: 10.1007/s00244-017-0386-9 pmid: 28265713
- Karbassi AR, Monavari SM, Nabi Bidhendi GR, Nouri J, Nematpour K. Metal pollution assessment of sediment and water in the Shur River. *Environ Monit Assess*. 2008;147(1-3):107-116. doi: 10.1007/s10661-007-0102-8 pmid: 18157612
- Cox GW. Conservation Biology - concepts and applications. 2nd ed, Wm. C. Brown Publ, London. 1997.
- Esmailzadeh M, Karbassi A, Moattar F. Assessment of metal pollution in the Anzali wetland sediments using metal portioning method and pollution indices. *Acta Oceanol Sin*. 2016;35(10):28-36. doi: 10.1007/s13131-016-0920-z
- Vesali Naseh MR, Karbassi A, Ghazaban F, Baghvand A. Evaluation of heavy metal pollution in Anzali wetland, Guilan, Iran. *Iran J Toxicol*. 2012;5(15):565-576.
- Esmailzadeh M, Karbassi A, Bastami KD. Antioxidant response to metal pollution in *Phragmites australis* from

<sup>3</sup>- *S. maritimus*

<sup>1</sup>- *T. latifolia*

<sup>2</sup>- *A. lagopoides*

- Anzali wetland. *Mar Pollut Bull.* 2017;**119**(1):376-380. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.030 pmid: 28341292
12. H. A. A. P, M. H. Determination of metals (As, Cu, Fe, and Zn) in two fish species from the Miankaleh wetland. *Arch Polish Fisher.* 2016;**23**:99-105. doi: 10.1515/aopf-2016-0011
  13. Baldantoni D, Alfani A, Di Tommasi P, Bartoli G, De Santo AV. Assessment of macro and microelement accumulation capability of two aquatic plants. *Environ Pollut.* 2004;**130**(2):149-156. doi: 10.1016/j.envpol.2003.12.015 pmid: 15158029
  14. Mansouri N, Khorasani N, Karbassi AR, Riazi B, Panahandeh M. Assessing human risk of contaminants in Anzali wetland fishes. *Int J Applicat Innovat Enginneeer Managem.* 2013;**2**(11):119-126.
  15. Plant JA, Kinniburgh DG, Smedley PL, Fordyce FM, Klinck BA. Arsenic and Selenium, in Treatise on Geochemistry, Environmental Geochemistry, ed. H. D. Holland and K K Turekian, Elsevier, Amsterdam/Heidelberg. 2014;**11**:13-57. doi: 10.1016/B978-0-08-095975-7.00902-5
  16. Schilling K, Johnson TM, Dhillon KS, Mason PR. Fate of Selenium in Soils at a Seleniferous Site Recorded by High Precision Se Isotope Measurements. *Environ Sci Technol.* 2015;**49**(16):9690-9698. doi: 10.1021/acs.est.5b00477 pmid: 26177307
  17. Kumar V, Mahadevan A. Heavy metal pollution at Tuticorin Coast. *Pollut. Res.* 1995;**14**(2):227-232.
  18. Velayatzadeh M, Askary Sary A, Hoseinzadeh Sahafi H. Determination of mercury, cadmium, arsenic and lead in muscle and liver of Liza dussumieri from the Persian Gulf, Iran. *J Biodiver Environ Sci.* 2014;**5**(3):227-234.
  19. White PJ, Bowen HC, Parmaguru P, Fritz M, Spracklen WP, Spiby RE, et al. Interactions between selenium and sulphur nutrition in Arabidopsis thaliana. *J Exp Bot.* 2004;**55**(404):1927-1937. doi: 10.1093/jxb/erh192 pmid: 15258164
  20. Turakainen M. Selenium and its effects on growth, yield and tuber quality in potato. Academic dissertation, University of Helsinki, Finland 2007.
  21. Payنده Kh, Romiani L, Velayatzadeh M. Changes of some elements in straw aquatic plant (*Phragmites australis*) of Naseri wetland in spring and autumn. *Wetland Ecobiol Quarter.* 1397;**10**(1):79-84.
  22. Yavar Ashayeri N, Agriculture B. Bioavailability and bioaccumulation of heavy metals in the sediment-plant system of Shadegan wetland, Khuzestan province. *J Advance Appl Geol.* 1398;**9**(4):392-406.
  23. Country Environmental Protection Organization. Comprehensive management plan of Shadegan wetland, Iranian wetlands protection plan. UNDP / GEF / DOE. 2010.
  24. Bayat R, Jafari S, Red Spring B, Charkhabi AH. Study of the effect of fine dust on vegetation changes (Case study: Shadegan wetland, Khuzestan). *J Remote Sensing Geographic Inform Sys Natur Resource.* 2016;**7**(2):17-32.
  25. Sadeghi Rad A, Jafari SK, Gods B. Survey of vegetation status of Shadegan International Wetland with NDVI index using MODIS sensor from 2000 to 2015. Twelfth Conference on Marine Science and Technology, Mashhad, Iranian Marine Science and Technology Association - Khavaran Institute of Higher Education - Iranian Remote Sensing Association 1396. 11 p.
  26. Bonanno G, Lo Giudice R. Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. *Ecol Indicator.* 2010;**10**:639-645. doi: 10.1016/j.ecolind.2009.11.002
  27. ASTM. Annual book of ASTM Standards ASTM. 2000;**11**(1):96-4691.
  28. Sakan SM, Dordevic DS, Manojlovic DD, Predrag PS. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments. *J Environ Manage.* 2009;**90**(11):3382-3390. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.05.013 pmid: 19515481
  29. Boonyapookana B, Upatham ES, Kruatrachue M, Pokethitiyook P, Singhakaew S. Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in duckweed *Wolffia globosa*. *Int J Phytoremediation.* 2002;**4**(2):87-100. doi: 10.1080/15226510208500075 pmid: 12655803
  30. Favas PJC, Pratas J. Uptake of uranium by native aquatic plants: potential for bioindication and phytoremediation. *Publish EDP Sci E3S Web conference Portugal.* 2012;**1**(13007):674-677. doi: 10.1051/e3sconf/20130113007
  31. Zacchini M, Pietrini F, Mugnozza G, Lori V. Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *J Water Air Soil Pollut.* 2008;**197**:23-34. doi: 10.1007/s11270-008-9788-7
  32. Sasmaz A, Obek E, H. H. The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. *J Ecol Engineer.* 2008;**33**:278-284. doi: 10.1016/j.ecoleng.2008.05.006
  33. Bragato C, Schiavon M, Polese R, Ertani A, Pittarello M, Malagoli M. Seasonal variations of Cu, Zn, Ni and Cr concentration in *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steudel in a constructed wetland of north Italy. *Desalinat.* 2009;**246**:35-44. doi: 10.1016/j.desal.2008.02.036
  34. Calheiros CS, Rangel AO, Castro PM. The effects of tannery wastewater on the development of different plant species and chromium accumulation in *Phragmites australis*. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2008;**55**(3):404-414. doi: 10.1007/s00244-007-9087-0 pmid: 18214580
  35. Firoozshahian N, Payende Kh, Sabzalipour S. Monitoring of heavy elements of cadmium, nickel and vanadium in aquatic plants of straw (*Phragmites australis*) and Louis (*Typha latifolia*) in Horalazim wetland of Khuzestan province. *J Develop Biol.* 1398;**11**(3):47-60.
  36. Haslam SM. A Book of Reed: (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel, Formerly *Phragmites communis* Trin.). Forrest Text, Cardigan, GB 2010.
  37. Meyerson LA, Lambert AM, Saltonstall K. A tale of three lineages: expansion of common reed (*Phragmites australis*) in the US Southwest and Gulf Coast. *Invasive Plant Sci Manage.* 2010;**3**:515-520. doi: 10.1614/IPSM-D-09-00052.1

38. Dominguez MT, Maranon T, Murillo JM, Schulin R, Robinson BH. Trace element accumulation in woody plants of the Guadiamar Valley, SW Spain: a large-scale phytomanagement case study. *Environ Pollut.* 2008;**152**(1):50-59. doi: 10.1016/j.envpol.2007.05.021 pmid: 17602809
39. Franco-Hernandez MO, Vasquez-Murrieta MS, Patino-Siciliano A, Dendooven L. Heavy metals concentration in plants growing on mine tailings in Central Mexico. *Bioresour Technol.* 2010;**101**(11):3864-3869. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.013 pmid: 20116240
40. Tavakoli H, Paryab AA, Ghaderi Gh, Dashti M. Investigation of some ecological characteristics of Remth plant. *Iran Rangeland Desert Res Quarter.* 2005;**12**(3):211-232.
41. Khajehpour M, Gulabkash Sh, Ghiasi Khayat M. Investigating the importance of Shadegan International Wetland (values, threats and methods of its improvement). National Conference on Wetlands and its role in comprehensive water resources management. 2010.
42. Mohammadi Roozbehani M, Rasekh A, Jafar Aghaei H. Biological evaluation of Shadegan wetland using Helsenhoff index. *Wetland Ecobiol Quarter.* 1392;**5**(17):75-86.
43. Yang XE, Chen WR, Feng Y. Improving human micronutrient nutrition through biofortification in the soil-plant system: China as a case study. *Environ Geochem Health.* 2007;**29**(5):413-428. doi: 10.1007/s10653-007-9086-0 pmid: 17385049
44. Yoon J, Cao X, Zhou Q, Ma LQ. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Sci Total Environ.* 2006;**368**(2-3):456-464. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.01.016 pmid: 16600337
45. Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants: CRC press Boca Raton. 2011.
46. Rastmanesh F, Hasna Z, Zarasundi AR. Enrichment, origin, and health risk of heavy metals in rice fields: A case study of Ahvaz and Bavi counties. *J Advanc Appl Geol.* 1398;**31**:75-84.
47. Gissel-Nielsen G. Selenium. In encyclopedia of soil science. (Ed). Lal, R. Pp. 1476. M. Dekker Inc. School of Natural Resources. The Ohio State University Columbus, Ohio, USA 2002.
48. Nazemi S, Khosravi A. A study of heavy metals in soil, water and vegetables. *Knowledge Health.* 2011;**5**:27-31.
49. Bhardwaj G, Sharma U, Singh Brar P. A Review on Interactive Effects of Phosphorous, Zinc and Mycorrhiza in Soil and Plant. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2019;**8**(4):2525-2530. doi: 10.20546/ijcmas.2019.804.294
50. Alloway BJ. Heavy metal in soil. New York: John Wiley and sons. Inc 2001.
51. Chaney RL. Toxic element accumulation in soil and crops: protecting soil fertility and agricultural food chains. In: BarYosef, B., Barrow, N. J., Goldshmid j. (Eds), Inorganic Contaminants in the Vadose Zone. Springer- Verlag, Berlin 1989.
52. Demirezen D, Aksoy A. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere.* 2004;**56**(7):685-696. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.04.011 pmid: 15234165
53. Allen SE. Analysis of Ecological Materials, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1989.
54. Ghanadpour J, Zandmoghaddam A, Safahieh AR. Accumulation of heavy metals lead, zinc, nickel and cadmium in *Typha latifolia* sediments of Arvand and Bahmanshir rivers in winter. *Wetland Ecobiol Quarter Islam Azad Univ Ahvaz Branch.* 2010;**2**(5):29-36.
55. McGrath SP, Zhao FJ. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Curr Opinion Biotechnol.* 2003;**14**:277-282. doi: 10.1016/S0958-1669(03)00060-0
56. Zayed AM, Lytle CM, Terry N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. *Planta.* 1998;**206**:284-292. doi: 10.1007/s004250050402
57. Balistrieri LS, Chao TT. Selenium adsorption by goethite. *Soil Sci Soc America J.* 1987;**51**:1145-1151. doi: 10.2136/sssaj1987.03615995005100050009x
58. Masscheleyn PH, Delaune RD, Patrick WH. Arsenic and selenium chemistry as affected by sediment redox potential and pH. *J Environ Qual.* 1991;**20**:522-527. doi: 10.2134/jeq1991.00472425002000030004x
59. Hosseini Alhashemi A, Karbassi AR, Hassanzadeh Kiabi B, Monavari SM, Nabavi SMB, Sekhavatjou MS. Bioaccumulation of Trace Elements in Trophic Levels of Wetland Plants and Waterfowl Birds. *Biol Trace Element Res.* 2011;**142**(11):500-516. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.013 pmid: 20116240
60. Carranza-Alvarez C, Alonso-Castro AJ, Alfaro-De La Torre MC, Garcia-De La Cruz RF. Accumulation and distribution of heavy metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an artificial lagoon in San Luis Potosí, México. *Watr Air Soil Pollut.* 2007;**188**:297-309. doi: 10.1007/s11270-007-9545-3
61. Jian-Guo L, Guang-Hui L, Wan-Chen S, Jia-Kuan X, De-Ke W. Variations in uptake and translocation of copper, chromium and nickel among nineteen wetland plant species. *Pedosphere.* 2010;**20**(1):96-103. doi: 10.1016/S1002-0160(09)60288-5
62. Jafari SK, Savari A, Amini F, Mohammad Asgari H. Study of Biodiversity of Shadegan International Wetland Plants with Field Operations from 2005 to 2015. International Conference on Architecture, Urban Planning, Civil Engineering, Art and Environment; Future Horizons, Looking to the Past, Tehran, Permanent Secretariat of the Conference 1394.

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Ebtessam Hamid**, Department of Management, Tehran University, Tehran, Iran  
[ebtessam\\_h@yahoo.com](mailto:ebtessam_h@yahoo.com)

**Khoshnaz Payandeh**, Department of Management, Tehran University, Tehran, Iran  
[Payandeh426@gmail.com](mailto:Payandeh426@gmail.com)

**MoHammada Tahsin Kariminejad**, Department of Management, Tehran University, Tehran, Iran  
[tahsinkarimi@yahoo.com](mailto:tahsinkarimi@yahoo.com)

**Naghmeh Saadati**, Department of Management, Tehran University, Tehran, Iran  
[Na\\_saadati@yahoo.com](mailto:Na_saadati@yahoo.com)



## HOW TO CITE THIS ARTICLE

**Citation (Vancouver)** Hamid E, Payandeh K, Tahsin Kariminejad M, Saadati N. Environmental study of heavy metal pollution of two species of plants *Juncus acutus* L. and *Hammada salicornica* L. of Shadegan wetland. *J Oceanography*. 2021;11(44):82-94.

 <http://doi.org/10.52547/joc.11.44.91>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1558-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



## COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.