

پایش زیستی فلزات سنگین با استفاده از گیاه نی (*Phragmites australis*)

در تالاب هشیلان کرمانشاه

ثمر مرتضوی^{۱*}

mortazavi.s@gmail.com

جمال رحمانی^۲

عاطفه چمنی^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۶

چکیده

زمینه و هدف: از مهم ترین روش های بررسی فلزات سنگین، استفاده از گونه های ماکروفیت بعنوان پایشگر های زیستی می باشد که به - عنوان شاخصی مناسب جهت بیان کیفیت محیط زیست مورد استفاده قرار می گیرند. در پژوهش حاضر به منظور بررسی وضعیت آلودگی تالاب هشیلان کرمانشاه و تأثیر گونه غالب گیاهی *Phragmites australis* در منطقه، غلظت فلزات سنگین Cu, Pb, Zn در اندام های زیرزمینی و هوایی گیاه نی و رسوبات سطحی تالاب، مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها: آماده سازی نمونه ها با اسید نیتریک، پر کلریک و پراکسید اکسیژن آن جام گرفت و غلظت عناصر مورد مطالعه با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید.

یافته ها: نتایج حاصل نشان داد، غلظت فلزات مس، سرب و روی در رسوبات به ترتیب ۶/۱۷، ۴۷/۲۳ و ۲۴/۲۱ میکروگرم بر گرم می باشد. همچنین میانگین غلظت فلز مس در اندام های زیرزمینی و هوایی گیاه نی ۲/۷۳۸ و ۲/۱۹۰، فلز سرب ۱۵/۱۴۳ و ۱۳/۰۲ و برای فلز روی ۶/۱۱ و ۶/۳۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک بدست آمد که بیشترین تجمع فلزات در اندام های زیرزمینی گیاه بود. بالا بودن مقدار شاخص انتقال برای فلز روی بیانگر توانایی بالای انتقال این فلز در گیاه است.

بحث و نتیجه گیری: در همین راستا بین غلظت فلز روی در اندام های زیرزمینی و اندام های هوایی همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد؛ لذا احتمال می رود اندام زیرزمینی گیاه نی، پایشگری مناسب برای آلودگی ناشی از عنصر روی در رسوبت منطقه باشد.

واژه های کلیدی: تالاب هشیلان، رسوب، پایشگر، فلزات سنگین، گیاه نی.

۱- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، * (مستول مکاتبات)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه محیط زیست، اصفهان، ایران

Biomonitoring of Heavy Metals using *Phragmites australis* in Hashilan Wetland, Kermanshah

Smar Mortazavi^{1*}

mortazavi.s@gmail.com

Jamal Rahmani²

Atefeh Chamani³

Admission Date: July 27, 2016

Date Received: April 3, 2016

Abstract

Background and Objective: One of the most important methods to investigate heavy metals is to apply bio-monitors used as an appropriate index to express the environment quality. In this study, the concentrations of such heavy metals as Zn, Pb and Cu in the underground and aerial organs of *Phragmites australis* were investigated to study the pollution status in Hashilan Pond, Kermanshah and the effects of dominant species called *Phragmites australis* in the region.

Method: The samples were prepared by nitric acid, perchloric acid and peroxide oxygen and afterwards, the concentrations of elements were measured by the atomic absorption spectrometry.

Findings: Results demonstrated that the concentrations of copper, lead and zinc were estimated at 47.23, 6.17 and 24.21 in the sediments, respectively. Also, the mean concentrations of copper, lead and zinc were 2.738-2.190, 15.143-13.02 and 6.11-6.37 mg-1 in the underground and aerial organs, respectively; furthermore, the highest metal concentration was related to the underground organs of plant. High values of transfer index concerning zinc indicated high ability of zinc transfer in the plant. In this regard, a positive significant correlation exists between the concentration of zinc in the underground and aerial organs;

Discussion and Conclusion: Therefore, the underground organs of reed are introduced as a suitable monitor for the resultant pollution of zinc in the regional sediments.

Key words: Biomonitor, Sediment, Hashilan wetland, Heavy metals, *Phragmites australis*.

1- Assistant Professor, department of environmental science,, Malayer University, Malayer, Iran(*Corresponding author*).

2- Ms. Graduated, Department of environmental science, Malayer University, Malayer, Iran.

3-Assistant Professor, Department of environmental science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University , Isfahan, Iran

مقدمه

رسوب، ریشه و برگ این گیاه اختلاف معنی داری وجود دارد؛ همچنین همبستگی معنی داری بین غلظت این فلزات در رسوب و برگ گیاه مشاهده شد (۶). مطالعاتی نیز در خصوص نقش گیاه نی در جذب عناصر فسفر و نیتروژن و همچنین توانایی حذف فلزات سنگین کادمیوم، جیوه و کروم از آب های آلوده که به یک تالاب مصنوعی وارد می شوند صورت گرفت و نتایج نشان داد تجمع فلزات سنگین کادمیوم و جیوه در ساغه گیاه نی بیشتر از ریشه و غلظت فلز کروم در ریشه بیشتر از سایر اندام ها می باشد؛ در نهایت بیشترین تجمع نیتروژن و کمترین تجمع فسفر در برگ ها گزارش گردید (۷).

از آن جا که سیستم های آبی به طور طبیعی دریافت کننده ی نهایی انواع آلاینده ها به ویژه فلزات سنگین می باشند و نیز با توجه به اهمیت تالاب ارزشمند هشیلان در منطقه، فلزات سنگین مس، روی و سرب که امکان سنجش و بررسی آن ها در آزمایشگاه دانشگاه مقدور می باشد انتخاب گردید. این عناصر با اثرات مشخص در محیط و موجودات زنده به علت انتقال آسان و سریع در زنجیره ی غذایی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند.

به منظور بررسی ارتباط بین غلظت فلزات (Zn و Pb، Cu) در رسوبات و گیاه نی و پاسخگویی به این مسئله که آیا گیاه نی می تواند شاخص مناسبی از وضعیت آلودگی ناشی از فلزات سنگین در تالاب هشیلان باشد، غلظت فلزات در رسوبات و اندام های مختلف این ماکروفیت آبی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

تالاب هشیلان در شمال غربی شهر کرمانشا ه و در مختصات جغرافیایی ۵۱°۴۶' تا ۵۴°۴۶' طول شرقی و ۳۴°۳۴' تا ۳۴°۳۵' عرض شمالی قرار دارد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۳). مطالعات میدانی و نمونه برداری در اواخر تیرماه سال ۱۳۹۳ از تالاب صورت گرفت. در نهایت پنج ایستگاه نمونه برداری (شمال، جنوب، مرکز، شرق و غرب) مشخص و در هر ایستگاه سه نمونه از گیاه نی درون یک قطعه ۲×۳ جمع آوری و نمونه های رسوب از محلی که نمونه ی گیاه هر ایستگاه جمع آوری شده بود با سه

اکوسیستم های آبی دریافت کننده ی نهایی فلزات سنگین هستند به همین دلیل در سال های اخیر توجه ویژه ای به آن ها شده است (۱). تالاب هشیلان از جمله تالاب های آبی کشور و زیستگاه بسیار با ارزش برای گونه های مختلف موجودات آبی است که در شمال غربی شهر کرمانشا ه واقع شده است (۲). با توجه به محصور شدن تالاب در زمین های کشاورزی اطراف و ورود انواع آفت کش ها، کودهای شیمیایی و همچنین ورود آب سد گاوشان که حامل فاضلاب شهر کامیاران می باشد؛ بررسی آلودگی آن به فلزات سنگین لازم و ضروری به نظر می رسد. از سوی دیگر وجود نزارهای طبیعی تالاب که محل مناسبی برای موجودات زنده منطقه است، می تواند به عنوان سیستم طبیعی پالایش آب های آلوده ی شهری، صنعتی و کشاورزی عمل نماید. پایشگرهای زیستی^۱ موجودات زنده ای هستند که توانایی تجمع آلاینده ها را در بافت های خود دارا می باشند به نحوی که تغییرات این تجمع هم سو با تغییرات میزان آلاینده در محیط باشد (۳). در این میان *P. australis* به عنوان یکی از مهم ترین گونه های گیاهی است که برای تعیین فلزات سنگین و ترکیبات مضر مورد استفاده قرار می گیرد (۴). نظر به اهمیت مطالعه گونه های پایشگر و پالایشگر در بوم سازگان های آبی مطالعات بسیاری در این خصوص انجام شده است. نوروزی فرد و همکاران در سال ۱۳۹۲ به بررسی تجمع فلزات سنگین در اندام های مختلف ماکروفیت آبی *Phragmites australis* و رسوبات رودخانه دز واقع در شهر دزفول پرداختند. نتایج نشان داد، بیشترین تجمع فلزات در اندام های زیرزمینی گله بوده و بین غلظت فلز سرب در رسوبات و اندام های زیرزمینی همبستگی مثبت و معری داری وجود دارد (۵). در سال ۱۳۹۱ تجمع فلزات سنگین (Cu, Pb, Ni, Cd, Zn) در رسوب، برگ و ریشه گیاه حرا (*Avicenia marina*) در بندر امام خمینی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین غلظت فلزات در رسوب و کمترین مقدار آن در برگ بوده و بین مقادیر غلظت فلز نیکل، سرب، مس و کادمیوم در

تکرار از لایه‌ی سطحی (صفر تا ۵ سانتی‌متر) بدلیل تغییرات دانه بندی از ریز به درشت برداشت گردید. موقعیت‌های جغرافیایی و مشخصات هر ایستگاه ثبت، نمونه‌ها کدگذاری شدند و در یخدان محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های گیاهی ابتدا به اندام زیرزمینی، ساقه و برگ تفکیک شدند. در مرحله‌ی دوم نمونه‌های گیاهی و نمونه‌های رسوب در آون قرار گرفت تا وزن نمونه‌ها ثابت گردید. پس از خشک شدن، نمونه‌ها در هاون کوبیده و نمونه‌های رسوب از الک عبور داده شدند (۴). به منظور هضم نمونه‌ها ابتدا یک گرم از نمونه خشک شده رسوب یا نمونه‌ی گیاهی توسط ترکیبی از اسید نیتریک، اسید پرکلریک و پراکسید هیدروژن به نسبت ۲:۶:۲ بر روی دستگاه هضم کندناهدا در دمای پایین (۴۰ درجه) به مدت یک ساعت و سپس در دمای ۱۴۰ درجه به مدت سه ساعت هضم گردید؛ سپس نمونه‌ها توسط آب مقطر دو بار تقطیر به حجم رسا نده شده و توسط کاغذ صافی واتمن شماره یک فیلتر شدند (۸). غلظت فلزات در نمونه‌های رسوب و بافت‌های گیاهی توسط دستگاه جذب اتمی مدل analytic jena ContrAA 700 مشخص گردید. جهت اطمینان از دقت عملیات آماده‌سازی و رفع خطای ناشی از آماده‌سازی، نمونه شاهد در هر سری از نمونه‌ها در نظر گرفته شد. همچنین ریکآوری نتایج حاصل در حدود ۸۰٪ تا ۹۲٪ محاسبه گردید.

به منظور آن‌جام تجزیه و تحلیل‌های آماری، ابتدا داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار Excel دسته‌بندی و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ و آزمون SPSS Ryan-joiner، استفاده گردید؛ همچنین از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و آزمون Correlation جهت تعیین روابط همبستگی بین غلظت فلزات (سرب، روی و مس) در رسوبات و اندام‌های گیاهی و نیز اندام‌های مختلف گیاهی با یکدیگر استفاده گردید. به منظور مقایسه‌ی غلظت فلزات با استاندارد - های جهانی آزمون One Sample T-Test مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت به منظور بررسی وضعیت آلودگی رسوبات، توانایی گیاهان برای انتقال فلزات از محیط به درون گیاه و نیز ظرفیت گیاه برای تجمع و تحمل این فلزات در اندام‌های خود

به ترتیب شاخص غنی‌شدگی، شاخص انتقال و نیز شاخص تجمع‌زیستی بکار گرفته شد.

۱ - شاخص غنی‌شدگی^۲

شاخص غنی‌شدگی به منظور برآورد شیمی رسوبات در رابطه با منابع آلودگی انسانی و طبیعی بکار می‌رود که مطابق رابطه - ی (۱) محاسبه می‌شود (۹).

$$EF = \frac{(C - C_{Min})}{(C_{Max} - C_{Min})} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

C: میانگین غلظت فلز در رسوبات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

C_{Min} و C_{Max} : غلظت کمینه و بیشینه برآورد شده در این مطالعه

۲ - شاخص تجمع‌زیستی

شاخص تجمع‌زیستی یا ضریب تجمع‌زیستی مشخص‌کننده‌ی توانایی گیاهان برای تحمل و تجمع فلزات سنگین در اندام‌های خود بوده که برای اندام‌های هوایی از نسبت غلظت فلز در اندام هوایی به غلظت فلز در رسوب و برای اندام زیرزمینی از نسبت غلظت فلز در اندام زیرزمینی به غلظت فلز در رسوب، بدست می‌آید (۱۰).

۳ - شاخص انتقال

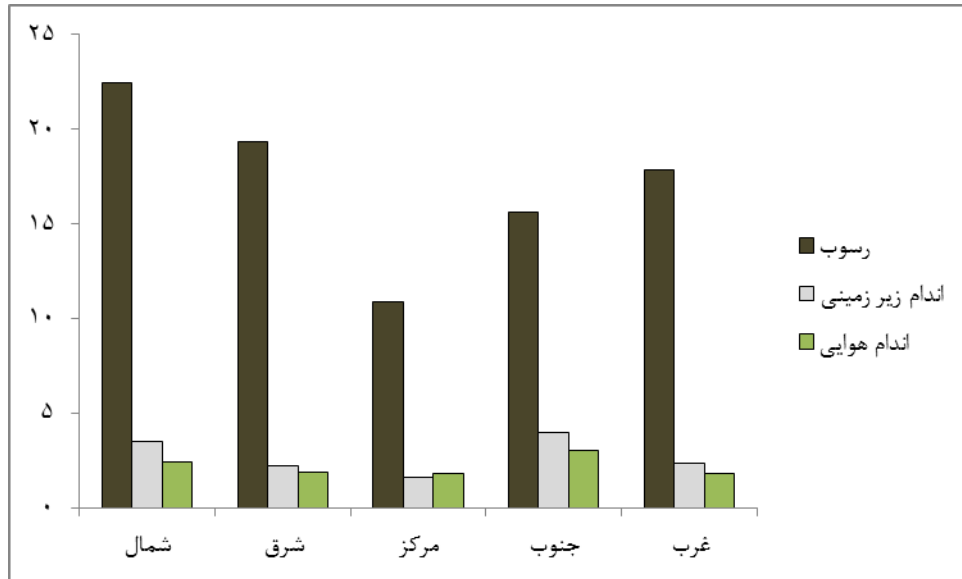
شاخص انتقال یا ضریب انتقال نشان‌دهنده‌ی توانایی خاص گیاهان برای جذب و انتقال فلزات از رسوبات و سپس ذخیره‌ی آن‌ها در بخش‌های بالایی سطح زمین است (۱۱) مقادیر این شاخص از نسبت بین غلظت فلز در اندام هوایی به غلظت فلز در اندام زیرزمینی محاسبه می‌گردد.

نتایج

مقایسه‌ی غلظت فلزات سنگین در رسوبات و اندام‌های

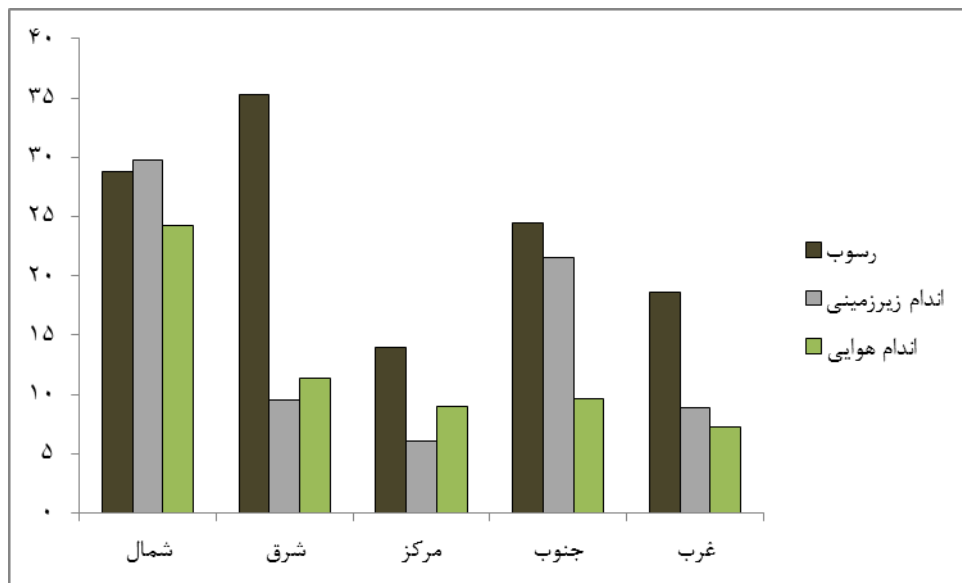
گیاه‌نی

شکل (۱، ۲ و ۳) به ترتیب نمودار مقایسه‌ی میزان غلظت فلز مس، سرب و روی در رسوبات، اندام زیرزمینی و اندام هوایی گیاه‌نی در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد.



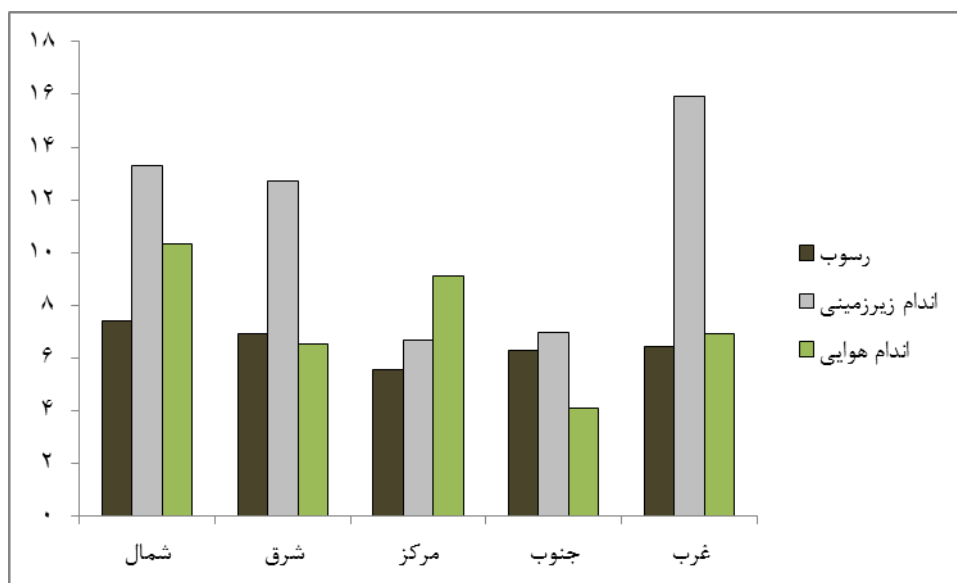
شکل ۱- مقایسه غلظت میانگین فلز در رسوب و اندام های گیاه نی

Figure 1. Comparison of Cu means concentration in plant organs and sediment



شکل ۲- مقایسه غلظت میانگین سرب در رسوب و اندام های گیاه نی

Figure 2. Comparison of Pb means concentration in plant organs and sediment



شکل ۳- مقایسه غلظت میانگین فلز روی در رسوب و اندام های گیاه نی

Figure 3. Comparison of Zn means concentration in plant organs and sediment

رسوبات هیچ گونه همبستگی مثبت و معنی داری وجود ندارد؛ اما فلز روی از آن جایی که $p < 0.01$ ، بین اندام زیرزمینی و اندام هوایی گیاه رابطه ی مثبت و معنی داری با اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد.

نتایج همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در اندام های گیاهی و رسوبات مطابق جدول (۱) برای فلز مس بین بخش های هوایی، زیر زمینی و رسوبات هیچ گونه همبستگی مثبت و معنی داری وجود ندارد. برای فلز سرب بین اندام های هوایی، زیرزمینی و

جدول ۱- مقادیر همبستگی فلزات بین اندام های گیاهی و رسوبات

Table 1. Correlation coefficients of metals among plant organs and sediments

فلز	اندام هوایی	اندام زیرزمینی	رسوبات
مس	۱		
	اندام زیرزمینی	۰/۳۹۷	
	رسوبات	۰/۵۹۳	۰/۵۷۹
سرب	۱		
	اندام زیرزمینی	-۰/۲۴۳	
	رسوبات	-۰/۰۴۲	۰/۰۴۱
روی	۱		
	اندام زیرزمینی	۰/۷۲۴**	
	رسوبات	۰/۰۱۵	۰/۴۰۱

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

شاخص غنی شدگی

مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص غنی شدگی در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- شاخص غنی شدگی فلزات در رسوبات (برحسب درصد)

Table 2. Enrichment Factor (EF) of metals in sediments (%)

EF (Zn)	EF (Pb)	EF (Cu)	ایستگاه
۶۵/۰۴	۲۵/۸۸	۷۹/۶۳	شمال
۸۷/۹۶	۳۱/۶۲	۶۰/۴۸	شرق
۱۲/۰۳	۲۷/۸۶	۸/۵۸	مرکز
۴۹/۳۷	۵۰/۴۶	۳۷/۳۷	جنوب
۲۸/۷۴	۵۴/۹۱	۵۱/۱۱	غرب

شاخص تجمع زیستی و شاخص انتقال

نتایج حاصل از محاسبه ی شاخص تجمع زیستی و شاخص

انتقال از اندام زیرزمینی به اندام هوایی در جدول (۳) آمده

جدول ۳- شاخص تجمع زیستی و انتقال از اندام های زیرزمینی به هوایی

Table 3. Bio-accumulation and translocation indices values for underground organ to aerial organ

Zn	Pb	Cu	
۰/۵۳۷	۰/۸۷۰	۰/۱۱۸	شاخص تجمع زیستی اندام هوایی
۰/۶۲۷	۰/۳۴۳	۰/۱۴۷	شاخص تجمع زیستی اندام زیرزمینی
۱/۰۴	۰/۸۶	۰/۸	شاخص انتقال

بحث

- غلظت فلزات سنگین مس، سرب و روی در رسوبات و اندام های گیاهی

کمینه غلظت فلز مس رسوبات در ایستگاه سوم واقع در مرکز تالاب با ۹/۵۱۰ و بیشینه غلظت مس در ایستگاه اول واقع در شمال تالاب با ۲۵/۷۹ میکروگرم بر گرم دروزن خشک تعیین شده است که می تواند در نتیجه ورود آب سد گاوشان که حاوی آفت کش ها و سموم کشاورزی باشد.

کمینه غلظت فلز سرب رسوبات در ایستگاه مرکز با ۴/۶۴ و

بیشینه غلظت آن در ایستگاه شمال تالاب با ۷/۹۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است که ناشی از آب سد گاوشان و سوخت موتور تلمبه های برداشت آب سطحی تالاب است . کمینه غلظت فلز روی رسوبات در ایستگاه مرکز با ۱۰/۵۵ و بیشینه غلظت این عنصر در ایستگاه شرق تالاب با ۳۸/۶۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است که می تواند ناشی از ورود روان آب های سطحی اراضی حاشیه تالاب باشد. کمینه غلظت فلز مس اندام زیرزمینی گیاه نی در ایستگاه سو م با غلظت ۱/۱۱۰ میکروگرم بر گرم واقع در مرکز تالاب و بیشینه

غلظت فلز مس در ایستگاه دوم واقع در شرق تالاب با غلظت ۵/۴۹۵ میکروگرم وزن خشک تعیین شده است.

کمینه غلظت فلز مس اندام هوایی گیاه نی در ایستگاه جنوب با ۱/۵۱ و بیشینه غلظت فلز مس در ایستگاه شرق تالاب با ۴/۰۱ میکروگرم برگرم وزن خشک تعیین شده است. کمینه غلظت فلز سرب اندام زیرزمینی گیاه نی در ایستگاه مرکز با غلظت ۴/۲۷ میکروگرم برگرم و بیشینه غلظت فلز سرب در ایستگاه پنجم واقع در غرب تالاب با غلظت ۱۶/۲۷ میکروگرم برگرم وزن خشک تعیین شده است.

کمینه غلظت فلز سرب در ایستگاه دوم واقع در شرق تالاب با ۳/۳۵۰ و بیشینه غلظت فلز سرب در ایستگاه سوم واقع در مرکز تالاب با ۸/۹۰ میکروگرم برگرم وزن خشک تعیین شده است. کمینه غلظت فلز روی اندام زیرزمینی گیاه نی در ایستگاه سوم واقع در مرکز تالاب با ۳/۶۳۰ و بیشینه غلظت فلز روی در ایستگاه اول واقع در شمال تالاب با ۳۲/۰۵۰ میکروگرم برگرم در وزن خشک تعیین شد. روی، فلزی ضروری برای گیاه بوده و دارای نقش مهمی در تغذیه و فعالیت های آنزیمی گیاهان می باشد؛ عملکرد روی در گیاهان مشابه انسان است لذا در گیاهان جهت اعمال حیاتی به روی احتیاج است (۵). کمینه غلظت فلز روی اندام هوایی گیاه نی در ایستگاه پنجم واقع در غرب تالاب با ۵/۵۲ و بیشینه غلظت فلز روی در ایستگاه اول واقع در شمال تالاب با ۲۴/۵۰ میکروگرم برگرم وزن خشک تعیین شده است.

در این راستا می توان گفت محلول خاک اطراف ریشه او لین منبع ورود فلزات سنگین به بافت های گیاهی بوده و هرچه غلظت فلزات سنگین در خاک افزایش پیدا کند، مقدار قابل دسترس آن ها برای گیاه افزایش می یابد. به این دلیل افزایش میزان فلزات در لایه سطحی خاک باعث تجمع بیشتر فلزات در اندام زیرزمینی در مقایسه با سایر اندام های گیاه می شود (۱۲). فلزات موجود در رسوبات همگی محلول نیستند، برخی از آن ها محلول و به صورت یون های آزاد هستند که فقط بخش محلول فلزات می تواند توسط گیاه از رسوب جذب گردد (۱۳). در حالیکه بخش عمده ی فلزات سنگین موجود در رسوب در فازهای نامحلول به ویژه فازهای آلی و باقیمانده قرار دارند؛ بنابراین قابل دستیابی و جذب توسط گیاه نمی باشند. به همین

دلیل کمتر بودن فلزات در بافت گیاه نسبت به رسوب تا حدودی طبیعی به نظر می رسد (۶).

- همبستگی فلزات بین اندام های گیاهی و رسوبات

برای فلز مس بین رسوبات، اندام های هوایی و زیرزمینی ارتباط مثبت و معنی داری وجود ندارد. تحقیقات نشان می دهد که مس تمایل به تجمع در بخش های زیرزمینی گیاه دارد (۱۴). از آن جایی که در این گیاه اندام های زیرزمینی به عنوان فیلتر عمل می کنند و اغلب مانع انتقال این فلز به اندام های هوایی می شوند (این استراتژی در گیاهان به عنوان راهکاری مؤثر در حفظ اندام های هوایی از سمیت ناشی از مقادیر آسیب رسان مس می باشد)؛ که با نتایج بلدتونی و همکاران در سال ۲۰۰۴ (۱۵)، بارگاتو و همکاران در سال ۲۰۰۶ (۱۶) و بونانو و لوگایدیس در سال ۲۰۱۰ (۴) و ابراهیمی و همکاران در سال ۱۳۹۱ (۱۷) و همچنین نوروزی فرد و همکاران در سال ۱۹۹۲ (۵) مطابقت دارد.

در رابطه با فلز سرب بین رسوبات با سایر اندام های گیاهی ارتباط مثبت و معنی داری وجود نداشته و در این میان بین سرب موجود در ساقه و اندام زیرزمینی ارتباط معنی دار منفی وجود دارد که می تواند به عدم تمایل سرب برای انتقال از اندام زیرزمینی به اندام هوایی مربوط گردد (۱۸). در رابطه با فلز روی نیز هیچ گونه ارتباطی بین غلظت این فلز در رسوبات و اندام های مختلف گیاهی وجود ندارد اما بین اندام هوایی و اندام زیرزمینی ارتباط معنی دار مثبتی وجود دارد که به دلیل انتقال این فلز از اندام زیرزمینی به اندام هوایی می باشد (۱۸).

- شاخص غنی شدگی

بیشترین مقادیر برای هر سه فلز مس، سرب ایستگاه شمال و روی در ایستگاه شرق بوده که به عنوان منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین در تالاب هشیلان پیشنهاد می شوند. کمترین مقدار این شاخص نیز برای دو فلز مس و سرب و روی ایستگاه مرکز می باشد. آلودگی در ایستگاه ها احتمالاً متأثر از ورود آب سد گاوشان که حامل انواع سموم شیمیایی و کودشیمیایی و همچنین فاضلاب شهر کامیاران می باشد، وجود تفرجگاه سراب

فلزات مس و سرب حالت تجمع و دسترسی در گیاه متوسط می‌باشد. اما در رابطه با فلز روی مقدار این شاخص بزرگتر از یک بوده؛ بنابراین در این گیاه، فلز روی تجمع و دسترسی بالایی دارد؛ این امر بیانگر کارایی سیستم انتقال فلزات است که احتمالاً فلزات را در واکوئل برگ‌ها و آپوپلاست متوقف می‌کند (۱۱). مقادیر حاصل از شاخص انتقال در این پژوهش از مدل زیر پیروی می‌کند:

شاخص انتقال از اندام زیرزمینی به هوایی؛

$$\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$$

مقادیر حاصل از شاخص انتقال در این پژوهش از مدل زیر پیروی می‌کند:

شاخص انتقال از اندام زیرزمینی به هوایی؛

$$\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$$

همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت اکثر عناصر در اندام زیرزمینی بیشتر از غلظت آنها در اندام هوایی است. اختلاف در غلظت فلزات در اندام های هوایی و زیرزمینی و عدم توانایی انتقال فلزات از اندام زیرزمینی به اندام هوایی مطابق نتایج مربوط به شاخص انتقال ممکن است به دلیل تفاوت در ساختار فیزیولوژیکی بافت‌ها باشد.

- مقایسه داده‌های رسوبات با داده‌های به دست آمده

در مطالعات دیگر

مطابق جدول (۴) همان‌طور که مشاهده می‌شود در اکثر مطالعات مقادیر بدست آمده در مورد فلزات مذکور از مقادیر به دست آمده در این پژوهش بیشتر می‌باشد.

سبز علی، محصور شدن تالاب در زمین های کشاورزی که کمترین مقدار این شاخص در ایستگاه مرکز (به عنوان مکان غیر آلوده) به دست آمده است.

- شاخص تجمع زیستی

بر اساس نتایج بدست آمده از محاسبه‌ی شاخص تجمع زیستی و مقایسه‌ی آن‌ها با طبقه بندی پیشنهادی ما و همکاران در سال ۲۰۰۱ برای گیاهان که بیان می‌کند چنانچه مقادیر این شاخص کمتر از یک باشد گیاه جاذب، بیشتر از یک گیاه ابرجاذب و نیز اگر نزدیک به صفر باشد گیاه دافع می‌باشد. بدین ترتیب گیاه نی در رابطه با فلزات سرب و روی در اندام های هوایی و زیرزمینی و به عنوان یک گیاه جاذب عمل کرده؛ در رابطه با فلز مس، اندام های هوایی و زیر زمینی دارای مقدار شاخص تجمع زیستی نزدیک به صفر هستند که نشان می‌دهند اندام‌های گیاه نی حالت دافعه در رابطه با این فلز دارند.

- شاخص انتقال

شاخص انتقال توانایی گیاه در اهدا ف گیاه پالایی را برآورد می‌کند. طبق نظریات کاباتا- پندیاس و پندیاس در سال ۲۰۰۰ (۱۹)، چنانچه شاخص انتقال بین ۰/۰۱ تا یک باشد به این معنی است که حالت تجمع و دسترسی در گیاه متوسط می‌باشد. بر این اساس مطابق جدول (۳) به جز در مورد فلز روی در رابطه با فلزات مس و سرب حالت تجمع و دسترسی در گیاه متوسط می‌باشد. اما در رابطه با فلز روی مقدار این شاخص بزرگتر از یک بوده؛ بنا براین در این گیاه، فلز روی تجمع و دسترسی بالایی دارد؛ این امر بیانگر کارایی سیستم انتقال فلزات است که احتمالاً فلزات را در واکوئل برگ‌ها و آپوپلاست متوقف می‌کند (۱۱). در رابطه با

جدول ۵- مقایسه‌ی غلظت فلزات مس، سرب و روی در رسوبات تالاب هشیلان با استانداردهای جهانی

Table 5. Metal concentration comparisons of Cu, Pb and Zn in the sediments of Hashilan wetland with international standards

فلزات	ERM	NOA A (۱۵) ERL	CCME, 1999 (28, ۲۷)			USEPA, 1996 (۴)		مطالعه حاضر
			PEL	ISQGs		LAL	HAL	
				TEC	PEC			
Cu	۲۷۰	۳۴	۱۰۸	۳۱/۶	۱۴۹	۲	۲۷۰	۱۷/۲۳
Pb	۲۱۸	۷/۴۶	۱۱۲	۳۵/۸	۱۲۸	۲	۲۱۸	۶/۴۷۹
Zn	۴۱۰	۱۵۰	۲۷۱	۱۲۱	۴۵۹	۵	۴۱۰	۲۴/۲۱۲
Cu	۲۷۰	۳۴	۱۰۸	۳۱/۶	۱۴۹	۲	۲۷۰	۱۷/۲۳

بکار گرفته شوند.

با وجود تفاوت‌های موجود در غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی و رسوبات به طور کلی گیاه نی گونه‌ها قابل استفاده برای کاهش فلزات سنگین در رسوبات و یک زیست ردیاب برای برنامه‌های پایش زیستی جهت ارزیابی کمی شرایط محیط با توجه به رسوبات منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. این دسته گیاهان اطلاعات مفیدی در مورد نوع و غلظت آلاینده‌ها در محیط، انباشتگی و پراکندگی آن‌ها فراهم می‌کنند.

Reference

1. Agharokh, A. (2008). "Evaluation of ornamental flowers and fishes breeding in bushehr urban wastewater using a pilot scale aquaponic system." J. of Water and Wastewater, 65, 47-53. (In Persian).
2. Mohamadi, M., Karbasi, A. and Sahebi, M. Hashilan wetland environmental management SWOT method. Journal of Environmental advocacy. 2013; 57: 15-27.
3. Nick varz, A.R., (2008). investigation of using algae in bio-monitoring heavy metals (lead, cadmium, copper, zinc and iron) in tidal areas between Hormuz Island. M.Sc. thesis. Marine Biology- Marine Pollution, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Faculty of

جهانی نشان داد میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه از همه‌ی استانداردهای جهانی به جز LAL^۱ (کمترین مقدار سطح هشدار مربوط به حفاظت محیط زیست آمریکا) کمتر می‌باشد. مقادیر مربوط به سطح معنی‌داری حاصل از آزمون‌های آماری برای فلزات مورد مطالعه در مقایسه با استانداردهای USEPA در جدول (۹) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در تمامی موارد $p < 0/05$ بوده بنابراین اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلزات در رسوبات مطالعاتی حاضر با استانداردهای جهانی وجود دارد.

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در ریشه بزرگتر از یک و فاکتور انتقال کوچکتر از یک باشد برای تثبیت گیاهی و گونه‌ای که دارای ضریب تجمع زیستی در اندام‌های هوایی بزرگتر از یک باشد، برای برداشت گیاهی مناسب است گونه‌ی نی، گیاهی مناسب برای تجمع عنصر سرب و گیاه پالایشی آن در محیط‌های آلوده می‌باشد. روابط مهم غلظت‌های فلزی بین اندام‌های گیاهی و رسوبات نشان می‌دهد که *P. australis* تأثیرات کلی آلودگی‌های محیطی را بازتاب می‌کند. ماکروفیت‌های آبی تثبیت‌کننده تغییرات موقتی فلزات سنگین در بوم‌سازگان‌های آبی می‌باشند. بنابراین اندام‌های گیاه *P. australis* به عنوان شاخص زیستی عمل نموده و می‌توانند به عنوان "پایشگرهای زیستی"

1- Lowest Alert Level

10. Zacchini, M., Pietrini, F., Mugnozza, G., Iori, V., (2008). Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *J. Water Air Soil Pollut* 197. 23-34.
11. Sasmaz, A., Obek, E., Hasar, H., (2008). The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. *Ecological Engineering* 33, 278-284.
12. Ghanadpour, J., Zandmoghadam, A., (2011) Accumulation of heavy metals (lead, zinc, nickel and cadmium) in *Typha latifolia* and *Arvandroud* and *Bahmaneshir* sediments in winter. *Wetland Journal of Islamic Azad University, Khozestan Branch*. 2(5); 29-36
13. Oyeyiola, A.O., Davidson, C.M., Olayinka, K.O., Oluseyi, T.O., Alo, B.I., (2013). "Multivariate analysis of potentially toxic metals in sediments of a tropical coastal lagoon", *Environ Monit Assess*, 185: 2167-2177.
14. Gill, L., Pamela, R., Neil, M.P., Higgins, P.M., (2014). Accumulation of heavy metals in a constructed wetland treating road runoff. *Ecological Engineering*. 78. 33-36
15. Ngayila, N., Botineau, M., Baudu, M., Basly, J.P., (2009). *Myriophyllum alterniflorum* DC. Effect of low concentrations of copper and cadmium on somatic and photosynthetic endpoints: a chemometric approach. *Ecological Indicator* 9, 307-312.
16. Bragato, C., Brix, H., Malagoli, M., (2006). Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel and Marine Sciences and Oceanic, Department of Marine Biology 102 p. (In Persian).
4. Bonanno, G., Lo Giudice, R., (2010). Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. *Ecological Indicators* 10, 639-645.
- Bowen, H.J.M., (1979). Trace Element in Biochemistry. New York, Academic press, 241-244.
5. Norouzi Fard, P., (2014) Investigation of Heavy Metals Accumulation in Sediments and Refinement of them by *Phragmites australis* in Dez River, Dezful. Master's thesis, Environmental Department, Malayer University.
6. Cheraghi, M., Elahisohrab, A., Safaheieh, A., Ghanemi, K., Doraghi, M., (2013) Investigation on the accumulation of heavy metals in the bed leaves and roots of mangrove (*Avicennia marina*) in Khuzestan province. *Journal of marine science and technology*. 11 (4); 46-56.
7. Vymazal, Jan. (2015) Concentration is not enough to evaluate accumulation of heavy metals and nutrients in plants *Science of The Total Environment*, Volume 544, 15 February 2016, Pages 495-498. Volume 544, Pages 495-498
8. Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., Omar, H., (2002). Concentrations of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* 28, 467-479.
9. Suthar, S., Nema, A.K. Chabukdhara, M. Gupta, S. K., (2009). Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges. *Hazardous Materials* 171, 1088-1095.

- The Nile Delta Egypt, Egypt. J. Aquatic Research 31 16–28.
23. Mendez, W., (2005). Contamination of Rimac River Basin Peru, due to mining tailings. TRITA-LWR Master Thesis, Environmental Engineering and the Nile Sustainable Infrastructure, The Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.
 24. Liu, J., Li, Y., Zhang, B., Cao, J., Cao, Z., Domagalski, J., (2009). Ecological risk of heavy metals in sediments of the Luan River source water. J. Ecotoxicology 18. 748–758.
 25. Varol, M., Şen, B., (2012). Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. Catena 92, 1-10.
 26. Zhang, W., Liu, X., Cheng, H.Y., Zeng, E., Hu, Y., (2012). Heavy metal pollution in sediments of a typical mariculture zone in South China. J. Marine Pollution Bulletin 64.712-720
 27. CCME., (1999). (Canadian Council of Ministers of the Environment). Canadian environmental quality guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment Winnipeg.
 28. Vardanyan, L.G., Ingole, B.S., (2006). Studies on heavy metal accumulation in aquatic macrophytes from Sevan (Armenia) and Carambolim (India) lake systems. Environmental International 32, 208–218.
 - Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. Environmental Pollution 144, 967-975.
 17. Ebrahimi, M., Jafari, M., Savaghebi, Gh., Azarnivand, H., Tawil, A., and et al., (2012). Investigation of phytoremediation species of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in soils contaminated with heavy metals (case study, Industrial area Lia - Ghazvin). Research pasture, the sixth year, Number 1, 1-9. (In Persian).
 18. Siedlecka, A., Tukendorf, A., Skoźzyn´ska-Polit, E., Maksymiec, W., Wo´jcik, M., (2001). Angiosperms (Asteraceae, Convolvulaceae, Fabaceae and Poaceae; other than Brassicaceae). In: Prasad, M.N.V. (Ed.), Metals in the Environment. Analysis by Biodiversity. Marcel Dekker, Inc., New York, 171–217.
 19. Kabata-Pendias, A., Pendias H., 2000. Trace Elements in Soils and Plants ,3rd Edit, Boca Raton New York, CRC Press.
 20. Farkas, A., Claudio, E., Vigano, L., (2007). Assessment of the environmental significance of heavy metal pollution in surficial sediments of the River Po, Chemosphere 68 761–768.
 21. Olivares-Rieumont, S., de la Rosa, D., Lima, L., Graham, D.W., Alessandro, K. D., (2005). Assessment of heavy metal levels in Almendares River sediments-Havana City, Cuba. Water Research 39. 3945–3953.
 22. Rifaat, A.E., (2005). Major controls of metals' distribution in sediments off