انباشتگی زیستی روی و کروم در *Azolla filiculoides* در تالاب انزلی

پریسا نجات خواه معنوی[1*]، لیدا سلیمی[2] و شیرین ولی پور[3]

۱ و ۳- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۲- گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲

چکیده

آزولا (*Azolla filiculoides*) سرخس شناور آبزی است که در سطح کانال‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و استخرها زندگی می‌کند. از آزولا به عنوان بیوفیلتری برای جذب فلزهای سنگین و حذف این مواد از فاضلاب‌های صنعتی و در مسیر ورودی آن‌ها به تالاب‌ها و رودخانه‌ها می‌توان استفاده نمود. تحقیق حاضردر تابستان (فصل گرم) و پائیز (فصل سرد) سال ۱۳۹۱ در سه منطقه در تالاب انزلی شامل دهانه پسیخان (بخش شرقی)، سیاه درویشان (بخش مرکزی) و سیاه کشیم و آبکنار (بخش غربی) انجام شده است. ریشه و برگ‌های آزولا به طور جداگانه مورد هضم قرار گرفته و سپس میزان غلظت کروم و روی با دقت میکروگرم بر گرم وزن خشک به وسیله دستگاه جذب اتمی کوره‌ای اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزهای روی و کروم به ترتیب در بخش شرقی (۳/۱۳±۶۲/۸٤، ۱/۰۷±۳/۱٤) در بخش غربی (۲۲/۰۳ ± ۶۴/ ۲۷، ۱/۱±۱/۳) و در بخش مرکزی (۲۳/۳±۲۹/۹۷، ۱/۸±۲/۳۳) ppm بود، بنابر این بیشترین غلظت فلزهای بررسی شده به ترتیب در ناحیه شرقی، مرکزی و در نهایت غربی به دست آمد. نتایج بدست آمده بر روی نمونه‌های ریشه و برگ آزولا در تالاب انزلی نشان داد که در هر سه منطقه مورد بررسی غلظت کروم و روی به طور معنی‌داری در بافت ریشه بیشتر از بافت برگ انباشته شده بود(P<۰/۰۵). همچنین در فصل تابستان در مقایسه با زمستان کروم و روی بیشتری در ریشه و برگ آزولا وجود داشته است. در مطالعه حاضر غلظت فلزهای کروم و روی در بافت‌های مورد بررسی دارای همبستگی مثبت معنی داری با دمای آب و هوا بودند ولی سایر پارامترهای محیطی همبستگی معنی‌داری با غلظت فلزها نداشتند. مقایسه نتایج نشان دهنده‌ی به طور معنی داری بالاتر بودن میزان فلز کروم در آزولای تالاب انزلی (۲/۲۵ ppm) با استاندارد WHO برای گیاه (۱/۳ میلی گرم در کیلوگرم) می‌باشد، در حالیکه روی (۴۰/۱۵ ppm) کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی برای گیاه (۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) بود.

واژگان کلیدی: *Azolla filiculoides*، فلزهای سنگین، ریشه و برگ آزولا، تالاب انزلی

* **نگارنده پاسخگو:** p_nejatkhah@ tnb_ac.ir

مقدمه

تالاب انزلی یکی از بوم سازگان مهم آبی در ایران است و از ابعاد مختلف زیست محیطی، شیلاتی، جنبه‌های اقتصادی و اشتغال‌زایی و توریستی برخوردار است. توسعه صنایع و افزایش بی رویه جمعیت شهرها، روستاها و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی، استفاده از کود، سموم و دفع آفات موجب می‌گردد تا میزان زیادی فاضلاب شهری، کشاورزی و صنعتی که دارای ترکیبات شیمیایی مختلف به ویژه عناصر سنگین است وارد اکوسیستم‌های آبی گردد (زبردست و جعفری، ۱۳۸۹). تالاب انزلی نیز از این قاعده مستثنی نیست و به دلیل عدم وجود سیستم تصفیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و مدیریت زباله در گیلان موجب شده تا روزانه معادل یک هزار تن زباله وارد تالاب انزلی شود و از آن جا که این زباله و فاضلاب حاوی مواد فسفری است با ایجاد یوتروفیکاسیون در تالاب موجب غنای مواد غذایی برای گیاهان این محدوده می‌شود که با رشد بیش از اندازه و سریع، تعادل اکوسیستم منطقه بر هم خورده و به تبع آن حیات آبزیان به خطر می افتد (خبرگزاری میراث فرهنگی، ۱۳۸۲). از میان آلاینده‌های وارد شده به محیط‌های آبی، فلزات سنگین به علت اثرات سمی و پتانسیل تجمع زیستی در بسیاری از گونه‌های آبزی و انتقال آنها از طریق زنجیره غذایی مورد توجه است (Sood *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2009).

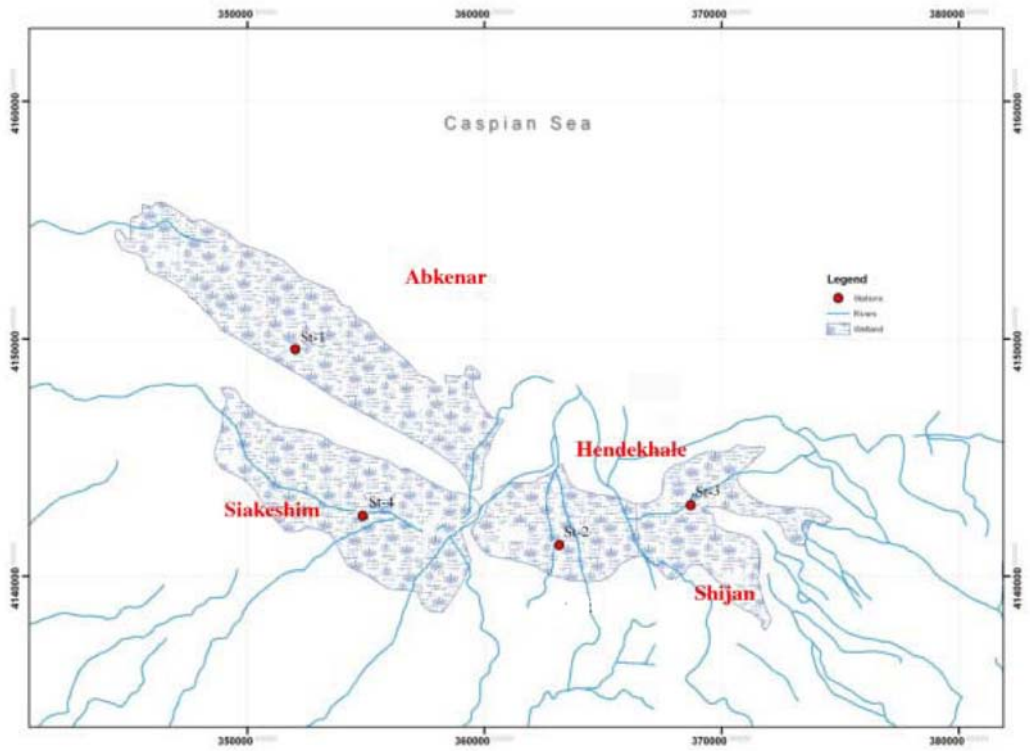
Azolla filiculoides گونه‌ای غیر بومی و مهاجم در تالاب انزلی است. آزولا در سال ۱۹۹۰ برای اولین بار در تالاب انزلی دیده شد و به نظر می‌رسد که به دنبال معرفی این گیاه به مناطقی از شمال کشور در سال ۱۹۸۶، به دلیل توانایی تثبیت ازت و باروری آب، بیشتر با هدف افزایش کشت برنج به تالاب انزلی راه پیدا کرده باشد (FAO, 1992). آزولا سرخسی کوچک است و نحوه‌ی زندگی آن به صورت شناور آزاد است. شرایط مناسب تالاب انزلی برای آزولا و از طرفی عدم بهره برداری مکانیزه از این گیاه باعث گردیده تا آزولا بیشتر سال سطح وسیعی از تالاب انزلی را پوشانده و سبب تخریب اکولوژیک تالاب گردد (بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸). با وجود مشکلات زیاد ایجاد شده توسط آزولا در تالاب انزلی، جنبه‌های با ارزشی از آزولا شناخته شده می‌باشد و سال‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریشه‌های غوطه ور آزولا منبعی برای ذخیره سازی آلودگی‌های مختلف می‌باشد Sela *et al.*, (1989)، امروزه با شناخت این توانایی استفاده‌های متعددی از آزولا مانند جذب و برداشت bisphenolA (BPA) از فاضلاب‌ها (Zazouli *et al.*, 2014)، جذب فلزهای سنگین از سیستم هیدروپونیک (Valderrama *et al.*, 2013)، استفاده به عنوان بیومانیتورینگ فلزهای سنگین از فاضلاب‌های صنایع نفت و پتروشیمی (Parikh & Mazumder, 2015) و ارتقا سطح کشاورزی پایدار (Yadav *et al.*, 2014) می‌گردد. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی توانایی جذب و انباشتگی فلزهای سنگین روی و کروم در ریشه و برگ آزولا در سه منطقه مختلف تالاب انزلی و مقایسه آن با استانداردهای جهانی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی با مساحتی حدود ۱۵۰ کیلومترمربع در جلگه گیلان و در جنوب دریای خزر و بین عرض جغرافیایی °۴۹٫۲۵ طول شرقی و °۳۷٫۲۸ عرض شمالی بین کپورچال در شمال غرب تا حسن رود در شمال شرق گسترش دارد. تالاب انزلی محل گود افتاده‌ای است که از پسروی آب‌های دریای خزر به جای مانده است و آب بیش از ۱۱ رودخانه پیش از رسیدن به دریای خزر در این تالاب جمع می‌گردد. (Khoshnamvand *et al.*, 2010) در مطالعه حاضر، تالاب انزلی در قالب سه بخش شرقی، غربی و مرکزی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در این بررسی *Azolla filiculoides* طی دو فصل سرد و گرم سال ۱۳۹۱ در هر منطقه با سه تکرار برداشت شد (شکل ۱). لازم به ذکر است که نمونه‌های

آبکنار و سیاه کیشم با هم به عنوان نمونه بخش غربی در نظر گرفته شده است. جهت بررسی پارامترهای محیطی، دمای هوا، دمای آب، میزان اکسیژن محلول آب و pH، به ترتیب توسط دماسنج، اکسی متر (مدل Jenway با دقت ۰/۰۱) و pH سنج (مدل Janway با دقت ۰/۰۱) در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد.



شکل ۱- ایستگاه‌های نمونه برداری از سرخس آزولا

در هر ایستگاه به میزان کافی آزولا از سطح آب جمع‌آوری شد و با آب شیرین محل شستشو داده شد تا از هر گونه آلودگی پاک شود. سپس آب اضافی گیاه گرفته شده و ریشه‌ها از برگ‌ها جدا گردید و در داخل کیسه‌های جداگانه پلی اتیلن به آزمایشگاه منتقل شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش Microwave Digestion استفاده شد. نمونه‌های بافت گیاه آزولا توسط آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس ۰/۳ گرم از نمونه‌های خشک را به مخلوطی از نیتریک اسید ۶۵ درصد و آب اکسیژنه ۳۵ درصد به نسبت ۸ سی سی به ۲ میلی‌لیتر اضافه و با استفاده از ماکروویو عمل هضم انجام شد. پس از تکمیل عملیات هضم، نمونه‌ها صاف شده و حجم محلول با آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد و غلظت فلزهای کروم و روی با دقت میکروگرم بر گرم وزن خشک به وسیله دستگاه جذب اتمی کوره‌ای Varian مدل GTA100 اندازه‌گیری شد.

برای انجام مطالعات آماری از نرم‌افزار SPSS15 استفاده شد و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت. با استفاده از آزمون ANOVA و تست تکمیلی توکی اختلاف معنی‌دار غلظت فلزهای کروم و روی در بافت‌های ریشه و برگ، بخش‌های مختلف تالاب و فصول، در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد. همچنین میزان همبستگی غلظت فلزهای کروم و روی با پارامترهای محیطی با آزمون پیرسون بررسی شد.

نتایج

در جدول (۱) نتایج ارزیابی پارامترهای محیطی ارائه شده است. دمای آب و هوا در دو فصل سرد و گرم دارای اختلاف معنی‌داری بود (P<۰/۰۵) ولی سایر پارامترها در بخش‌های مختلف تالاب یا فصل، اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج به دست آمده، اختلاف معنی‌داری میان میزان آلودگی فلزات سنگین در منطقه شرقی نسبت به دو منطقه مرکزی و غربی را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول۱- تغییرات پارامترهای محیطی در دو فصل سرد و گرم در سال ۱۳۹۱ در تالاب انزلی

متغیر	میزان متغیرهای محیطی در فصل سرد				میزان متغیرهای محیطی در فصل گرم			
	میانگین	کمترین	بیشترین	خطای استاندارد	میانگین	کمترین	بیشترین	خطای استاندارد
pH	۸/۳	۷/۹۳	۸/۷۵	۰/۲۵	۸/۴	۸/۰۲	۸/۹۲	۰/۲۷
DO (میلی گرم در لیتر)	۷/۵	۷/۱۲	۷/۹۵	۰/۲۵	۷/۴۲	۶/۷۴	۷/۹۴	۰/۳۵
دمای آب (سانتی گراد)	۱۷/۳	۱۶/۵۰	۱۸/۰۰	۰/۴۴	۲۷/۱	۲۶/۴۰	۲۸/۰۰	۰/۴۷
دمای هوا (سانتی گراد)	۱۷/۳	۱۷/۰۰	۱۸/۰۰	۰/۳۳	۲۶/۷	۲۵/۰۰	۳۰/۰۰	۱/۶۷

جدول۲- میانگین غلظت فلزات سنگین بر حسب ppm در بخش‌های مختلف تالاب انزلی در سال ۱۳۹۱

فلز / ایستگاه	میانگین غلظت فلز روی در گیاه	میانگین غلظت فلز کروم در گیاه	انحراف معیار	
			روی	کروم
بخش شرقی	۶۲/۸۴	۳/۱۴	±۳۱/۳	±۱/۰۷
بخش غربی	۲۷/۶۴	۱/۳	±۲۲/۰۳	±۱/۱
بخش مرکزی	۲۹/۹۷	۲/۳۳	±۲۳/۳	±۱/۸

نتایج به دست آمده بر روی نمونه‌های ریشه و برگ آزولا در مناطق بررسی شده (شرقی، غربی و مرکزی) تالاب انزلی نشان داد که در هر سه منطقه مورد بررسی غلظت کروم و روی به طور معنی داری در بافت ریشه بیشتر از بافت برگ انباشته شده بود (P<۰/۰۵). همچنین نتایج نشان می‌دهد که در فصل تابستان در مقایسه با زمستان کروم و روی بیشتری در ریشه و برگ آزولا وجود داشته است (جدول ۳).

جدول۳- میانگین غلظت کروم و روی بر حسب ppm در وزن خشک بافت ریشه و برگ آزولا در فصل گرم و سرد در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۱

متغیر	فصل سرد				فصل گرم			
	میانگین	کمترین	بیشترین	خطای استاندارد	میانگین	کمترین	بیشترین	خطای استاندارد
کروم در ریشه آزولا	۲/۷	۰/۵	۶/۵	۰/۶۸	۳/۳	۲/۰۰	۵/۱	۰/۳۳
کروم در برگ آزولا	۱/۳	۰/۵	۳/۴	۰/۳۵	۱/۷	۰/۵	۳/۷	۰/÷۳۸
روی در ریشه آزولا	۶۴/۷	۱۷/۰	۱۳۷/۰	۱۳/۱۰	۲۷/۱	۲۶/۴۰	۲۸/۰۰	۰/۴۷
روی در برگ آزولا	۳۵/۷	۷/۰	۷۱/۰	۸/۱۳	۲۶/۷	۲۵/۰۰	۳۰/۰۰	۱/۶۷

برای تعیین همبستگی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۴). در مطالعه حاضر غلظت فلزهای کروم و روی دارای همبستگی مثبت معنی‌داری بین بافت برگ و ریشه و دمای آب و هوا بودند.

جدول۴- همبستگی فاکتورهای محیطی و فلزهای کروم و روی در بافت ریشه و برگ گیاه آزولا در تالاب انزلی در سال ۱۳۹۱

همبستگی میزان فلزهای سنگین کروم و روی در برگ آزولا و پارامترهای محیطی						
متغیر	کروم	روی	دمای آب	pH	DO	دمای هوا
دمای هوا	۰/۷	۰/۶	۱	۰	-۰/۲	۱
DO	-۰/۷	-۰/۷	-۰/۰۷	۰/۸	۱	
pH	-۰/۶	-۰/۶	۰/۲	۱		
دمای آب	۰/۷	۰/۷	۱			
روی	۰/۵	۱				
کروم	۱					
همبستگی میزان فلزهای سنگین کروم و روی در ریشه آزولا و پارامترهای محیطی						
دمای هوا	۰/۸	۰/۶	۱	۰	-۰/۲	۱
DO	-۰/۷	-۰/۶	-۰/۰۷	۰/۸	۱	
pH	-۰/۶	-۰/۴	۰/۲	۱		
دمای آب	۰/۸	۰/۷	۱			
روی	۰/۲	۱				
کروم	۱					

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، میانگین غلظت فلزهای روی و کروم به ترتیب در بخش شرقی تالاب ۳۱/۳± ۶۲/۸۴ و ۱/۰۷± ۳/۱۴ ppm، در بخش غربی ۲۲/۰۳± ۲۷/۶۴ و ۱/۱±۱/۳ ppm و در بخش مرکزی ۲۳/۳± ۲۹/۹۷ و ۱/۸± ۲/۳۳ ppm به دست آمد، بنابر این آلوده‌ترین مناطق به ترتیب ناحیه شرقی، مرکزی و در نهایت بخش غربی تالاب انزلی از نظر وجود کروم و روی در آزولا می‌باشد (جدول ۲). بخش غربی شامل عمیق‌ترین بخش تالاب و بخش سیاه کشیم است. سیاه کشیم به دلیل خصوصیات ویژه به عنوان منطقه حفاظت شده تعیین شده است و احتمالاً می‌تواند از دلایل آلودگی کمتر منطقه در نظر گرفته شود در حالیکه بخش شرقی تالاب انزلی کم عمق‌ترین بخش تالاب است و دارای ورودی رودخانه پیربازار است و به نظر می‌رسد آب‌های وارد شده از این رودخانه به منطقه در غلظت بالای آلاینده‌ها از جمله کروم و روی بی تأثیر نباشد، به طوری که سرتاج و همکاران (۱۳۸۴) هم در بررسی خود بیشترین آلودگی فلز کروم و روی را در رسوبات ورودی پیربازار (ناحیه شرقی) اعلام کردند و نشان دادند که با دور شدن از مصب رودخانه میزان روی و کروم کاهش یافته است. بابائی و همکاران (۱۳۸۷) نیز در گزارش خود میانگین غلظت کروم و روی را در آب، رسوب و گیاهان ماکروفیتی منطقه‌های پیربازار، شنبه بازار و قسمتی از سیاه کشیم تالاب انزلی را بیشتر از سایر نقاط گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت نشان می‌دهد. مشابه نتایج تحقیق حاضر، بهروش و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی خود میزان روی و کروم را در رسوبات قسمت غربی تالاب کمتر از دیگر نقاط گزارش کردند.

همچنین خسروی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی خود بیشترین غلظت روی را درآب و رسوب منطقه شرقی تالاب به دست آورده و این بخش از تالاب را به عنوان آلوده‌ترین منطقه تالاب انزلی از این نظر گزارش کردند. رودخانه پیربازار از دو رودخانه گوهر رود و زرجوب داخل شهر رشت منشأ می‌گیرد و حجم بزرگی از فاضلاب دریافتی از مسیر خود را وارد قسمت شرقی تالاب می‌نماید. همانطور که اشاره شد، در تحقیق حاضر بخش مرکزی تالاب از بخش شرقی بار کمتری از آلودگی دارد (جدول ۲). حدود ۱۵ درصد بار آلودگی و ۲۵ درصد بار رسوبی تالاب به بخش مرکزی حمل می‌گردد و در سالیان اخیر باعث افزایش گیاهان شناور و ریشه در آب در این بخش از تالاب شده است در نتیجه توان خود پالایی بخش مرکزی در مقایسه با بخش شرقی تالاب افزایش یافته و سبب کاهش آلودگی در این منطقه می‌شود، لیکن از سویی دیگر این امر سبب شده تا با کاهش عمق، قسمت‌های وسیعی از آن به سمت خشک شدگی پیش رود (ابراهیمی، ۱۳۹۰).

در مطالعه حاضر، بافت‌های ریشه و برگ در آزولا مورد بررسی قرار گرفته است. آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که در ریشه و برگ روی به طور معنی‌داری بیشتر از کروم انباشته شده است و همین طور بافت ریشه توانایی بیشتری برای جذب و نگهداری فلزهای سنگین در مقایسه با بافت برگ در آزولا دارد ($P<۰/۰۵$)(جدول ۳). این نتایج مشابه تحقیقات Shafi و همکاران در سال ۲۰۱۵ است که نشان دادند *Azolla pinnata* در مقایسه با فلزهای مس، سرب، کادمیوم و کروم میزان بیشتری فلز روی را در بافت‌های خود تجمع داده بود. میزان بیشتر انباشتگی فلزها در ریشه در مقایسه با بافت برگ در آزولا نشان دهنده‌ی انتقال و جابجایی ضعیف یون‌ها در گیاه است. این مسئله در تحقیقات متعددی نه تنها در آزولا بلکه در گیاهان دیگر نیز به اثبات رسیده است مانند Sela و همکاران در سال ۱۹۸۹ نسبت محتوای فلزات سنگین را در ریشه *Azolla filiculoides* را دو تا پنج برابر، بیشتر از بافت برگ گزارش کردند و Yabanli و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان دادند که کروم در ریشه گیاه *Myriophyllum spicatum* بیشتر از ساقه و کمتر در برگ‌ها انباشته می‌گردد.

علاوه بر نکته اشاره شده آزولا در ریشه‌های خود دارای همزیستی با برخی سیانوباکتریا مانند *Anabaena* می‌باشد (Larsson, 2011; Carrapiço, 2006) سیانوباکترها دارای قدرت جذب و انباشتگی بالایی از فلزهای سنگین هستند که از این توانایی آنها در تصفیه فاضلاب‌های صنعتی استفاده می‌گردد (Afdal, 2008; Laloknam *et al*., 2009) بنابر این قدرت جذب و انباشتگی بیشتر ریشه‌های آزولا دور از انتظار نمی‌تواند باشد (Sood *et al*., 2012).

بررسی پارامترهای محیطی وجود اختلاف معنی‌دار در دمای آب و هوا در دو فصل تابستان و زمستان را نشان داد ($P<۰/۰۵$) لیکن در میزان اکسیژن محلول و pH مناطق مختلف تالاب در دو فصل اختلاف معنی‌داری به دست نیامد ($P\geq۰/۰۵$) (جدول ۱). براساس مطالعه حاضر میانگین غلظت فلزات در بافت‌های ریشه و برگ در دو فصل گرم و سرد تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$) (جدول ۳). به طور کلی میزان تجمع فلزات سنگین در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود که به دلیل افزایش سرعت متابولیسم در فصل تابستان در نتیجه افزایش دما در این فصل می‌باشد. فعالیت و جذب یون‌ها در بسیاری از موجودات به سرعت متابولیسم آنها وابسته است و در سوخت و سازهای پایین‌تر سرعت جذب آهسته‌تر خواهد بود (Gogotov *et al*., 2002 Olsson, 1998;). لیکن در هر دو فصل ریشه‌ها میزان بیشتری از فلزهای روی و کروم را در مقایسه با برگ‌ها در خود جمع کرده بودند که با نتایج Yabanli و همکاران در سال ۲۰۱۴ شباهت داشته و تغییر فصل و دما تاثیری از این نظر نداشته است. آزمون همبستگی پیرسون همبستگی مثبت قوی بین میزان فلز روی و کروم در برگ و ریشه

آزولا با دمای آب و هوا را نشان داد (جدول ۴).

در تحقیق حاضر، میانگین غلظت فلز روی ۴۰/۱۵ و کروم ۲/۲۵ ppm در گیاه آزولا بدست آمد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) میزان استاندارد فلز روی را در آب شیرین ۵ میلی گرم در لیتر و در گیاه ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم اعلام کرده است. همچنین توسط این سازمان میزان مجاز فلز کروم در آب‌های شیرین ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر و در گیاه ۱/۳ میلی گرم در کیلوگرم اعلام شده است (Nazir *et al*., 2015). مقایسه نتایج نشان دهنده‌ی بالاتر بودن میزان فلز کروم به طور معنی‌داری در آزولای تالاب انزلی با استاندارد WHO می‌باشد، در حالی که روی کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی می‌باشد.

منابع

ابراهیمی، ا. ۱۳۹۰. مشخصات و موقعیت جغرافیایی تالاب انزلی. قابل دسترسی در:
www.anzaliwaterlily.blogfa.com

بابایی، ه. و خدا دوست، ح.۱۳۹۰. تعیین میزان تجمع فلزات سنگین، در آب، رسوب و گیاهان ماکروفیتی تالاب انزلی. پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. بندر انزلی.

بابایی، ه.، خداپرست، ح. و شوندشت، ج.۱۳۸۷. تأثیر پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری بر میزان آلاینده‌های معدنی تالاب بین المللی انزلی. اولین همایش ملی تالاب‌های ایران. گیلان.

بهروش، س.، خزایی، ط.، پور خباز، ع. و بابایی، ه.۱۳۹۰. اثر دانه بندی رسوبات بر تجمع فلزات سنگین (بخش جنوب غربی تالاب انزلی). پنجمین همایش تخصصی محیط زیست. بیرجند.

خبرگزاری میراث فرهنگی. ۱۳۸۲. تخلیه میلیون‌ها متر مکعب فاضلاب در تالاب انزلی. قابل دسترس در: www.chn.ir.

خسروی، م.، مهرابی فر، ن. و قاسمپوری، م.۱۳۹۰. بررسی آلودگی فلزات سنگین (Zn, Cu, Hg, Pb) در رسوب سه بخش تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

سرتاج، م.، فتح الهی دهکردی، ف. و فیلی زاده، ی.۱۳۸۴. بررسی روند انتشار و تجمع فلزات سنگین (Pb, Zn, Cd, Ni, Cr) در رسوبات تالاب انزلی. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۳):۶۳۴-۶۲۳.

Afdal, M.2008. Cyanobacteria as a removal agent of heavy metal. Thesis of School of Graduate Study University Putra, Malaysia.

Carrapiço, F. 2006. Is the Azolla-Anabaena symbiosis a co-evolution case? General Botany: Traditions and Perspectives. Materials of the International Conference, dedicated to 200th anniversary of the Kazan Botanical School (January 23-27, 2006).

FAO. 1992. Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed. FAO. Available in: www.fao.org.

Gogotov, I. N., Zorin, N. A. & Tikhonov, K. G. 2002. Biosorption of metal ions by microorganisms and their consortia with aqueous plants. *Metal Ions in Biology and Medicine*, 7: 247- 251.

Khoshnamvand, T.M., Kaboodvand Pour A. & Ghiasi, F.A. 2010. Survey on accumulated mercury in different tissues or silver carp (*Hypophthalmichthysmolitrix*) from Sanandaj Gheshlagh Dam. *Iranian Journal of Health and Environment*, 3(3): 291-297.

Laloknam, S., Sirisopana, S., Phornphisutthimas, S., Takabe, T. & Incharoensakdi, A. 2009. Removal of mercury, arsenic, and cadmium in synthetic wastewater by cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. *NU Science Journal*, 6(S1): 96 -104.

Larsson, J. 2011. Cyanobacterial genome evolution subsequent to domestication by a plant (*Azolla*). University service, Stockholm University, Sweden.

Moopam. 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollution Analyses Methods. Third Edition. Regional organization for the protection of the Marine Environment (ROPME).Kuwait.

Nazir, R., Khan, M., Masab, M., Rehman, H., Rauf,N., Shahab,S., Ameer,N., Sajed,M., Ullah,M., Rafeeq,M. & Shaheen, Z. 2015. Accumulation of Heavy Metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam kohat. *Journal of. Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(3): 89-97.

Shafi, N., Pandit, A. K., Kamili, A. N. & Mushtaq, B. 2015. Heavy metal

Heavy metal accumulation in the leaves, stem and root of the invasive submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. (Haloragaceae): an example of Kadin Creek (Mugla, Turkey). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57 (3): 434- 440.

Yadav, R. K., Abraham, G., Singh, Y. V. & Singh. P. K. 2014. Advancements in the Utilization of *Azolla-Anabaena* system in relation to sustainable agricultural practices. *Indian National Science Academy*, 80 (2): 301-316.

Yadav, S.K., Juwarkar, A.A., Kumar, G.P., Thawale, P. R., Singh, S. K. & Chakrabarti, T. 2009. Bioaccumulation and phyto-translocation of arsenic, chromium and zinc by *Jatropha curcas* L.: Impact of dairy sludge and biofertilizer. *Bioresource Technology*, 100:4616–4622.

Zazouli, M. A., Mahdavi, Y., Bazrafshan, E. & Balarak, D.2014. Phytodegradation potential of bisphenolA from aqueous solution by *Azolla Filiculoides. Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12: 66.

accumulation by *Azolla pinnata* of Dal Lake ecosystem. *India Journal of Environment Protection and Sustainable Development*, 1(1): 8-12.

Parikh, P. S. & Mazumder, S. K.2015. Capacity of *Azolla pinnata* var. imbricate to absorb heavy metals and fluorides from the wastewater of oil and petroleum refining industry at Vadodara. *International Journal of Allied Practice*, 2(1): 37-43.

Sela, M., Garty, J. & Tel-Or, E. 1989. The accumulation and effect of heavy metal on the water fern *Azolla filiculoides*. *New Phytologist*, 112:7–12.

Sood, A., Uniyal, P., Prasanna, R. & Ahluwalia, A.S. 2012. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, *Azolla*. *Ambio*(a Journal of Human Environment), 41(2): 122–137.

Valderrama, A., Tapia, J., Peñailillo, P. & Carvajal, D. 2013. Water phytoremediation of cadmium and copper using *Azolla filiculoides Lam*. in a hydroponic system. *Water and Environment Journal*, 27(3): 293-300.

Yabanli, M., Yozukmaz, A. & Sel, F.2014.