

سنجش بار آلودگی فلزات سنگین در رسوبات و گیاه آبرزی علف چشمه (*Nasturtium microphyllum*) رودخانه بشار یاسوج

ثمر مرتضوی^{۱*}، مسعود حاتمی منش^۲

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی بوم‌سازگان‌های آبی به فلزات سنگین یکی از خطرات و تهدیدهای مهم سلامت جامعه انسانی و زنجیره غذایی محسوب می‌شود. در این راستا در پژوهش حاضر غلظت فلزات سنگین سرب، کروم، مس و روی در رسوب و گیاه آبرزی خوراکی (*Nasturtium microphyllum*) به منظور ارزیابی اثرات و خطر اکولوژیکی آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: جهت سنجش غلظت فلزات ۸ ایستگاه در طول رودخانه انتخاب و در هر ایستگاه ۳ نمونه از رسوب و گیاه برداشت شد. پس از آماده سازی و هضم اسیدی نمونه‌ها، غلظت فلزات مذکور با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید.

یافته‌ها: متوسط کل غلظت فلزات کروم، سرب، مس و روی در رسوبات به ترتیب به میزان $(۱۰/۳۳ \pm ۰/۰۲)$ ، $(۳۳/۲ \pm ۶/۱۳ > ۴۴/۰۲ \pm ۴/۱۳)$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. یافته‌ها نشان داد بار آلودگی و خطر اکولوژیکی فلزات سنگین منطقه در طبقه خطر پایین قرار دارد. همچنین خطر محیط‌زیستی فلزات به صورت (کروم > روی > سرب) ارزیابی گردید. نتایج غلظت فلزات در اندام‌های مختلف گیاه (*Nasturtium microphyllum*) نیز نشان داد بیشترین میانگین غلظت تجمع یافته برای هر فلز به ترتیب در ساقه، ریشه و برگ وجود دارد. نتیجه‌گیری: براساس نتایج حاصل وضعیت آلودگی و میزان خطر اکولوژیکی فلزات در رسوبات منطقه، در حد پایین ارزیابی می‌گردد. نتایج این مطالعه استفاده از گیاه (*Nasturtium microphyllum*) را به عنوان یک گونه بیش انباشتگر فلزات سنگین و شاخصی مناسب برای زیست ردیابی آنها معرفی می‌نماید.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ارزیابی خطر اکولوژیکی، شاخص کیفیت رسوبات، علف چشمه، رودخانه بشار

مقدمه

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین، به دلیل پایداری، سمیت زیاد، تجمع پذیری و عدم تجزیه پذیری زیستی آنها در بدن موجودات زنده، سرطانزا و جهش‌زا بودن این ترکیبات به عنوان یک مشکل و نگرانی عمده جهانی تبدیل شده است.^۱ به طوری که امروزه این آلاینده‌ها در تمامی عرصه‌های آبی، خاکی، و سطوح مختلف زنجیره غذایی انسانی و حیوانی یافته می‌شوند.^۲ این عناصر با ورود به بدن موجودات زنده به دلیل قابلیت تجمع پذیری در بدن آنها و در نتیجه ورود به زنجیره غذایی انسان قادرند به انسان منتقل و سلامتی وی را به شدت تهدید نمایند.^۳ اگرچه منابع انسانی و طبیعی هر دو در ورود این آلاینده‌ها به محیط زیست نقش دارند،^۴ اما نقش منابع انسانی به دلیل فعالیت‌های گسترده کشاورزی، صنعتی، شهر نشینی به مراتب بیشتر از منابع طبیعی است. به گونه‌ای که در چند دهه اخیر با گسترش سریع صنایع و رشد اقتصادی مقادیر و حجم عظیمی از این آلاینده‌ها به اکوسیستم‌های طبیعی مختلف بویژه بوم‌سازگان‌های آبی وارد شده است.^۵ تجمع فلزات سنگین در محیط زیست می‌تواند سبب ایجاد خطر سلامتی برای انسان و موجودات زنده شود. و بر همین اساس مطالعات بسیاری به اندازه‌گیری، تعیین منشأ، ارزیابی ریسک اکولوژیکی و همچنین پالایش آنها در محیط‌های آبی و خاکی پرداخته‌اند. اصولاً آلودگی محیط‌های آبی به فلزات سنگین می‌تواند از طریق بررسی آب، رسوبات و موجودات زنده و همچنین طیف وسیعی از شاخص‌های محیط‌زیستی نظیر ارزیابی خطر اکولوژیکی، شاخص زمین انباشت شیمیایی، فاکتور آلودگی، شاخص بار آلودگی و غیره مورد تایید قرار گیرد.^۶

در این راستا از شاخص‌های محیطی که به شدت تحت تاثیر آلودگی‌های شدید ناشی از فعالیت‌های انسانی و تا حدودی طبیعی قرار گرفته‌اند، رسوبات و گیاهان موجود در مصب‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد.^۷ چرا که رسوبات بطور دایم

آلاینده‌ها را جذب کرده و در نتیجه به مراتب آلودگی بیشتری نسبت به ستون آب دارند.^۸ ذرات معلق موجود در ستون آب همواره آلاینده‌های موجود در ستون آب را جذب نموده و بروی رسوبات ته‌نشین می‌نماید، که نتیجه این فرآیند تجمع بیشتر آلودگی‌ها در رسوبات می‌گردد.^۹ همچنین فلزات سنگین در فرم‌های شیمیایی مختلفی (آلی و معدنی پایدار) در رسوبات وجود دارند، که این فرم‌های مختلف خود موجب تحرک، دستیابی زیستی (Bioavailability) و پتانسیل سمیت متفاوتی برای آنها شده است.^{۱۰} از طرف دیگر از شاخص‌های مهم بوم‌سامانه‌های آبی که نقش مهمی در پایش، ارزیابی قابلیت دسترسی زیستی، سمیت و خطرات اکولوژیکی فلزات سنگین دارند گیاهان آبی مختلف می‌باشد. این گیاهان با تثبیت رسوبات و توسعه سامانه‌ی ریشه‌ای پیچیده، محیط مناسبی برای رشد نوزدان، تخم‌گذاری آبزیان بویژه ماهیان فراهم می‌سازند. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که گیاهان قادرند بسیاری از آلاینده‌های فلزی را در خود تجمع داده و از این نظر نقش مهمی در پاکسازی اکوسیستم‌های آبی و رسوبات آنها ایفا نمایند.^{۱۱} از سوی دیگر برخی از گیاهان را می‌توان به عنوان شاخص زیستی یا بیومانی‌تور فلزات سنگین بکار برد. این امر از طریق بررسی نسبت غلظت فلزات در اندام‌های گیاه نسبت به غلظت آنها در رسوبات امکان‌پذیر می‌باشد.^{۱۲} به گونه‌ای که میزان فلزات سنگین در برگ یا ریشه آنها را به غلظت آنها در رسوبات، به ترتیب شاخص تغلیظ زیستی (Bioconcentration Factor) برگ و یا ریشه می‌نامند. میزان شاخص تغلیظ زیستی (BCF) نشان‌دهنده‌ی توانایی گیاه در پالایش آلاینده‌ها است. علاوه بر این از ضریب انتقال (Transfer Factor) (نسبت غلظت فلزات سنگین در برگ به ریشه) نیز می‌تواند برای ارزیابی توانایی گیاهان در فرآیند گیاه پالایی استفاده نمود.^{۱۳} در همین راستا یکی از گونه‌های گیاهی بوم‌سازگان‌های آبی که به نظر می‌رسد نقش مهمی در پایش و پالایش فلزات سنگین در محیط‌های آبی و رسوبات آنها

رسوبات رودخانه بشار و برآورد قابلیت گیاه آب‌تره (علف چشمه) در جذب فلزات سنگین، سرب، کروم، مس و روی از رسوبات می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

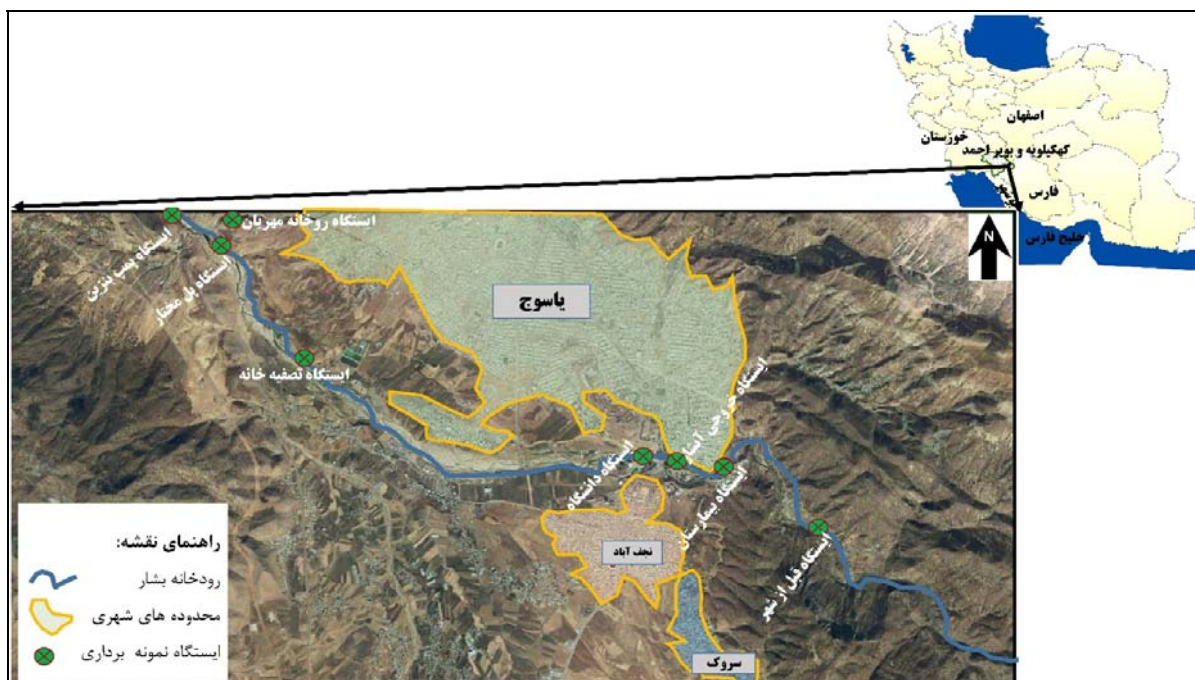
محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل رودخانه بشار در محدوده شهر یاسوج، مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد. این رودخانه به طول در حدود ۱۹۰ کیلومتر و با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. مطابق بررسی‌ها و شواهد موجود این رودخانه مهم‌ترین منبع آب جاری در شهرستان بویراحمد است، در مسیر خود از شهر یاسوج عبور می‌کند و تحت تاثیر آلاینده‌های شهری، صنعتی شهر یاسوج و نواحی اطراف آن قرار دارد^{۱۸}. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری را نشان می‌دهد.

جمع آوری نمونه‌ها

جهت سنجش غلظت فلزات سنگین رسوبات رودخانه بشار ۸ ایستگاه در طول رودخانه انتخاب و در هر ایستگاه ۳ نمونه در نقاط مختلف به طور همزمان از رسوبات سطحی (عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری) محل نمونه‌برداری در یک پلات ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متری برداشت گردید (جدول ۱). ایستگاه و نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که تا حد امکان بتواند وضعیت ورود آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین و منابع آنها را به رودخانه نشان دهد (شکل ۱). این نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص جمع‌آوری و پس از کد گذاری در کلمن یخ قرارداداده به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمایشات نگهداری شد.

داراست؛ گیاه دارویی و خوراکی آب‌تره (*Nasturtium microphyllum*) که با اسامی دیگری همچون بکلوک و علف چشمه شناخته می‌شود، می‌باشد. این گیاه به صورت طبیعی در آبهای کم عمق آسیا و اروپا رشد می‌کند و براساس مطالعات صورت گرفته علاوه بر استفاده خوراکی، مصرف آن موجب افزایش مولکولهای ضد سرطانی خونی، درمان کم خونی به دلیل میزان آهن زیاد آن، جلوگیری از رشد سرطان‌های پستان و ریه، درمان کم کاری تیروئید و زردی نوزاد استفاده می‌گردد.^{۱۴} براین اساس بررسی وضعیت تجمع فلزات سنگین در این گیاه در کنار نقش پالایشی آن در محیط‌های آبی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. از جهت دیگر یکی از اکوسیستم‌های آبی که در چند دهه‌ی اخیر تحت تاثیر صدمات و بحران محیط‌زیستی مختلف نظیر ورود آلاینده‌های آلی و معدنی مختلف نظیر فلزات سنگین و خطرات آنها قرار گرفته، رودخانه بشار واقع در شهرستان بویراحمد (یاسوج) است. زیرا مطابق شواهد موجود فعالیت‌های گسترده‌ی انسانی نظیر توسعه سریع شهر یاسوج، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و تفریحی و افزایش روز افزون تراکم جمعیت انسانی در حاشیه رودخانه، فقدان وجود سیستم تصفیه فاضلاب و سرازیر شدن فاضلابهای شهری، صنعتی، خانگی و کشاورزی از شهر و روستاهای اطراف با آلودگی‌های فراوان اعم از آلی و معدنی به دورن این ناحیه، موجب بروز اختلال در عملکرد آن شده، و حیات اکوسیستم و موجودات آن را به شدت مورد تهدید قرار داده است.^{۱۵، ۱۶} این مساله به نوبه‌ی خود می‌تواند مشکلاتی را برای سلامت و زندگی جامعه محلی نیز ایجاد نماید. همچنین مطالعات صورت گرفته توسط سایر محققان نظیر، Ayaseh و همکاران (۲۰۱۵)؛ میناب و همکاران (۱۳۹۴) نشان آلودگی آب و رسوبات منطقه به فلزات سنگین می‌باشد.^{۱۷، ۱۶} بنابراین باتوجه به اهمیت فلزات سنگین و ارزیابی خطرات آنها در محیط زیست مطالعه حاضر به سنجش فلزات سنگین و ارزیابی خطر اکولوژیکی آنها در



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه برداری

جدول ۱: نام و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه شده

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی اعشار- دقیقه - درجه	عرض جغرافیایی اعشار- دقیقه - درجه
۱	قبل از شهر (دهنو) ۱۰ کیلومتر قبل از شهر	۵۱ ۳۷ ۳۶ / ۵۸	۳۰ ۳۹ ۳۲ / ۱۲
۲	رودخانه آبشار	۵۱ ۳۶ ۲۲ / ۹	۳۰ ۳۸ ۶۰ / ۵۱
۳	زیر بیمارستان امام سجاده (ع)	۵۱ ۳۶ ۲۶ / ۴۲	۳۰ ۳۸ ۴۲ / ۸۳
۴	دانشگاه یاسوج (۵۰۰ متری پل بشار)	۵۱ ۳۶ ۵۴ / ۴۹	۳۰ ۳۸ ۴۵ / ۵۱
۵	روبه روی تصفیه خانه فاضلاب	۵۱ ۳۲ ۰۴ / ۴۰	۳۰ ۳۹ ۹۱ / ۳۹
۶	پل مختار	۵۱ ۳۱ ۴۲ / ۳۶	۳۰ ۴۰ ۱۸ / ۴۸
۷	رودخانه مهران	۵۱ ۳۱ ۱۲ / ۵۲	۳۰ ۴۰ ۶۳ / ۵۳
۸	بیرون شهر (روبه روی جایگاه سوخت آبشار)	۵۱ ۲۸ ۸۴ / ۴۱	۳۰ ۴۴ ۰۲ / ۳۸

آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی، نمونه‌های جمع‌آوری شده در آن در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار شد تا کاملاً خشک شوند. سپس یک گرم از هر نمونه خشک شده در لوله‌های هضم PTFE (Polytetrafluoro ethylene) با ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ (Merck، آلمان) و اسید پرکلریک

۷۰٪ (Merck، آلمان) با نسبت ۱:۴ مخلوط گردید. ۲۰۱۹ لوله‌های PTFE به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بر روی هیتر قرار داده شد و بعد از آن به آرامی دما تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت افزایش یافت. محتوای هر لوله از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده و با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. جهت کنترل

در این فرمول CF فاکتور آلودگی بوده از که فرمول (۲) بدست می‌آید در این رابطه C_i : غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ی رسوب و C_n : میزان فراوانی فلز مورد نظر در زمینه محلی است. مقادیر شاخص بار آلودگی از صفر (غیر آلوده) تا ۱۰ (بسیار آلوده) تغییر می‌کند که به طور معمول مقادیر کوچکتر از ۱ نشان دهنده عدم آلودگی و مقادیر بزرگتر از یک نشان‌دهنده‌ی آلودگی نسبت به فلزات سنگین می‌باشد.^{۲۲}

$$CF = \frac{C_i}{C_n} \quad (۲)$$

در این رابطه C_i : غلظت عنصر در نمونه و C_n : غلظت همان فلز در ماده مرجع (میانگین شیل) است.

ب- ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین

شاخص ارزیابی خطر اکولوژیکی اولین بار توسط هاکنسون (۱۹۸۰) به منظور ارزیابی خطر آلودگی رسوبات بوسیله فلزات سنگین استفاده گردید. که براساس میزان سمیت فلزات روش‌های اصلاحی بوسیله محققان مختلفی همچون Yi و همکاران (۲۰۱۱) و Wang و همکاران (۲۰۱۳) بکار گرفته شده است.^{۲۳ و ۲۴} براساس رویکرد Hakanson (۱۹۸۰) فاکتور پاسخ سمیت برای فلزات جیوه، کادمیوم، مس، سرب، نیکل، کروم و روی به ترتیب برابر ۴۰، ۳۰، ۵، ۵، ۲ و ۱ می‌باشد. که در این تحقیق پتانسیل خطر اکولوژیکی براساس معادله زیر محاسبه گردید.^{۲۱}

$$E_r^i = \frac{C_i}{C_0^i} \times T_r^i \quad (۳)$$

$$RI = \sum_{i=1}^7 E_r^i \quad (۴)$$

در معادلات E_r^i : شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی، C^i و C_0^i به ترتیب مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار مقادیر طبیعی (Background value)، T_r^i : برابر فاکتور پاسخ سمیت فلز، جدول ۲، میزان خطر اکولوژیکی و محیطی فلزات سنگین مورد بررسی را نمایش می‌دهد.

کیفیت آنالیزها، سه نمونه شاهد نیز در کنار سایر نمونه‌ها هضم گردید. همچنین جهت سنجش غلظت فلزات مورد نظر در گیاه آب‌تره (*Nasturtium microphyllum*) در هر یک از ایستگاه‌های انتخابی از نمونه‌های این گونه‌ی گیاهی جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها را با آب مقطر شستشو داده و اندام‌های گیاهی از هم جدا و در دستگاه آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. پس از خشک شدن، ۱ گرم از نمونه‌های خرد و الک شده، با ترازوی دقیق دیجیتالی وزن و سپس مانند روش هضم رسوب هضم گردید. در نهایت پس از اتمام فرآیند هضم، نمونه‌ها با صافی ۰/۴۲ میکرون صاف و با آب دوبار تقطیر شده به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسید. در نهایت نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل VA Computrace ۷۹۷ ساخت شرکت Metrohm کشور سوئیس اندازه‌گیری گردید.^{۱۹} قابل ذکر است حد تشخیص دستگاه دستگاه برای سنجش فلزات کروم، سرب، روی و مس به ترتیب ۰/۳۱، ۰/۴۵، ۰/۲۱، ۰/۵ و میکروگرم بر گرم و ریکآوری نتایج در محدوده ۹۰ تا ۹۷ درصد بدست آمد. همچنین جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری تمام داده‌های بدست آمده از نرم افزارهای SPSS نسخه ۲۱ و ۲۰۱۰ Office Excel استفاده شد.

شاخص‌های محیط زیستی

در این مطالعه جهت بررسی و سنجش میزان آلودگی رسوبات به فلزات سنگین؛ از فاکتورهای بار آلودگی، و شاخص ریسک اکولوژیکی فلزات استفاده گردید.

الف) شاخص بار آلودگی (Pollution Load Index (PLI) این شاخص جهت تعیین سطح آلودگی ارائه شده و می‌تواند تخمینی از سطح آلودگی فلزات را در اختیار قرار دهد. این شاخص از طریق حاصل ضرب شاخص‌های آلودگی فلزات از به صورت فرمول زیر قابل محاسبه است.^{۲۱}

$$PLI = \sqrt[4]{CF_{pb} \times CF_{cr} \times CF_{zn} \times CF_{cu}} \quad (۲)$$

جدول ۲: ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین

E_r^i	شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی	RI	خطر اکولوژیکی
$E_r^i \leq 40$	خطر کم	$RI \leq 150$	خطر کم
$40 \leq E_r^i \leq 80$	خطر متوسط	$150 \leq RI \leq 300$	خطر متوسط
$80 \leq E_r^i \leq 160$	خطر قابل توجه	$300 \leq RI \leq 600$	خطر قابل توجه
$160 \leq E_r^i \leq 320$	خطر بالا	$RI \geq 600$	خطر بالا و معنا دار
$E_r^i \geq 320$	خطر بسیار بالا	-	-

شاخص تغلیظ زیستی

شاخص تغلیظ زیستی (Bioconcentration (BCF) Factor) قابلیت گیاه را در جذب فلزات سنگین از خاک و تجمع آن‌ها را در داخل اندام‌هایشان نشان می‌دهد این شاخص از نسبت غلظت فلزات سنگین در داخل اندام‌های گیاهی (ریشه، ساقه یا برگ‌ها) به آن غلظت‌ها در رسوب به دست می‌آید. که از طریق رابطه (۵) محاسبه می‌شود:^{۲۵}

$$BCF = \frac{C_{plant\ tissue}}{C_{soil}} \quad (5)$$

C: غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در اندام گیاهی (ریشه، ساقه و برگ)، $C_{sediment}$ ؛ غلظت همان فلزات سنگین در رسوب می‌باشد. علاوه بر شاخص تغلیظ زیستی از فاکتور دیگری تحت عنوان ضریب انتقال (Transfer Factor) نیز می‌توان برای بررسی توانایی گیاهان در فرآیند

گیاه‌پالایی استفاده کرد. که نسبت غلظت فلزات سنگین در برگ یا ساقه به ریشه است. چنانچه مقدار این شاخص بیشتر از ۱ باشد گونه تجمع‌دهنده فلزات سنگین و اگر TF کوچکتر از ۱ باشد به عنوان گونه‌های دفع کننده فلزات سنگین است.

یافته‌ها

میانگین غلظت فلزات سنگین کروم، سرب، مس و روی در رسوبات منطقه برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جدول (۳) آورده شده است. یافته‌های بدست آمده نشان داد، بیشترین و کمترین میانگین غلظت فلزات به ترتیب مربوط به فلز روی و کروم به میزان $44/02 \pm 4/13$ و $10/33 \pm 0/22$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک رسوب می‌باشد. همچنین توالی غلظت کلی فلزات سنگین در رسوبات منطقه به ترتیب به صورت (کروم > سرب > مس > روی) بدست آمد (جدول، ۳).

جدول ۳: میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

Pb	Cr	Cu	Zn	ایستگاه
۸/۸۲±۰/۷۲	۵/۵۷±۰/۵۳	۱۶/۶۷±۰/۲۴	۳۱/۶۶±۰/۶۴	۱
۱۲/۳۳±۱/۳۲	۱۰/۳۱±۰/۴۷	۳۷/۹۳±۴/۷	۴۵/۷۲±۲/۸۸	۲
۱۱/۶۶±۰/۰۷۱	۱۱/۲۷±۳/۲۵	۳۶/۸۶±۹/۸	۳۹/۶۷±۵/۲۹	۳
۱۵/۷۴±۱/۸	۱۰/۴۶±۱/۷۷	۴۷/۲۳±۰/۵۵	۵۰/۴۳±۱/۳۸	۴
۱۸/۸۰±۱/۲۸	۱۲/۵۳±۱/۰۹	۴۰/۵۱±۰/۲۲	۴۵/۳۷±۱/۱۹	۵
۱۴/۹۶±۵/۰۲	۱۲/۰۷±۰/۸۵	۳۳/۲۵±۸/۸	۵۲/۷۲±۱۳/۴۳	۶
۱۱/۲۲±۰/۰۳	۹/۴۵±۱/۹۷	۲۳/۸۸±۰/۷۴	۳۹/۸۵±۱/۱۸	۷
۱۳/۲۴±۲/۲۴	۱۱/۰۰±۱/۲۳	۲۸/۲۳±۴/۵۲	۴۶/۷۵±۶/۴۶	۸
۱۳/۳۵±۱/۱۰	۱۰/۳۳±۰/۰۲۲	۳۳/۰۷±۶/۱۳	۴۴/۰۲±۴/۱۳	میانگین

جدول ۴: نتایج مقادیر شاخص بار آلودگی (PLI) خطر اکولوژیکی (Er) و محیط زیستی (RI) به فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات سطحی مورد مطالعه

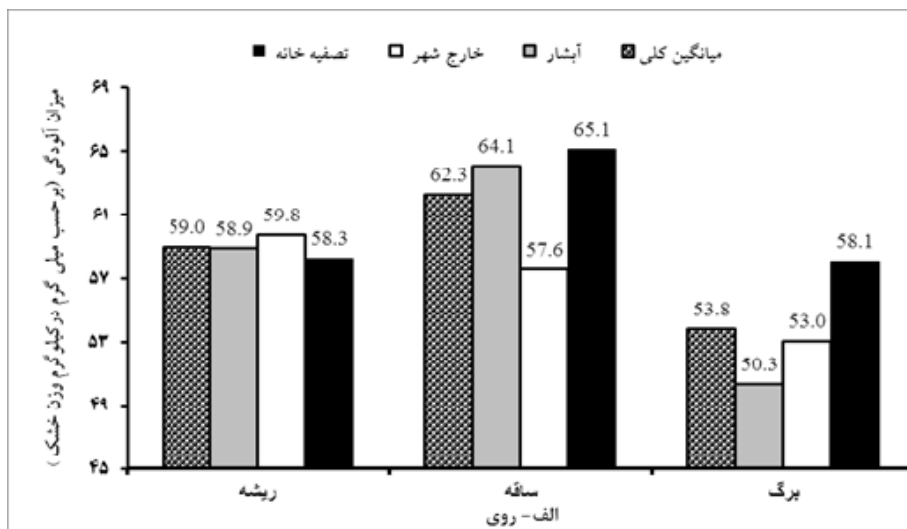
Station	Er				RI*	PLI
	Zn	Cu	Cr	Pb		
۱	۰/۳۳	۱/۸۵	۰/۱۲	۲/۲۰	۴/۵۱	۰/۲۴۱
۲	۰/۴۸	۴/۲۱	۰/۲۳	۳/۰۸	۸/۰۱	۰/۴۱
۳	۰/۴۲	۴/۱۰	۰/۲۵	۲/۹۲	۷/۶۸	۰/۳۹
۴	۰/۵۳	۵/۲۵	۰/۲۳	۳/۹۴	۹/۹۵	۰/۴۷
۵	۰/۴۸	۴/۵۰	۰/۲۸	۴/۷۰	۹/۹۶	۰/۴۸
۶	۰/۵۵	۳/۶۹	۰/۲۷	۳/۷۴	۸/۲۶	۰/۴۵
۷	۰/۴۲	۲/۶۵	۰/۲۱	۲/۸۰	۶/۰۹	۰/۳۳
۸	۰/۴۹	۳/۱۴	۰/۲۴	۳/۳۱	۷/۱۸	۰/۳۹
مجموع	۳/۷۱	۲۹/۳۹	۱/۸۴	۲۶/۶۹	۶۱/۶۳	-

این نتایج نشان داد، اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی، از نظر خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در طبقه خطر پایین قرار دارند. همچنین روند تغییرات خطر محیط‌زیستی فلزات در منطقه ترتیب به صورت (کروم > روی > سرب > مس) ارزیابی گردید (جدول، ۴).

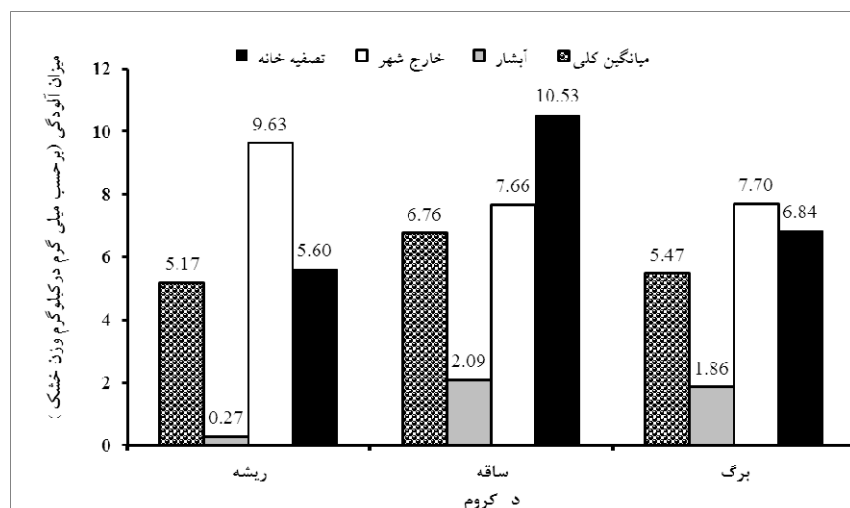
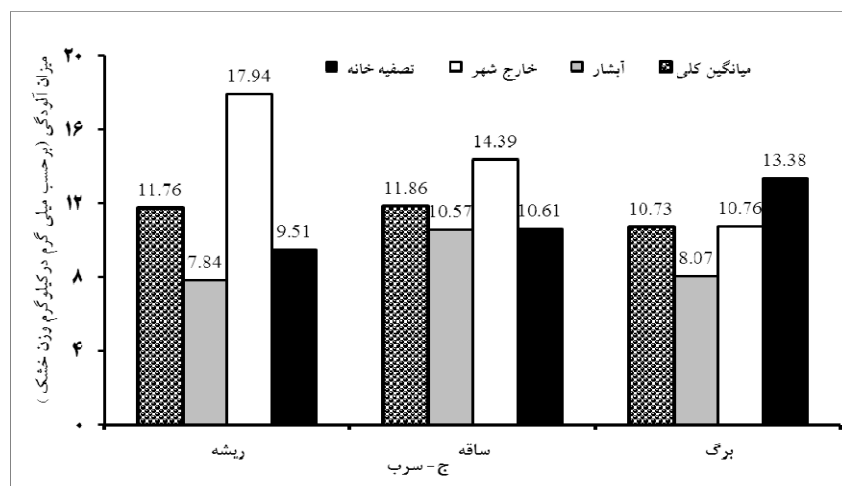
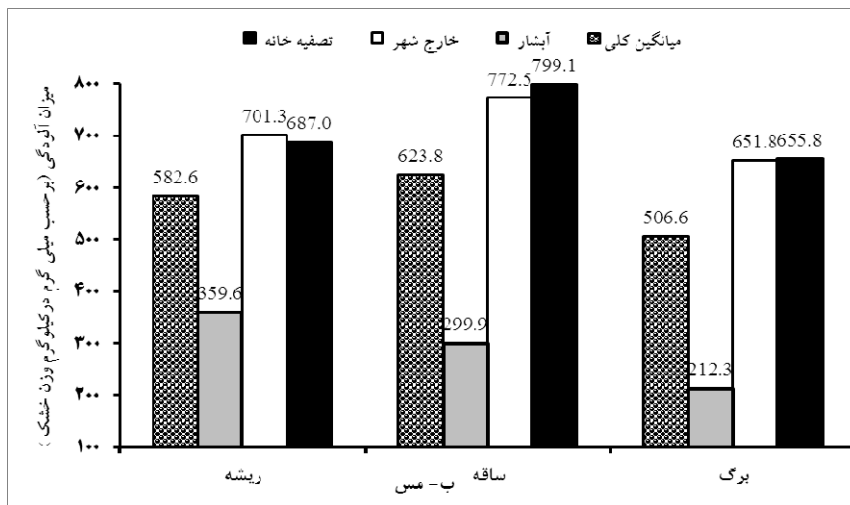
نتایج غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در اندام‌های مختلف ریشه، ساقه و برگ گیاه (*Nasturtium microphyllum*) و همچنین در جدول (۱) آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین میانگین غلظت تجمع یافته برای هر فلز به ترتیب در ساقه، ریشه و برگ بدست آمد.

نتایج شاخص بار آلودگی و ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات

یافته‌های بررسی شاخص بار آلودگی، خطر اکولوژیکی و ریسک محیط‌زیستی فلزات در جدول (۴) ارائه شده است. همانطور مشاهده می‌شود مقادیر PLI برای تمام ایستگاه‌ها کمتر از ۱ است. که این موضوع نشان‌دهنده عدم آلودگی منطقه به فلزات سنگین بوده و در بین ایستگاه‌های مختلف ایستگاه شماره ۵ (روبه روی تصفیه خانه فاضلاب شهر یاسوج) و ایستگاه شماره یک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین بار آلودگی به میزان ۰/۴۸ و ۰/۲۴۱ می‌باشد. علاوه بر



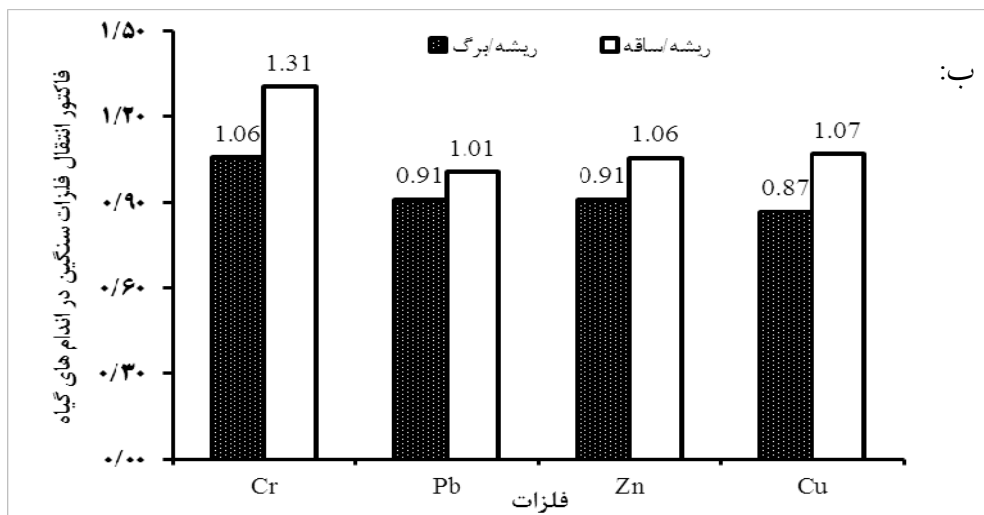
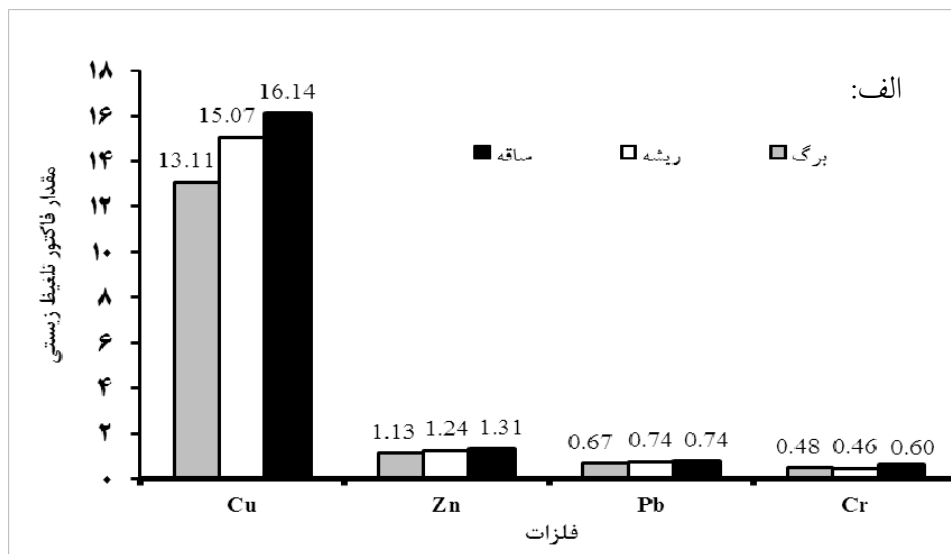
سنجش بار آلودگی فلزات سنگین در رسوبات و گیاه آبی علف چشمه (Nasturtium microphyllum) رودخانه بشار یاسوج



نمودار ۱: میانگین غلظت فلزات سنگین (روی، مس، سرب و کروم) در گیاه آبی علف چشمه (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

نتایج بدست آمده بیشترین و کمترین میزان فاکتور تلغیظ زیستی از رسوب به اندام های گیاه مربوط به فلز مس و کروم بوده و در بین اندام‌های مختلف به ترتیب ساقه، ریشه و برگ دارای بیشترین میزان تجمع برای فلزات سرب، مس و روی هستند. اما برای کروم بیشترین میزان تجمع به ترتیب در ساقه، برگ و ریشه بدست آمد.

مقادیر متوسط فاکتور تلغیظ زیستی (BCF) فلزات سنگین (کروم، سرب، مس و روی) از رسوب (در این مطالعه با توجه به عدم وجود گیاه در سایر ایستگاه جهت محاسبه فاکتور تلغیظ زیستی از میانگین غلظت فلزات در رسوبات ایستگاه‌هایی که گیاه آب‌تره در آنها وجود داشت استفاده گردید). میانگین کروم، سرب، مس و روی به ترتیب برابر؛ ۱۱/۳۳، ۱۵/۹۳، ۴۷/۵۲ و ۳۸/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)) به اندام‌های مختلف گیاه (*Nasturtium*



شکل ۲: نتایج مقایسه الف- مقادیر فاکتور تلغیظ زیستی (BCF) و ب- فاکتور ضریب انتقال فلزات سنگین از رسوب به اندام‌های مختلف گیاه (*Nasturtium microphyllum*)

بحث

به طور کلی باتوجه به اثرات و خطرات اکولوژیکی فلزات سنگین در محیطزیست، توجه زیادی به بررسی میزان آلودگی آنها در اکوسیستم‌های مختلف و ارزیابی روش‌های گوناگون حذف و یا پالایش آنها صورت گرفته است. زیرا دانستن مقادیر این آلاینده‌ها و ارائه راهکارهای مناسب جهت حذف یا کاهش آنها در محیطزیست در کنار مقایسه با مقادیر مرجع، حد طبیعی و نرمال منطقه، مقایسه با استانداردهای داخلی و جهانی و... می‌تواند گام موثری در کاهش این خطرات و ارائه هشدارهای لازم باشد. به همین جهت در این مطالعه به اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین و وضعیت آلودگی آنها در رسوبات منطقه و همچنین قدرت پالایش گیاه آب تره پرداخته شد. یافته‌ها نشان داد که به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین غلظت برای فلز روی و کروم به میزان $10/35 \pm 3/04$ و $48/16 \pm 11/5$ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدست آمده و در نهایت روند تغییرات غلظت فلزات از بیشترین به کمترین به صورت روی، مس، سرب و کروم می‌باشد. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که غلظت فلزات در درون و محدوده شهر به مراتب بیشتر از میزان آنها در بیرون از شهر (قبل و بعد از شهر) است که این موضوع نشان از تاثیر و اهمیت فعالیت‌های شهر اعم از ورود رواناب، فاضلاب شهری و صنعتی بر غلظت آلاینده‌ها دارد که این نتایج با یافته‌های Guan و همکاران (2016) نیز مطابقت دارد.⁵

مقایسه غلظت فلزات ایستگاه‌های مختلف نشان داد، بیشترین غلظت برای فلزات سرب و کروم به میزان $18/80 \pm 1/18$ و $13/625 \pm 1/25$ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ایستگاه روبه‌روی تصفیه‌خانه، و بیشترین میزان روی و مس به ترتیب به میزان $47/23 \pm 0/55$ و $52/57 \pm 0/55$ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ایستگاه دانشگاه یاسوج و پل مختار بدست آمد. به طور کلی به غیر از ایستگاه انتخاب شده در منطقه قبل از

شهر (ایستگاه شماره 1)، در اطراف سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری مناطق مسکونی و شهری قرار دارند و فاضلاب این مناطق به صورت تصفیه نشده وارد محیط رودخانه می‌شود که این امر خود می‌تواند باعث افزایش غلظت آلاینده‌های مختلف در ایستگاه‌ها گردد. همچنین بالا بودن غلظت فلزات در دو ایستگاه پل مختار و تصفیه‌خانه، می‌تواند به علت قرار گرفتن آنها در پایین دست شهرکهای صنعتی بلکو، کارخانجات قیر و آسفالت، همچنین ورود پساب تصفیه‌خانه به رودخانه، در کنار زمین‌های کشاورزی در نواحی اطراف آن و همچنین بار آلودگی ناشی از فعالیت‌های فعلی همچون ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری در نواحی بالادست باشد. کروم و روی از فلزات سنگینی هستند که منبع اصلی آنها بیشتر ناشی از مناطق شهری و صنعتی انسانی است.²⁶ فلز روی جز عناصر فراوان در پوسته زمین است (روی بیست و پنجمین عنصر فراوان) که بین $0/0005$ و $0/02$ درصد پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. اما می‌تواند به به شکل $ZnCO_3$ در محیط‌های آبی رسوب نماید. میزان غلظت بالای آن می‌تواند نشان دهنده فعالیت‌های انسانی و نرخ بالای رسوب‌گذاری باشد.²⁷ Jiang و همکاران در سال 2013 غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی را در رسوبات رودخانه Xiawangang (کشور چین) ناشی از ورود فاضلاب‌ها، فاضلاب‌های شهری و صنعتی حامل این آلاینده‌ها به رودخانه عنوان کردند.²⁸ کروم و ترکیباتش کاربردهای صنعتی متنوعی بخصوص در صنعت آبکاری و چرم دارد. و مطابق شواهد موجود با نزدیک شدن به محل ورود پساب‌های مراکز صنعتی و شهری غلظت آن افزایش می‌یابد،²⁹ از طرفی فلزات سرب و مس نیز دارای کاربردهای فراوانی در محیط‌های شهری و صنعتی می‌باشند، که از طریق رواناب و پسابهای شهری و صنعتی وارد محیط‌های آبی و در نتیجه رسوبات می‌گردند. بنابراین می‌توان منشأ اصلی آنها را ورود

مشخص کننده سطحی از آلودگی است که برای عمده جانوران کفزی قابل تحمل بوده و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک مشاهده نمی‌شود و نیز SEL (Sever Effect Level) که نشان دهنده آلودگی شدید بوده و سلامت موجودات بتیک را به خطر می‌اندازد مطرح می‌گردد.^{۳۲} در مطالعه حاضر میانگین کلی غلظت فلزات مورد بررسی (سرب، کروم، مس و روی) در رسوبات منطقه در مقایسه با استانداردهای بیان شده به جز برای فلز مس که از استاندارد LEL و TEC بیشتر بود، نسبت به سایر استانداردها غلظت فلزات به مراتب پایین‌تر قرار داشت که نشان دهنده عدم آلودگی جدی برای موجودات زنده منطقه به این فلزات می‌باشد (جدول ۵). قابل ذکر است با توجه به موقعیت شهر و نظر به توسعه منطقه مذکور و پروژه‌های متعدد در دست اجرا در این محدوده و بار آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی فعلی در اطراف رودخانه، اتخاذ راه‌کارهای مناسبی که بتواند در جهت کمک به کاهش آلاینده‌ها موثر باشد، ضروری است. در این راستا بالاتر بودن میانگین غلظت فلز سرب و مس نسبت به میانگین پوسته و همچنین بالابودن غلظت مس نسبت به استاندارد LEL و TEC نشان از پتانسیل تاثیر منفی آن بر جانوران کفزی رودخانه خواهد داشت که تاییدی بر این موضوع دارد (جدول ۵).

پسابهای شهری و خانگی تصفیه نشده و همچنین پساب تصفیه خانه شهر عنوان نمود.^{۳۰} از آنجاکه که در بوم‌سازگان‌های آبی موجودات زنده فراوانی در تماس با رسوبات بستر بوده و یا در آن زندگی می‌کنند، رسوبات می‌توانند به عنوان یک مسیر مهم در مواجهه موجودات آبی به آلاینده‌ها عمل نمایند. بنابراین در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی درجه آلودگی رسوبات و نیز پیش-بینی احتمال بروز اثرات سوء زیستی آلاینده‌ها بر موجودات زنده و آبیانی که در تماس با این رسوبات قرار دارند، از استانداردهای کیفیت رسوب کانادا (Sediment SQGs (Quality Guidelines) و راهنمای کیفیت رسوب آمریکا (National Oceanic and Atmospheric NOAA Administration) استفاده گردید.^{۳۱} در استاندارد NOAA دو خطر برای آلودگی فلزات در رسوبات بیان شده است که به صورت ERL (Effect RangLow) حدی که کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیکی در خطرند و ERM (Effect Range Medium) حدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیکی در خطرند ارائه شده است. استاندارد کیفیت رسوب (SQGs) با دو شاخص TEC (Threshold effect concentration) و PEC (Probable Effect Concentration) بیانگر آستانه تاثیر غلظت و غلظت تاثیر نشان داده می‌شوند. در استاندارد کیفیت رسوب کانادا دو سطح LEL (Lowest Effect Level)

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت کلی فلزات سرب، کروم، مس و روی، (میلی‌گرم بر کیلوگرم) با استانداردهای NOAA و SQGs

منبع	کروم	روی	مس	سرب	راهنما
(^{۳۳})	-	۱۰۰	۱۵/۰۰	۵/۰۰	Metal background guidelines
(^{۳۱})	۸۱	۱۵۰	۳۴	۴۷	ERL
(^{۳۱})	۳۷۰	۴۱۰	۲۷۰	۲۱۸	ERM
(^{۳۱})	۴۳/۴	۱۲۱	۳۱/۶	۳۸/۸	TEC
(^{۳۲})	۱۱۱	۴۵۹	۱۴۹	۱۲۸	PEC
(^{۳۲،۳۴})	۲۶	۱۲۰	۱۶	۳۱	LEL
(^{۳۴})	۱۱۰	۸۲۰	۱۱۰	۲۵۰	SEL
مطالعه حاضر	۱۰/۳۳	۴۴/۰۲	۳۳/۰۷	۱۳/۳۵	رسوبات رودخانه بشار

می‌کند نقش ریشه در جذب فلزات سنگین از طریق رسوبات کاهش یافته و در نتیجه جذب از طریق ساقه نسبت به ریشه افزایش می‌یابد.^{۳۷ و ۳۸}

براساس نتایج بدست آمده از بررسی فاکتور تلغیظ زیستی فلزات سنگین مورد بررسی از رسوب به اندام‌های مختلف گیاه بیشترین میزان فاکتور تلغیظ زیستی از رسوب به اندام‌های گیاه مربوط به فلز مس و کمترین میزان به فلز کروم تعلق داشت که نشان دهنده توانایی نسبتاً بالای گیاه علف چشمه برای انتقال و ذخیره سازی فلز مس در بخش‌های بالایی خود و همچنین توانایی پایین آن برای انتقال و ذخیره فلز کروم در بخش‌های بالایی گیاه می‌باشد. این نتایج با یافته‌های چراخی و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر تجمع بالای فلز مس در بافت‌های مختلف درخت حرا (*Avicennia marina*) مطابقت دارد.^{۳۹} به طور کلی شاخص تلغیظ زیستی قابلیت گیاه در جذب فلزات سنگین از رسوب و تجمع آنها در داخل اندام‌هایشان را نشان می‌دهد، که در واقع از نسبت غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاهی به غلظت آنها در رسوبات بدست می‌آید.^{۴۰} بالا بودن فاکتور تلغیظ زیستی در ساقه نسبت به دو اندام دیگر (ریشه و برگ) نشان دهنده ظرفیت بیشتر ساقه نسبت به دو ریشه و برگ برای تجمع فلزات سنگین است.^{۱۳}

مطابق نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص تلغیظ زیستی در پژوهش حاضر و مقایسه آنها با طبقه‌بندی پیشنهادی Ma و همکاران (۲۰۰۱) (چنانچه شاخص تلغیظ زیستی بیشتر از یک باشد گیاه بیش انباشتگر؛ کمتر از یک تجمع دهنده و مساوی صفر دافع می‌باشد)^{۴۱}، گیاه (*Nasturtium microphyllum*) در رابطه با فلزات کروم و سرب از خاک در هر سه اندام ریشه، ساقه و برگ به عنوان یک گیاه تجمع کننده عمل می‌نماید، و در رابطه با فلز مس و روی به عنوان یک گیاه بیش انباشتگر عمل می‌کند. چرا که فاکتور تلغیظ زیستی نشان دهنده توانایی گیاه در انتقال و ذخیره‌سازی فلزات در اندام‌های بالایی‌اش

براساس برآورد بار آلودگی، مقدار این شاخص، برای همه نمونه‌های رسوب کمتر از یک بوده است. این موضوع نشان‌دهنده عدم آلودگی منطقه به فلزات سنگین و سمیت پایین آنها در رودخانه بشار می‌باشد. در بین ایستگاه‌ها مختلف، ایستگاه شماره ۵ (روبه روی تصفیه خانه فاضلاب شهر) و ایستگاه قبل از شهر بترتیب دارای بیشترین و کمترین بار آلودگی به میزان ۰/۴۸ و ۰/۲۴ می‌باشد (جدول ۴). احتمال می‌رود بالا بودن آلودگی به علت تاثیر ورود حجم عظیمی از رواناب شهری و فاضلاب تصفیه خانه به ایستگاه تصفیه خانه باشد. نتایج ارزیابی خطر اکولوژیکی و ریسک محیط زیستی فلزات سنگین، رودخانه را در طبقه ریسک اکولوژیکی پایین دسته‌بندی کرد. همچنین براساس محاسبات صورت گرفته بیشترین و کمترین ریسک اکولوژیکی به ترتیب مربوط به فلز مس و کروم بدست آمد. شاخص خطر محیط زیستی این فلزات نشان داد براساس مقادیر بدست آمده (کمتر از ۱۵۰) خطر محیط زیستی این فلزات در رسوبات رودخانه کم می‌باشد (جدول ۴). غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ گیاه‌آبی علف چشمه نشان داد، در بین فلزات اندازه‌گیری شده در بافت‌های گیاه بیشترین غلظت مربوط به فلز مس بوده است. مس یک فلز ضروری برای گیاهان است و در تنفس، فتوسنتز و سنتز پزوتئین در گیاهان نقش موثری دارد.^{۳۵ و ۳۶} و بالا بودن غلظت مس نسبت به سایر فلزات اندازه‌گیری شده می‌تواند انعکاسی از نیازهای فیزیولوژیکی گیاه باشد.^{۳۶} همچنین روند تجمع میانگین کلی فلزات روی، مس و سرب در اندام‌های مختلف گیاه به ترتیب از بیشترین به کمترین در ساقه، ریشه و برگ بدست آمد که برای کروم این روند به صورت ساقه، برگ و ریشه بوده است. در واقع بیشترین میزان تجمع هر چهار فلز در اندام ساقه گیاه مشاهده گردید (روی، ۶۲/۲۶؛ مس، ۶۲۳/۸۳؛ کروم، ۶/۷۵ و سرب، ۱۱/۸۵ میلی گرم بر کیلوگرم). از آنجایی که علف چشمه گیاهی است که به صورت شناور در آب زندگی

نتیجه‌گیری

به طور کلی براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر می‌توان بیان کرد، بار آلودگی و خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بشار در حد پایین ارزیابی می‌گردد، و از این نظر خطرات کمی برای موجودات زنده دارند. اما با توجه به موقعیت رودخانه و نظر به توسعه نواحی اطراف آن نظیر شهر یاسوج و پروژه‌های متعدد در دست اجرا در این محدوده و بار آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی فعلی در اطراف رودخانه، اتخاذ راه‌کارهای مناسب جهت جلوگیری و کاهش ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم رودخانه موثر باشد، ضروری است. همچنین نتایج بدست آمده استفاده از گیاه (*Nasturtium microphyllum*) را به عنوان یک گونه بیش انباشتگر جهت تجمع و پالایش فلزات سنگین و یک شاخص زیستی مناسب برای زیست‌ردیابی آنها معرفی می‌نماید.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل مطالعه‌ای است که در چارچوب طرح تحقیقاتی به شماره (۳۴۸-۱-۸۴/۵) مصوب دانشگاه ملایر انجام شد. بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه اعلام می‌دارند.

References

1. Wang Y, Qiao M, Liu Y, Zhu Y. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing-Tianjin city cluster, China. *J Environ Sci* 2012;24:690-8.
2. Yang X, Duan J, Wang L, Li W, Guan J, Beecham S, Mulcahy D. Heavy metal pollution and health risk assessment in the Wei River in China. *Environ Monit Assess* 2015;187(3):111.
3. Mendoza-Carranza M, Sepúlveda-Lozada A, Dias-Ferreira C, Geissen V. Distribution and bioconcentration of heavy metals in a tropical aquatic food web: a case study of a tropical estuarine lagoon in SE Mexico. *Environ Pollut* 2016;210:155-65.
4. Shah MT, Begum S, Khan S. Pedo and biogeochemical studies of mafic and ultramafic rocks in the Mingora and Kabal areas, Swat, Pakistan. *Environ. Earth Sci* 2010;60:1091-102.
5. Guan Q, Wang L, Pan B, Guan W, Sun X, Cai A. Distribution features and controls of heavy metals in surface sediments from the riverbed of the Ningxia-Inner Mongolian reaches, Yellow River, China. *Chemosphere* 2016;144:29-42.
6. Veerasingam S, Venkatachalapathy R, Ramkumar T. Historical environmental pollution trend and ecological risk assessment of trace metals in marine sediments off Adyar estuary, Bay of Bengal, India. *Environ. Earth Sci* 2014;71(9):3963-75.

است.^{۴۲} بنابراین براساس یافته‌های موجود گیاه (*Nasturtium microphyllum*) به عنوان شاخص زیستی مناسب برای زیست‌ردیابی آلودگی فلزات سنگین بخصوص مس و روی پیشنهاد می‌شود. به طور کلی علاوه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط و نوع فلزات مورد بررسی عوامل مختلفی در قدرت جذب عناصر توسط گیاهان نقش دارند.^{۴۲} که از جمله می‌توان به خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه، میزان دسترسی زیستی فلز و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط رشد گیاه و ... اشاره نمود، به طوری که برخی از گونه‌های گیاهی به عنوان گیاهان بیش انباشتگر تا حد زیادی می‌توانند فلزات سنگین را از محیط جذب نمایند بدون اینکه خودشان دچار آسیب جدی شوند، در حالی که بعضی از گونه‌های گیاهی توانایی جذب پایین تری داشته و ممکن است در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین در اثر مسمومیت آسیب دیده و از بین بروند. همچنین بررسی فاکتور ضریب انتقال از ریشه به ساقه در گیاه (*Nasturtium microphyllum*) نشان داد میزان این فاکتور برای همه فلزات بیشتر از یک بوده و در نتیجه این گیاه توانایی انتقال فلزات از اندام ریشه به ساقه را دارد و یک گیاه تجمع‌دهنده فلزات سنگین است. از طرفی میزان ضریب انتقال (از ریشه به برگ) برای کروم بیشتر از یک اما برای سرب، مس و روی کمتر از یک بدست آمد.

7. Zhang L, Liao Q, Shao S, Zhang N, Shen Q, Liu C. Heavy metal pollution, fractionation, and potential ecological risks in sediments from Lake Chaohu (Eastern China) and the surrounding rivers. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 2015;12(11):14115-31.
8. Wang J, Liu R, Zhang P, Yu W, Shen Z, Feng C. Spatial variation, environmental assessment and source identification of heavy metals in sediments of the Yangtze River Estuary. *Mar Pollut Bull* 2014;87(1):364-73
9. Nagajyoti PC, Lee KD, Sreekanth TV. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chem Lett* 2010 ;8(3):199-216.
10. Canbek M, Demir Ta, Uyanoglu M, Bayramoglu G, Emiroglu Ö, Arslan N, Et Al. Preliminary Assessment Of Heavy Metals In Water And Some Cyprinidae Species From The Porsuk River, Turkey. *JABS* 2007;1:91-95
11. Zhou Y-w, Zhao B, Peng Y-s, Chen G-z. Influence of mangrove reforestation on heavy metal accumulation and speciation in intertidal sediments *Mar Pollut Bull.* 2010;60:1319-24.
12. Bonanno G, Borg J A, Di Martino V. Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: A comparative assessment. *Sci Total Environ* 2017. 576(15): 796-806
13. Sasmaz A, Obek E, Hasar H. The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. *Ecol Eng* 2008;33:278-84.
14. Hall JC, Sytsma KJ, Iltis HH. Phylogeny of Capparaceae and Brassicaceae based on chloroplast sequence data. *Am J Bot* 2002;89:1826-1842.
15. Alvani J, Boustani F, Tabiee O, Hashemi M. The effects of human activity in Yasuj Area on the health of Stream city. *IJMESS* 2011;50:341-5. [In persian]
16. Ayaseh K, Azimzadeh H, Shahbazikafraj F, setoode A. Study Concentrations Changes of Lead, Chromium, Nickel, Cadmium, Zinc and Copper in Beshar River of Kohgiluyeh and Boyerahmad Province, Iran. *J of Applied Hydrology* 2015; 2 (2) :63-72.
17. Minab S, Rezaei M. Investigating the concentration of lead metal in river sediments using geochemical accumulation index and contamination factor (Case study: Beshar River Yasouj). The first international conference on the Environment, Natural Resources , Agriculture and Clean Energy 2016: 9-13. [In persian]
18. Shafaeipour A; Gorgipour A. The Investigation diet of the rainbow trout (*Mykiss Oncorhynchus*) in Beshar and Khrmnaz rivers in Yasouj, *J Mar Sci Technol* 2004; 2(4): 37-45[In persian]
19. Esmaeilzadeh M, Karbassi A, Moattar F. Heavy metals in sediments and their bioaccumulation in *Phragmites australis* in the Anzali wetland of Iran. *Chin. J. Oceanol. Limnol* 2016;34:810-20.
20. Yap CK, Ismail A, Tan SG, Omar H. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environ Int* 2002 ; 28(1):117-26
21. Gurumoorthi K, Venkatachalapathy R. Spatial and seasonal trend of trace metals and ecological risk assessment along Kanyakumari coastal sediments, southern India. *Pollution* 2016;2(3):269-87.
22. Al-Taani AA, Batayneh AT, El-Radaideh N, Ghrefat H, Zumlot T, Al-Rawabdeh AM, Al-Momani T, Taani A. Spatial distribution and pollution assessment of trace metals in surface sediments of Ziqlab Reservoir, Jordan. *Environ Monit Assess* 2015;328(1):117-26.
23. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessme nt of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environ Pollut* 2011; 159: 2575- 2585
24. Wang J, Liu W, Yang R, Zhang L, Ma J. Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine. *Disaster Adv.* 2013 Jul 1;6:366-77.
25. Arnot JA, Gobas FA. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms. *Environ Rev* 2006;14:257-97.
26. Rahman SH, Khanam D, Adyel TM, Islam MS, Ahsan MA, Akbor MA. Assessment of heavy metal contamination of agricultural soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: implication of seasonal variation and indices. *Appl. Sci* 2012 ;2(3):584-601.
27. Hamed MA. Chemical forms of copper, zinc, lead and cadmium in sediments of the northern part of the Red Sea, Egypt. *Pakistan J Mar Sci* 2007;16(2):69-78.
28. Jiang M, Zeng G, Zhang C, Ma X, Chen M, Zhang J, et al. Assessment of heavy metal contamination in the surrounding soils and surface sediments in Xiawangang River, Qingshuitang District. *PLoS one* 2013;8:e71176.
29. Karimi M, Ghassempoorshirazi M.. Geochemical distribution and pollution rate of heavy metals (Pb, Zn, Ni, Cr & As) in Kor river sediments (south of Marvdasht). *JAG* 2012;8(2):133-145[In persian].
30. Hatami Manesh M, Mirzayi M, Bandegani M, Sadeghi M, Sabet F N. Determination of mercury, lead, arsenic, cadmium and chromium in salt and water of Maharloo Lake, Iran, in different seasons. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23 (108) :91-98[In persian].
31. Long ER, Macdonald DD, Smith SL, Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *J Environ Manage* 1995; 19(1):81-97.

32. Hongyi NI, Wenjing DE, Qunhe WU, Xingeng CH. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. J Environ Sci 2009; 21(8):1053-8.
33. SEPA (Swedish Environmental Protection Agency). Quality criteria for lakes and watercourses. Chapter 6: Metals. Suggested revision for EPA guidelines, as of 4/27/98. Swedish Environmental Protection Agency. 1998:pp. 18-23.
34. Persaud D, Jaagumagi R, Hayton A. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto, Canada.1993, 27 pp.
35. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th edition CRC Press, Washington, D.C, 2001:1-26
36. Cheraghi M, Safahieh A, Dadolahi Sohrab A, Ghanemi K, Doragh A M I. Concentration of heavy metals in *Avicennia marina* and sediments in Dayyer port. Wetland Ecobiology. 2014; 5 (4) :45-55. [In persian].
37. Harguinteguy CA, Cirelli AF, Pignata ML. Heavy metal accumulation in leaves of aquatic plant *Stuckenia filiformis* and its relationship with sediment and water in the Suquia river (Argentina). Microchem. J. 2014;114:111-8.
38. Roomiani L, Jalilzadeh YR. Study the Potential Uptake of Heavy Metals by Aquatic Plants in Dez River .IJE. 2016;3 (1) : 133-140.[In persian]
39. Cheraghi M, Safahieh A, Dadolahi Sohrab A, Ghanemi K, Doraghi A. Determination of Heavy Metals Concentrations in the Mangroves (*Avicennia marina*) and Sediments of Imam Khomeini Port. joc. 2013; 4 (14) :19-25.[In persian]
40. Galal TM, Shehata HS. Bioaccumulation and translocation of heavy metals by *Plantago major* L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. Ecol Indic. 2015;48:244-51.
41. Ma LQ, Komar KM, Tu C, Zhang W, Cai Y, Kennelley ED. A fern that hyperaccumulates arsenic. Nature. 2001;409:579: doi:10.1038/35054664
42. Ilderami A, Nourozifard P, Mortazavi S. Possibility of heavy metal Bio -accumulation by common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel) for the sake of protecting the part of Dez catchment. PEC. 2013; 1 (3) :31-45.

Determination of Heavy Metals Pollution Load Index in Sediments and Aquatic Plant (*Nasturtium microphyllum*) in Bashar River, Yasuj

Samar. Mortazavi^{1*}, Masoud. Hatami Manesh²

Department of Environmental Sciences, Malayer University, Malayer, Iran

* E-mail: mortazavis@gmail.com

Received: 18 Dec. 2017; Accepted: 3 Feb. 2018

ABSTRACT

Background: Pollution of aquatic ecosystems to heavy metals is one of the most important threats of human health and its food chain. Thus, in this study the concentration of heavy metals (lead, chromium, copper, and zinc) in Surface sediments and *Nasturtium microphyllum* was investigated in order to assessment their effects and ecological risk.

Methods: In order to assess the concentration of metals, 8 stations along the river were selected and in each station two samples of sediment and plant were taken. After preparing and digesting the samples, the concentrations of these metals were determined using Atomic absorption.

Results: The average of total concentration of detected metals Cr, Pb, Cu and Zn in sediment ($10.33 \pm 0.02 > 13.35 \pm 1.10 > 33.07 \pm 6.13 > 44.02 \pm 4.13$) mg/kg respectively. In addition, evaluation indicators such as; Pollution Load Index (PLI) and ecological risk represents less pollution in the region. Also, the environmental risk of metals in the region was evaluated as (Cu > Pb > Zn > Cr). The results of concentration of metals in different organs of root, stem and leaf of *Nasturtium microphyllum* showed that the highest average accumulated concentration for each metal was obtained in stem, root and leaf, respectively.

Conclusion: According to the results, the pollution and ecological risk of metals in the region is low evaluated. The results of this study confirm the use of *Nasturtium microphyllum* as a heavy metals accumulation species and a suitable indicator for their biomonitoring.

Keywords: Heavy Metals, Ecological Risk Assessment, Sediment Quality Index, *Nasturtium microphyllum*, Bashar River