Archive of SID

نشریه دامپزشکی
در
پژوهش و سازندگی شماره ۱۱۰ بهار ۱۳۹۵
DOI:10.22034/vj.2016.105747

بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین مس، کادمیم و آرسنیک در رسوب و آبزیان سد خداآفرین

• **مریم زارع رشکوئیه**
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **امیرحسین حمیدیان (نویسنده مسئول)**
استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **هادی پورباقر**
دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **سهراب اشرفی**
استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: بهمن ۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۹۴
Email: a.hamidian@ut.ac.ir

چکیده

ورود فلزات سنگین به محیط زیست به ویژه اکوسیستم‌های آبی به دلیل ورود به زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت انسان، یکی از نگرانی-های جامعه امروزی می‌باشد. غلظت فلزات آرسنیک، کادمیم و مس در رسوب، نی و ماهی زردپر، سیاه‌ماهی، کپور و سیم نمونه‌گیری شده از سد خداآفرین، با استفاده از روش هضم اسیدی خشک و دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون ANOVA نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار غلظت فلزات در بین نمونه‌ها بود ($p < ۰/۰۰۱$). رابطه رگرسیونی بین فلزات معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۰۱$) اما بین غلظت فلزات در رسوب و غلظت آن‌ها در ماهی و نی همبستگی معنی‌دار نشد ($p> ۰/۰۵$). غلظت فلزات آرسنیک و کادمیم در رسوب و بافت عضله بیش از حد استانداردهای جهانی FAO و EPA است، همچنین گیاه نی در این منطقه مقدار قابل ملاحظه‌ای از هر سه فلز را در خود تجمع داده است.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، ماهی، نی، تجمع زیستی، سد خداآفرین

www.SID.ir

Archive of SID

Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 110 pp: 72-80

Investigation of heavy metals accumulation in sediment and aquatic organism in Khodaafarin Dam, Azarbaijan-Sharghi, Iran.

By: Zareh Reshquoeeieh, M., M.Sc. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Hamidian, A. H., (Corresponding Author) Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Poorbagher, H., Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Ashrafi, S., Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Email:a.hamidian@ut.ac.ir

Received: August 2011 **Accepted: October 2013**

Heavy metals occur in the environment special aquatic ecosystems. They may be enter in food chain and can affect human and animals health. In this study concentrations of heavy metlas, such as Cd, As and Cu were determined in sediment, common reed (*Phragmites australis*) and the muscle fish (*Abramis bram*, *Varicorhinus dapoeta, Capoeta capoet, Cyprinus carpio*) using drying ash method and inductively coupled plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) instrument. ANOVA analysis showed significant difference between metal concentrations between samples ($P< 0.001$). Linear regression of metal concentrations was significant ($P< 0.001$) and no correlation observed between metal concentrations in sediment, common reed and fish ($P> 0.05$). Concentrations of As and Cd in sediment and fish is above of standard guideline (EPA and FAO). Common reed accumulated execs of heavy metals.

Key words: heavy metals, bioaccumulation, fish, common reed, Khodaafarin dam

مقدمه

فلزات سنگین به دلیل سمیت، پایداری و عدم تجزیه زیستی یکی از گروه‌های اصلی و خطرناک در بین آلودگی‌ها می‌باشند. تجمع فلزات سنگین در محیط زیست به دلیل تأثیری که بر سلامتی انسان و حیات وحش دارد در سال‌های اخیر تبدیل به یک مسأله نگران‌کننده شده است (Al-yamini et al.,2011). فلزاتی که بیشترین نگرانی در مورد آن‌ها وجود دارد شامل: کادمیم، کروم، کبالت، مس، آهن، سرب، منگنز، جیوه، نیکل و روی می‌باشند. مس، روی، کادمیم، جیوه و سرب، فلزاتی هستند که معمولا در محیط‌های آبی یافت می‌شوند. فلزات سنگینی که در محیط آبی یافت می‌شوند در دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند. گروه اول شامل آهن، منیزیم، منگنز، کبالت، روی و مس که برای اعمال بیوشیمیایی نرمال حیوانات ضروری می‌باشند (Lee et al., 2009). فلزات گروه دوم نقش مهمی در الگوی متابولیک حیوانات دریایی ندارند و بعضی فلزات حتی در مقادیر کم هم سمی هستند، مانند آرسنیک، کادمیم، جیوه و سرب (Sat-touf., 2007; Lee et al., 2009). لازم به ذکر است که مقادیر زیادی عناصر گروه اول نیز اثرات سمی دارند (Rodney, 2007) و اعمال بیوشیمیایی را هم در انسان و هم در حیوان بر هم می‌زنند (Gulec et al., 2011). سیستم‌های آبی به طور طبیعی دریافت کننده‌ی نهایی این فلزات هستند. زائدات صنعتی، فعالیت‌های زمین- شیمیایی حوزه و معدن کاوی منبع بالقوه آلودگی فلزات سنگین در محیط آبی می‌باشد (Lee and Sturbing, 1990). آلودگی فلزی در سیستم آبی معمولا هم به صورت محلول و هم به صورت معلق بوده و در نهایت ته نشین شده و توسط موجودات زنده جذب می‌شود (Perera, ۲۰۰۴). ماهی‌ها از موجودات مهم آبی در زنجیره غذایی هستند که در بالای زنجیره غذایی قرار گرفته و می‌توانند غلظت زیادی از بعضی فلزات را در خود تجمع دهند (Mansour and Sidky, 2002). به همین دلیل می‌توانند یکی از مهم‌ترین اندیکاتورها در سیستم آب شیرین جهت تخمین سطح آلودگی باشند (Rashed, 2001). ماهی متحرک است و می‌تواند آلودگی‌های چندساله را نشان دهد و از این طریق می‌توان اندازه‌گیری در مورد آلودگی‌هایی که بزرگنمایی یافته‌اند را به دست آورد (Van Geast, 2010). همچنین، به دلیل ارتباط نزدیک بی‌مهرگان و ماهیان کفزی با رسوبات، آن‌ها می‌توانند فلزات را از رسوبات آلوده جمع کنند. این موجودات ارتباط رسوب با سطوح بالاتر غذایی را فراهم می‌کنند. آلودگی فلزات سنگین در رسوب می‌تواند بر کیفیت آب اثر بگذارد و در طولانی مدت بر سلامت بشر و اکوسیستم اثر می‌گذارد (Fernandes et al., 2007).

سد خداآفرین در N ″۸۲ ′۳۳ °۳۹ و E ″۹۹ ′۵۲ °۴۶ بر روی رودخانه ارس در مرز ایران و جمهوری آذربایجان در فاصله ۱۹۶ کیلومتری پایین دست سد ارس و در محدوده شهرستان کلیبر استان آذربایجان شرقی در ۲۴۰ کیلومتری شمال شرقی شهر تبریز بین پل خداآفرین و روستای ساریجالو قرار دارد (شکل ۱)، که به منظور تولید ۲۰۰ مگاوات برق و انتقال آب ارس به دشت مغان برای آبیاری ۷۵۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی احداث شده است. در سال‌های اخیر نیز پرورش ماهی به منظور تولید ۱۰ تن ماهی در سال در این سد صورت می‌گیرد. در حال حاضر، مشکلات ناشی از

www.SID.ir

Archive of SID

آلودگی های وارد شده از کشورهای واقع در حوزه رودخانه ارس از مهم‌ترین چالش‌های موجود در این رودخانه است. عمده آلودگی فلزات سنگین در رودخانه ارس ناشی از فعالیت‌های کاوش، استخراج و صنایع ذوب فلزات در حوزه آبریز ارس در کشورهای ترکیه، گرجستان، ارمنستان، آذربایجان و ایران می باشد. حوزه ارس در محدوده کمربند مس قرار گرفته است که منجر به انجام فعالیت‌های معدنکاوی در منطقه و ورود آلودگی‌ها از جمله فلزات سنگین مس، کادمیم و آرسنیک به رود ارس و در پی آن سد خداآفرین شده است. هدف از این تحقیق بررسی وضعیت فلزات سنگین کادمیم، مس و آرسنیک در سد خداآفرین و تجمع زیستی این فلزات در ماهی‌های موجود در این سد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه رسوب سطحی توسط ابزار پلاستیکی اسید شور شده برداشت و درون کیسه‌های پلاستیکی پلی اتیلن قرار گرفت، همچنین نمونه گیاه نیز از سد برداشت و به همین ترتیب در کیسه‌های پلی اتیلن قرار گرفت. نمونه‌های ماهی توسط تور ماهیگیری گرفته شده و در نایلون‌های زیپ‌دار قرار داده شد و در نهایت تمامی کیسه‌های حاوی نمونه در یخدان قرار داده شد و به آزمایشگاه آلودگی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد. در آزمایشگاه تا فراهم شدن مقدمات کار نمونه‌ها داخل فریزر آزمایشگاه نگهداری شد. نمونه‌های نی، جهت جداسازی گل و آلودگی از آن، ابتدا توسط آب دیونایز شستشو داده شد. سپس با کاردک پلاستیک مقدار مورد نیاز جداسازی شد. در مورد نمونه‌های ماهی نیز از بافت آن‌ها مقدار لازم جداسازی شد. همچنین نمونه‌های رسوب نیز به مقدار لازم با استفاده از کاردک استرلیزه جداسازی و به ارلن منتقل شد. روش به کار رفته برای آماده سازی نمونه‌ها، روش هضم اسیدی خشک می‌باشد. از هر نمونه حدود ۰/۵ گرم داخل ارلن‌ها ریخته شد. به منظور ثابت کردن وزن نمونه‌ها، نمونه‌ها در آون خشک و در کوره به خاکستر تبدیل شد و با استفاده از اسیدنیتریک غلیظ هضم اسیدی روی آن انجام شد. در نهایت، غلظت فلزات کادمیم، مس و آرسنیک توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (PerkinElmer, USA).

تحلیل آماری

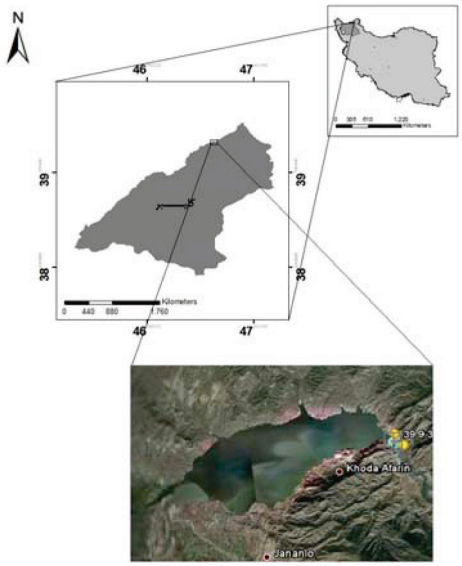
جهت مقایسه میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در موجودات و رسوب مورد مطالعه و بررسی معنی‌دار بودن اختلاف غلظت فلزات در بین نمونه‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) با اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. ابتدا نرمالیته و هموژنیته داده‌ها سپس معنی‌داری آزمون تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی هم کنشی عناصر از رگرسیون استفاده شد. جهت انجام آنالیزهای آماری، از نرم افزار SPSS ورژن ۱۹ استفاده شد. جهت بررسی این موضوع که آیا غلظت فلزات سنگین موجود در بافت گونه‌های ماهی در حد مجاز استانداردهای جهانی یا بیش از حد مجاز تعیین شده می‌باشد، آزمون One Sample t-test بین غلظت متوسط فلزات مس، کادمیم و آرسنیک و حد مجاز تعیین شده توسط استانداردهای جهانی انجام شد. به منظور مقایسه استانداردهای تعیین شده توسط FAO و EPA انتخاب شدند.

تحلیل آماری

به منظور تعیین میزان تجمع زیستی در نمونه‌های ماهی و نی رابطه زیر مورد استفاده قرار گرفت.

BAF = C ارگانیسم / C رسوب

ارگانیسم C بیان کننده میانگین غلظت فلزات در ماهی و نی، و رسوب C مربوط به میانگین غلظت فلزات در رسوب می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت سد خداآفرین

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

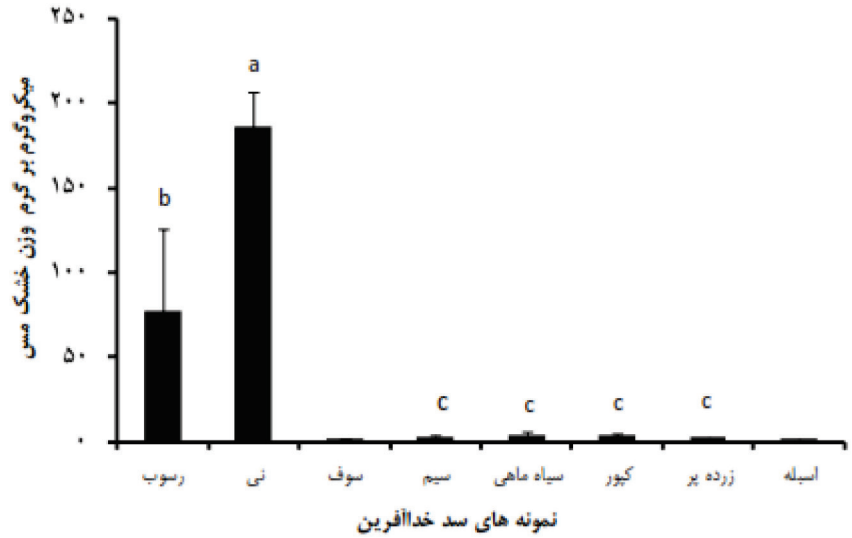
آزمون تجزیه واریانس یک طرفه داده‌های بدست آمده از سد خداآفرین نشـــان‌دهنده معنی‌داری اختلاف غلظت فلزات مورد بررسی در نمونه‌های مورد نظر بود.

فلز مس

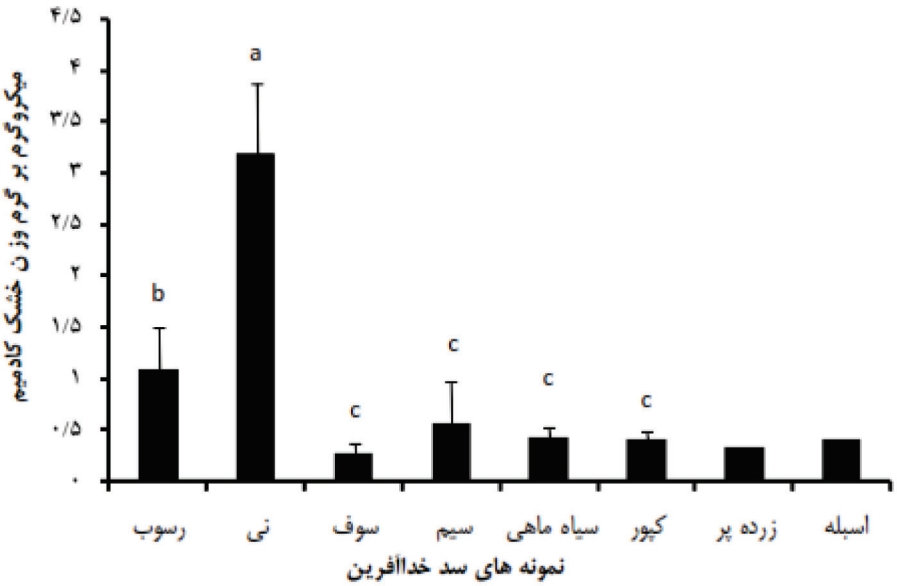
بیشـــترین غلظت فلز مس در بیـــن نمونه‌های رســـوب، گیاه و ماهی ۲۰۶/۶۲ میکروگرم بر گرم وزن خشـــک در گیاه نی و کمترین غلظت، ۰/۶ میکروگرم بر گرم وزن خشـــک در ســـیاه ماهی مشاهده شد. آزمون تجزیه واریانس نیـــز در نمونه‌های مورد مطالعه معنی‌دار شـــد ($F_{۷/۲۵}$ = ۸۷/۳۲, $p < ۰/۰۰۱$). همچنین نتایج آزمون دانکن نمونه‌های گیاه و رســـوب در دو گروه متفاوت و گونه‌های ماهی همگی در یک گروه جداگانه قرار گرفتند (شکل ۲).

عنصر کادمیم

بیشـــترین غلظت فلز کادمیم ۳/۷۹ میکروگرم بر گرم وزن خشـــک در گیـــاه و کمترین غلظت آن در ســـیاه ماهـــی ۰/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن



شکل ۲- غلظت متوسط مس در رسوب، گیاه و ماهی از سد خداآفرین (میانگین+DS). حروف روی ستون‌ها مربوط به نتایج آزمون دانکن می‌باشد. عدم وجود یک حرف مشابه بین دو ستون به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (c <b <a).



شکل ۳- متوسط غلظت فلز کادمیم در رسوب، گیاه و ماهی در سد خداآفرین (میانگین+DS). حروف روی ستون‌ها مربوط به نتایج آزمون دانکن می‌باشد. عدم وجود یک حرف مشابه بین دو ستون به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (c <b <a).

www.SID.ir

Archive of SID

خشک تعیین شد. همچنین آزمون تجزیه واریانس برای فلز کادمیم در بین نمونه‌های رسوب، گیاه و ماهی معنی‌دار شد ($F_{۷/۲۵}$ = ۴۵/۶۴ , (p < ۰/۰۰۱)). بر اساس نتایج آزمون دانکن گیاه در یک گروه و رسوب در گروه دیگر و در نهایت ماهی‌ها نیز در گروه جداگانه قرار گرفتند (شکل ۳).

عنصر آرسنیک

بیشترین غلظت فلز آرسنیک در گیاه نی ۶۷۳/۹۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین شد. در حالی که کمترین غلظت فلز آرسنیک زیر حد قابل تشخیص توسط دستگاه بود. نتایج آزمون ANOVA معنی‌دار بودن اختلاف غلظت آرسنیک را بین رسوب، گیاه و ماهی تأیید کرد ($F_{۷/۲۵}$ = ۳/۷ , (p < ۰/۰۱۲)). همچنین بر اساس آزمون دانکن گروه‌بندی خاصی بین نمونه‌ها مشاهده نشد (شکل ۴).

مقایسه غلظت فلزات سنگین موجود در بافت ماهی با استانداردهای جهانی

نتایج آزمون t برای هر سه فلز معنی‌دار شد. غلظت فلز مس در بافت ماهی هر دو سد خداآفرین و ستارخان کمتر از حد استاندارد مجاز تعیین شده برای بافت ماهی تعیین شد. همچنین غلظت فلزات کادمیم و آرسنیک در بافت ماهی هر دو سد بیش از حد مجاز تعیین شده توسط EPA و FAO بود. استانداردهای مختلف حد مجاز فلزات در بافت در جدول ۱ آمده است.

فاکتور تجمعی

محاسبه فاکتور تجمع زیستی در نمونه‌های سد خداآفرین نشان داد که بیشترین فاکتور تجمعی مربوط به فلز کادمیم در گیاه نی با فاکتور تجمعی ۲/۹۲ و کمترین فاکتور مربوط به آرسنیک در ماهی سوف می‌باشد که غلظت این فلز در ماهی سوف زیر حد قابل تشخیص برای دستگاه اندازه‌گیری بود (جدول ۲).

ت بررسی رابطه رگرسیونی بین فلزات مورد بررسی

رابطه رگرسیونی بین این سه فلز در نمونه‌های تهیه شده از سد خداآفرین نیز بررسی شد که نشان داد رابطه رگرسیونی بین آرسنیک و کادمیم معنی‌دار است ($R^۲$ = ۰/۲۳, $F_{۲/۳}$ = ۹/۱۳ , (p < ۰/۰۰۱)). رابطه خطی بین این دو فلز به صورت رابطه (۱) می‌باشد:

رابطه (۱)

$$Cd = ۰/۰۰۳\ As + ۰/۵۶$$

رابطه رگرسیونی بین آرسنیک و مس معنی‌دار شد ($R^۲$ = ۰/۴۴, $F_{۲/۳}$ = ۲۴/۸۶, (p < ۰/۰۰۱)). معادله خطی بین این دو فلز به صورت رابطه (۲) می‌باشد:

رابطه (۲)

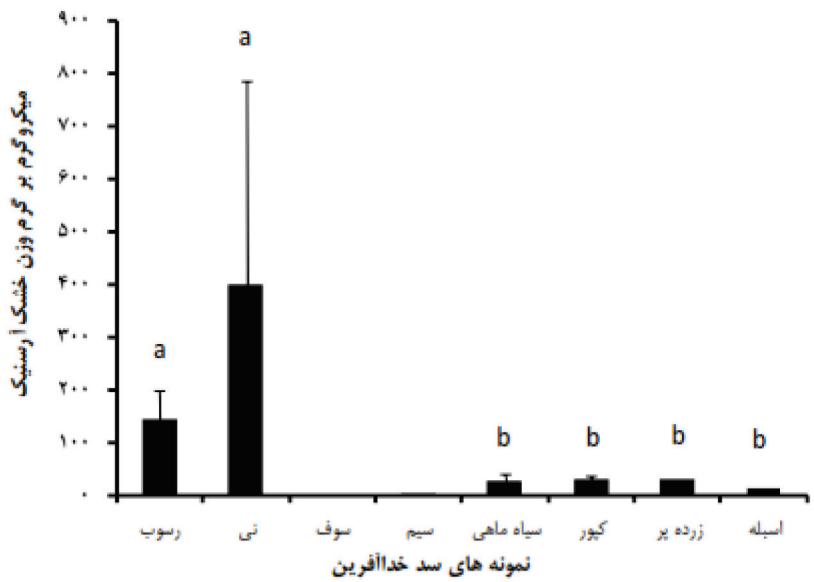
$$Cu = ۰/۳۲\ As$$

رابطه رگرسیونی بین مس و کادمیم معنی‌دار شد ($R^۲$ = ۰/۸۹, $F_{۲/۳}$ = ۲۵۸/۱۹, (p < ۰/۰۰۱)). رابطه خطی بین این دو فلزدر رابطه (۳) آمده است:

رابطه (۳)

$$Cu = ۶۳\ Cd + ۱۹/۸$$

همچنین جهت بررسی وجود رابطه بین غلظت فلزات در رسوب و غلظت فلزات در بافت ماهی و گیاه نی نیز از رگرسیون استفاده شد. نتایج



شکل۴- متوسط غلظت آرسنیک در رسوب، گیاه و ماهی در سدخداآفرین (میانگین+DS). حروف روی ستون‌ها مربوط به نتایج آزمون دانکن می‌باشد. عدم وجود یک حرف مشابه بین دو ستون به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (b < a).

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که بین غلظت فلزات در رسوب و غلظت آن در بافت ماهی و گیاه نی رابطه معنی‌داری وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

فلزات سنگین در رسوب

غلظت فلزات سنگین در رسوب سد خداآفرین به این ترتیب بود: As > Cu > Cd. غلظت کادمیم و مس در رسوب بیش از استاندارد کانادا (به ترتیب، ۰/۸۷ میکروگرم بر گرم و ۱۸/۷ میکروگرم بر گرم) می‌باشد. غلظت متوسط آرسنیک در خاک‌های دنیا ۶/۸۳ میکروگرم بر گرم بیان شده است. مقادیر اندازه‌گیری شده برای آرسنیک نیز بیش از استانداردهای جهانی می‌باشد. سد خداآفرین در کمربند مس و برخی فلزات معدنی دیگر قرار گرفته است و طبق تحقیقات انجام شده محتوی کروم، مس، نیکل به صورت ذاتی در خاک این محدوده بالا می‌باشد (Turner, 2007). همچنین ورود آلودگی‌ها از طریق رود ارس نیز مزید بر علت شده، موجب افزایش آلودگی در این منطقه شده است.

بررسی غلظت فلزات در نی

غلظت فلزات در گیاه نی به این ترتیب می‌باشد: As> Cu> Cd . غلظت متوسط مس در نی ۲۰۶/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد. طبق استاندارد EPA حد مجاز مس در گیاهان آبزی بین ۲۱-۱۹ میکروگرم بر گرم می‌باشد (Noak et al., 2000). بنابراین غلظت آن در گیاه نی بیش از حد مجاز است. غلظت کادمیم ۳/۱۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. غلظت مجاز کادمیم در گیاهان ۰/۱ تا ۱ میکروگرم بر گرم بیان شده است (Kataba Pendias and pendias, 2011) مقادیر به دست آمده در این مطالعه بیش از غلظت مجاز بود. غلظت متوسط آرسنیک ۲۷۶/۸۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک بسیار بالاتر از غلظتی است (۸۰ ppb) که توسط

جدول۱- حد مجاز فلزات مورد مطالعه در بافت ماهی استانداردهای مختلف جهانی (µg/g)

استاندارد	آرسنیک	کادمیم	مس	رفرنس
China Criterition	۰/۵	۰/۱	۱۰	Zhang, ۲۰۰۷
EU	۱	۰/۰۵	-	Mol, ۲۰۱۰
EPA	۵	۱	۱۲۰	Ebrahimi, ۲۰۱۰
TFC	-	۰/۰۵	‘	Ozuturk, ۲۰۰۹
IAEA۴۰۴-	-	۰/۰۱۸	۳/۲۸	Ozuturk, ۲۰۰۹
UNEP, ۱۹۸۵	-	۰/۳	-	Ozuturk, ۲۰۰۹
WHO	۰/۰۲	۰/۰۵	۲۰	Fathi, ۲۰۱۲
FAO	۷/۸۸	۰/۲	۳۰	Fathi, ۲۰۱۲
MER	-	۱	-	Fathi, ۲۰۱۲
سد خداآفرین	۱۷/۶۸±۱۶/۰۰	۰/۴۳±۰/۲۱	۳/۳۶±۱/۴۴	مطالعه حاضر

جدول ۲- فاکتور تجمع زیستی نمونه‌های گرفته شده از سد خداآفرین

نمونه	آرسنیکBAF	کادمیمBAF	مسBAF
نی	۲/۷۹	۲/۹۲	۲/۴۱
سوف	-	۰/۲۵	۰/۰۲
سیم	۰/۰۰۴	۰/۵۱	۰/۰۴
سیاه ماهی	۰/۱۹	۰/۴	۰/۰۵
کپور	۰/۲۱	۰/۴	۰/۰۵
زرده پر	/۲۳	۰/۳	۰/۰۴
اسبله	۰/۰۹	۰/۳۸	۰/۰۲

www.SID.ir

Archive of SID

(Ghasemzadeh and Arbab Zavar, 2008)، برای گیاه نی در منطقه آلوده کلپ در خراسان گزارش داده است (Wagemann et al., 1978). مقدار آرسنیک را در ماکروفیت مورد مطالعه خود از ۱۵۰- ۳۷۰۰ میکروگرم بر گرم گزارش کرده است. ماکروفیت‌ها یکی از تجمع‌دهنده‌های مهم آرسنیک می‌باشند (Klumpp and Peterson, 1979). با توجه به غلظت این عناصر در رسوب منطقه مورد مطالعه، گیاه نی مقادیر متفاوتی از این فلزات را جذب کرده است. غلظت بالای فلزات در این گیاه نشان‌دهنده اینست که گیاهان لبه رودخانه غلظت قابل توجهی از فلزات سنگین را از زمین دریافت می‌کنند (Eyoung, 2008). جذب فلز با افزایش غلظت آن در محیط افزایش می‌یابد، اما این جذب در ارتباط با افزایش غلظت خطی نیست، به این دلیل که فلزات ترکیب شده با بافت به اشباع رسیده و غلظت اضافی را به بیرون هدایت می‌کند (Sattouf, 2007). غلظت فلزات در گیاه نی به مراتب بیش از غلظت فلز در رسوبات بستر می‌باشد، این مسأله نشان‌دهنده توانایی بالای گیاه در دفع سمیت فلزات سنگین می‌باشد (Ederli et al., 2004) که منجر به تجمع فلزات سنگین در این گیاه می‌شود. فاکتورهای زیست‌محیطی نظیر مقدار رس، ماده آلی، فسفر و کلسیم (Prasad and Hagemeyer, 1999) از عوامل اثرگذار بر دسترسی و تجمع فلزات در گیاه نی می‌تواند باشد. همچنین جذب یک فلز می‌تواند از طریق رقابت در محل جذب تحت تأثیر حضور سایر فلزات قرار گیرد (Ying Ma, 2005).

بررسی غلظت متوسط مس، کادمیم و آرسنیک در بافت ماهی

غلظت متوسط فلزات اندازه‌گیری شده در ماهی سیم به این ترتیب بود: Cu> As> Cd. غلظت مس در این ماهی (۲/۸۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بود که با غلظت گزارش شده توسط Mol (۲۰۱۰) مطابقت دارد. در مقایسه با غلظت این عناصر در رسوب تجمع کمی از عناصر در این ماهی دیده می‌شود. می‌توان به این مسأله اشاره نمود که موجودات سطوح بالای غذایی توانایی تنظیم فلزات را در بدن خود دارند (Barwick and Maher 2003). علاوه بر این توانایی یک موجود در دوری از رسوبات آلوده باعث می‌شود موجود کمتر در معرض آلودگی قرار گرفته و در نتیجه تجمع زیستی کاهش یابد (Van Geest, ۲۰۱۰). در هر صورت در مقایسه با استاندارد بیان شده توسط WHO غلظت مس کمتر از غلظت مجاز در این ماهی بود، اما غلظت آرسنیک و کادمیم بیش از غلظت تعیین شده توسط این سازمان می‌باشد. تنها یک نمونه زردپر (*Varicorhinus dapoeta*) از سد خداآفرین گرفته شد که غلظت بسیار بالایی از آرسنیک در آن اندازه‌گیری شد (۳۲/۸۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) بعد از آن غلظت مس (۱/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک) که در حد مجاز بیان شده توسط WHO برای گوشت ماهی بود و کادمیم (۰/۳۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک) که بیش از حد مجاز تعیین شده توسط استانداردهای جهانی می‌باشد. روند تغییر غلظت متوسط فلزات در سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) و کپور (*Cyprinus carpio*) برداشت شده از سد خداآفرین مشابه بوده و به این ترتیب می‌باشد: As> Cd> Cu. غلظت مس در کپور (۳/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) با غلظت مس در ماهی گزارش شده توسط Ozuturk (۲۰۰۹) (۳/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و زینالی و همکاران (۱۳۸۷) برای کپور شمال (۳/۳۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشابهت دارد. غلظت کادمیم موجود در ماهی‌های این منطقه ۰/۴ تا ۰/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد که با غلظت گزارش شده توسط سنجری و همکاران (۱۳۸۸) برای ماهی زمین‌کن دم‌نواری (*Platycephalus indicus*) در بندر ماهشهر بوشهر (۱/۵۳ ±۴/۶۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مطابقت می‌کند. سیاه ماهی با متوسط ۲۵/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک و کپور با متوسط ۱۹/۰۶ میکروگرم بر گرم وزن خشک مقادیر بالایی از آرسنیک را در خود تجمع داده‌اند. Ebrahimi (۲۰۱۰) غلظت ۰/۴۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک از آرسنیک را در بافت ماهی مورد مطالعه خود گزارش کرده است. غلظت آرسنیک در ماهی سوف (*Stizostedion lucioperca*) کمتر از غلظت قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه بود. عدم وجود آرسنیک در بافت ماهی سوف در این سد شاید به دلیل تنظیم این فلز توسط ماهی باشد. یک آلودگی می‌تواند در یک موجود طی فرایند متابولیسم دفع شود و غلظت آن در بدن متعادل شود (Gray, ۲۰۰۲) و همچنین نوع تغذیه و استفاده از طعمه‌های با آلودگی کمتر در این ماهی نیز می‌تواند از عوامل تأثیرگذار بر غلظت کم آرسنیک در این ماهی باشد. ماهی اسبله (*Silurius glanis*) تجمع بالایی از آرسنیک را در خود نشان داد. با توجه به اینکه اسبله در لجن بستر رودخانه زندگی می‌کند، احتمال تجمع فلز از لجن برای اسبله اهمیت دارد (Matasin, 2011).

مقایسه با استاندارد جهانی

آزمون t با مقدار ثابت برای مقایسه غلظت فلز در بافت ماهی و غلظت مجاز تعیین شده توسط WHO و EPA انجام شد. نتیجه آزمون وجود تفاوت معنی‌دار بین غلظت فلزات مورد بررسی در بافت ماهی با استانداردهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. همه ماهی‌ها غلظت پایینی از مس را در خود تجمع داده‌اند که کمتر از استانداردهای جهانی ارائه شده می‌باشد. Barwich and Maher (۲۰۰۳)، نیز نتایجی مشابه را در مورد غلظت فلز مس در ماهی‌های مورد بررسی خود بیان می‌کند. غلظت آرسنیک و کادمیم در تمام گونه‌های ماهی مورد بررسی بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط استانداردهایFAO و WHO می‌باشد. این مسأله بیانگر اهمیت توجه به ماهیگیری و استفاده خوراکی از ماهیان موجود در سد خداآفرین می‌باشد.

بررسی تجمع زیستی

فاکتور تجمع زیستی برای همه گونه‌های مورد بررسی محاسبه شد. یکی از فواید استفاده از BAF این است که با استفاده از آن می‌توان مقادیر کم آلودگی را که با اندازه‌گیری مستقیم نمی‌توان ردیابی کرد، راحت‌تر تشخیص داد (Nehring et al., 1976). مقادیر متفاوت BAF در بین موجودات، نشان‌دهنده میزان توانایی آن‌ها در تجمع فلزات سنگین از محیط اطرافشان می‌باشد (Zhang et al., 2011). فاکتور تجمعی بیش از یک نشان‌دهنده تجمع مؤثر فلزات توسط موجودات می‌باشد (Eyong, 2008). بیشترین فاکتور تجمعی مربوط به کادمیم در نمونه‌های گیاه نی ۲/۹۲ و کمترین فاکتور تجمعی مربوط به عدم تجمع آرسنیک در سوف بود. فاکتور تجمعی گیاه نی در مورد هر سه فلز بیش از دو بود. فاکتور تجمع زیستی در ماهی‌ها کمتر از یک بود و بیشترین تجمع با فاکتور تجمعی تقریبا ۰/۵ مربوط به کادمیم در ماهی سیم بود. تجمع فلز از رسوب توسط موجودات آبزی به وضعیت آن موجود در رابطه با رسوب بستگی

www.SID.ir

Archive of SID

دارد. اینکه یک موجود در معرض آلودگی‌های رسوب قرار بگیرد بسته به اینکه در داخل رسوب، یا بین رسوب و آب باشد و یا در ستون آب قرار گیرد، متفاوت است. تفاوت‌های فیزیولوژیکی در حجم، ترکیب و توزیع چربی در یک اورگانیسم می‌تواند بر تجمع آلودگی‌های آبدوست و چربی دوست اثرگذار باشد. همچنین، فرایندهای متابولیکی نظیر جذب فعال، انتقال زیستی، حذف آلودگی‌ها و سوخت و ساز چربی، سرعت رشد یک موجود در مقایسه با سرعت جذب آلودگی بر مقدار تجمع زیستی اثرگذار است (Van Geest, 2010).

بررسی رابطه رگرسیونی بین فلزات

آزمون رگرسیون بین فلزات معنی‌دار شد. رابطه بین فلزات نشان می‌دهد، فلزات درکنار یکدیگر گرایش به افزایش دارند. Allen و همکاران (۱۹۹۷) نیز همبستگی مثبت بین آرسنیک و کادمیم، مس و کادمیم را در منطقه مورد مطالعه خود گزارش کرده است. رابطه مثبت بین فلزات شاید به این دلیل باشد که این فلزات از یک منبع وارد محیط شده‌اند و یا این‌که الگوی توزیع یکسانی دارند و همچنین بین فلزات یک رابطه سینرژیک برای جذب وجود دارد (Karez et al., 1994). بررسی همبستگی نشان داد بین غلظت فلزات در رسوب با غلظت آن‌ها در موجودات همبستگی وجود ندارد. بین غلظت فلزات در رسوب با غلظت آن‌ها در جانداران همان محل همیشه همبستگی وجود ندارد زیرا جانداران فقط فلزاتی را که از نظر بیولوژیکی در دسترس هستند، تجمع می‌دهند (Marquenie, 1985).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، توزیع تجمع فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب، گیاه و ماهی جمع‌آوری شده از سد خداآفرین مورد بررسی قرار گرفت. فاکتور تجمع زیستی بیش از یک، تأییدکننده وجود تجمع زیستی در گیاه نی بود. فعالیت‌های انسانی در حوزه رود ارس تأثیر زیادی بر تجمع و انتقال فلزات سنگین در این اکوسیستم دارند. آرسنیک و کادمیم بیش از حد مجاز برای مصرف ماهی بوده، بنابراین با توجه به اینکه از آب این سد برای پرورش ماهی استفاده می‌شود توجه ویژه در مورد غلظت فلزات در آب و بافت ماهی ضروری می‌باشد. همچنین با توجه با اینکه گیاه نی غلظت بالایی از فلزات را در خود تجمع داده است، می‌توان از این گیاه جهت استفاده برای اهداف گیاه‌پالایی در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. با توجه به غلظت بالای فلزات در رسوب نیاز به برنامه‌های کنترلی منظم جهت پایش آلودگی در منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

1 - Allen-Gil, AM., Landers, DH., Wade, TL., Sericano, JL., Lasorsa, BK: Heavy metal, organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl contamination in arctic ground squirrels *(Spermophilus parryi*) in Northern Alaska, Arctic, 1997: 50: 323-333.

2 - Al-Yamini, MN., Sher,H., El-Sheikh, MA., Eid, EM: Bioaccumulation of nutrient and heavy metals by *Calotropis procera* and *Citrullus colocynthis* and their potential use as contamination indicators, Academic Journals, 2011: 6(4):966-976.

3 - Barwick, M., Maher,W: Biotransference and biomagnifications of selenium copper, cadmium, zinc, arsenic and lead in a temperate seagrass ecosystem from Lake Macquarie Estuary, NSW, Australia, Marine Environmental Research, 2003: 56:471-502.

4 - Ebrahimi, M., Taherianfard, M: The effects of heavy metals exposure on reproductive systems of cyprinid fish from Kor river, Iranian Journal of Fisheries Sciences, 2011: 1:13-24.

5 - Ederli, L., Reale, L., Ferranti, F., Pasqualini, S: Responses iduced by high concentration of cadmium in *Phragmites australis* roots, Physiology Plant, 2004: 121 (1): 66-74.

6 - Eyong, BE: Distribution of arsenic and other heavy metals in sediments and their effects on benetic macroinvertebrates in the Gallinas river, San Miguel couty, New Mexico, MSc Thesis, College of Science and Mathematics, New Mexico Highlands University, 2008: 1-66.

7 - Fernandes, C., Fontainhas-Fernandes, A., Peixoto, F., Salgado, M.A: Bioaccumulation of heavy metals in Liza saliens from the Esomriz-Paramos coastal lagoon, Portugal. Ecotoxicology and Environment Safety, 2007: 66: 426-431.

8 - Ghasemzadeh, Z., Arbab Zavar, MH: Arsenic Phytoremediation by *Phragmites australis*: green technology. International Journal of Environmental Studies, 2008: 8(9): 1668-1675.

9 - Gulec, AK., Yildirim, NC., Danabas, D., Yildirim, N: Some haematological and biochemical parameters in common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) in Munzur River, Tunceli, Turkey. Asian J. Chem, 2011: 23(2): 910-912.

10 - Gray, JS: Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. Marine Pollution Bulletin , 2002: 45: 46-52.

Karez,C.S., Magalhaes,V.F., Preiffer,W.C., Filho,G.M.A.1994. Trace-metal accumulation by algae in Sepetiba Bay, Brazil. Environment Pollution. 83, 351–356.

11 - Kataba-Pendias, A, Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press, 4th ed, 2011, 534P:68.

12 - Klumpp, DW., Peterson, PJ: Arsenic and other trace element in the waters and organism of an estuary in SW England, Environment pollution, 1979: 19: 11-20.

13 - Lee, YH., Stuebing, RB: Heavy metal contamination in the river toad, *Bufo juxtasper* (Inger), near a copper mine in east Malaysia. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1990: 45: 272–279.

14 - Lee, QD., Shirai, K., Nguyen, DC., Miyazaki, N., Arai, T: Heavy metals in a tropical el *Anguilla marmorata* from The Central Part of Vietnam. Water Air Soil Pollutant., 2009: 204: 69–78. Doi: 10.1007/s11270-009-0027-7.

15 - Mansour, SA., Sidky, MM: Heavy metals contaminating water

www.SID.ir

Archive of SID

and fish from *Fayoum governorate*, Egypt. Food Chemistry, 2002: 78: 15-22.

16 - Marquenie, JM: Bioavailability of micropollutants. Environmental Technology, Lessons 1985: 6, 351 – 358.

17 - Matasin, Z., Ivanusic, M., Orescanin, V., Nejdeli, S., Gajger, I. T: Hevy metals concentrations in predator fish, Journal of Animal and Veterinary Advances, 2011: 9: 1214-1218.

18 - Mol, S., Ozden, O., Oymak, S.A. 2010. Trace metal contents in fish species from Atuturk dam lake (Euphrates, Turkey), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10:209-213.

19 - Nehring, RB: Aquatic insects as biological monitors of heavy metal pollution, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1976:15(2).

20 - Noak, A., Grant, G., Cameron D., borough,C., David J: Colloid Movement through Stable Soils of Low Cation-Exchange Capacity, Environmental Science and Technology, 2000: 34 (12): 2490-2497.

21 - Ozuturk, M., Ozozen, G., Minareci, O., Minareci, E: Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar dam lake in Turkey, Iran Journal Environment Health Science Engeering, 2009: 6: 73-80.

22 - Perera, P: Heavy metal concentrations in the Pacific oyster; *Crassostrea gigas*, Msc thesis, Auckland University of Technology, Auckland. 2004: 1- 116.

23 - Prasad, MNV., Hagemeyer, j: Heavy metal stress in plant, from molecules to ecosystems. Springer- Verlag, Heidelberg, Berlin, New York, 1999: pp. 401.

24 - Rashed, MN: Egypt monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake, Environment international, 2001: 27: 27-33.

25 - Rodney,E., Herrera, P., Luxama, J., Boykin, M., Crawford, A., Carroll, M.A., Catapane, E.J: Bioaccumulation and Tissue Distribution of Arsenic, Cadmium, Copper and Zinc in *Crassostrea virginica* Grown at two Different Depth in Jamaica Bay, New York, Author Manuscript, 2007: 29(1): 16-27.

26 - Sanjari, F., Kazemian, M., Askari Sari, A: Comparison of Pb and Cd accumulation in muscle tissue of fish species in the fishing area of Mahshahr port, National Conference on the Human Environment and Sustainable Development, March, 2009: Hamadan, Islamic Azad University.

27 - Sattouf, M: Identifying the origin of rock phosphates and phosphorus fertilisers using isotope ratio techniques and heavy metal patterns, Msc thesis, Auckland University of Technology, Auckland. 2007: 1- 194.

28- Turner, T: Kura-Aras River Basin Transboundary Diagnostic Analysis. UNDP-GEF DBEP Company, Kura-Aras TDA Final Draft, RER/03/G41/A/1G/31: Reducing Trans-boundary Degradation of the Kura-Aras River Basin, 2007: 122pp.

29 - Van Geast, J: Bioaccumulation of sediment-associated contaminants in freshwater organism: development and standardization of a laboratory method, PHD thesis, University of Guelph, Canada, 2010:1-232.

30 - Wagemann, R., Snow, NB., Rosenberg, DM., Lutz, A: Arsenic in sediments, water and aquatic biota from lakes in the vicinity of Yellowknife, Northwest Territories, Canada, Archive Environment Contaminant Toxicology.1978: 7(2):169-91.

31 - Ying, M: Monitoring of heavy metals in the Bottlary river using *Typha capensis* and *Phragmites australis*, Msc Thesis, Depatment of Biodiversity and Conservation Biology, University of the Western Cape, 2005: 1-90.

32 - Zeinali, F., Tajik, H., Asri Rezaei,S: Evaluation of copper and zinc in the muscles of some fish species in the Caspian Sea, IranianVeterinary Journal, 2008:4: 84-89.

33 - Zhang, HG., Cui, BS., Zhang, KJ: Heavy metals of natural and reclaimed tidal riparian wetlands in south estuary, China. Journal of Environmental Sciences, 2011: 23.

www.SID.ir