



مقایسه مکانی غلظت سرب در رسوبات و سه گروه از ماکروبتوزها (خرچنگ‌ها، شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها) در سواحل بندرعباس

کیوان اجلالی^{۱*}، رضوان موسوی ندوشن^۱، علی ماشینیان^۱، سید محمدرضا فاطمی^۱، محمدصدیق مرتضوی^۲

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

^۲ پژوهشکده اکوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندرعباس

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۳/۰۳/۲۴

اصلاح: ۹۳/۰۶/۲۰

پذیرش: ۹۳/۰۶/۲۵

کلمات کلیدی:

ماکروبتوز

زنجیره غذایی

فلزات سنگین

خلیج فارس

چکیده

فلزات سنگین جزو آلودگی‌های پایدار محسوب می‌شوند که در بدن موجودات تجمع و تغلیظ می‌یابند. مقایسه مکانی غلظت سرب در سه گروه از ماکروبتوزها شامل شکم‌پایان، دوکفه‌ای‌ها و خرچنگ‌ها و نیز در رسوبات در اسفند سال ۹۱ با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت سرب رسوب در خور گورسوزان با مقدار ۰/۳۵۹ بیشترین و در پشت شهر با مقدار ۰/۲۱۶ $\mu\text{g/g}$ دارای کمترین غلظت بود. در خرچنگ‌ها غلظت سرب در خور گورسوزان با ۰/۴۷ $\mu\text{g/g}$ و در پشت شهر با مقدار ۰/۲۷ $\mu\text{g/g}$ در دوکفه‌ای‌ها در اسکله باهنر با ۰/۳ $\mu\text{g/g}$ ، خور گورسوزان با ۰/۰۱ $\mu\text{g/g}$ و در شکم‌پایان نیز در اسکله باهنر با مقدار ۰/۱۵ $\mu\text{g/g}$ و در خور گورسوزان با ۰/۳۹ $\mu\text{g/g}$ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت سرب می‌باشند. مقایسه غلظت سرب در گروه‌های سه‌گانه ماکروبتوز نشان داد که خرچنگ‌ها < دوکفه‌ای‌ها < شکم‌پایان دارای غلظت سرب در بدن خود هستند. همبستگی معنی‌دار بین غلظت سرب در رسوبات و خرچنگ‌ها و عدم این همبستگی بین رسوبات با شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها نشان داد که خرچنگ‌ها می‌توانند سرب موجود در بدن خود را به طور مستقیم از رسوبات دریافت نموده در صورتیکه نرم‌تنان این فلز را از سایر منابع سرب مثلاً سرب موجود در آب دریافت می‌کنند.

مقدمه

اثرات آلودگی ناشی از فلزات سنگین در دریا از دیرباز همواره مورد توجه بوده است. فلزات نیز مانند هیدروکربن‌های کلر دار جزو آلاینده‌های پایدار می‌شوند. برخلاف آلاینده‌های آلی این آلاینده‌ها در معرض حمله تجزیه‌کنندگان نبوده و یا در مدت زمان طولانی این فرآیند صورت می‌پذیرد (Clark, 1992). از مشکلات دیگر این آلاینده‌ها عدم توانایی دفع آنها به وسیله موجوداتی است که به نحوی در معرض این آلاینده‌ها قرار می‌گیرند؛ به همین دلیل این به مصرف‌کنندگان بالای زنجیره غذایی منتقل شده و در آنها بر اثر فرآیند بزرگنمایی زیستی ایجاد سمیت می‌کند. به این ترتیب شکارچیان رأس هرم مانند انسان‌ها در معرض غلظت‌های بالای یک ماده سمی پایدار در غذای خود قرار می‌گیرند (Clark, 1992).

به طور کلی فلزات را به سه گروه ۱- فلزات سبک مانند سدیم، پتاسیم، و کلسیم که معمولاً به صورت کاتیون در محیط آبی انتقال می‌یابند ۲- فلزات واسطه مانند آهن که در غلظت‌های پایین ضروری بوده و احتمالاً در غلظت‌های بالا سمی هستند

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: k_ejlali@yahoo.com

۳- فلزات سنگین مانند جیوه و سرب که به طور معمول در فعالیت‌های متابولیک مورد نیاز نبوده و حتی در غلظت‌های پایین هم سمی هستند (Clark, 1992).

فلزات سنگین از طریق جو، رودخانه، تخلیه مستقیم فاضلاب‌ها و یا دفن لجن فاضلاب‌های شهری وارد آب‌های آزاد و در نتیجه وارد زنجیره‌های غذایی می‌شوند (Reinecke *et al.*, 2003). این آلاینده‌ها به آسانی به وسیله مصرف‌کنندگان اولیه تجمع می‌یابند و سپس بر اثر انتقال به مصرف‌کنندگان در سطوح بالاتر در بدن آنها به صورت بزرگنمایی زیستی ظاهر می‌شود که در این مرحله خواص سمی آنها ظهور می‌نماید (Ali and Bream, 2010). ماکروبنوتوزها به خصوص نرم‌تنان نشان‌دهنده آنند که می‌توانند به عنوان نشانگرهای زیستی و نیز آبیانی که سبب تجمع زیستی فلزات سنگین می‌شوند، عمل نمایند. این فلزات پایدار و تجزیه‌ناپذیر بوده و در آبزیان ایجاد مسمومیت می‌کنند. از جمله این فلزات سرب بوده که حتی در غلظت‌های پایین سبب ایجاد مشکلاتی در آبزیان می‌شوند (Kanakaraju and Arfiziah, 2009).

قرار گرفتن سواحل بندرعباس در مجاورت انواع منابع آلودگی مانند ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی، تردد بی‌شمار قایق‌ها و شناورهای سنتی و صنعتی، وجود انواع صنایع تولید برق و آلومنیوم و پالایشگاه‌ها و بالاخره حضور بی‌شمار گردشگرها در این سواحل در فصول مختلف سال ایجاب می‌نماید تا بررسی دقیق و جامعی در ارتباط با حضور یا عدم حضور برخی از فلزات سمی برای موجودات به خصوص سرب که حتی در مقادیر کم هم می‌توانند برای موجودات زنده سمی باشند انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

بررسی و مقایسه مکانی غلظت فلزات سنگین در رسوبات و بافت سه گروه از ماکروبنوتوزها شامل خرچنگ‌ها، شکم‌پایان و دوکفه‌ای‌ها در ۵ ایستگاه ساحلی در سواحل بندرعباس (شکل ۱) در اسفند سال ۹۱ انجام شد. این ایستگاه‌ها شامل خور گورسوزان، اسکله پشت شهر، سورو، اسکله باهنر و نیروگاه بندرعباس می‌باشند.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری: ۱- خور گورسوزان، ۲- پشت شهر، ۳- سورو، ۴- اسکله باهنر، ۵- نیروگاه

از روش (ROPME, 1999) به شرح زیر جهت استخراج و اندازه‌گیری میزان سرب در بافت و رسوب انجام شد. ۰/۲۵ گرم از نمونه رسوب که از ایستگاه‌های نمونه برداری برداشت و در ظروف پلاستیکی عاری از هرگونه آلودگی قرار داده شده بود وزن شد و به داخل ویال‌های مخصوص انتقال یافت و پس از آن ۶ سی سی اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱ سی سی اسید پرکلریک ۶۵ درصد و مقدار ۱ سی سی آب اکسیژنه به آن اضافه شد. ویال‌ها پس از محکم کردن سرپوش، به داخل دستگاه مایکروویو انتقال یافت و دمای اولیه دستگاه روی ۱۸۰ درجه در زمان ۱۰ دقیقه و دمای ثانویه دستگاه روی همین دما به مدت ۲۰ دقیقه تنظیم شد. پس از سرد شدن، محتویات ویال‌ها از طریق کاغذ صافی به بالن ژوژه‌های ۵۰ سی سی انتقال یافت و سپس حجم آنها به وسیله آب مقطر به ۵۰ سی سی رسید و به قوطی‌های مخصوص انتقال داده شد. برای هضم و استخراج

نمونه های بافت نیز ابتدا ۰/۵ گرم از بافت پودر شده نرم‌تنان، شکم پایان و خرچنگ ها به طور جداگانه وزن و پس از انتقال به ویال‌های مخصوص به هرکدام از آنها ۱ سی سی اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱ سی سی آب اکسیژنه ۳۰ درصد اضافه شد. سپس دمای مایکروویو را در ۴۰ دقیقه به ۱۸۰ درجه رسانده و نمونه ها به مدت ۲۰ دقیقه در این دما قرار گرفتند. ویال های حاوی نمونه پس از سرد شدن از صافی عبور و حجم آن با آب مقطر به ۵۰ سی سی رسانده شد. از دستگاه جذب اتمی برای اندازه‌گیری میزان سرب موجود در رسوب و بافت استفاده شد. قبل از آنالیز نمونه ها، از محلول‌های استاندارد عنصری که باید تعیین مقدار شود برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد تا به وسیله آنها بتوان غلظت عناصر در نمونه های مورد آزمایش را با توجه به میزان جذب نور آنها به دست آورد. برای اینکار حداقل ۳ غلظت مختلف از هریک از استانداردهای فلزی انتخاب و هریک از آنها را به داخل دستگاه تزریق نموده و میزان جذب آنها ثبت شد. همچنین برای صحت کار، از نمونه بافت آبیان و رسوبات دارای گواهینامه بین المللی (Certified Reference Material) استفاده گردید که نتایج مربوط به آنها در جداول ۱ و ۲ آمده است.

از ANOVA یک طرفه تحت نرم افزار SPSS برای مقایسه میانگین ها در ایستگاه های مختلف و گروه‌های مختلف ماکروبتوز و Exell جهت رسم نمودارهای مربوط به غلظت و میانگین غلظت ها استفاده شد.

جدول ۱. مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری و مقادیر موجود در بافت نمونه IAEA - 407 (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک)

عناصر	IAEA - 407	مقادیر اندازه گیری شده
کادمیم	۰/۱۸۵ ± ۰/۱۲	۰/۱۸۶ ± ۰/۱۷
مس	۳/۲۰ ± ۰/۳۱	۳/۱۹ ± ۰/۳۳
روی	۶۶/۳ ± ۰/۸۹	۶۷/۹ ± ۰/۷۶
سرب	۰/۱۰ ± ۰/۰۵	۰/۰۹ ± ۰/۰۶

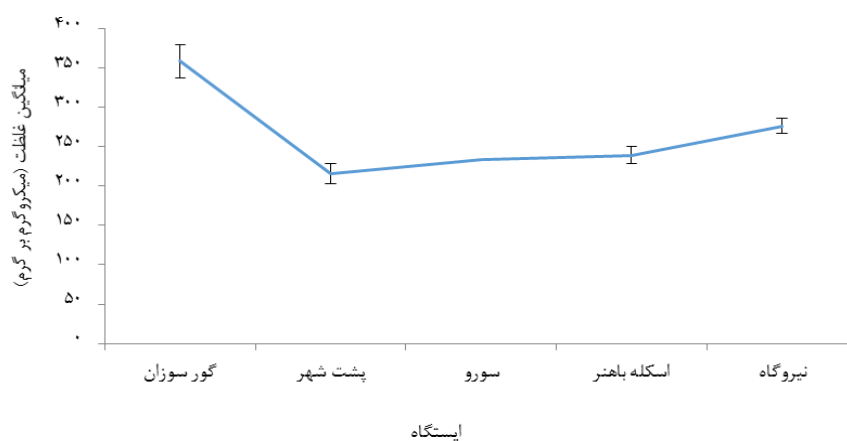
جدول ۲. مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری و مقادیر موجود در رسوبات IAEA - 433 (برحسب میلی گرم بر کیلوگرم)

عناصر	IAEA- 433	مقادیر اندازه گیری شده
کادمیم	۰/۱۴۵ ± ۵/۵	۰/۱۵ ± ۴/۵
مس	۳۰/۲ ± ۰/۰۸	۳۰/۱۹ ± ۰/۰۹
روی	۹۹ ± ۱/۱۸	۹۷ ± ۳/۰۹
سرب	۲۵/۴ ± ۰/۱۱	۲۴/۱۹ ± ۰/۱۹

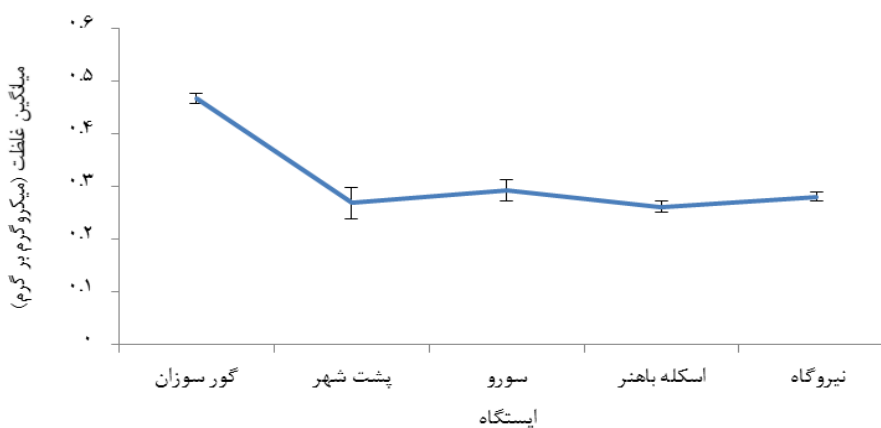
نتایج

نتایج حاصل از بررسی میزان تجمع فلز سرب در رسوبات در ۵ ایستگاه مذکور در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق این شکل بیشترین تجمع سرب با مقدار ۳۵۹ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۱ یعنی خور گورسوزان مشاهده می شود و به سمت غرب از میزان آن کاسته می شود به طوری که در ایستگاه پشت شهر به مقدار ۲۱۶ میکروگرم بر گرم می رسد و سپس غلظت آن به سمت غرب دارای یک روند نسبتاً ثابتی است.

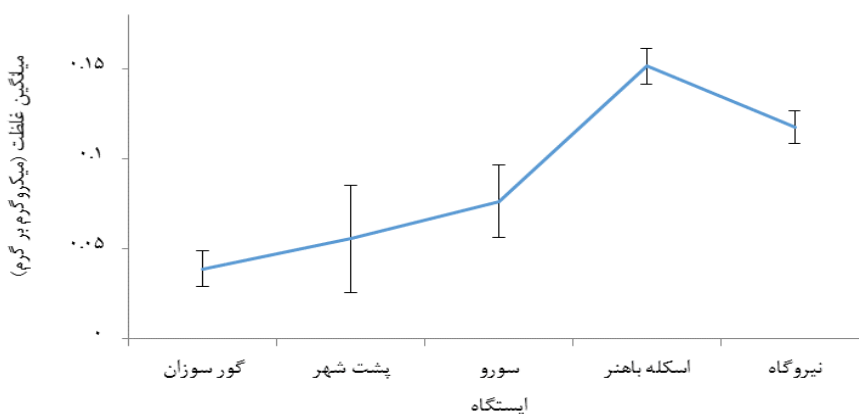
بررسی در سه گروه از ماکروبتوزها شامل سخت پوستان، شکم پایان و دوکفه ای ها در ۵ ایستگاه نشان داد که غلظت سرب در خرچنگ ها (شکل ۳) نیز در خور گورسوزان با ۰/۴۷ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۱ بیشترین مقدار و پس از کاهش در ایستگاه پشت شهر به میزان ۰/۲۷ میکروگرم بر گرم از یک مقدار کم و بیش ثابتی در سایر ایستگاه ها برخوردار است. میزان حضور فلز سرب در شکم پایان و دوکفه ای ها در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده است. شکم پایان برعکس رسوب و خرچنگ ها با مقدار ۰/۰۳۹ میکروگرم بر گرم دارای کمترین مقدار سرب در خور گورسوزان بوده در حالی که به سمت غرب بر میزان آن در بدن شکم پایان افزوده می شود.



شکل ۲. میانگین غلظت سرب در رسوبات در ایستگاه‌های نمونه برداری



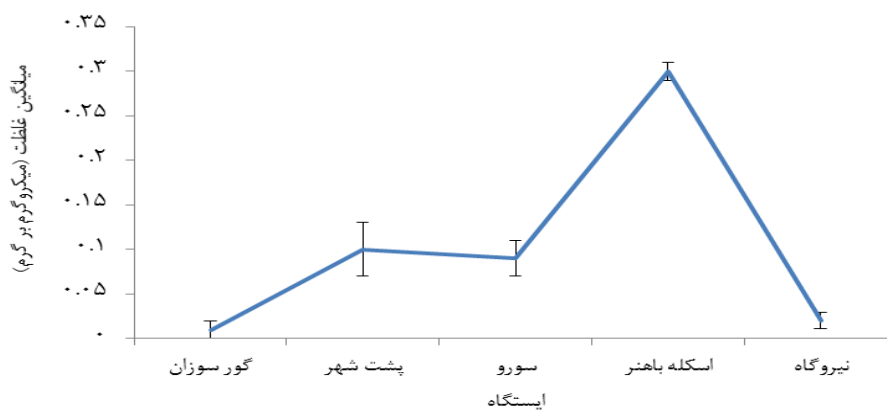
شکل ۳. میانگین غلظت سرب در خرچنگ ها در ایستگاه های نمونه برداری



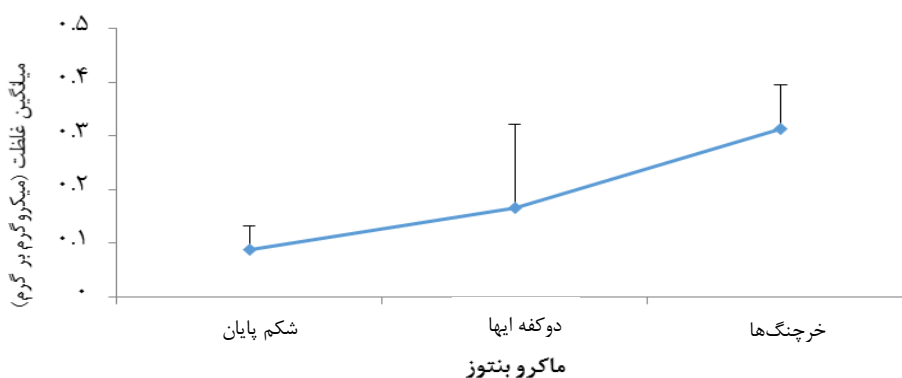
شکل ۴. میانگین غلظت سرب در شکم پایان در ایستگاه های نمونه برداری

در دو کفه ای ها نیز بیشترین غلظت سرب با مقدار ۰/۲۵ در خور گورسوزان مشاهده شد که این مقدار به سمت غرب کاهش یافته ولی از روند منظم و ثابتی برخوردار نبود.

شکل ۶ میزان غلظت سرب را در سه گروه از کفزیان نشان می دهد که مطابق آن میانگین دوکفه ای ها با میزان $0/088$ میکروگرم بر گرم کمترین و سپس شکم پایان با مقدار $0/165$ میکروگرم بر گرم حد وسط و سخت پوستان با میانگین $0/314$ میکروگرم بر گرم دارای بیشترین غلظت سرب می باشند.



شکل ۵. میانگین غلظت سرب در دوکفه ای ها در ایستگاه های نمونه برداری



شکل ۶. میانگین غلظت سرب در دوکفه ای ها در ایستگاه های نمونه برداری

اجرای آزمون آنالیز واریانس جهت مقایسه بین ایستگاهی غلظت سرب در رسوب تفاوت معنی داری را در سطح $0/05$ بین میانگین غلظت سرب در خور گورسوزان و دیگر ایستگاه ها نشان داد. همچنین بین ایستگاه پشت شهر و اسکله باهنر تفاوت معنی داری مشاهده شد ($P < 0.05$). در سخت پوستان هم آزمون آنالیز واریانس بین میانگین غلظت سرب در خور گورسوزان و دیگر ایستگاه ها (مانند رسوب) مشاهده شد و نیز بین ایستگاه سورو و نیروگاه تفاوت معنی داری مشاهده شد ($P < 0.05$).

در شکم پایان انجام آزمون آنالیز واریانس تفاوت معنی داری را بین تمام ایستگاه ها از نظر میانگین غلظت سرب نشان داد که در مورد دوکفه ای ها نیز از الگوی مشابهی پیروی می کند ($P < 0.05$). آزمون آنالیز واریانس بین میانگین غلظت سرب در گروه های سه گانه ماکروبتوز تفاوت معنی داری را نشان نداد ولی بین میانگین غلظت سرب در رسوبات و سایر گروه های ماکروبتوز در سطح $0/05$ تفاوت معنی داری را نشان داد. جدول ماتریکس همبستگی بین غلظت سرب در رسوب و غلظت آن در سخت پوستان ارتباط معنی داری را در سطح $0/01$ و بین غلظت سرب در سخت پوستان و شکم پایان در سطح $0/05$ رابطه معنی داری را نشان داد.

جدول ۳. ماتریکس همبستگی میانگین غلظت سرب بین گروه های سه گانه بنتوز و غلظت آن در رسوب

		PbS	PbB	PbG	PbC
PbS	همبستگی پیرسون Sig.	1			
PbB	همبستگی پیرسون Sig.	0/55 0/09	1		
PbG	همبستگی پیرسون Sig.	-0/36 [#] 0/029	-0/06 0/86	1	
PbC	همبستگی پیرسون Sig.	0/91 ^{##} 0.00	0/59 0/07	-0/63 [#] 0/04	1

** همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۱؛ * همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۵، S= Sediment، B= Bivalve دوکفه ای، G= Gastropod شکم پا، C= Crab خرچنگ

بحث

ماکروبتوزها می توانند فلزات سنگین موجود در محلول ها را از طریق پوست و فلزات سنگین موجود در غذا را از طریق گوارش تغلیظ نمایند و این آلودگی ها را از طریق مدفوع، ادرار، پوست بدن و همچنین آبشش ها دفع نمایند (Bryan, 1971; Swartz *et al.*, 1980) از جمله این فلزات سنگین سرب می باشد که می تواند به وسیله گروه های متفاوت ماکروبتوز جذب و وارد بدن آنها شود. زمین های دفن لجن و فاضلاب ها دارای غلظت های بالای سرب هستند (Clark, 1992). همچنین غلظت سرب در این موجودات شدیداً وابسته به غلظت آن در رسوب می باشد (Langston and Spence, 1994).

در بررسی حاضر روند تغییرات غلظت سرب در سخت پوستان مشابه غلظت آن در رسوب می باشد. حضور غلظت بالای سرب در خور گورسوزان منجر به تغلیظ سرب در بدن سخت پوستان شده است و کاهش آن در سایر ایستگاه ها با کاهش غلظت آن در سخت پوستان نیز همراه است. بین غلظت سرب در رسوبات و سخت پوستان نیز همبستگی معنی داری در سطح ۰/۰۱ مشاهده شد.

Reinecke و همکاران (۲۰۰۳)، در آفریقای جنوبی غلظت سرب را در برخی از خرچنگ ها مورد بررسی قرار دادند و تفاوت معنی داری را در غلظت این عنصر در اندام های مختلف مشاهده نمودند، به طوریکه گنادها دارای بیشترین و لوله گوارش دارای کمترین غلظت بود. ولی خرچنگ های کوچک سرب بیشتری را نسبت به خرچنگ های بزرگ در بدن خود تغلیظ می کنند. خرچنگ ها علاوه بر جذب سرب از طریق مصرف رسوبات، از راه پوست نیز سرب موجود در آب یا رسوب را جذب می نمایند به طوریکه سرب به جای کلسیم در پوسته کربنات کلسیمی خرچنگ ها نشست می نماید (Lee *et al.*, 1997).

فرآیند دیگری که به شدت وابسته به PH محیط است تشکیل پیوند هیدروژنی ضعیف بین گروه استامید کیتین موجود در پوسته خرچنگ و سرب است که در PH= ۴ به آسانی صورت می گیرد (Lee *et al.*, 1997).

در سخت پوستانی مثل آرتمیا غلظت های ۱۰-۵ میکروگرم بر گرم سرب به طور واضحی سبب کاهش رشد می شود (Clark, 1992) این در حالی است که در این بررسی حداکثر غلظت سرب در سخت پوستان مقدار ۰/۵ میکروگرم در گرم به دست آمد.

بررسی غلظت سرب در شکم پایان نشان داد که بر عکس غلظت سرب اندازه گیری شده در بافت خرچنگ ها، خور گورسوزان دارای حد اقل و اسکله با هنر دارای حد اکثر غلظت می باشد؛ به طوری که همبستگی معنی داری بین غلظت سرب بین رسوب و دوکفه ای ها و همچنین بین رسوب و شکم پایان مشاهده نشد. به طور کلی شکم پایان فلزات سنگین را از طریق جذب آنها

از رسوبات در بدن خود تغلیظ نمی‌کنند بلکه از راه جذب مستقیم از آب یا خوردن جلبک‌ها این عمل را انجام می‌دهند. در صورتیکه خرچنگ‌ها این عمل را از طریق جذب از رسوبات انجام می‌دهند. بنابراین عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین غلظت سرب در رسوب و شکم پایان با نظریه فوق همخوانی دارد (Ali and Bream, 2010).

شکم پایان متفاوتی مانند *Turbo sp.*، *Nerita sp.* و *Thais sp.* نشان داده‌اند که تجمع دهندگان قوی آلودگی‌های متفاوت هستند که در این بین *Nerita sp.* نشانگر زیستی مهم در جذب سرب می‌باشد (Kanakaraju and Arfiziah, 2009). در این تحقیق نیز عمدتاً از گروه‌های مذکور استفاده شده است.

تحقیقات نشان داده‌اند که تغلیظ زیستی سرب هم در شکم پایان جوان و هم در بالغین نسبت به سایر فلزات سنگین بیشتر بوده است (Catsiki and Florou, 2006) و مانند خرچنگ‌ها فلز سرب بر پوسته شکم پایان نیز اثر گذاشته و سبب شکنندگی پوسته آنها می‌شود (Ali and Bream, 2010). بسیاری از شکم پایان مانند لیمپت‌ها بدون مرگ و میر قادر به ذخیره غلظت‌های بالای سرب هستند (Clark, 1992). Beeby و همکاران (۲۰۰۲) نیز در شرایط آزمایشگاهی نشان دادند که حضور سرب در محیط تکثیر و پرورش شکم پایان بر رشد نوزادان این گروه از آبزیان تأثیر منفی می‌گذارد.

به نظر می‌رسد وجود بسترهای لجنی در خور گورسوزان سبب انباشته شدن سرب در این ایستگاه‌ها شده و خرچنگ‌ها که به طور مستقیم از رسوبات تغذیه می‌کنند آن را در بدن خود تغلیظ نموده و با حرکت به سمت غرب که بستر شنی بوده و از حالت لجنی خارج می‌شود از غلظت آن در خرچنگ‌ها کاسته می‌شود. در صورتیکه شکم پایان با جذب مستقیم سرب از آب و یا از طریق چرا نمودن جلبک‌ها در سایر ایستگاه‌ها این عمل را انجام می‌دهند که البته مقدار آن در مقایسه با خرچنگ‌ها مراتب پایین‌تر می‌باشد.

توانایی دوکفه‌ای‌ها در جذب فلزات سنگین به خصوص سرب کاملاً مشخص است ولی مکانیزم تغلیظ این عناصر به وسیله این موجودات معلوم نیست و آنها نیز از طریق جذب مستقیم از آب این عمل را انجام می‌دهند (Fernanda et al., 2003). تماس طولانی مدت دوکفه‌ای‌ها با سرب سبب مرگ و میر آن‌ها می‌شود. این پدیده در *Mytilus edulis* در تماس با ۱۰ میکروگرم بر گرم مشاهده شد (Clark, 1992). Zhan-qiang و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند زمانیکه شکم پایان و دوکفه‌ای‌ها به طور همزمان در معرض سرب قرار می‌گیرند ۶۰ درصد از دوکفه‌ای‌ها و ۴۰ درصد از شکم پایان در معرض تغلیظ زیستی این فلز قرار می‌گیرند که با نتایج این بررسی که غلظت فلز سرب در سخت پوستان < دوکفه‌ای‌ها > شکم پایان است مطابقت می‌نماید. به نظر می‌رسد مهمترین راه ورود سرب به داخل بدن ماکروبتوزها از طریق تغذیه باشد (Bryan, 1974).

Packer و همکاران (۱۹۸۰) دریافتند که ارتباط مستقیمی بین غلظت سرب در بافت سخت پوستان و رسوبات دیده می‌شود که می‌تواند یک دلیل احتمالی برای غلظت بالای سرب در سخت پوستان نسبت به سایر گروه‌ها باشد. اطلاعات این بررسی نشان داد که خرچنگ‌ها نسبت به نرم تنان پتانسیل بیشتری را برای جذب فلز سرب از رسوبات دارا می‌باشند و این جذب در بسترهای لجنی از سرعت بالاتری برخوردار است.

تشکر و قدردانی

از آقایان دکتر بهنام دقوقی و مهندس محمود ابراهیمی به خاطر شرکت در گشت نمونه برداری تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقای مهندس ناصر آقاجری و خانم مهندس مریم سلیمی زاده به خاطر کمک در استخراج نمونه‌ها و نیز اندازه‌گیری با دستگاه جذب اتمی تشکر و قدردانی می‌شود. از خانم‌ها مهندس شهره رشیدی و فاطمه علاء‌الدینی به خاطر همکاری در آماده نمودن نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- Ali, R.A., Bream, A.S. 2010. The effects of sewage discharge on the marine gastropod *Gibbula* sp., collected from the coast of Al-Hanyaa, Libya. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. 2(2): 47-52.
- Beeby, A., Richmond, L., Herpe, F. 2002. Lead reduces shell mass in juvenile garden snails (*Helix aspersa*). Environmental Pollution. 120(2): 283-288.
- Bryan, G.W. 1971. The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. Proceedings of the Royal Society of London. B, 177389-410.
- Bryan, G.W. 1974. Adaptation of an estuarine Polychaete to sediments containing high concentrations of heavy metals. In: Pollution and physiology of marine organisms. Vernberg, F.J., Vernberg, W.B. (eds.). Academic Press London. pp. 123-135.
- Catsiki, V.A., Florou, H. 2006. Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and 137 Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. Journal of Environmental Radioactivity. 86(1): 31-44.
- Clark, R.B. 1992. Marine Pollution. 3rd edition. Clarendon press. Oxford. University of Newcastle Upon Tyne. pp. 77-80.
- Fernanda, J.V., Flavia, E.A., Alicia, F.C., Alejandra, V. 2003. Identification of fish stocks of river Crocker (*Plagioscion ternetzi*) in Paraná and Paraguay rivers by Otolith morphometry. Estenban Avigliano University of Buenos Aires.
- Kanakaraju, D., Arfiziah, A. 2009. Accumulation and Depuration of Lead and Chromium Using *Nerita ineata*. World Applied Sciences Journal. 6(9): 1205-1208.
- Langston, W.J., Spence, S.K. 1994. Metal analysis. In: Handbook of Ecotoxicology. Volume 2. Calow, P. (ed.). Oxford Blackwell Sci. Publ., London. pp. 45-78.
- Lee, M.Y., Park, J.M., Yang, J.W. 1997. Micro precipitation of lead on the surface of crab shell particles. Process Biochemistry. 32(8): 671-677.
- Packer, D., Ireland, M., Wootton, R. 1980. Cadmium, copper, lead, zinc and manganese in the polychaete *Arenicola marina* from sediments around the coast of Wales. Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. 22(4): 309-321.
- Reinecke, A., Snyman, R., Nel, J. 2003. Uptake and distribution of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the freshwater crab, *Potamonautes perlatus* (Crustacea) in the Eerste River, South Africa. Water, Air, and Soil Pollution. 145(1-4): 395-408.
- ROPME. 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods (MOOPAM). The Regional Organization for Protection of the Marine Environment.
- Swartz, R.C., Lee, H. 1980. Biological processes affecting the distribution of pollutants in marine sediments. Part I accumulation, trophic transfer, biodegradation and migration. In: Contaminants and sediments: analysis, chemistry biology. Baker, R.A. (ed.). Volume 2. Ann Arbor Science Publ., Inc. pp. 553-533.
- Zhan-qiang, F., Cheung, R., Wong, M. 2001. Heavy metal concentrations in edible bivalves and gastropods available in major markets of the Pearl River Delta. Journal of Environmental Sciences. 13(2): 210-217.