

مقایسه جذب زیستی (توسط *Gammarus sp.*) و غیر زیستی (رسوب ماسه‌ای) کادمیوم در ساحل دریای خزر

انوشا عطاران^{۱*}، آرش جوانشیر خویی^۱، آرش صلاحی نژاد^۱، راضیه لک^۲، سهیل ایگدری^۱

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰)

چکیده

گاماروس از جمله سخت‌پوستان منطقه امواج می‌باشد که نقش مهمی در زنجیره‌ی غذایی ایفا می‌کند و با تغذیه از پوده‌ها، انرژی را به رده‌های بالاتر مانند ماهی و پرندگان انتقال می‌دهد. آلودگی‌های زیادی چه از دریا و خشکی به سواحل دریای خزر راه پیدا می‌کنند. فلز کادمیوم از جمله فلزات پایدار و خطرناک است که به مقدار کم در محیط طبیعی وجود دارد ولی مقدار آن در چند دهه اخیر از طریق منابع انسان‌ساز مربوط به فعالیت‌های شهری و صنعتی در دریاها و سواحل افزایش یافته است. این تحقیق با هدف بررسی مقایسه‌ای مقدار و نرخ جذب فلز کادمیوم توسط *Gammarus sp.* به‌عنوان کفزی غالب داخل رسوبات نرم دریای خزر و خود رسوبات انجام گردید. بدین منظور غلظت کادمیوم، پایین‌تر از غلظت مهلک آن برای گاماروس در نظر گرفته شد. محلول فلزی از ظروف حاوی گاماروس و رسوب عبور داده شد و در زمان‌های صفر (نمونه‌ی شاهد)، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۵۰، ۲۱۰ و ۲۷۰ دقیقه از مزوکوزم به‌عنوان محیط آزمایشی نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و هضم اسیدی در آزمایشگاه به منظور تعیین غلظت کادمیوم توسط دستگاه ICP-OES مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین بازه‌های زمانی متفاوت اختلاف معنی‌داری در جذب کادمیوم وجود دارد. همچنین آزمون تی نیز مشخص نمود که اختلاف معنی‌داری بین میزان جذب فلز کادمیوم توسط گاماروس و رسوب وجود داشت. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که میزان جذب فلز کادمیوم توسط گاماروس و رسوب تابعی از زمان مواجهه است که با طولانی شدن این زمان تجمع مقدار کادمیوم جذب شده افزایش می‌یابد. هر دو بخش می‌توانند به‌عنوان شاخصی در پایش آلودگی محیط‌های ساحلی مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: گاماروس، رسوب، کادمیوم، دریای خزر. جذب زیستی

۱. مقدمه

دریای خزر به‌عنوان بزرگ‌ترین توده‌ی آبی در خشکی‌ها دارای اهمیت بالایی می‌باشد، و حجم عظیمی از آلودگی‌ها ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی نیز هر ساله به این دریا وارد می‌شود. بسیاری از این آلودگی‌ها ابتدا از سواحل عبور می‌کنند و بنابراین سواحل خود تجمع دهنده این آلودگی‌ها محسوب می‌شوند. همچنین غلظت بالایی از فلز کادمیوم در بخش‌های مرکزی و جنوبی سواحل دریای خزر نیز گزارش شده است (de Mora *et al.*, 2004). طبق مطالعات قبلی، بر روی فلزات کادمیوم و سرب در سواحل دریای خزر، مقدار فلز کادمیوم بین 0.1 تا $0.5 \mu\text{g g}^{-1}$ به دست آمد، که در منطقه ایران و آذربایجان در مقایسه با روسیه و قزاقستان بیشتر بوده است. همچنین بیشترین مقدار سرب $28.6 \mu\text{g g}^{-1}$ در جنوب خلیج باکو اندازه‌گیری شد، که ناشی از فعالیت‌های نفتی در این مناطق می‌باشد (de Mora & Sheikholeslami, 2002).

مطالعات متعددی سخت‌پوستان و صدف‌های ساکن نواحی ساحلی را به‌عنوان شاخص و تجمع دهنده زیستی مناسب معرفی کرده است (Bryan, 1979; Sogut and Yalcin, 2005; Karadede-Akin and Ünlü, 2006). البته مقدار تجمع هر یک از فلزات در بدن سخت‌پوستان متفاوت می‌باشد و این تفاوت در مقدار جذب حتی بین گونه‌های یک آرایه نیز به‌صورت متفاوت بروز می‌نماید (Rainbow and White, 1989). سخت‌پوستان آبی این فلزات را چه فلزات ضروری یا غیرضروری از طریق غذا، آب و رسوبات جذب می‌کنند (Rainbow, 2007; Bryan, 1979). و زمانی که مقدار آن در بدن آبیان از حد مجاز بالاتر رود باعث بروز اثرات سمی در آن‌ها می‌شوند (Rainbow, 2000).

افزایش روزافزون جمعیت و فعالیت‌های انسانی باعث ایجاد آلودگی‌های مختلف در محیط پیرامونی ما شده است. این آلودگی‌ها می‌تواند منشأهای مختلفی از قبیل صنعتی، کشاورزی و شهرنشینی داشته باشند. در این بین آلودگی‌ها با منشأ نفتی سبب ورود فلزات سنگین و هیدروکربن‌های آروماتیک به محیط آبی شده و به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر سواحل جهان پخش می‌گردند. از این رو آثار سوء آن بر سلامت اکوسیستم‌های آبی نگرانی‌های زیادی را به وجود آورده است (Clark, 2001). فلزات سنگین به‌طور طبیعی در غلظت‌های کم در محیط‌های آبی وجود دارند، ولی فعالیت‌های انسانی شامل فعالیت‌های شهری و صنعتی، کشف معادن و استخراج نفت باعث افزایش این فلزات در محیط‌زیست جانداران آبی و رسوبات می‌شود (Choon and Hyun, 2012). این فلزات معمولاً از لایه‌های آب بر روی سطح رسوبات فرود می‌آیند (Bryan and Langston, 1992)، و در نتیجه رسوبات نیز می‌توانند به‌عنوان شاخص مناسبی از آلودگی‌ها و تأثیرات سمی آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی باشند (Saeki *et al.*, 1993). از این رو ارگانسیم‌هایی که در رسوبات زندگی می‌کنند، در معرض خطرات بیشتری نسبت به جاندارانی هستند که در ستون آب زندگی می‌کنند. از جمله فلزات سنگین کادمیوم است که شاخص آلودگی‌های نفتی می‌باشد (Schlekat *et al.*, 2000). فلز کادمیوم به‌طور گسترده در سواحل یافت می‌شود و به‌عنوان فلز سمی، حتی در غلظت‌های کم، دارای اثرات مضر بر روی آبیان می‌باشند (Cohen *et al.*, 2001).

نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید. همچنین سعی شد همه‌ی مراحل آزمایش در شرایط یکسان اجرا شود. علاوه بر این در اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از آب دریا در محل آزمایش چنین به دست آمد که فلز کادمیوم به‌طور طبیعی، نه در آب و نه در بدن گاماروس مشاهده نشد. بنابراین آب و گاماروس را در مراحل بعدی تحقیق از نظر آلودگی صفر در نظر گرفته‌ایم.

۱،۲ سیستم آزمایشی شامل محیط طبیعی و مزوکوزم:

در این سیستم جریان ورودی پس از گردش در سیستم وارد ظرف خروجی شده و از سیستم خارج می‌گردید، به عبارتی جاندار دائماً با محلول فلزی جدید رو به رو بود. با توجه به مطالعات قبلی که در مورد گونه‌های غیر خزری انجام شده است در این تحقیق غلظت کادمیوم ۱ ppm که زیر غلظت LC₅₀ برای خانواده *Gammaridae* می‌باشد، در نظر گرفته شده است (به‌عنوان مثال مقدار LC₅₀ در ۹۶ ساعت برای *G. fossarum*، *G. roeseli*، *G. pulex* به ترتیب برابر ۲۰/۳، ۸/۶ و ۳۴/۸ $\mu\text{g Cd l}^{-1}$ گزارش شده بود). همچنین جانور مورد آزمایش احتمالاً در مواجهه با غلظت پایین کادمیوم بهتر به آن پاسخ خواهد داد زیرا این ماده در محیط زندگی او قبلاً وجود نداشته است. (Bat et al., 2000; Boets et al., 2012). محلول فلزی از حل کردن کلرید کادمیوم (CdCl_2 , Merck) در آب مقطر تهیه گردید.

آزمایش میزان جذب فلز سنگین برای *Gammarus sp.* و رسوب به صورت جداگانه انجام شد. در ظروف مربوط به گاماروس در هر کدام از تکرارها گروهی شامل ۳۰ عدد گاماروس با طول حدود 11 ± 2

از موجودات ساکن نواحی ساحلی دریای خزر می‌توان به ناجورپای *Gammarus sp.* اشاره نمود که پراکنش وسیعی و تراکم بالایی در این سواحل داشته و نیز نقش مهمی در اکولوژی سواحل به‌ویژه چرخه غذایی به خود اختصاص داده است. این آبی بنیتیک غذای سایر بی‌مهرگان بزرگ‌تر، ماهی‌ها و پرندگان می‌باشد، و از این رو آلوده شدن آن‌ها به فلزات سنگین می‌تواند باعث انتقال این آلودگی‌ها به سطوح بالاتر زنجیره غذایی گردد. با توجه به توسعه جوامع انسانی در سواحل دریای خزر و بهره‌برداری از منابع نفتی این دریا و افزایش تدریجی میزان آلودگی این دریا در دهه‌های اخیر، این تحقیق با هدف ارزیابی مقدار جذب فلز کادمیوم توسط *Gammarus sp.* و رسوب به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق بر اساس مقایسه مقادیر جذب این آلاینده توسط *Gammarus sp.* و رسوبات می‌تواند به درک بهتر فرایند گردش آلاینده در سواحل کمک کرده و امکان استفاده از این آبی را در ارزیابی آلودگی‌های فلزات سنگین به‌منظور حفاظت از اکوسیستم ساحلی دریای خزر را فراهم آورد.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در اردیبهشت‌ماه سال ۹۲ در ساحل جنوبی دریای خزر در منطقه سی‌سنگان انجام شد. برای این منظور تعداد مشخصی از ناجورپای *Gammarus sp.* توسط تور دستی از سواحل شنی جمع‌آوری و به یک ظرف پلاستیکی منتقل شدند و تا شروع آزمایش توسط پمپ هواده باطری‌دار (به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه) هواده‌ی شدند. به‌علاوه فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، شوری، pH و میزان اکسیژن محلول در آب محل

شد. برای هضم شیمیایی نیز از اسید نیتریک استفاده گردید. نمونه‌های رسوب نیز پس از انتقال به آزمایشگاه درون آون در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت زمان ۴۸ ساعت خشک گردید، و سپس ۰/۵ گرم از آن‌ها، جهت هضم شیمیایی با فلوریدریک، اسید کلریدریک و اسید نیتریک توزین شدند (Dell'Anno et al., 2009). غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های *Gammarus* و رسوب با استفاده از دستگاه ICP مدل Varian 735-ES مورد آنالیز قرار گرفتند و حد خوانش دستگاه برای فلزکادمیوم ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بود.

برای مقایسه میزان جذب در تیمارهای مختلف دو گروه از دو شاخص مقدار جذب و نرخ جذب استفاده شد. مقدار جذب بیانگر مقدار تجمع فلز در نمونه بوده و نرخ جذب بیانگر روند جذب طی بازه‌ی زمانی می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 16) ارزیابی آماری شد. به منظور مقایسه غلظت فلز کادمیوم جذب شده توسط گاماروس و رسوب از آزمون t-test استفاده شد. و همچنین برای مقایسه غلظت کادمیوم در بین زمان‌های مورد مطالعه از آزمون واریانس یک‌طرفه استفاده شد. و سپس جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شده است. هرچند رسوب و گاماروس به‌عنوان دو ماده زنده و غیر زنده قابل مقایسه با یکدیگر نیستند ولی می‌توان نرخ و میزان جذب را بین این دو گروه مقایسه نمود.

میلی‌متر قرار داده شد. سپس جاندار و رسوبات درون ظروف ۱/۵ لیتری قرار داده شدند و آب حاوی محلول فلزی کادمیوم با غلظت ۱ ppm که تحت هوادهی بود توسط لوله‌های PVC از آن‌ها عبور داده شدند. با توجه به دبی جریان آب ورودی در حدود ۰/۵ لیتر در دقیقه، نمونه‌برداری از رسوب و *Gammarus* در بازه‌های مضربی از ۳۰ دقیقه به عبارتی در زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۵۰، ۲۱۰ و ۲۷۰ دقیقه انجام گرفت. بعلاوه برای هر بخش مطالعاتی به عبارت دیگر *Gammarus* و رسوب، تیمار شاهد (بدون اضافه کردن محلول فلزی در زمان صفر دقیقه) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است هر بازه زمانی ظرف مستقل به خود را داشت که در زمان‌های تعیین شده از سیستم حذف می‌گردید. آزمایش مجاورت با فلز کادمیوم برای گاماروس در شرایط مزوکوزم نشان داد که، در انتهای این زمان بعضی مرده و یا در شرایطی بودند که به نظر می‌رسید جذب دارای خطا باشد، بنابراین حداکثر زمان آزمایش به ۲۷۰ دقیقه محدود شد. نمونه‌های *Gammarus* پس از انجام آزمایش، به فریزر با دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد (Pourang, 1996; Vellinger et al., 2012) منتقل شدند و نمونه‌های رسوب در یخچال با دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد (Hakanson and Jansson, 1983; Pourang, 1996) قرار داده شدند و سپس جهت ادامه‌ی آزمایشات و آنالیزها، به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

۲،۲ آماده‌سازی نمونه‌های گاماروس و رسوب:

در آزمایشگاه نمونه‌های *Gammarus* پس از یخ‌زدایی، توسط آون در دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت زمان ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس ۱ گرم از نمونه‌های پودر شده، جهت هضم شیمیایی توزین

۳. نتایج

۱,۳. فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

همانطور که گفته شد فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی آب از قبیل دما، شوری، میزان اکسیژن محلول و pH

از عوامل تأثیرگذار در مقدار جذب این فلزات سنگین می‌باشند، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در جدول ۱ ارائه گردیده است.

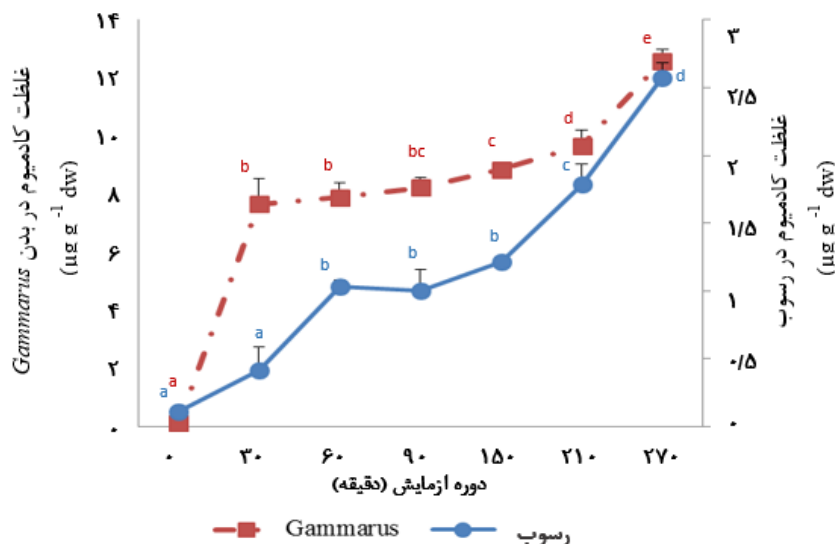
جدول ۱: فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

پارامترها	(S.D. ± میانگین)
دما (°C)	۲۲±۰/۸
اکسیژن محلول (mg O ₂ L ⁻¹)	۹/۲ ±۰/۱
pH	۸/۵±۰/۰۸
شوری (g Kg ⁻¹)	۷۳/۹±۰/۱
هدایت الکتریکی (μS cm ⁻¹)	۱۸/۵±۱

بیشترین مقدار جذب که در کل بدن جاندار بررسی شد، در ۳۰ دقیقه اول اتفاق افتاد که مقدار غلظت به $۷/۶۵ \mu\text{g gr}^{-1}$ وزن خشک رسیده بود. در ۶۰ دقیقه این غلظت به $۷/۸۹$ ، در ۹۰ دقیقه به $۸/۲۱$ ، در ۱۵۰ دقیقه به $۸/۸۵$ و در ۲۱۰ دقیقه به $۹/۶۵ \mu\text{g gr}^{-1}$ وزن خشک رسید. بعلاوه در بین اکثر بازه‌های زمانی اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما در بین بازه‌های زمانی ۳۰ با ۶۰ دقیقه و ۳۰ با ۹۰ دقیقه، ۶۰ با ۹۰ دقیقه و ۹۰ با ۱۵۰ دقیقه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

۲,۳ مقدار کادمیوم جذب شده توسط *Gammarus sp.*

مقدار جذب فلز کادمیم توسط *Gammarus sp.* در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، در طول بازه زمانی آزمایش مقدار فلز کادمیوم در بدن این جاندار افزایش معنی‌داری یافته است ($P < ۰/۰۱$)، به طوری که این مقدار کمتر از $۰/۱ \mu\text{g gr}^{-1}$ وزن خشک در نمونه‌ی شاهد (زمان صفر دقیقه) به $۱۲/۵۷ \mu\text{g gr}^{-1}$ در زمان ۲۷۰ دقیقه رسیده بود. همچنین



شکل ۱: مقدار جذب فلز کادمیوم (میانگین \pm SD) توسط *Gammarus sp.* و رسوب در بازه‌های زمانی مختلف

دقیقه به ۱/۰۹۲، در ۱۵۰ دقیقه به ۱/۲۱۱ و در ۲۱۰ دقیقه به ۱/۷۸۷ $\mu\text{g gr}^{-1}$ افزایش یافت.

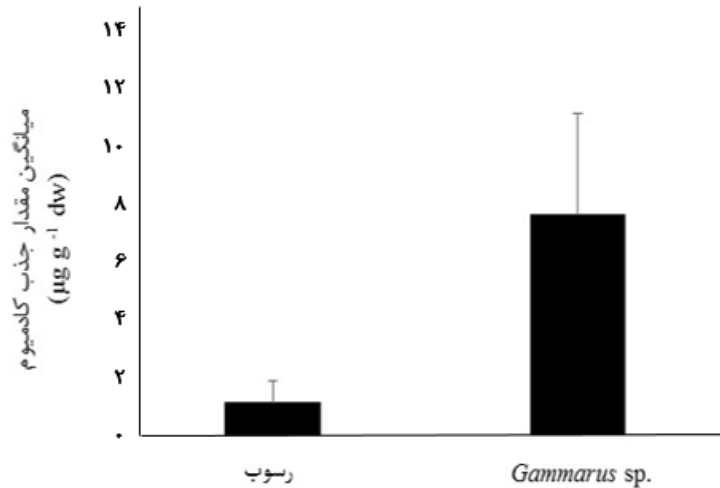
۳،۳ تفاوت مقدار جذب کادمیوم توسط رسوب

و *Gammarus sp.*:

نتایج نشان داده تفاوت معنی‌داری ($P < 0.001$) در مقدار جذب فلز کادمیوم توسط رسوب و *Gammarus* وجود دارد، به طوری که مقدار جذب فلز کادمیوم توسط *Gammarus* بسیار بیشتر از رسوب بود (شکل ۲).

۲،۳ مقدار کادمیوم جذب شده توسط رسوبات:

مقدار فلز کادمیوم جذب شده توسط رسوب در شکل ۱ قابل مشاهده است. بر این اساس با افزایش زمان مجاورت رسوبات با فلز، مقدار آن در رسوبات افزایش می‌یابد، که در اکثر بازه‌های زمانی این افزایش غلظت به صورت معنی‌داری بوده است ($P < 0.01$) و البته در بعضی بازه‌ها یعنی بین زمان صفر و ۳۰ دقیقه و ۶۰ با ۹۰، ۶۰ با ۱۵۰ و ۱۵۰ با ۹۰ دقیقه معنی‌دار نبوده است. در طول زمان آزمایش غلظت فلز از $0.108^1 \mu\text{g gr}^{-1}$ در زمان صفر (تیمار شاهد) به $2.573^1 \mu\text{g gr}^{-1}$ در انتهای آزمایش (۲۷۰ دقیقه) رسیده بود. در زمان ۶۰ دقیقه این غلظت به ۱/۰۲۹، در ۹۰

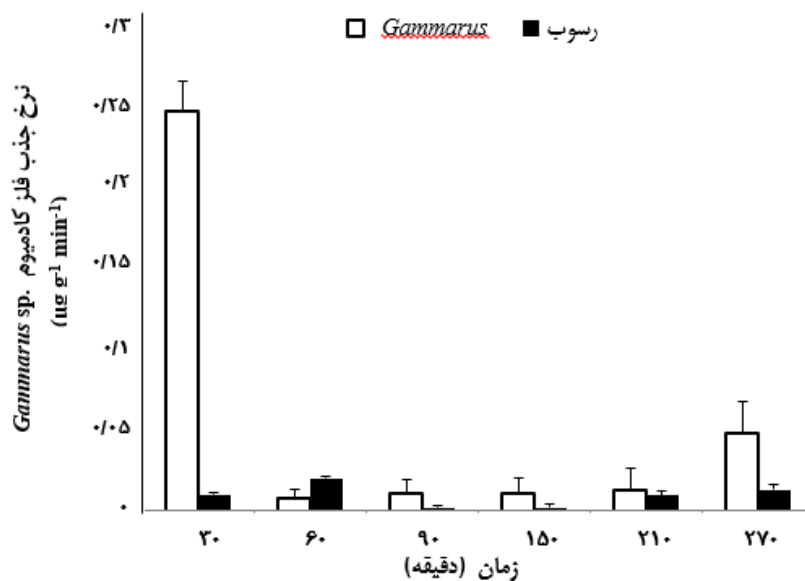


شکل ۲: میانگین (± انحراف از معیار) مقدار جذب فلز کادمیوم توسط *Gammarus sp.* و رسوب

مواجهه با آلاینده رخ داده است و در بازه‌های زمانی بعدی کاهش معنی‌داری در نرخ جذب مشاهده شد (شکل ۳).

۴,۳ نرخ جذب فلز کادمیوم توسط *Gammarus sp.*

نتایج نشان داد که بیشترین نرخ جذب در بازه زمانی ۳۰ دقیقه اول به میزان $0.252 \mu\text{g g}^{-1} \text{min}^{-1}$ پس از



شکل ۳: تغییرات نرخ جذب کادمیوم (میانگین ± SD) توسط *Gammarus sp.* و رسوب در طول دوره آزمایش

and White, 1989). بر اساس نتایج غلظت فلز غیرضروری کادمیوم که هیچ‌گونه تنظیمی در بدن *Gammarus* دریای خزر ندارند افزایش یافت، بنابراین این موجود به‌عنوان یک تجمع‌دهنده مناسب بوده که آلودگی ناشی از این فلز در محیط را خیلی سریع نشان می‌دهد و از این رو احتمالاً می‌توان در ارزیابی زیستی آلودگی‌های دریای خزر به‌عنوان یک گونه‌ی مناسب و حساس به کادمیوم در نظر گرفته شود (Clason and et al., 2004).

رسوبات محل مناسبی برای به دام انداختن فلزات مختلف هستند (Salomons et al., 1987). نتایج نشان داد که پس از مجاورت فلز کادمیوم با رسوبات، غلظت کادمیوم در این بخش افزایش معنی‌داری در بازه‌های زمانی متفاوت پیدا نمود، به این معنی که با ادامه در معرض بودن با کادمیوم مقدار آن در رسوبات افزایش یافته ولی از $3/70 \mu\text{g gr}^{-1}$ وزن خشک بالاتر نرفت. ساختار شیمیایی رسوبات بستگی به، مقدار فلزات موجود در آب، نرخ رسوب‌گذاری فلزات از آب به رسوبات، شرایط فیزیکی و شیمیایی عناصر (یونی، کمپلکس و ذرات معلق) و همچنین ویژگی‌های آب از نظر pH و قلیابیت و غلظت اکسیژن محلول دارد. مطالعات نشان داده‌اند که رسوبات یکی از جایگاه‌هایی است که بیشتر فلزات ناشی از منابع مختلف در آن ته نشست می‌نمایند و از این رو می‌توانند شاخص مناسبی از این فلزات در بازه‌های زمانی متفاوت باشند (Palpandi and Kesavan, 2012).

رسوبات دریای خزر و *Gammarus*‌های آن دو بخش مهم و جدا ناپذیر اکوسیستم ساحلی، از این توده آبی عظیم هستند. در مقایسه مقدار و نرخ جذب توسط رسوب و گماروس تفاوت معنی‌داری بین

۵,۳ نرخ جذب فلز کادمیوم توسط رسوب:

بر اساس نتایج بیشترین نرخ جذب فلز توسط رسوب در بازه زمانی ۶۰ دقیقه و کمترین نرخ جذب در بازه زمانی ۱۵۰ دقیقه بود. در طول دوره آزمایش میزان نرخ جذب توسط رسوب در نوسان بوده است. بیشترین و کمترین نرخ جذب در طول آزمایش به ترتیب برابر با $0/0204 \mu\text{g g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ و $0/0019 \text{ min}^{-1}$ بودند (شکل ۳).

۴. بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق غلظت فلز کادمیوم در گماروس‌های دریای خزر با افزایش زمان در معرض قرارگیری افزایش یافت. *Gammaridae*‌ها و به‌طور کلی سخت‌پوستان قادر به تنظیم غلظت‌های فلزات غیرضروری در بدن خود نمی‌باشند (Rainbow, 1998) و تا کنون مکانیسمی جهت کنترل این فلزات در بدن آن‌ها مشاهده نشده است. بنابراین، غلظت فلز غیرضروری مانند کادمیوم در بدن این جانداران به غلظت فلز در محیط بستگی دارد (Amiard et al., 1987). کادمیوم از راه‌های مختلفی مانند نوشیدن آب، مصرف غذا و همچنین جذب پوستی وارد بدن گماروس‌ها می‌شود (Vellinger et al., 2012). نتایج تحقیق حاضر مشابه مطالعاتی چون Felten و همکاران (۲۰۰۸) تصدیق کردند که غلظت کادمیوم در بدن *Gammarus*‌هایی که در مجاورت با محلول حاوی این فلز قرار گرفته بودند افزایش سریع و معنی‌داری یافت. بعلاوه، طی آزمایشاتی که بر روی چندین سخت‌پوست از جمله آمفیپودا انجام داده شد به این نتیجه رسیدند که همه کادمیوم برداشت شده توسط موجود بدون هیچ‌گونه دفعی حداقل طی یک دوره‌ی ۲۸ روزه در بدن آن‌ها باقی ماند (Rainbow

مطالعاتی (*Gammarus sp.* و رسوب) پس از شروع آزمایش و با در معرض قرار گرفتن با آلاینده فلزی، نرخ جذب افزایش پیدا کرد، و در طی یکی از بازه‌های زمانی به اوج خود رسیده و سپس کاهش معنی‌داری یافت. تحقیقات نشان داد که هر افزایشی در مقدار فلز کادمیوم در محیط چه به صورت محلول یا در رژیم غذایی باعث افزایش نرخ جذب در بدن این موجودات می‌شود (Rainbow, 2002). با افزایش زمان مجاورت با فلز کادمیوم، نرخ تغذیه و فعالیت‌های مربوط به هواگیری و نرخ تنفس کاهش می‌یابد در نتیجه کاهش جذب فلزات اتفاق می‌افتد (Felten *et al.*, 2008). چرا که آلاینده فلزی باعث کاهش حرکات پاهای آبششی (Pleopod) شده و در نتیجه نرخ عبور آب از روی آبشش‌ها کاهش می‌یابد (Vellinger *et al.*, 2012).

به طور کلی با افزایش غلظت فلز کادمیوم در محیط، مقدار آن در بدن *Gammarus* افزایش یافت و از طرفی به علت پراکنش وسیع و دسترسی آسان، احتمالاً می‌تواند گونه مناسبی برای پایش آلودگی‌های ناشی از فلز کادمیوم و تجمع دهنده خوبی برای این فلز باشد. بعلاوه با توجه به ارتباط معنی‌دار میزان جذب رسوب و گاماروس، رسوبات دریای خزر نیز می‌توانند به‌عنوان شاخص مناسبی از آلودگی فلز کادمیوم در سواحل در نظر گرفته شوند.

Gammarus sp. با رسوبات مشاهده شد. به این صورت که با افزایش غلظت آلاینده در محیط، بخش عمده آن توسط گاماروس جذب شده و ذرات رسوبات فقط قادر به جذب بخش کوچکی از آلاینده‌ها می‌باشند. نکته قابل توجه این است که مصرف رسوبات یک منبع مهم برای جذب فلزات سنگین توسط کفزیان می‌باشد. Chong و همکاران (۲۰۰۰) بیان داشتند که ذرات رسوبی مهم‌ترین منبع جذب فلزات سنگین توسط صدف *Perna viridis* در آب‌های هنگ‌کنگ است، و این جذب ناشی از تعلیق مجدد رسوبات در نتیجه جریانات جزر و مدی می‌باشد. مطالعات انجام شده توسط Hyun و Choon (۲۰۱۲) بر روی یک گونه سخت‌پوست نیز نشان داد که با افزایش غلظت فلز کادمیوم در رسوبات، میزان این فلزات در خرچنگ *Macrophthalmus japonicus* به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. همچنین در بعضی سخت‌پوستان مثل میگوی *Metapenaeus bennettiae* که تجمع دهنده خوبی نمی‌باشد مقدار جذب فلز کمتر از رسوب است (Lewtas and *et al.*, 2013). *Gammarus* و رسوب دیای خزر با هم در ارتباط تنگاتنگی هستند و فلز کادمیوم در بین این دو بخش در جریان می‌باشد، و البته گاماروس قادر به جذب بیشتری از این فلز می‌باشد.

نتایج نشان داد با اینکه نرخ جذب در این تحقیق از یک الگوی خاصی تبعیت نکرد ولی در هر دو بخش

References

- Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Bertht, B., Metayer, C., 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 106, 73-89.
- Bat, L., Akbulut, M., Çulha, M., Gündoğdu, A., Satilmiş, H. H., 2000. Effect of Temperature on the Toxicity of Zinc, Copper and Lead to the Freshwater Amphipod *Gammarus pulex* (L., 1758). *Turk J Zool* 24, 409-415.
- Boets, P., Lock, K., Goethals, P.L.M., Janssen, C.R., De Schamphelaere, K.A.C., 2012. A comparison of the short-term toxicity of cadmium to indigenous and alien gammarid species. *Ecotoxicology* 21, 1135-1144.
- Bryan, G. W. and Langston, W. J., 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76, 89-131.
- Bryan, G.H., 1979, Bioaccumulation in marine organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 286, 483-505.
- Chong, K., Wong, W.X., 2000. Bioavailability of sediment bound Cd, Cr and Zn to the green mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditape philippinarum*. *J. Marine Biology and Ecology* 255, 75-92.
- Choon, K. N., Hyun, J. P., 2012. Distribution of heavy metals in tidal flat sediments and their bioaccumulation in the crab *Macrophthalmus japonicus* in the coastal areas of Korea. *Geosciences Journal* 16, 153-164.
- Clark, R., 2001. "*Marine Pollution, fifth ed*". Oxford University Press, 284.
- Clason, B., Gulliksen, B., Zauke, G.-P., 2004. Assessment of two-compartment models as predictive tools for the bioaccumulation of trace metals in the amphipod *Gammarus oceanicus* Segerstråle, 1947 from Grunnfjord (Northern Norway). *Science of the total Environment* 323, 227-241.
- Cohen, T., Hee, S., Ambrose, R., 2001. Trace metals in fish and invertebrates of three California Coastal Wetlands. *Marine Pollution Bulletin* 42, 232-242.
- Dell'Anno, A., Beolchini, F., Gabellini, M., Rocchetti, L., Pusceddu, A., Danovaro, D., 2009. Bioremediation of petroleum hydrocarbons in anoxic marine sediments: Consequences on the speciation of heavy metals. *Marine Pollution Bulletin* 58, 1808-1814.
- De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., 2002. ASTP: contaminant screening programme. Final report: interpretation of Caspian Sea sediment data.
- De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 48, 61-77.
- Felten, V., Charmantier, G., Mons, R., Geffard, A., Rouselle, P., Coquery, M., Garric, J., Geffard, O., 2008. Physiological and behavioural responses of *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) exposed to cadmium. *Aquatic Toxicology* 86, 413-425.
- Hakanson, L., Jansson, M., 1983. *Principles of Lake Sedimentology*. Springer-Verlag, 350.
- Karadede-Akin, H., Ünlü, E., 2006. Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey. *Environ Monit assess* 131, 323-337.
- Lewtas K. L. M., Birch G. F., Foster-Thorpe C., 2013. Metal accumulation in the greentail prawn, *metapenaeus bennettiae*, in Sydney and port Hacking estuaries, *Astral. Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-013-1961-x.
- Palpandi, C., Kesavan, K., 2012. Heavy metal using *Nerita crepidularia* – mangrove mollusk from the estuary, Southern coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical biomedicine* 358-367.
- Pourang, N., 1996. Heavy metal concentrations in surficial sediments and benthic macroinvertebrates from Anzali wetland, Iran. *Hydrobiologia* 331, 53-61.

- Rainbow, P.S., 2007. Trace metal bioaccumulation: models, metabolic availability and toxicity. *Environment International* 33, 576-582.
- Rainbow, P. S., 2002. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution* 120, 497-507.
- Rainbow, P.S., 1998. Phylogeny of trace metal accumulation in crustaceans. In: Langston, W. J., Bebianno, M (eds) *Metal metabolism in aquatic environments*. Chapman and Hall, London. 285-319.
- Rainbow, P. S., White, S. L., 1989. Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. *Hydrobiologia* 174, 245-62.
- Saeki, K., Okazaki, M., Kubota, M., 1993. Heavy metal accumulations in a semi-enclosed hypereutrophic system: Lake Teganuma, Japan. *Water, Air and Soil Pollution* 69, 79-91.
- Salomons, W., de Rooij, N.M., Derdijk, H. and Bril, J., 1987. Sediments as a source for contaminants. *Hydrobiologia* 149, 13-30.
- Schlekat, T. H., Chandler, G. T., Shaw, T. J., 2000. Acute toxicity of five sediment-associated metals, individually and in a mixture, to the estuarine *meiobenthic harpacticoid* copepod *Amphiascus tenuiremis*. *Marine Environmental Research* 51, 247-264.
- Sogut, O., and Yalcin, G., 2005. Determination of trace metal levels in *Mytilus galloprovincialis* collected from Izmir Bay, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 14, 777-782.
- Vellinger, C., Parant, M., Rousselle, Ph., Immel, F., Wagner, Ph., Usseglio-Polatera, Ph., 2012. Comparison of arsenate and cadmium toxicity in a freshwater amphipod (*Gammarus pulex*). *Environmental Pollution* 160, 66-73.

Comparison between biotic (*Gammarus sp.*) and abiotic (Coastal sediment) absorption performances in Caspian Sea Coast

Anoosha Attaran^{1†*}, Arash Javanshir khoei¹, Arash Salahinejad¹, Razieh Lak², Soheil Eagderi¹

¹Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

²Research institute for earth sciences, Geological Survey of Iran

Received: 19-Apr.-2014

Accepted: 11-Mar-2015

Abstract

The crustacean *Gammarus sp.* lives in sediment at coastal zones having an important role on food chains. It also transfers energy to higher trophic levels *i.e.* fishes and birds. The littoral zone of the Caspian Sea receives many pollutants from the sea and the land. Cadmium can be found naturally in low concentrations in the environment but human intervention, anthropological discharge connected to the urban and industrial activities raise the concentration of heavy metals in costal sediment and aquatic ecosystems. In the present study, *Gammarus sp.* was selected as a test organism because it is the abundant in southern coast of the Caspian Sea. This crustacean absorbs metals from food or water. The concentration of cadmium in the present experiment was lower than LC50. Samples were collected from the submerged mesocosm different times, *i.e.* 0 (control), 30, 60, 90, 150, 210 and 270 minutes. After preparing the sediment and *Gammarus* samples, cadmium concentration were determined using an ICP-OES. Significant differences (using ANOVA) were observed among exposure times. A t-test indicated that there was a significant difference between *Gammarus* and sediment in cadmium uptake. In conclusion, the present study indicated that cadmium absorption by *Gammarus* and sediment was a function of the exposure time and accumulation of this metal, increases over time.

Keywords: *Gammarus*, sediment, cadmium, Caspian Sea, biotic absorption

* Corresponding Author: Phone: +98-263223044 Email: attaran.anoosha@yahoo.com