شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

دوره ۷۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

صفحات ۲۹۴-۲۸۴

بررسی نرخ جذب و فیلتراسیون فلزات سنگین کادمیوم (Cd) و سرب (Pb) توسط صدف *Mytilaster lineatus* در دریای خزر

آرش صلاحی نژاد[۱]، آرش جوانشیر خویی*[۲]، هادی پورباقر[۲]، سهیل ایگدری[۲]، انوشا عطاران[۱]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

آلاینده‌ها شامل فلزات سنگین به‌صورت طبیعی به مقدار کم در طبیعت یافت می شوند، اما در سال‌های اخیر، همراستا با افزایش جمعیت و توسعه صنعتی کشورها، بار آلودگی آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی مانند دریای خزر افزایش یافته است. بی‌مهرگان دریایی از جمله دوکفه‌ایی‌ها فلزات سنگین ضروری و غیر ضروری پیرامون خود را جذب کرده و موجب انتقال آنها در شبکه‌ی غذایی به سمت راس هرم می‌شود. از اینرو به جهت ساکن بودن در منطقه، حساسیت بیشتری به تجمع این مواد داشته و می‌توانند شاخص زیستی مناسبی برای ارزیابی آلاینده‌های فلزات سنگین باشند. تحقیق حاضر با هدف بررسی نرخ فیلتراسیون دوکفه‌ایی *Mytilaster lineatus* در معرض دو فلز کادمیوم (با دو غلظت ۶۲ و ۶۲۰ میکروگرم بر لیتر) و سرب (با دو غلظت ۶/۲ و ۶۲ میلیگرم بر لیتر) محلول در آب و توانایی این گونه در کاهش این فلزات انجام شد. این آزمایش به‌صورت در محل و در شرایط مزوکوزم صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در نرخ فیلتراسیون دو فلز سرب و کادمیوم مشاهده می‌گردد. این گونه در مواجهه با فلز سرب نرخ پالایش بالاتری داشت. همچنین شاخص زیستی مناسبی برای ارزیابی آلاینده فلز کادمیوم در محیط‌های آبی می‌تواند باشد.

واژگان کلیدی: **فلزات سنگین، سرب، کادمیوم،دریای خزر، نرخ فیلتراسیون.**

* نویسنده مسئول: تلفن: ۹۸۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴+ ایمیل: arashjavanshir@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

دریای خزر بزرگترین توده‌ی آبی در بین آب‌های داخلی است که در یک صد سال گذشته تحت تاثیر فعالیت‌های مربوط به صنعت نفت و سایر صنایع شاهد افزایش آلاینده‌های شیمیایی مانند فلزات سنگین بوده است. فلزات سنگین آلاینده‌های زیست محیطی گسترده‌ای هستند که از هر دو منبع طبیعی و انسانی وارد محیط‌های دریایی می‌شوند و به‌عنوان تهدیدی برای سلامت و بقای بسیاری از آبزیان از جمله سخت-پوستان و نرمتنان محسوب می‌شوند (Lorenzeon, 2001). فلزات سنگین به صورت طبیعی به مقدار بسیار کم در آب دریا مشاهده می‌شوند اما توسعه‌ی صنعتی و افزایش جمعیت جهانی سبب افزایش آنها شده است (Yilmaz and Yilmaz, 2007). بعضی از این فلزات سنگین حتی در غلظت‌های پایین نیز سمی و خطرناک می‌باشند (Karadede and Unlu, 2007)، زیرا به سادگی توسط فیتوپلانکتون‌ها و بی‌مهرگان دریایی جذب می‌شوند (Diagomonilin, 2004).

از جمله راه‌های بررسی آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین، استفاده از گونه‌های مناسب به‌عنوان شاخص زیستی می‌باشد (Ahsanullah, 1981). در این بین بی‌مهرگان آبزی، فلزات سنگین ضروری و یا غیرضروری را از طریق غذا یا آب محیط اطراف جذب کرده (Eliser, 1981) و به‌واسطه خصوصیت فیزیولوژیکی آنها را دفع یا برای یک هدف متابولیک مصرف و یا ذخیره می‌نمایند (Rainbow, 2002). از این‌رو صدف‌ها و کفزیان کم تحرک، به علت عدم مهاجرت از ناحیهٔ آلوده، می‌توانند به‌عنوان شاخص زیستی مناسبی مطرح باشند (Green *et al*., 1990). حساسیت سخت‌پوستان و نرمتنان به فلزات سنگین توسط محققین اثبات شده است (Lorenzon *et al*., 2001) و تجمع فلزات سنگین در بدن آبزیان براساس جایگاه آن‌ها در زنجیرهٔ غذایی به سمت رأس هرم و به صورت تجمع بیولوژیک باعث بزرگ‌نمایی بیولوژیک می‌گردد (Rainbow and White, 1989).

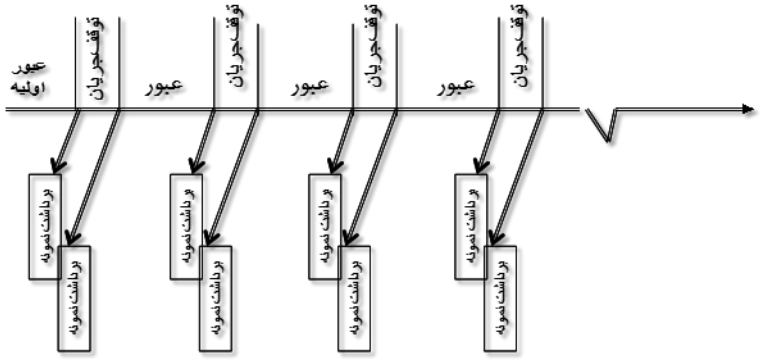
از جمله کفزیان مناسب به‌عنوان شاخص زیستی در دریای خزر صدف *Mytilaster lineatus* (Gemlin, 1791) از خانواده‌ی Mytilidae است که گونه‌ایی ناخواسته و مهاجم در دریای خزر بوده و توانسته است خود را با شرایط محیطی آن سازگار کند. این گونه یکی از زیتوده‌های مهم دریای خزر محسوب می شود که در رقابت بالایی با سایر نرمتنان مثل جنس *Dreissena* می‌باشد. همچنین این گونه به‌دلیل سازگاری بالایی با محیط، گونه‌ای مناسب برای بررسی جذب فلزات از محیط می باشد. چراکه به راحتی می-تواند دامنه‌ی وسیعی از اکسیژن پایین را تحمل کرده و حتی شرایط بدون آب را تا ۲ هفته در درجه حرارت ۲۰-۲۴ تحمل می‌کند (Malinovskaya and Zinchenka, 2009). شرایط مطلوب شوری برای *M. lineatus*، ۱۲ تا ۲۰ درصد می‌باشد (Mordukhai and Boltvskoi, 1960) و همین عامل شوری سبب شده در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر بیومس بالاتری را نسبت به سایر مناطق داشته باشد. *M. lineatus* جانوری ثابت و فیلتر فیدر به‌عنوان مصرف کننده‌ی اولیه پلانکتون‌ها است (Briskina, 1952). از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی میزان نرخ جذب و حذف دو فلز سنگین کادمیوم و سرب توسط گونه‌ی *M. lineatus* از محیط دریای خزر در دو بخش شامل اندازه‌گیری نرخ پالایش در معرض آلاینده و بررسی توانایی صدف در کاهش غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم به اجرا درآمد. این دو فلز در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر دارای بالاترین غلظت می‌باشند (de Mora *et al*., 2004). با توجه به نقش *M. lineatus* در خودپالایی اکوسیستم‌های دریایی، نتایج این تحقیق می‌تواند به درک فرآیند استفاده از این موجودات به‌عنوان یک تکنولوژی مناسب حذف زیستی در جهت حذف آلاینده‌های سمی و کاهش بار مغذی کمک نماید.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق، صدف‌های مورد بررسی از منطقه‌ی سیسنگان استان مازندران (N"۰۱'۳۸/۳۵°۳۶ و E"۱۱' ۴۸/۵۰°۵۱) از محیط برداشت و جهت زدودن آلودگی‌ها و رسوبات مورد شست و شو قرار گرفتند و مقدار ۵۰ گرم دوکفه‌ایی *M. lineatus* درون ظروف ۱/۵ لیتری جهت آزمایش مستقر گردیدند. در این مطالعه دو تیمار حداقل µg L^{-1} ۶۲ و حداکثر µg L^{-1} ۶۲۰ برای کادمیوم و حداقل

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ – برنامه‌ی عبور و توقف جریان حاوی محلول فلزات سنگین.

$6/2\ mg\ L^{-1}$ و حداکثر $62\ mg\ L^{-1}$ برای سرب انتخاب شد. محلول فلزی کادمیوم با استفاده از کلرید کادمیوم ($CdCl_2$) و محلول فلزی سرب با استفاده از نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) (Merk) تهیه شد.

آزمایش در شرایط Mesocosme و در سیستم باز انجام گرفت. به عبارت دیگر در این سیستم جریان ورودی، پس از گردش در سیستم، وارد ظروف خارجی شد و سپس از سیستم خارج گردید. در ابتدای آزمایش آب دریا با فیلتر۵۵ میکرونی فیلتر شد تا از ورود ذرات مزاحم جلوگیری شود. سپس محلول های فلزی با غلظت‌های تعیین شده در مخازن ۱۵ لیتری تهیه گردیدند. به‌دلیل این‌که این موجودات در ناحیه امواج زندگی می‌کنند، سیستم آزمایشی در عمق کمتر از نیم متری منطقه‌ی ساحلی قرار داده شد. پس از طی مراحل آداپتاسیون موجودات به شرایط جدید (حدود نیم ساعت) به تناوب جریان حاوی آلاینده از آنها عبور داده شد. به این صورت که آب حاوی محلول‌های فلزی پس از هوادهی در ظروف ۱۵ لیتری از طریق لوله‌های PVC به ظروف ۱/۵ لیتری منتقل شد.

آزمایش به این ترتیب بود که موجود به مدت ۱۵ دقیقه در عبور آب و فلزات سنگین قرار گرفت، پس از اتمام این زمان دریچه آب بسته شد و از خروجی فلاسک نمونه‌برداری انجام شد و جریان آب به مدت ۵ دقیقه بسته باقی ماند تا میزان جذب موجود در زمان عبور جریان اندازه گیری شود و برای ۱۵ دقیقه دوم مهیا شود. در پایان ۵ دقیقه مجدداً از آب نمونه‌برداری انجام شد و پس از ۵ دقیقه جریان وصل شد به این دلیل که غلظت واقعی فلزی که موجود در معرض آن قرار می‌گرفت در هر مرحله دقیقاً مشخص باشد. موجود به مدت ۱۵ دقیقه مجدداً در معرض عبور قرار گرفت، در پایان ۱۵ دقیقه بعد از باز شدن جریان، دوباره نمونه‌برداری صورت گرفت و مجدداً ۵ دقیقه جریان قطع شد. این تناوب تا پنج بار تکرار گردید. پیش فرضی این آزمایش آن است که صدف در هر بار پریود جریان در معرض آلاینده با غلظت قبلی قرار می‌گیرد و ۱۵ دقیقه زمان دارد تا آن غلظت را در محیط کاهش دهد. در زمان بعدی یعنی ۱۵ دقیقه دوم (۲۰ دقیقه بعد از شروع آزمایش) دوباره در معرض آلاینده جدید قرار می‌گیرد که می‌بایست آن را کاهش دهد (شکل ۱).

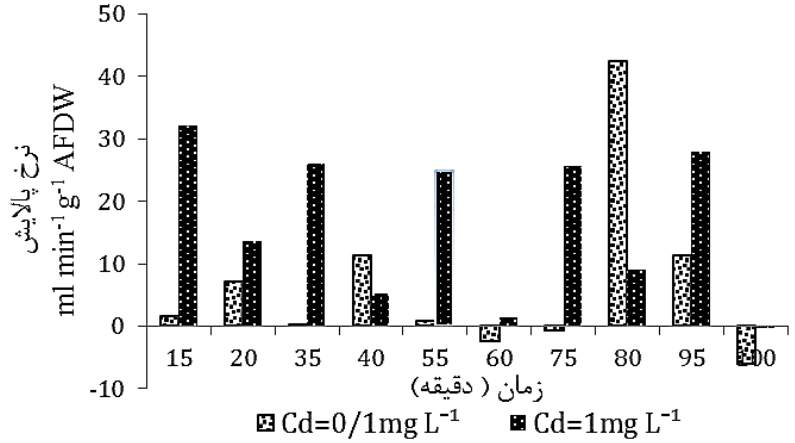
میزان فلزات سنگین در ورودی و خروجی محفظه پایش در فواصل زمانی ۱۵و ۵ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت شد. بدین ترتیب که غلظت اولیه (C_0) عبارت بود از غلظت فلز در زمان صفر یا در شروع آزمایش و غلظت ثانویه (C_1) عبارت است از غلظت فلز پس از فیلتراسیون صدف در زمان ۱۵ دقیقه در خروجی ظرف پایش. از مزیت‌های این روش اندازه‌گیری فاکتورهای مورد بررسی در پالایش صدف، در جایگاه طبیعی (In situ) می‌باشد. زیرا عوامل مختلف محیطی که در میزان پالایش صدف دخیل هستند، در شرایط آزمایشگاهی حذف می‌شوند (Widdos, 2001).

در طول دوره آزمایش فاکتورهای آب مثل (دما، شوری، اکسیژن و pH) اندازه‌گیری و سعی شد زمان‌هایی آزمایش انجام شود که حداقل تغیرات در محیط باشد (دما= ۱±۲۲، pH=۸/۵، شوری=۹/۷۳، اکسیژن محلول در آب=$9/2\ mg\ L^{-1}$). مخزن اصلی که آلودگی از طریق آن به سیستم وارد می‌شد و دائما توسط پمپ باطری دار هوادهی شد تا اکسیژن عامل محدود کننده برای فیلتراسیون صدف نباشد.

در هر بار نمونه‌گیری از آب مقدار ۴۵ mL از توده‌ی آبی درون مخازن برداشت شد و به‌منظور تثبیت

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ – نرخ پالایش صدف در معرض فلز سنگین کادمیوم.

نمونه‌های آب جهت آنالیز فلزات سنگین، به آن مقدار ۵ سی‌سی اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه شد و نمونه‌ها تا زمان آنالیز با دستگاه ICP در دمای کمتر از ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و در محیط تاریک نگه‌داری شدند (Marcovecchiio, 2007). آزمایشات مورد نظر برای اندازه‌گیری فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) به صورت مجزا انجام گرفت. برای محاسبه نرخ فیلتراسیون صدف در مورد هر فلز از وزن خشک بدون خاکستر استفاده گردید (JØrgensen, 1990) که از فرمول زیر محاسبه گردید:

وزن خاکستر - وزن خشک=وزن خشک بدون خاکستر

عدد پایش (*Filtration rate*) نیز از رابطه (JØrgensen, 1990)زیر محاسبه شد:

$$V_w = V \frac{Ln(CT_0) - Ln(CT_n)}{T \times W}$$

که در آن V_w میزان پایش (میلی لیتر در دقیقه به ازای وزن خشک بدون خاکستر)، V حجم ظرف (میلی لیتر)، CT_0 غلظت فلز سنگین در زمان صفر (میکرو گرم در لیتر)، CT_n غلظت فلز سنگین در پایان دوره زمانی (میکروگرم در لیتر)، T زمان آزمایش برحسب دقیقه و W وزن جانور برحسب وزن خشک بدون خاکستر برحسب گرم (AFDW) بود. در این تحقیق برای بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای Excel و SPSS ۱۸ با استفاده از آزمون Split plot برای بررسی اختلافات بین فلز، غلظت و زمان استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. نرخ پالایش

۱.۱.۳. نرخ پالایش صدف‌های در معرض فلز کادمیوم (Cd)

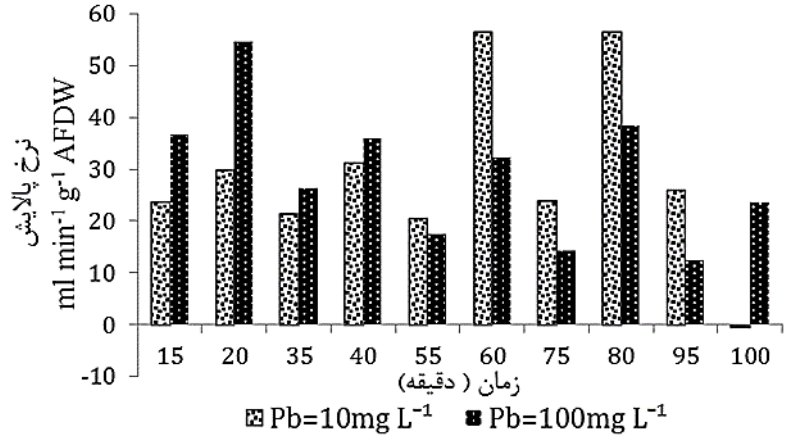
شکل ۲ نرخ پالایش صدف های در معرض فلز کادمیوم را نشان می دهد. میانگین نرخ پالایش صدف-ها در معرض تیمار فلز کادمیوم ۶۲ µg L برابر با ۶/۷۷ mL min^{-1} g^{-1} AFDW با بیشترین نرخ پالایش برابر با ۴۲/۳۵ mL min^{-1} g^{-1} AFDW در ۸۰ دقیقه و کمترین ۶/۰۷- mL min^{-1} g^{-1} AFDW در ۱۰۰ دقیقه بود. میانگین نرخ پالایش صدف‌ها در معرض تیمار کادمیوم ۶۲۰ µg L^{-1} برابر با mL min^{-1} ۱۶/۵۵ g^{-1} AFDW بود که بیشترین نرخ پالایش در ۱۵ دقیقه اول انجام شد که برابر با mL min^{-1} g^{-1} AFDW ۳۲/۱۵ بود و کمترین نرخ پالایش نیز در ۱۰۰ دقیقه برابر با ۰/۲۲ mg L^{-1}- به‌دست آمد (شکل ۲).

۲.۱.۳. نرخ پالایش صدف‌ها در معرض فلز سرب (Pb)

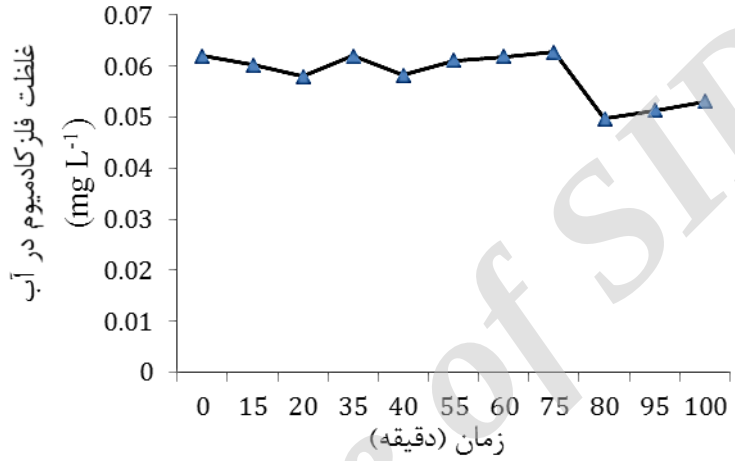
شکل ۳ نرخ پالایش صدف‌های در معرض فلز سرب را نشان می دهد. میانگین نرخ پالایش صدف‌های در معرض فلز سنگین سرب ۶/۲ mg L^{-1} برابر است با ۲۸/۸۲ mL min^{-1} g^{-1} AFDW و بیشترین نرخ پالایش برابر است با ۵۶/۵۱ mL min^{-1} g^{-1} AFDW که در ۶۰ دقیقه رخ داد. کمترین میزان پالایش نیز در ۱۰۰ دقیقه اندازه‌گیری شد که برابر با ۰/۴۴- بود. میانگین نرخ پالایش صدف‌های در معرض ۶۲ mg L^{-1} سرب برابر با ۲۹/۲۲ mL min^{-1} g^{-1} AFDW بود. بیشترین مقدار نرخ پالایش در ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳ – نرخ پالایش صدف در معرض فلز سنگین سرب.



شکل ۴ – کاهش غلظت فلز سنگین کادمیوم $62\mu g\ L^{-1}$ در آب در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای.

شد که برابر با $54/52\ mL\ min^{-1}\ g^{-1}$ AFDW است و کمترین مقدار پالایش نیز با $mL\ min^{-1}\ g^{-1}$ AFDW ۱۲/۴۴ در ۹۵ دقیقه اندازه‌گیری شد.

۱.۳. کاهش غلظت فلزات سنگین

۲.۳. ۱. نمونه‌های در معرض فلز کادمیوم

کمترین غلظت اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها، $0/049\ mg\ L^{-1}$ بود که در زمان ۸۰ دقیقه اندازه‌گیری شده است و بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده نیز $0/062\ mg\ L^{-1}$ بود که در زمان ۷۵ دقیقه اندازه‌گیری شد (شکل ۴). میانگین غلظت کادمیوم کاهش یافته در این بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای برابر با $0/004\ mg\ L^{-1}$ است. کمترین غلظت مشاهده شده در نمونه حاوی صدف برابر است با $0/336\ mg\ L^{-1}$ که در زمان ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد، بیشترین غلظت مشاهده شده در زمان ۵۵ دقیقه اندازه‌گیری شد که برابر با $0/41\ mg\ L^{-1}$ می باشد (شکل ۵). میانگین غلظت کاهش یافته کادمیوم در این بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای برابر با $0/232\ mg\ L^{-1}$ بود.

۲.۳. ۲. نمونه‌های در معرض فلز سرب

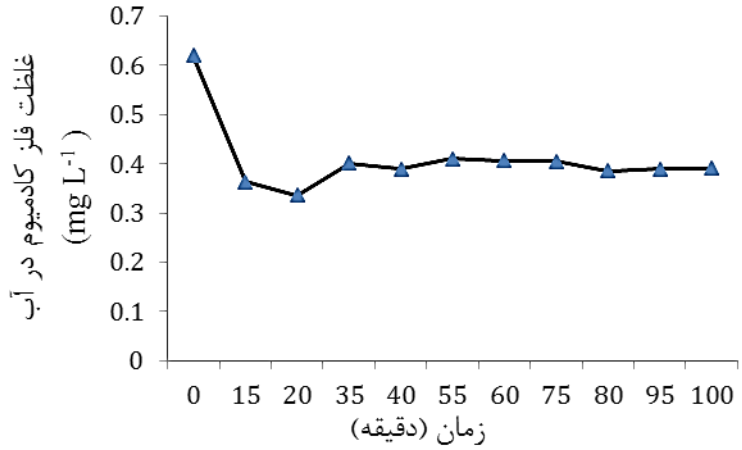
کمترین غلظت سرب در نمونه حاوی صدف برابر با $3/05\ mg\ L^{-1}$ بود که در زمان ۸۰ دقیقه اندازه‌گیری شد، بیشترین غلظت فلز سرب نیز در زمان ۵۵ دقیقه اندازه‌گیری شد که برابر با $4/42\ mg\ L^{-1}$ بود (شکل ۶). میانگین کاهش یافته غلظت کادمیوم در این بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای برابر با $2/005\ mg\ L^{-1}$ است.

کمترین غلظت مشاهده شده در نمونه حاوی صدف برابر با $24/9\ mg\ L^{-1}$ بود که در زمان ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد و بیشترین غلظت نیز در زمان ۱۵ دقیقه که برابر با $50/4\ mg\ L^{-1}$ بود (شکل ۷). میانگین کاهش یافته غلظت کادمیوم در این بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ایی برابر با $22/076\ mg\ L^{-1}$ است.

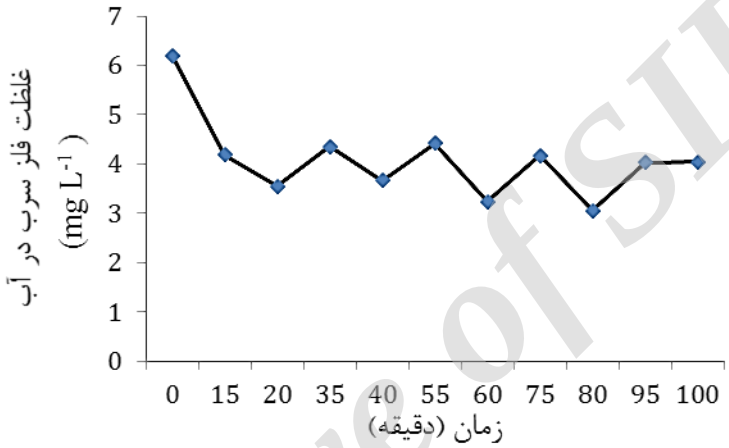
بر اساس نتایج آنالیز Split plot، تفاوت معنی داری در میانگین نرخ پالایش صدف

Archive of SID

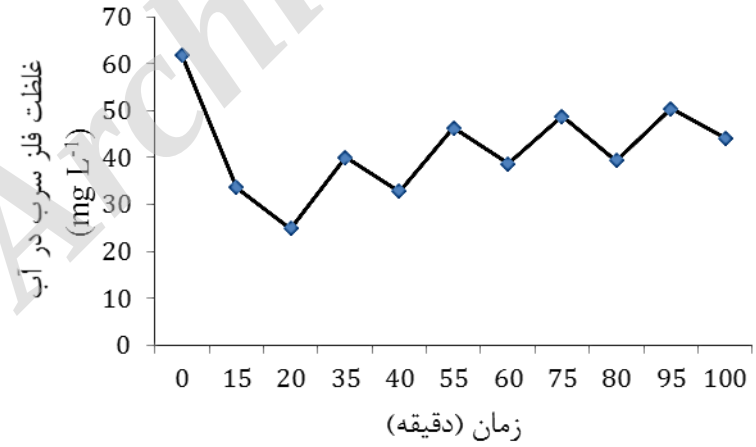
www.SID.ir



شکل ۵ – کاهش غلظت فلز سنگین کادمیوم $620\mu g\ L^{-1}$ در آب در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای.



شکل ۶ – کاهش غلظت فلز سنگین سرب $6/2mg\ L^{-1}$ در آب در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای.



شکل ۷ – کاهش غلظت فلز سنگین سرب $62mg\ L^{-1}$ در آب در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ای.

M. lineatus بین فلز کادمیوم و سرب یافت شد (P=۰/۰۱۹، $F_{1,9}$ =۸/۱۴۵) (شکل ۸).

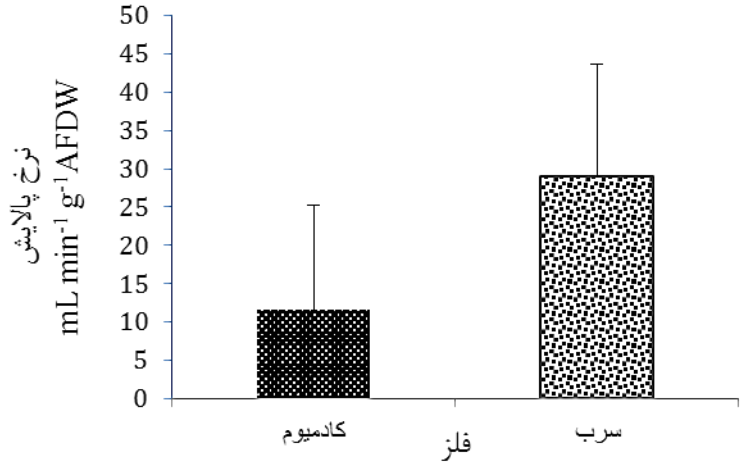
نتایج آنالیز Split plot تفاوت معنی‌داری در زمان‌های آزمایش نشان نداد (P=۰/۴۹۶، $F_{9,9}$ =۱/۰۰۷) (شکل ۹). همچنین بین دو غلظت فلزات استفاده شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۴۶۸، $F_{1,18}$ =۰/۵۴۹) (شکل ۱۰)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

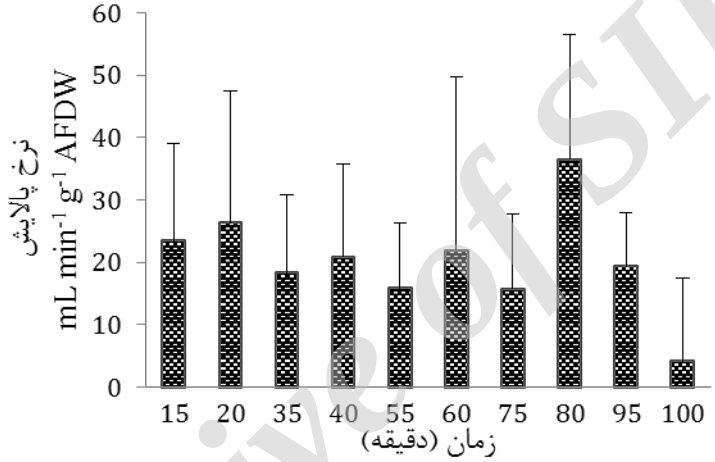
به دلیل عدم امکان پایش تمام گونه‌های موجود

Archive of SID

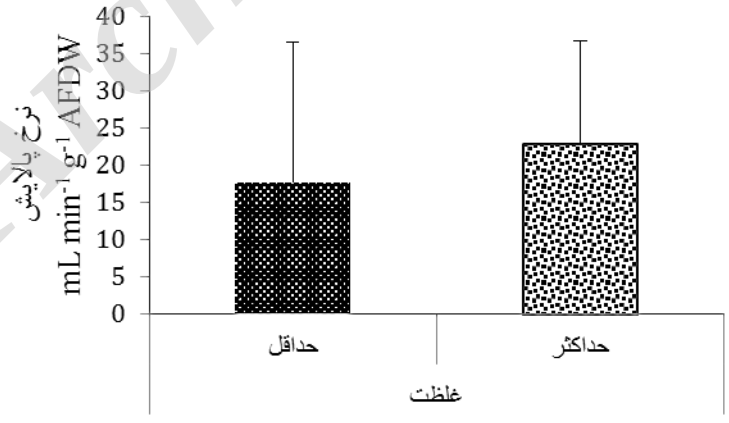
www.SID.ir



شکل ۸ – نرخ پالایش صدف *Mtilaster lineatus* بین دو فلز سرب و کادمیوم.



شکل ۹ – نرخ پالایش صدف *Mtilaster lineatus* در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ دقیقه‌ایی (میانگین + SD).



شکل ۱۰ – نرخ پالایش صدف *Mtilaster lineatus* در دو غلظت حداقل و حداکثر (میانگین + SD).

در یک بوم سازگان، شناسایی گونه هایی شاخص جهت ارزیابی زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (Di Giuliu and Hinton, 2008). در سال‌های اخیر محققین توجه خود را بر شناسایی موجودات از قبیل نرمتنان به‌عنوان شاخص زیستی احتمالی، معطوف داشته‌اند. این شناسایی موجب فهم استراتژی‌های مختلف تجمع زیستی فلزات سنگین در این موجودات شده است. همچنین این موجودات از لحاظ اکولوژیکی

Archive of SID

www.SID.ir

و اقتصادی مهم بوده و دارای تنوع اکولوژیکی بالا در زیستگاه‌های آبی هستند (Williams and Dusenbery, 1990). از دوکفه‌ای‌ها به صورت گسترده‌ایی جهت پایش زیستی آلودگی فلزات سنگین استفاده شده است (Peerzada *et al.*, 1990; Liang *et al.*, 2004) که این امر به دلیل خصوصیات زیستی و بوم‌شناختی این موجودات از قبیل فراوانی بالا، ساکن بودن، طول عمر نسبی مناسب، جمع‌آوری آسان نمونه می‌باشد که آن‌ها را جهت پالایش زیستی مناسب می‌گردانند (Bu-Olayan and Subrahamanyam, 1997). همانطور که نتایج نشان داد گونه‌ی *M. lineatus* به دلیل سازگاری بالا در سواحل خزر جنوبی و به‌عنوان شکل غالب شاخص مناسبی برای ارزیابی آلودگی‌های ناشی فلزات سنگین می تواند باشد.

۱.۴. توانایی صدف *M. lineatus* در کاهش غلظت کادمیوم

بر اساس نتایج، کاهش فلزات وابسته به زمان نبود. همچنین مشخص شد که در بعضی زمان‌ها، موجود مقداری از فلز جذب شده در مراحل قبل را به محیط پس داده است. به‌طور کلی از نتایج این آزمایش چنین می‌توان برداشت نمود که این گونه دارای مکانیسم‌های کنترل کننده، جهت تنظیم غلظت فلز کادمیوم (حداقل در طی دوره‌ی کوتاه آزمایش و در غلظت‌های استفاده شده) در بدن خود می‌باشد. توانایی نرمتنان در تنظیم غلظت برخی از فلزات سنگین در سایر مطالعات نیز مشاهده گردیده است. براساس مطالعات Sidoumoun و همکاران (۱۹۹۷) بر روی نرمتن *Donax rugosus* مشخص شد که غلظت کادمیوم موجود در نرمتنان تابعی از غلظت کادمیوم موجود در محیط است، این پدیده نشان می‌دهد که فرایند انتشار در جذب کادمیوم موثر است (Viarengo, 1989). محققین میزان جذب و انباشت دو فلز سنگین مس و روی را در اندام‌های هدف یک گونه شکم‌پای *Littorina littorea* را مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که یک مکانیسم تنظیمی برای مس در غلظت‌های پایین مشاهده شده، در حالی که این مکانیسم در غلظت‌های بالا مشاهده نشد، اما بالعکس مکانیسم تنظیم روی در غلظت‌های بالا بهتر مشاهده شد (Soto *et al.*, 1997). در مطالعه‌ایی دیگر بیان شد که دو کفه‌ایی *Saccostrea cucullata* قادر به تنظیم فلز مس در بدن خود می‌باشد اما توانایی تنظیم فلز کادمیوم را ندارد (Azarbad *et al.*, 2010). به‌طور کلی با توجه به این نکته که میانگین میزان کاهش غلظت فلز کادمیوم در صدف *M. lineatus* کم بوده، یا به‌عبارت بهتر این گونه توانایی کمی در کاهش غلظت فلز کادمیوم و جذب و انباشت آن از فاز محلول دارد، بنابراین احتمالاً نمی‌تواند به‌عنوان گونه‌ای مناسب جهت پایش زیستی این فلز معرفی گردد.

۲.۴. توانایی صدف *M. lineatus* در کاهش غلظت سرب

نتایج نشان داد که، این گونه در مواجهه با فلز سرب دارای فیلتراسیون بالاتری بود. این موضوع بیانگر توانایی بالای این دوکفه‌ایی در جذب و انباشت فلز سرب (حداقل در طی این دوره‌ی آزمایش) می‌باشد. به بیان دیگر زمانی که این گونه در معرض فلز سرب قرار گرفت تنها عمل جذب را انجام داد و هیچگونه دفع فلز به محیط صورت نگرفته یا میزان دفع بسیار ناچیز بود. بنابراین چنین نتیجه می‌شود که این گونه فاقد مکانیسمی جهت کاهش غلظت فلز سرب در بافت‌ها و اندام‌های خود است. در آزمایشی در تالاب انزلی بر روی گونه‌های *Chironomidae* و *Tubifex tubifex* و *M. lineatus* و *Corbicula fluminalis* انجام شد، بالاترین میزان غلظت فلزات سنگین سرب و روی در گونه‌ی *M. lineatus* اندازه‌گیری شد و مشخص شد که غلظت فلز سرب و روی به ترتیب ۲۴/۳ و ۲۶۲/۹ میکروگرم بر گرم در وزن خشک این گونه اندازه‌گیری شد که این غلظت‌ها ۲۹۵۰ و ۳۹۷/۱ برابر محیط پیرامون این موجود بوده است (Pourang, 1996).

براساس نتایج میزان کاهش غلظت فلز سرب در آب توسط این گونه، وابسته به زمان خاصی نیست و این میزان کاهش با نوسات متفاوتی تا پایان دوره آزمایش مشاهده گردید. همچنین مشخص شد که با افزایش غلظت، نرخ جذب افزایش پیدا کرد (حداقل در این بازه‌ی زمانی). Amiar و همکاران (۱۹۸۷) نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌اند که با افزایش غلظت فلزات کادمیوم و سرب از ۰/۱ $\mu g\ L^{-1}$ به ۱۰۰ $\mu g\ L^{-1}$در محیط، غلظت این فلزات به صورت خطی در نرمتنان (*Mytilus edulis*, *Littorina littorea*) افزایش یافته است، همچنین نشان داده شد که غلظت سرب بیشتر از غلظت کادمیوم تجمع یافته در بدن است.

در این مطالعه مشخص شد که بین غلظت‌های فلزی استفاده شده در این آزمایش (در این بازه‌ی زمانی) تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و به همین دلیل تغییری در نرخ فیلتراسیون و همچنین سمیتی مشاهده نشد. سمیت حاصل از فلزات سنگین به صورت مستقیم وابسته به غلظت تجمع یافته در بدن موجود نمی‌باشد، زیرا فلزات تجمع یافته اغلب به صورت سم-زدایی شده در قسمت‌هایی از بدن که از دسترس متابولیکی خارج هستند ذخیره می‌شوند (Daka, 2005). سمیت زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار این فلزات از حد آستانه خود بالاتر رود، در واقع نرخ ورود فلزات به بدن از نرخ سم‌زدایی و دفع تجاوز کند (Rainbow and Luoma, 2011).

مطالعات گوناگونی بر روی بی‌مهرگان دریایی صورت گرفته و مشخص شده که گونه‌های متفاوت دارای پتانسیل‌های متفاوت، در تجمع زیستی برخی فلزات دارند. تجمع فلزات سنگین در نرمتنان به گونه-های مختلف و توانایی آنها در تنظیم و تجمع هر فلز بستگی دارد (Otchere *et al*., 2003). تفاوت غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در هر گونه شاهدی است بر این موضوع که نشان می‌دهد این ارگانیسم‌ها دامنه‌ایی از ظرفیت‌های تجمع پایین تا تجمع خیلی بالا از عناصر مشخص را دارند (Paez-Osuna *et al*., 2000). بی-مهرگان دریایی به‌خوبی در مناطق ساحلی سازگار شده‌اند همچنین توانایی بالایی در جذب آلاینده‌ها از محیط دارند و می‌توانند در غلظت‌های متفاوت فلزات سنگین به‌عنوان گونه‌های مناسب جهت تصفیه بیولوژیکی در این مناطق استفاده گردند. نتایج بدست آمده نشان داد که دوکفه‌ای *M. lineatus* قادر به تنظیم فلز کادمیوم در بدن خود است و می‌تواند گونه-ایی مناسب جهت ارزیابی فلز سنگین کادمیوم در محیط باشد. این گونه دارای فراوانی مناسب در مناطق ساحلی بوده و با نرخ فیلتراسیون بالایی که دارند می-تواند گونه‌ایی مناسب جهت پالایش فلز سرب در مناطق آلوده معرفی گردد.

References

Ahsanullah, M., Negilski, D.S., Mobley, M.C., 1981. Toxicity of zinc, cadmium and copper to the shrimp *Callinassa australiensis*. I. Effect of individual metals. *Marine Biology*, 64, 299-304.

Amiard, J.C., Amirad-triquet, C., Berthet, 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. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 106, 73-89.

Azarbad, H., Javanshir khoi, A., Mirvaghefi, A., Danekar, A., Shapoori, M., 2010. Biosorption and bioaccumulation of heavy metas by rock oyster *Saccostera cucullata* in the Persian Gulf. *International Aquatic Research*, 2, 1381-1387.

Briskina, M.M., 1952. Food Composition of Bottom Invertebrates in the Northern Part of the Caspian Sea. *Okeanologiya*, 1, 121-127.

Bu-Olayan, A.H., Subrahmanyam, M.N.V., 1997. Accumulation of copper, nikel, lead and zinc by snail, *Lunella coronatus* and pearl oyster, *Pinctada radiate* from the Kuwait coast before and after the gulf war oil spill. *The Science of the Total Environment*, 197, 161-165.

Daka, E.R., 2005. Heavy metal concentration in Littorina saxatilis and Enteromorpha intestinalis form Manx Esturaries. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1433-1456.

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.

Di Giuliu, R.T., Hinton, D.E., 2008. The Toxicology of fishes. C.R.C press, USA, 1071 P.

Diagomanolin V, Farhang M, Ghazi-Khansari M, and Jafarzadeh N., 2004. Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river, Iran. *Toxicology Letters*, 151(1), 63-67.

Eisler, R., 1981. Trace Metal Concentrations in Marine Organisms. Pergamon Press, Oxford.

Green, R.H., Bailey, R.C., Hinch, S.G., Metcalfe, J.L., Young V.H., 1989. Use of freshwater Mussels (Bivalve: *Unionidae*) to monitor the Nearshore Environment of lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 15, 635-644.

Jørgensen, C.B., 1990. Bivalves filter feeding: Hydrodynamics, Bioenergetics, Physiology and ecology. Olsen and Olsen. 140 P.

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.

Archive of SID

www.SID.ir

Liang, L.N., He, B., Jiang, G.B., Chen, D.Y., Yao, Z.W., 2004. Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along Chinese Bohai Sea. *The Science of the Total Environment*, 324, 105-113.

Lorenzon, S., Francese, M., Smith, V.J., Ferrero, E.A., 2001. Heavy metals affect the circulating haemocyte number in the shrimp *Palaemon elegans*. *Fish and Shellfish Immunology*, 11, 459-472.

Malinovskaya, L.V., Zinchenko, T.D., 2009. *Mytilaster lineatus* (Gmelin): Long term dynamics, distribution of invasive mollusk in the Northern Caspian Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 4, 288-295.

Marcovecchio, J.E., Botté, S.E., Freije, R.H., 2007. Heavy metals, major metals, trace elements. In: Nollet, L.M.L., Handbook of water analysis.CRC Press, Taylor and Frannsis Group, Boca Raton New York, pp. 275-312.

Otchere, F.A., Joiris, C., Holsbeek, L., 2003. Mercury in the bivalves *Anadara (Senilis) senilis*, *Perna perna* and *Crassoptera tulipa* from Ghana. *Science of the Total Environment*, 304, 369-375.

Paez-Osuna, F., Ochoa-Izaguirre, M.J., Bojorquez-Leyva, H., Michel Reynoso, I.L., 2000. Macroalgae as biomonitors of heavy metal availability in coastal lagoons from the subtropical Pacific of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 846-851.

Peerzada, N., Eastbrook, C., Guinea, M., 1990. Heavy metal concentration in *Telescopium telescopium* from Darwin Harbour, N.T., Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 21, 307-308.

Pourang, N., 1996. Heavy metal concentration in surficial sediments and benthic macroinvertebrates from Anzali wetland, Iran. *Hydrobiologia*, 331, 53-61.

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.

Rainbow, P. S., 2002. Trace metal concentration in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution*, 120, 497-507.

Rainbow, P.S., Luoma, S.N., 2011. Metal toxicity, uptake and bioaccumulation in aquatic invertebrates-Modelling zinc in crustaceans. *Aquatic Toxicology*, 105, 455-465.

Sedoumou, Z., Gnassia-Barelli, M., Romeo, M., 1997. Cadmium and calcium uptake in the mollusk *Donax rugosus* and effect of calcium channel blocker. *Bulletin of Environment Contamination Toxicology*, 58, 318-325.

Soto, M., Ireland, M.P., Marigomez, I., 1997. The contribution of metal/shell-weight index in target-tissues to metal body burden in sentinel marine mollusks. 1. *Littorina littorea*. *The Science of the total Environment*, 198,135-147.

Viarengo, A., 1989. Heavy metal in marine invertebrates: Mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Aquatic Science*, 1, 295-317.

Widdows, J., 2001. Bivalve Clearance Rates: Inaccurate Measurements or Inaccurate Reviews and Misrepresentation? *Marine Ecology Progress Series*, 221, 303-305.

Williams, P.L., Dusenbery, D.B., 1990. Aquatic toxicity testing using the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 9, 1285-90.

Yilmaz, A. B., Yilmaz, L., 2007. Influences of sex and seasons on levels of heavy metals in tissues of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus* de Hann, 1884). *Food Chemistry*, 101, 1664-1669.

Archive of SID

www.SID.ir