محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴
صفحات ۵۲-۴۵

بررسی تجمع فلزات سنگین منگنز، کادمیوم، کروم و سرب در صدف محار *Pinctada radiata* (Bivalvia: Pterioida) در جزایر هندورابی و لاوان، خلیج فارس

معین رجائی[۱]، هادی پورباقر[۲*]، حمید فرحمند[۳]، محمد صدیق مرتضوی[۴]، فریدون افلاکی[۵]، امیرحسین حمیدیان[۶]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. دانشگاه تهران، اکولوژی

۳.گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندرعباس

۵. آزمایشگاه محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی هسته ای ایران

۶.گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۹- تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۹/۹)

چکیده

این تحقیق به‌منظور سنجش میزان منگنز، کادمیوم، کروم و سرب در بخش نرم صدف مرواریدساز محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان انجام گرفت . ۴۰ عدد صدف مرواریدساز محار با غواصی و در عمق ۸-۱۰ متر از جزایر لاوان و هندورابی تهیه شد. وزن کل، وزن پوسته و وزن بخش نرم صدف‌ها اندازه‌گیری شد. غلظت‌های منگنز، کادمیوم، کروم و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد. تفاوت غلظت فلزات سنگین نمونه‌های دو جزیره با استفاده از آزمون t مستقل بررسی شد. با استفاده از آزمون پیرسون، رابطهٔ بین فلزات سنگین و وزن صدف مورد بررسی قرار گرفت. بین غلظت سرب در بخش نرم صدف محار و وزن کفه در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما بین غلظت کادمیوم، منگنز و کروم و وزن کل و وزن بخش نرم در بافت صدف محار در دو جزیره اختلاف معنی‌داری وجود داشت. آزمون پیرسون در جزیرهٔ هندورابی نشان داد که بین جذب کادمیوم و منگنز و فاکتورهای وزنی صدف محار رابطهٔ معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج این آزمون در جزیرهٔ لاوان نشان داد بین جذب کروم با وزن کل و وزن کفه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. باتوجه به نتایج فوق، جمعیت هندورابی، به‌دلیل تحمل استرس کمتر، برای بازسازی ذخایر این گونه و تکثیر مصنوعی آن پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژگان: صدف محار، فلزات سنگین، لاوان، هندورابی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۷۳۱۸۶۵
Email: poorbagher@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

دوکفه‌ای‌ها به‌دلیل توانایی در جذب فلزات سنگین به‌خوبی شناخته شده‌اند. بسیاری از برنامه‌های پایش همانند برنامهٔ Mussel Watch استفاده از دوکفه‌ای‌ها را برای نشان‌دادن آلودگی فلزات سنگین در محیط دریایی پیشنهاد می‌کنند (Beckett *et al*., 1996; Zhan-qiang *et al*., 2003). ازآنجاکه این موجودات صافی‌کننده (filter-feeder) هستند، فلزات سنگین را باتوجه به درجهٔ آلودگی محیط آبی در بافت‌هایشان انباشته می‌کنند (Zhan-qiang *et al*., 2003). بنابراین می‌توانند به‌مثابهٔ شاخص آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های دریایی به‌کار روند. صدف محار *Pinctada radiata* گونه‌ای از ردهٔ دوکفه‌ای‌هاست که همانند اکثر دوکفه‌ای‌ها توانایی جذب فلزات سنگین را دارد و یک بیواندیکاتور زیستی معرفی می‌شود (Al-Madfa *et al*., 1998; John S, 2008). این صدف ویژگی‌هایی دارد که این گونه را به موجودی مناسب برای پایش زیستی تبدیل می‌کند. از جمله اینکه توانایی جذب فلزات سنگین را در بافت‌هایش دارد و پراکنش گسترده‌ای در خلیج فارس دارد که امکان مطالعهٔ مقایسه‌ای را فراهم می‌کند. همچنین این صدف گونه‌ای تجاری است؛ درنتیجه، امکان تولید تعداد زیادی موجود از لحاظ ژنتیکی مشابه وجود دارد، که برای بررسی شرایط محیطی متفاوتِ موجوداتی با ژنوم یکسان، می‌توان آن‌ها را در اعماق متفاوت و شرایط محیطی گوناگون قرار داد. به‌نظر می‌رسد تجمع فلزات سنگین در کفه‌ها، بافت‌ها و اندامک‌های صدف محار اتفاق می‌افتد، اما Sarver و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از میکروپروب الکترونی، نشان دادند که فلزات سنگین در کفه‌های صدف محار به مقدار زیادی تجمع نمی‌یابند و نمی‌توان اختلاف معنی‌داری را در کفه‌ها مشاهده کرد (Sarver *et al*., 2003).

تعداد کارخانه‌ها و جمعیت افراد به‌علت صنعتی شدن به‌سرعت در حال افزایش است. مقدار زیادی از زباله‌های خانگی و فاضلاب‌های صنعتی توسط رودخانه‌ها به دریا انتقال می‌یابند. این آلاینده‌های آنتروپوژنیک منبع اصلی آلودگی فلزات سنگین در اقیانوس‌اند (Gibbs & Miskiewicz, 1995). همچنین در محیط‌های دریایی آلودگی ناشی از منابع نفتی و ذخایر گاز طبیعی وجود دارد که علاوه‌بر حمل و نقل نفتی، شهرسازی و دیگر فعالیت‌های صنعتی، تهدیدکننده‌های زیست‌محیطی بزرگی در نواحی دریایی محسوب می‌شود. این آلاینده‌ها از طریق تجمع زیستی و چرخهٔ غذایی به موجودات آبزی انتقال می‌یابند (Eromosele *et al*., 1995)و درنهایت سلامت انسان را از طریق مصرف غذاهای دریایی به خطر می‌اندازند؛ همانند بیماری Minamata که در سال ۱۹۵۳ در ژاپن مشاهده شد (Chen & Chen, 2001) یا بیماری Ita- Ita که در سال ۱۹۵۵ در ژاپن مشاهده شد (Nagase *et al*., 1994). چنین مواردی لزوم بررسی آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی را بیش از پیش نشان می‌دهد.

خلیج فارس یکی از قدیمی‌ترین زیستگاه‌های صدف محار است، به‌گونه‌ای‌که اولین رفرنس یافت شده در این منطقه به کتیبه‌های آشوریان در دو هزار سال پیش از میلاد برمی‌گردد (Elisabeth, 2008). هندورابی، لاوان، کیش، فارور، هرمز، لارک و ابوموسی مهم‌ترین نقاط پراکنش این گونه در سواحل ایرانی خلیج فارس‌اند (حسین‌زاده صحافی و همکاران، ۱۳۷۹). این گونه که پراکنش خوبی در سواحل ایرانی خلیج فارس داشته است هم‌اکنون، به‌جز جزایر هندورابی و لاوان، در بقیهٔ نقاط به مقدار ناچیزی یافت می‌شود. بنابراین به بازسازی ذخایر آن نیاز است. در این بین، جزیرهٔ لاوان دومین جزیرهٔ نفتی بزرگ سواحل ایرانی خلیج فارس است که به‌علت ذخیره‌سازی و تولید نفت خام و همچنین آب توازن کشتی‌ها در معرض آلودگی زیست‌محیطی قرار دارد. در نقطهٔ مقابل لاوان، جزیرهٔ هندورابی از منابع ذخایر نفتی دور است؛ بنابراین در مقایسه با لاوان کمتر در معرض آلودگی قرار دارد. بنابراین شاید بتوان گفت که زندگی دریایی در هندورابی در مقایسه با لاوان

Archive of SID

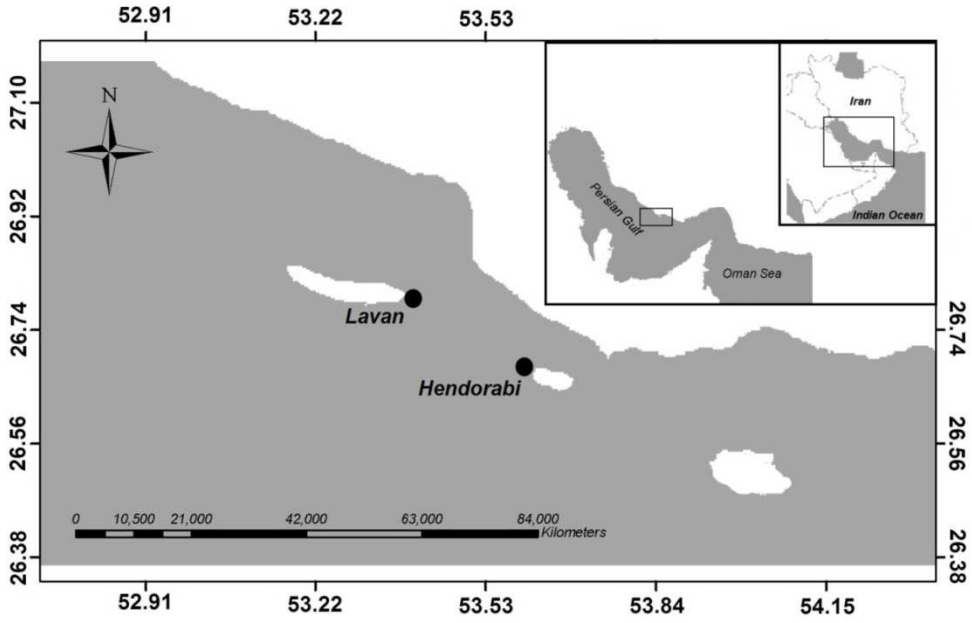
www.SID.ir

استرس کمتری دارد و موجودات این منطقه در معرض تهدیدهای زیست‌محیطی کمتری قرار دارند. برای بازسازی ذخایر این گونه و تکثیر مصنوعی آن به جمعیتی نیاز است که افراد آن جمعیت استرس کمتری را تحمل کرده باشند. بنابراین پی بردن به این نکته مهم است که کدام جمعیت در معرض آلودگی کمتری قرار دارد.

این تحقیق به‌منظور سنجش میزان منگنز، کادمیوم، کروم و سرب در بخش نرم صدف مرواریدساز محار انجام شد تا درنهایت، جمعیتی رابرای بازسازی ذخایر این گونهٔ ارزش‌مند معرفی کند که استرس کمتریرا تحمل کرده است .

۲. مواد و روش‌ها

۴۰ عدد صدف مرواریدساز محار با غواصی (SCUBA) و در عمق ۸-۱۰ متر از جزایر لاوان و هندورابی تهیه شد. موقعیت جغرافیایی و فاصلهٔ بین این دو جزیره در نقشهٔ زیر نشان داده شده است.



نقشهٔ ۱. موقعیت جغرافیایی و فاصلهٔ بین جزایر هندورابی و لاوان

ابتدا وزن کل (TW)، وزن پوسته (SW) و وزن بخش نرم (STW) صدف‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد، سپس بخش نرم نمونه‌ها جدا شد و در کیسه‌های پلاستیکی، به‌صورت منجمد (در یخدان)، به آزمایشگاه منتقل شد. ۰/۵ گرم از بافت نرم صدف‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. بافت‌های منجمد در ۱۰ میلی‌لیتر از محلول HCl و در دمای ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد درون لولهٔ آزمایش شیشه‌ای هضم شدند تا زمانی‌که محلول زردرنگ به‌دست آمد. محلول فوق به‌وسیلهٔ کاغذ صافی Ashless فیلتر شد. ذرات باقی‌ماندهٔ روی فیلتر کاغذی، که اساساً چربی بودند، با استفاده از آب‌مقطر گرم از کاغذ صافی عبور داده شدند. حجم محلول با استفاده از آب‌مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت‌های منگنز، کادمیوم، کروم و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (atomic absorption spectrometry (Shaimadzu AA G70) تعیین شد. در مطالعهٔ حاضر غلظت منگنز، کادمیوم، کروم و مس به‌صورت $\mu g\ g^{-1}$ وزن تر بیان شده است.

www.SID.ir

با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17، برای تعیین وجود اختلاف بین غلظت فلزات سنگین و فاکتورهای وزنی دو جزیره، بر روی غلظت‌های به‌دست‌آمده و فاکتورهای وزنی، آزمون t مستقل انجام شد. همچنین، با استفاده از آزمون پیرسون، رابطهٔ بین فلزات سنگین و وزن صدف بررسی شد (Quinn & Keough, 2002).

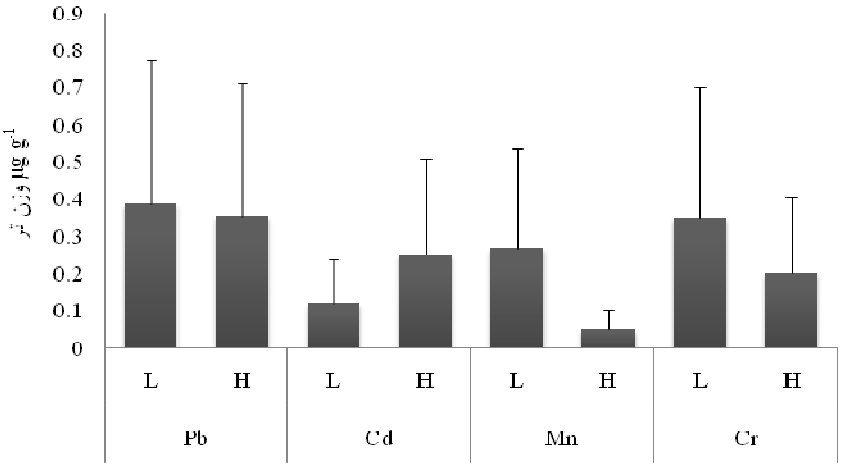
۳. نتایج

نتایج به‌دست‌آمده از آزمون t نشان داد بین غلظت سرب در بخش نرم صدف محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱). هرچند صدف‌های جزیرهٔ لاوان از جزیرهٔ هندورابی مقدار سرب بیشتری داشتند (نمودار ۱).

جدول۱. آزمون t انجام شده بر روی غلظت سرب، کادمیوم، منگنز و کروم در بافت نرم صدف محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان

فلز سنگین	t	df	P
Pb	۰/۹۲۰	۳۷	۰/۳۶۴
Cd	-۴/۴۳۷	۳۷	<۰/۰۰۱
Mn	۸/۶۹۲	۳۷	<۰/۰۰۱
Cr	۳/۶۹۹	۳۷	<۰/۰۰۱

بین غلظت کادمیوم، منگنز و کروم در بافت صدف محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). صدف‌های جزیرهٔ هندورابی کادمیوماز صدف‌های جزیرهٔ لاوان کادمیوم بیشتری داشتند. همچنین غلظت منگنز و کروم در صدف‌های جزیرهٔ لاوان از صدف‌های جزیره هندورابی بیشتر بود (نمودار ۱).



نمودار ۱. میانگین (SD+) غلظت منگنز، کادمیوم، کروم و سرب در بافت صدف مرواریدساز محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان

اختلاف معنی‌داری در وزن کل و وزن بخش نرم بین دو جزیره وجود داشت. درحالی‌که بین وزن کفهٔ این دو جزیره اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲).

همچنین نتایج زیست‌سنجی صدف محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان نشان داد که وزن کل و وزن بخش نرم صدف‌های جزیرهٔ هندورابی از نمونه‌های جزیرهٔ لاوان بیشتر است (نمودار ۲).

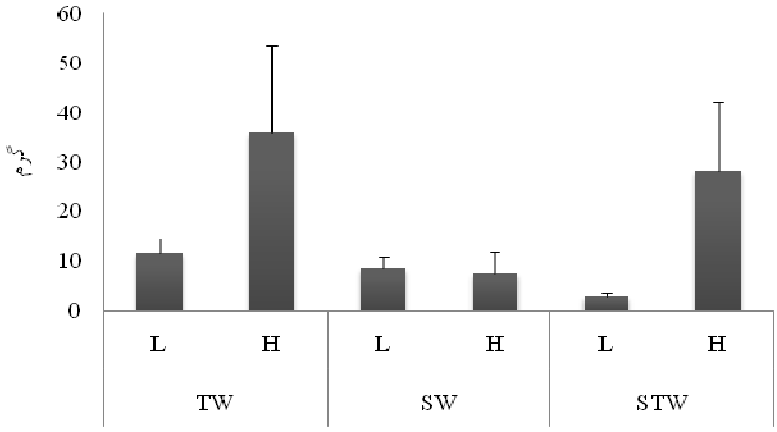
نتایج آزمون پیرسون در جزیرهٔ هندورابی نشان داد که بین جذب کادمیوم و منگنز و فاکتورهای وزنی صدف محار رابطهٔ معنی‌داری وجود دارد. چنین رابطه‌ای در مورد جذب سرب و کادمیوم دیده نشد (جدول ۳).

جدول ۲. زیست‌سنجی صدف محار با استفاده از آزمون t در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان

متغیر	t	df	P
TW	-۶/۰۴۰۰۳۳۳۸	۳۷	<۰/۰۰۱
SW	۰/۹۵۳۲۰۷۲۱۵	۳۷	۰/۳۴۶۶۷۱۲۱
STW	-۸/۰۸۱۸۹۴۱۵۲	۳۷	<۰/۰۰۱

www.SID.ir

همچنین نتایج این آزمون در جزیرهٔ لاوان نشان داد بین جذب کروم با وزن کل و وزن کفه در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بین جذب سرب، کروم و منگنز با فاکتورهای وزنی هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).



نمودار ۲. میانگین (SD+) وزن کل، وزن کفه و وزن بخش نرم صدف محار در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان

جدول ۳. رابطهٔ بین جذب سرب، کادمیوم، منگنز و کروم با فاکتورهای وزنی صدف محار در جزیرهٔ هندورابی با استفاده از آزمون پیرسون

		TW	SW	STW
Pb	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۳۲۸	۰/۳۲۸	۰/۳۰۹
	P	۰/۱۷۰	۰/۱۷۰	۰/۱۹۸
Cd	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۸۰۴	۰/۶۶۱	۰/۸۳۸
	P	<۰/۰۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۰۱
Mn	ضریب همبستگی پیرسون	-۰/۵۸۷	-۰/۵۱۶	-۰/۶۰۰
	P	<۰/۰۱	<۰/۰۵	<۰/۰۱
Cr	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۳۲۹	۰/۳۱۱	۰/۲۹۹
	P	۰/۱۶۸	۰/۱۹۴	۰/۲۱۴

جدول ۴. رابطهٔ بین جذب سرب، کادمیوم، منگنز و کروم با فاکتورهای وزنی صدف محار در جزیرهٔ لاوان با استفاده از آزمون پیرسون

		TW	SW	STW
Pb	P	۰/۱۵۵	۰/۰۷۷	۰/۳۶۴
	ضریب همبستگی پیرسون	-۰/۳۳۱	-۰/۴۰۴	-۰/۲۱۵
Cd	P	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۴۲۰
	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۴۵۰	۰/۵۱۶	۰/۱۹۱
Mn	P	۰/۸۱۴	۰/۴۳۷	۰/۷۸۴
	ضریب همبستگی پیرسون	-۰/۰۵۶	-۰/۱۸۴	-۰/۰۶۵
Cr	P	۰/۷۸۶	۰/۵۶۱	۰/۶۶۴
	ضریب همبستگی پیرسون	۰/۰۶۵	-۰/۱۳۸	۰/۱۰۴

Archive of SID

www.SID.ir

۴. بحث

نتایج آنالیز آماری، در هیچ‌کدام از جزایر هندورابی و لاوان، رابطهٔ معنی‌داری بین فاکتورهای وزنی و سطح سرب در بافت‌های صدف محار نشان نداد. میزان تجمع فلز سرب در صدف محار نشان داد که بین غلظت این صدف در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. مشابه این مورد در آب‌های قطر خلیج فارس نیز مشاهده شد و غلظت سرب بین سه نقطهٔ Al-Orooq، Al-Ezam و Al-Gharby هیچ تفاوتی نشان نداد (Al-Madfa *et al*., 1998). بنابراین، باتوجه به اینکه سرب جزء آلودگی‌های صنعتی دسته‌بندی می‌شود (Davari *et al*., 2010)، می‌توان گفت که یا هر دو منطقه در معرض آلودگی با منشأ فعالیت صنعتی قرار دارند یا هیچ یک در معرض این آلودگی نیستند. باتوجه به استانداردهای حداکثر مقدار سرب در بافت دوکفه‌ای‌ها با معیارهای FSANZ و EC و مقایسهٔ مقدار سرب به‌دست آمده در این مطالعه، این نتیجه حاصل می‌شود که هیچ یک از دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان در معرض آلودگی با منشأ فاضلاب نیستند.

بین غلظت کادمیوم در دو جزیرهٔ هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود داشت. کادمیوم نیز همانند سرب جزء آلودگی صنعتی دسته‌بندی می‌شود (Davari *et al*., 2010). باتوجه به استانداردهای EC و FSANZ، مقدار کادمیوم به‌دست‌آمده در این مطالعه از حداکثر مقدار کادمیوم در بافت دوکفه‌ای‌ها کمتر است؛ بنابراین، در هیچ یک از جزایر آلودگی کادمیوم وجود ندارد. غلظت کادمیوم نیز این نکته را تایید کرد که هیچ یک از جزایر فوق آلودگی با منشأ فعالیت صنعتی ندارند. البته میزان تجمع کادمیوم در جزیرهٔ هندورابی بیشتر از لاوان است که علت آن ممکن است تفاوت بین غلظت کادمیوم در رسوبات دو منطقه باشد (Sadig & Alam, 1989). بین غلظت کادمیوم و وزن پوسته و همچنین وزن بخش نرم، در جزیرهٔ هندورابی، رابطهٔ معنی‌داری وجود دارد. از سوی دیگر، در جزیرهٔ لاوان نیز بین غلظت کادمیوم و وزن پوسته رابطهٔ معنی‌داری مشاهده شد، اما بین غلظت کادمیوم و وزن بخش نرم صدف این رابطه دیده نشد. باتوجه به اینکه بین وزن پوستهٔ صدف‌های هندورابی و لاوان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما وزن بخش نرم صدف‌های هندورابی از صدف‌های لاوان بیشتر بود وبا توجه به اینکه غلظت کادمیوم در صدف‌های هندورابی بیشتر از صدف‌های لاوان بود، می‌توان نتیجه گرفت که اگر غلظت کادمیوم در صدف‌های محار به حد خاصی برسد، با وزن بخش نرم صدف رابطه خواهد داشت (همانند صدف‌های هندورابی) و اگر کمتر از حد خاصی باشد، بین جذب کادمیوم و وزن بخش نرم صدف هیچ رابطه‌ای وجود نخواهد داشت (همانند صدف‌های لاوان) و یا اینکه اگر وزن صدف به حد خاصی برسد، غلظت کادمیوم ثابت نگه داشته خواهد شد (Douben, 1989).

بین مقدار کروم و منگنز در دو جزیره اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. غلظت منگنز در هر دو جزیره از استانداردهای MAFF، استرالیا (Thomas *et al*., 1970) و بریتانیا (McCance *et al*., 2002) کمتر است؛ بنابراین، غلظتمذکور آلودگی محسوب نمی‌شود. از سوی دیگر، باتوجه به اینکه سطح منگنز رسوبات هیچ تاثیری در تجمع آن در صدف محار ندارد (Sadig & Alam, 1989)، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت غلظت یافت شده بین دو جزیره منشأ دیگری دارد. منشأ منگنز بیشتر ضایعات صنایع گوناگون است (Barua *et al*., 2011)؛ بنابراین احتمال دارد که اختلاف مشاهده شده به این دلیل باشد. نتایج آزمون پیرسون در جزیرهٔ هندورابی بین فاکتورهای وزنی و جذب منگنز رابطهٔ معنی‌داری نشان دادند، اما چنین موردی در لاوان دیده نشد. باتوجه به این دو نکته که غلظت منگنز در صدف‌های لاوان بیشتر بود و وزن صدف‌های هندورابی بیشتر از صدف‌های لاوان بود، این‌گونه استنباط می‌شود که غلظت منگنز تا حد خاصی با فاکتورهای وزنی ارتباط دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار کروم در لاوان از استانداردهای MAFF، بریتانیا (McCance *et al*., 2002) و استرالیا (Thomas *et al*., 1970) بیشتر بود، اما مقدار کروم به‌دست‌آمده در هندورابی به نقطهٔ مرزی این استانداردها نزدیک بود. بنابراین می‌توان گفت تنها آلودگی موجود آلودگی کروم است. باتوجه به این نکته که کروم یک مادهٔ تنظیم‌شدنی در بافت دوکفه‌ای‌ها نیست (Farrell & Nassichuk, 1984) اختلاف مشاهده شده ممکن است دو علت داشته باشد: یا مقدار کروم در رسوبات لاوان بیشتر است (Sadig & Alam, 1989) یا اینکه لاوان در معرض منبع آلوده‌کنندهٔ کروم قرار دارد که نیازمند مطالعات بیشتر بر روی رسوبات یا منابع آلوده‌کنندهٔ دو منطقه است. بین مقدار کروم و فاکتورهای وزنی صدف محار نیز رابطهٔ معنی‌داری وجود نداشت؛ بنابراین احتمال دارد که غلظت کروم در بدن صدف تنظیم شده و در سطح خاصی نگه داشته شود (Canli & Atli, 2003). فعالیت‌های متابولیکی یکی از مهم‌ترین عواملی است که روی مقدار تجمع فلزات سنگین در آبزیان دریایی نقش دارد (Roesijadi & Robinson, 1994; Heath, 1995). از سوی دیگر، فعالیت متابولیکی افراد جوان از افراد مسن بیشتر است؛ بنابراین انتظار می‌رود که تجمع فلزات سنگین در افراد جوان بیشتر از افراد مسن باشد (Nussey *et al*., 2000; Widianarko *et al*., 2000). اما در این مطالعه، بین فاکتورهای وزنی و مقدار سرب و کروم، هیچ رابطه‌ای دیده نشد. بنابراین می‌توان گفت یا فعالیت‌های متابولیکی افراد گوناگون یکسان است یا مکانیسم تنظیم‌کننده‌ای وجود دارد که این مقدار را تنظیم می‌کند؛ همان‌طورکه نتایج Douben نشان داد که تجمع فلزات بعد از سن خاصی به مقدار ثابتی می‌رسد (Douben, 1989).

به‌طورکلی، هرچند مطالعهٔ حاضر نشان داد که صدف محار فلزات سنگین را در خود جمع می‌کند و می‌تواند گویای وضعیت آلودگی پیرامون خود باشد، ارتباط نداشتن وزن صدف و فلزات تجمع یافته در برخی از اندازه‌گیری‌های این مطالعه احتمال توانایی تنظیم غلظت فلزات در بدن صدف محار را مطرح می‌کند و آن را یک موجود اندیکاتور نامناسب می‌سازد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی مقدار فلزات موجود در آب‌ها و رسوبات منطقهٔ مورد مطالعه نیز بررسی شوند تا رابطهٔ بین غلظت فلزات در بدن صدف با محیط به‌دست آید. همچنین لازم است رابطهٔ وزن، سن و تجمع فلزات در این صدف در مطالعه‌ای آزمایشگاهی بررسی شود. همچنین می‌توان گفت که زندگی دریایی در هندورابی در مقایسه با لاوان از استرس کمتری برخوردار است و موجودات این منطقه در معرض تهدیدات زیست‌محیطی کمتری قرار دارند. بنابراین برای بازسازی ذخایر این گونه و تکثیر مصنوعی آن، جمعیت هندورابی پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

1. Al-Madfa, H., Abdel-Moati, M. Al-Gimaly, F (1998) "*Pinctada radiata* (Pearl Oyster): a bioindicator for metal pollution monitoring in the Qatari waters (Arabian Gulf)," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60: 245-251.

2. Barua, P., Mitra ,A., Banerjee, K. Chowdhury, M.S.N (2011) "Seasonal Variation of Heavy Metals Accumulation in Water and Oyster (*Saccostrea cucullata*) Inhabiting Central and Western Sector of Indian Sundarbans," *Environmental Research Journal* 5: 121-130.

3. Beckett, S., Evans, D., Morton, R., Manly, R., Fifield, F., McCabe, P. Blundell, S (1996) "Trace metal concentrations in Mytilus edulis L. from the laguna San Rafael, Southern Chile," *Marine Pollution Bulletin* 32: 444-448.

4. Canli, M. Atli, G (2003) "The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb,

Archive of SID

www.SID.ir

Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species," *Environmental Pollution* 121: 129-136.

5. Chen, Y.C. Chen, M.H (2001) "Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters off Ann-Ping, SW Taiwan," *Journal of Food and Drug Analysis* 9: 107-114.
6. Davari, A., Danehkar, A., Khorasani, N. Poorbagher, H (2010) "Heavy metal contamination of sediments in mangrove forests of the Persian Gulf," *International journal of food, agriculture and environment* 8: 1280-1284.
7. Douben, P.E (1989) "Lead and cadmium in stone loach (*Noemacheilus barbatulus* L.) from three rivers in derbyshire," *Ecotoxicology and environmental safety* 18: 35-58.
8. Elisabeth, S (2008) "Chapter 1 – Introduction," In: Southgate ,P.,Lucas, J. (Eds.), *The Pearl Oyster*, London, Elsevier, 1-35.
9. Eromosele, C., Eromosele, I., Muktar, S. Birdling, S (1995) "Metals in fish from the upper Benue river and lakes Geriyo and Njuwa in northeastern Nigeria," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 54: 8-14.
10. Farrell, M. Nassichuk, M.D (1984) "Trace metal levels in bivalves and crabs from Alice Arm, Hastings Arm and Observatory Inlet, BC" *Fisheries and Oceans*, Canada, 52.
11. Gibbs, P. Miskiewicz, A (1995) "Heavy metals in fish near a major primary treatment sewage plant outfall," *Marine Pollution Bulletin* 30: 667-674.
12. Heath, A.G (1995) *Water pollution and fish physiology*, CRC, Florida, 359.
13. John S, L (2008) "Chapter 6 - Environmental Influences," In: Southgate ,P.,Lucas, J. (Eds.). *The Pearl Oyster*, London, Elsevier, 187-229.
14. McCance, R.A., Widdowson, E.M., Agency, G.B.F.S. Research, A.I.o.F (2002) *McCance and Widdowson's The Composition of Foods*, London, Royal Society Of Chemistry, 537.
15. Nagase, H., Inthorn, D. Miyamoto, K (1994) "The use of photosynthetic microorganisms in bioremediation," *Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health* 40: 479-485.
16. Nussey, G., Van Vuren, J. Du Preez, H (2000) "Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga," *WATER SA-PRETORIA* 26: 269-284.
17. Quinn, G.P. Keough, M.J (2002) *Experimental design and data analysis for biologists*, Cambridge, Cambridge University Press, 537.
18. Roesijadi, G. Robinson, W (1994) Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation, and release. Malins DC, Ostrander GK. Aquatic toxicology: molecular, biochemical, and cellular perspective. Lewis publishers, Boca Raton, 387-420.
19. Sadig, M. Alam, I (1989) "Metal concentrations in pearl oyster, *Pinctada radiata*, collected from Saudi Arabian Coast of the Arabian Gulf," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 42: 111-118.
20. Sarver, D ,.Sims, N.A. Harmon, V (2003) "Pearl oysters as a sensitive, sessile monitor for non-point source heavy metal pollution," *South Pacific Commission Pearl Oyster Bull* 16: 13-14.
21. Thomas, S., Cordon, M.W., Health, A.N. Committee, M.R.C.N (1970) *Tables of Composition of Australian Foods* , Sydney, Australian Government Publishing Service, 60.
22. Widianarko, B., Van Gestel, C.A.M., Verweij, R.A. Van Straalen, N.M (2000) "Associations between trace metals in sediment, water, and Guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of semarang, Indonesia," *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46: 101-107.
23. Zhan-qiang, F., Cheung, R. Wong, M (2003) "Heavy metals in oysters, mussels and clams collected from coastal sites along the Pearl River Delta, South China,"*Journal of Environmental Sciences* (China) 15: 9-24.

Archive of SID

www.SID.ir