

بررسی تأثیر آلودگی به سرب و کادمیوم در خصوصیات ریخت‌شناختی خرچنگ منزوی (*Coenobita scaevola*)

مهدیه مکاره‌شیره^۱، عاطفه چمنی^{۲*} و مینو مشتاقی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسکان)، اصفهان، ایران
mahdiehmakareh25@gmail.com

۲. استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسکان)، اصفهان، ایران

۳. دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسکان)، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اصفهان، ایران
M_moshtaghie@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر آلودگی به سرب و کادمیوم بر خصوصیات ریختی خرچنگ منزوی (*Coenobita scaevola*) با کاربرد روش ریخت‌سنجی سنتی، ۶۰ نمونه به صورت تصادفی از جنوب و جنوب شرق جزیره کیش در تابستان ۱۳۹۵ برداشت شد. برای مطالعات ریخت‌سنجی، ۱۵ صفت اندازه‌گیری شد. غلظت سرب و کادمیوم در بافت سخت هر نمونه پس از عصاره‌گیری، توسط دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاه جنوب شرق به ترتیب $5/66 \pm 19/36$ و $0/36 \pm 1/8$ و در ایستگاه جنوب به ترتیب $22/49 \pm 5/11$ و $2/38 \pm 3/38$ میلی‌گرم بر لیتر است. از طرفی جز سه متغیر، میانگین سایر متغیرهای ریختی در ایستگاه جنوب شرق بالاتر از ایستگاه جنوب است. با توجه به نبود تفاوت معنادار غلظت کادمیوم بین دو ایستگاه و نتایج PCA و تمرکز ۵۷ درصد همبستگی مؤلفه‌ها در محور اول، می‌توان پایین‌ترین بودن میانگین متغیرهای ریخت‌شناسی در ایستگاه جنوب را که می‌تواند به عدم رشد آلومتری مناسب در گونه بیانجامد، به بالاتر بودن غلظت سرب در بافت بدن این نمونه‌ها مرتبط دانست که می‌تواند باعث ایجاد اختلال در حرکت، تغذیه، جفت‌گیری و در نتیجه کاهش نرخ بقا، در این گونه باشد.

کلیدواژه

جزیره کیش، خرچنگ منزوی (*Coenobita scaevola*)، ریخت‌سنجی سنتی، سرب و کادمیوم.

سرآغاز

محیط‌های آبی و تغلیظ زیستی در بافت و استخوان‌های موجودات زنده خطرناک هستند و به علت عدم دفع بیولوژیکی، غلظت آنها در زنجیره‌های غذایی به سمت رأس هرم غذایی افزایش یافته و موجب آثار سمی بر موجودات می‌شود (Adedeji & Okocha, 2011). این فلزات معمولاً در مقابل تصفیه شیمیایی مقاوم بوده و به راحتی می‌توانند باعث آلودگی آبزیان به خصوص خرچنگ‌ها شوند (نجم و همکاران، ۱۳۹۳).

در دهه‌های اخیر، آلودگی آب‌های دریایی با طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان تبدیل شده است (Mclaughlin et al., 2010). فلزات سنگین به عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های آبی در اثر فرآیندهای طبیعی و نیز به طور عمد در اثر فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی به محیط‌های آبی راه می‌یابند (Humtsoe et al., 2007). این فلزات به علت تجمع زیستی، پایداری در

مطالعات پیرامون شناسایی تنوع و پراکنش موجودات دریایی در ردیابی اثر فعالیت‌های انسانی بر مناطق ساحلی و شناخت پویایی این مناطق دارای اهمیت فراوان است. از مهمترین بی‌مهرگان که در سواحل جنوبی ایران یافت می‌شوند، سخت‌پوستان هستند که به‌طور عمده شکارچی هستند (حسینی و پازوکی، ۱۳۹۳؛ Poore, 2004). خرچنگ منزوی گروهی از سخت‌پوستان در راسته Decapoda و خانواده Paguridae است که تاکنون بیش از ۱۱۰۰ گونه از آن شناسایی شده است (McLaughlin et al., 2010). این جانوران در زیستگاه‌های گوناگونی پراکنش داشته (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۳) و از صدف شکم‌پایان به‌منظور حفاظت از بخش نرم شکمی در برابر دشمنان، خشک شدن بدن و استرس‌های فیزیکی و جسمانی استفاده می‌کنند (خیرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Seyffabadi et al., 2014). گونه *Coenobita Scaevola*، از فرمانرو جانوران، شاخه بندپایان، زیرشاخه سخت‌پوستان، راسته ده‌پایان و خانواده Coenobitidae است و در اطراف بخش‌هایی از اقیانوس هند از جمله خلیج عدن، سواحل سومالی، پاکستان و خلیج فارس یافت می‌شود (Oh et al., 1999).

ریخت‌شناسی، مطالعه و مقایسه تغییرات شکل و همبستگی آن با سایر تغییرات تعریف شده است (Dryden & Mardia, 1998; Tjarks, 2009). مطالعات ریخت‌سنجی ابزاری مناسب در درک رشد بدن موجودات زنده، بوم‌شناسی رفتاری و عملکردی آن‌ها، پویایی فراجمعیت و همچنین روابط فیلوژنتیکی و تکاملی گونه‌ها است (Fogarty & Botsford, Palmer, 2004; Rohlf, 1993). ریخت‌سنجی بر پایه تحلیل‌های آماری چندمتغیره طول، عرض، عمق و گاهی اوقات نسبت‌ها و یک‌سری داده‌های شمارشی استوار است (Nasri, 2012 & Eigdari) و تغییرات مورفولوژیکی بین یا در گروه‌ها را بررسی می‌کند (Webster et al., 2010). مطالعه تغییر در ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های گونه‌ای که در زیستگاه‌های مختلف زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر تاثیر

ویژگی‌های محیطی در ویژگی‌های جمعیتی را فراهم می‌کند (Kuliev, 1988). این مطالعه به‌منظور بررسی تغییرات ریختی درون گونه‌ای *Coenobita Scaevola* در دو بستر حاوی غلظت‌های متفاوت سرب و کادمیوم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از محدوده پراکنش گونه در سواحل جنوب و جنوب‌شرق جزیره کیش (شکل ۱) در تابستان ۱۳۹۵ و در زمان اوج فراوانی این گونه، در فاصله غروب تا نیمه‌شب و به‌صورت دستی انجام گرفت (شکل ۲). با توجه به شواهد مستند مبنی بر آلودگی اکوسیستم مورد مطالعه به فلزات سنگین، دو ایستگاه با درجه آلودگی مختلف اما دارای تفاوت معنادار باهم در نظر گرفته شد تا امکان مطالعه نوسانات ریختی ناشی از آلودگی، در هر دو اکوسیستم مقدر باشد. برای مطالعات آمار زیستی و به‌منظور اینکه به‌وضعیت حفاظتی گونه آسیبی وارد نشود، نمونه‌برداری با حداقل تعداد ۲۵ فرد مورد تأیید آماری خواهد بود (Team, 2017). به همین دلیل تعداد ۳۰ نمونه از هر ایستگاه و در مجموع ۶۰ نمونه، برداشت شد. لازم به ذکر است بر اساس پایش‌های متعدد در سواحل کیش و ریزنی با کارشناسان اداره حفاظت محیط‌زیست کیش، گونه *Coenobita Scaevola*، تنها در این دو ساحل (ایستگاه) با فراوانی قابل ملاحظه قابل مشاهده و نمونه‌برداری است.

نمونه‌ها بعد از حدود ۲۴ ساعت قرارگیری در آب شیرین، علائم حیاتی را از دست داده و پس از جداسازی از صدف، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۱ گرم وزن شدند. سپس به‌صورت جداگانه کدگذاری و به پاکت‌های زیپ‌دار منتقل و در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها به‌صورت جداگانه روی کاغذ شطرنجی قرار گرفتند و طول کلی^۱ (TL)، طول قسمت نرم^۲ (AL)، طول قسمت سخت^۳ (HL)، طول ساقه چشمی^۴ (EL)، طول آنتن^۵ (AL)،

وسط^{۱۱} (CuW) و عرض باز شو^{۱۲} (CPW) با استفاده از کولیس وارنیر با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری و داده‌های حاصله وارد نرم‌افزار SPSS شد (شکل ۴).

طول کاراپاس^۶ (CL)، طول سپر قدامی^۷ (ASL) و طول پاهای حرکتی^۸ (WLL) با استفاده از خط‌کش با دقت ۰/۱ سانتی‌متر، اندازه‌گیری شد (شکل ۳). همچنین عرض کاراپاس^۹ (CW)، عرض ساقه چشمی^{۱۰} (EW)، عرض بند



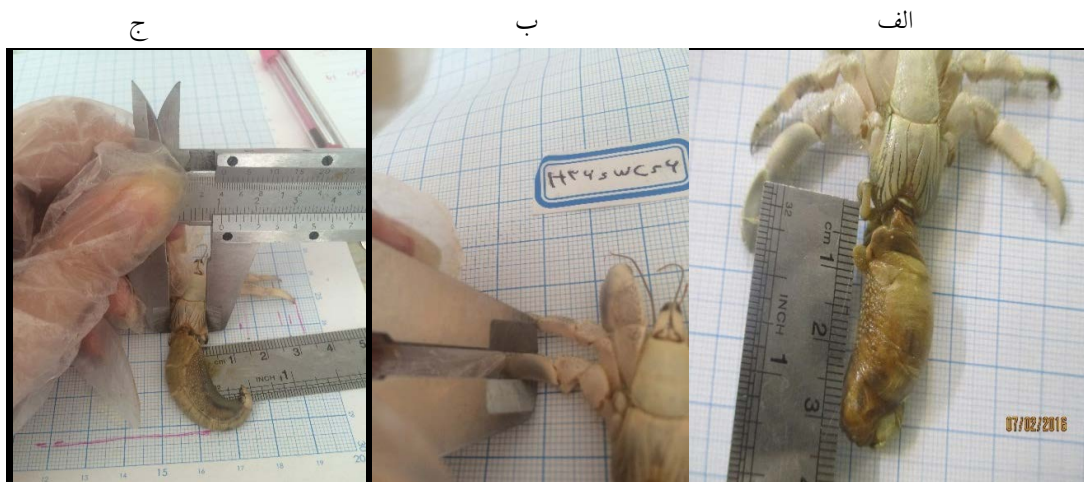
شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جزیره کیش



شکل ۲. نمونه‌برداری از خرچنگ منزوی



شکل ۳. الف) طول کل بدن ب) طول کاراپاس ج) طول ساقه چشمی



شکل ۴. الف) عرض بند وسط ب) عرض کاراپاس ج) طول قسمت نرم

هات پلیت گرما داده شد. محلول شفاف پس از سرد شدن آماده فیلتر کردن است. پس از خنک شدن ظرف، محلول آماده سازی شده در بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری با آب مقطر دو بار تقطیر و با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد (AOAC, 1980). غلظت سرب و کادمیوم موجود در هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جذب اتمی شعله گرافیتی مدل Furnace AAS Model 670G اندازه گیری شد. برای تهیه نمونه شاهد، ۲۰ میلی متر محلول اسیدنیتریک مرک ۶۵ درصد و ۲ میلی لیتر آب اکسیژنه با مقدار مجاز سرب و کادمیوم (۱/۵ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر) مخلوط و غلظت سرب و کادمیوم آن اندازه گیری و از مقادیر به دست آمده

با توجه به اینکه در سخت پوستان، فلزات سنگین بیشتر در بخش های سخت تجمع می یابند و با توجه به نتایج پیش آزمون، قسمت سخت فوقانی با استفاده از کاتر از قسمت نرم انتهایی هر نمونه جدا شد و پس از توزین، به مدت ۳۰ ساعت در آن ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد. سپس با هاون عقیقی، نرم و هموژنیزه (همگن) شد و در ادامه مطابق دستورالعمل مرجع (AOAC^{۱۳}) به روش مرطوب هضم شد. بدین منظور، ۲ گرم ماده خشک از هر نمونه با ۲۰ میلی متر محلول اسیدنیتریک مرک ۶۵ درصد و ۲ میلی لیتر آب اکسیژنه مخلوط شد. به منظور مخلوط شدن بهتر، نمونه ها به مدت ا شب (۱۲ ساعت) زیر هود قرار گرفت و سپس ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه واقعی در

استفاده شد. از طرفی با توجه به توزیع نشدن نرمال داده‌های کادمیوم، آزمون Binomial به منظور مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در هر دو ایستگاه با میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی استفاده شد.

نتایج

نتایج آزمون Mann-Whitney U برای بررسی وجود یا عدم وجود تفاوت معنادار بین متغیرهای مورد بررسی در افراد نر و ماده جمعیت نشان می‌دهد، چون *P value* در مورد AL و L کمتر از ۰/۰۵ است، فقط این دو متغیر بین نر و ماده دارای تفاوت معنادار هستند. در مورد مابقی پارامترها *P value* بیشتر از ۰/۰۵ است و در نتیجه اختلاف آماری معنادار بین نر و ماده وجود ندارد. با توجه به عدم وجود اختلاف معنادار میان اکثریت متغیرهای مورد بررسی در افراد نر و ماده جمعیت، همه داده‌ها با هم و بدون تفکیک جنسیت تجزیه و تحلیل شدند. علاوه بر این، نتایج آزمون Mann-Whitney U (جدول ۱)، بین متغیرهای مورد بررسی در دو ایستگاه جنوب و جنوب‌شرق نشان می‌دهد جز متغیرهای CuW، EW، CPW میانگین سایر متغیرها دارای تفاوت معنادار بین ایستگاه جنوب و جنوب‌شرق بوده ($P value < 0/05$) و این میانگین در همه متغیرها در ایستگاه جنوب‌شرق بالاتر است. از طرفی با وجود بالاتر بودن میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه جنوب نسبت به جنوب‌شرق، بر اساس این آزمون، اختلاف میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه جنوب و جنوب‌شرق، معنادار نیست.

برای نمونه‌ها کسر شد. میزان ریکاورری نتایج بین ۹۶ درصد تا ۱۰۱ درصد بدست آمد. بدین ترتیب که سه نمونه آلوده شده (spike) در سه سطح آلودگی مختلف در سه روز متوالی هضم شده و درصد ریکاورری محاسبه شد. سپس غلظت نهایی سرب و کادمیوم در هر نمونه از طریق فرمول ۱ محاسبه شد:

$$M = CV / W \quad (1)$$

C = غلظت به دست آمده از دستگاه

V = حجم نهایی نمونه

W = مقدار ماده خشک مصرف شده بر حسب گرم

M = غلظت نهایی نمونه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در نهایت به منظور مقایسه غلظت سرب و کادمیوم نمونه‌ها در هر ایستگاه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی، همچنین بررسی نرمالیت داده‌ها و مقایسه میانگین متغیرهای ریختی و غلظت سرب و کادمیوم بین دو ایستگاه از نرم‌افزار SPSS (ver. 24) همچنین برای تحلیل مؤلفه‌های اصلی^{۱۴} از نرم‌افزار CANOCO استفاده شد. نخست براساس آزمون Shapiro wilk، تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی شد و چون به جز غلظت سرب در هر دو ایستگاه، مابقی داده‌ها نرمال نبودند از آزمون ناپارامتری Mann-Whitney U به منظور مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در دو ایستگاه نمونه‌برداری استفاده شد. همچنین با توجه به تبعیت داده‌های غلظت سرب در هر دو ایستگاه از توزیع نرمال، از آزمون One sample t test به منظور مقایسه میانگین غلظت سرب در هر دو ایستگاه با میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی

جدول ۱. نتایج آزمون Mann-Whitney U به منظور بررسی اختلاف میانگین متغیرهای غیرنرمال در ایستگاه جنوب و جنوب‌شرق

TW	CPW	EW	CuW	CHL	AL	EL	CL	Cd	
۲۶۶	۳۸۹/۵	۴۵۰	۳۸۸	۲۶۲	۳۲۰	۲۵۲	۲۷۴	۴۱۷	Mann-Whitney U
-۲/۷۳۸	-۰/۹۳۱	۰/۰۰	-۰/۹۷۳	-۲/۹۳۶	-۱/۹۸۳	-۳/۱۳۹	-۲/۶۳۳	-۰/۵	Z
*۰/۰۰۶	۰/۳۵۲	۱/۰۰	۰/۳۳۰	*۰/۰۰۳	*۰/۰۴۷	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۸	۰/۶۱۷	P value

* سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p < 0.05$)

میلی گرم بر لیتر) بالاتر است. میانگین غلظت سرب در ایستگاه جنوب شرق $5/66 \pm 19/36$ میلی‌گرم بر لیتر و در ایستگاه جنوب $5/11 \pm 22/49$ میلی‌گرم بر لیتر است. میانگین غلظت کادمیوم در ایستگاه جنوب، $3/38 \pm 2/38$ میلی‌گرم بر لیتر و بالاتر از ایستگاه جنوب شرق $1/8 \pm 0/36$ میلی‌گرم بر لیتر است که البته با توجه به نتایج آزمون من ویتنی (جدول ۱)، تفاوت معناداری بین این دو ایستگاه وجود ندارد. براساس آزمون Binomial، غلظت کادمیوم نیز در هر دو ایستگاه از میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی ($0/2$ میلی‌گرم بر لیتر) به طرز معناداری بالاتر است (جدول ۴).

براساس نتایج تحلیل رگرسیون (جدول ۲)، متغیر وزن تنها حدود ۱۵ درصد ($R^2=0/15$) در میزان جذب کادمیوم تأثیرگذار بوده و بدین ترتیب نمی‌تواند متغیر تعیین‌کننده‌ای در تفاوت جذب کادمیوم در دو ایستگاه جنوب و جنوب شرق باشد. همچنین وزن، متغیر تأثیرگذاری در میزان جذب سرب توسط بافت بدن نمونه نیز نیست. ($R^2=0/02$)

براساس نتایج One sample t test (جدول ۳)، چون P value برای میانگین غلظت سرب در هر دو ایستگاه، کمتر از $0/05$ است در نتیجه میزان آلودگی به این فلز در هر دو ایستگاه از میزان استاندارد سازمان بهداشت جهانی ($1/5$)

جدول ۲. نتایج تحلیل رگرسیون برای فلز سرب و کادمیوم

خطای استاندارد ^{۱۵}	R ²	فلز
۲/۲۳	۰/۱۵۴	کادمیوم
۵/۵۵	۰/۰۲۵	سرب

جدول ۳. مقایسه میزان تجمع سرب در بافت خرچنگ منزوی در دو ایستگاه مورد مطالعه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی^{۱۶} (WHO)

سرب	مقدار استاندارد=1/5 mg/l			فاصله اطمینان ۹۵٪		
	t	df	P value	اختلاف میانگین	پایین	بالا
جنوب	۲۲/۴۵۷	۲۹	*۰/۰۰	۲۰/۹۹۲	۱۹/۰۸	۲۲/۹۰
جنوب شرق	۱۷/۲۷۸	۲۹	*۰/۰۰	۱۷/۸۶۴	۱۵/۷۵	۱۹/۹۷

* سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<0.05$)

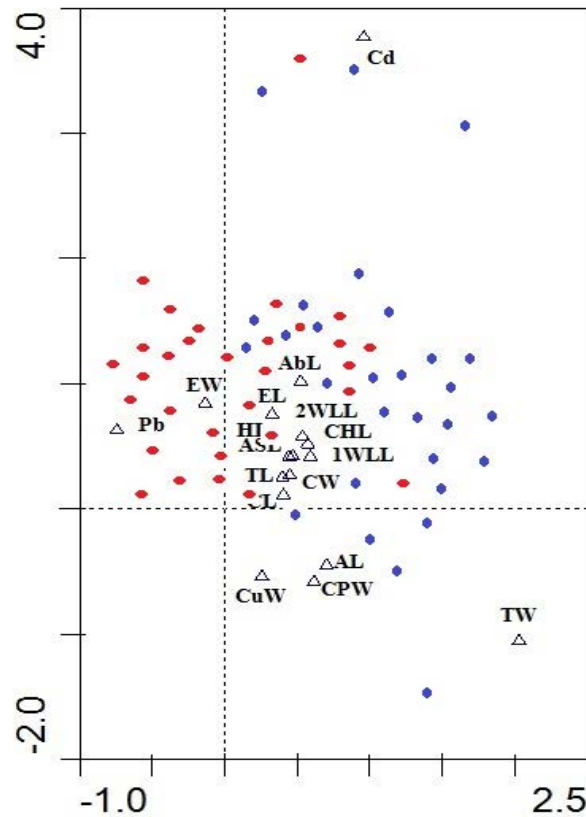
جدول ۴: مقایسه میزان تجمع کادمیوم در بافت خرچنگ منزوی در دو ایستگاه مورد مطالعه با استاندارد WHO

طبقه	تعداد	P value
$\leq 0/2$	۰	----
$> 0/2$	۶۰	*۰/۰۰
جمع	۶۰	----

* سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<0.05$)

ایستگاه جنوب بسیار بیشتر از ایستگاه جنوب شرق، تحت تأثیر فلزات سرب و کادمیوم قرار گرفته است.

با توجه به نتیجه تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (شکل ۵)، ۵۷ درصد همبستگی مؤلفه‌های مهم و مؤثر در رشد گونه، در محور نخست تمرکز یافته است. بر این اساس،



شکل ۵. تحلیل مؤلفه‌های اصلی صفات متریک در محور اول و دوم در دو سایت جنوب (نقاط قرمز) و جنوب شرق (نقاط آبی)

جدول ۵. طول گرادیانت و همبستگی متغیرها در تحلیل فاکتوری

	۱	۲	۳	۴	کل
Eigen Value	۰/۰۵۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۹
Lengths of gradient	۰/۸۱۵	۰/۶۶۷	۰/۶۱۳	۰/۴۳۱	
Cumulative percentage variance	۶۳/۳	۸۲/۲	۸۷/۴	۸۸/۸	

ریخت‌سنجی می‌تواند روش مناسبی برای شناسایی، تفکیک یا نشان دادن تأثیر آلودگی بر موجودات زنده باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

صفات ریختی موجودات زنده در طول دوره زندگی در حال تغییر و سازگاری با محیط است (Klingenberg,)

طور چشمگیری از ایستگاه جنوب شرق بالاتر است. توجه به نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (شکل ۵) و با توجه به تمرکز ۵۷ درصد همبستگی مؤلفه‌های مهم و مؤثر در رشد گونه در محور اول (جدول ۵)، می‌توان پایین‌تر بودن میانگین متغیرهای ریخت‌شناسی نمونه‌های مورد مطالعه در ایستگاه جنوب را که می‌تواند به رشد نکردن آلومتری مناسب در گونه منجر شود، به بالاتر بودن معنادار غلظت سرب در بافت سخت این نمونه‌ها مرتبط دانست. با توجه به این که پاهای حرکتی خرچنگ‌های منزوی در فرار از دشمنان، جستجو برای یافتن جفت، صدف مناسب و غذا عامل مؤثر و کلیدی است، تأثیر غلظت سرب بر این پارامتر می‌تواند باعث ایجاد اختلال در حرکت، تغذیه و جفت‌گیری و در نتیجه کاهش نرخ بقا، در این گونه باشد. علاوه بر این، افزایش غلظت فلز سرب به میزان فراتر از حد کشنده، سبب از بین رفتن کارایی بافت‌های مختلف آبزیان از جمله آبشش و ایجاد تأثیرات بازگشت‌ناپذیر می‌شود. فلز سرب به صورت ترکیب با آنزیم‌ها و پروتئین‌های حامل، وارد یاخته‌ها شده و اثر مخرب خود را بر فعالیت سلول اعمال می‌کند (رئیس و همکاران، ۱۳۸۸). از طرفی، فلزات سنگین اندام هدف خود را براساس میزان فعالیت متابولیک آن انتخاب می‌کنند. بدین معنی که هر چه فعالیت متابولیک اندام هدف بیشتر باشد، تجمع فلز در آن بیشتر خواهد بود. این نکته علت تجمع بیشتر فلزات در بافت‌هایی نظیر کبد، کلیه و آبشش‌ها را در مقایسه با بافت ماهیچه با فعالیت متابولیک پایین تفسیر می‌کند (He et al., 2017). بدین ترتیب با توجه به بالا بودن میانگین غلظت سرب در بافت نمونه‌های مورد بررسی، می‌توان آلودگی سایر اندام‌های نمونه‌ها به مقادیر بالاتری از سرب را پیش‌بینی کرد. سرب علاوه بر اینکه به مقدار جزئی و به‌طور طبیعی در محیط زیست یافت می‌شود، یکی از ترکیبات مهم نفت است که حضور مقادیر بیش از حد آن در منطقه می‌تواند به علت آلودگی نفتی باشد. خرچنگ‌ها از راه پوست نیز سرب موجود در آب یا

در مطالعات جمعیتی نیز بررسی‌های ریخت‌سنجی، ابزار تکمیل‌کننده قوی در کنار مطالعات ژنتیکی و ارزیابی ذخایر به‌شمار می‌رود (Castiglioni et al., 2012). توضیح علل به وجود آمدن تفاوت‌های ریختی میان جمعیت‌ها بسیار دشوار است؛ اما به‌طور کلی ویژگی‌های ریختی تحت کنترل شرایط محیطی و ژنتیکی و به‌صورت بارزتری تحت تأثیر شرایط بوم‌شناختی است (Zadesenets et al., 2017). تمایز بین اکوسیستم‌های مختلف عاملی کلیدی در تفاوت ظاهری گونه‌ها محسوب می‌شود. در بسیاری از موارد افراد یک گونه که در دو اکوسیستم مجزا پراکنش دارند، با گذر زمان تفاوت ظاهری پیدا می‌کنند و این امر به نوبه خود به ایجاد فاصله ژنی منجر می‌شود (Roitberg, 2015). عوامل مختلف محیطی، نقش انکارناپذیری بر تعیین شرایط زیست‌آبزیان در اکوسیستم‌های آبی دارند. Klingenberg (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای مبنی بر تأثیر تغییر شرایط محیطی در ظاهر گونه نشان داد که در برخی از موارد با گذر زمان تغییرات اکتسابی نیز به صفات ارثی در نسل‌های بعد تبدیل می‌شوند. براساس این مطالعه، فقط دو پارامتر طول آنتن و طول پاهای حرکتی وسط بین افراد نر و ماده دارای تفاوت معنادار هستند. در مورد سایر پارامترهای ریختی همچنین میانگین غلظت سرب و کادمیوم، در افراد نر و ماده جمعیت تفاوت معناداری وجود ندارد. این موضوع بیانگر این است که جنسیت در تجمع فلزات سنگین و تأثیر بر متغیرهای ریخت‌سنجی در این گونه اثری ندارد که با مطالعه کفیل‌زاده و همکاران (۱۳۸۲) مطابقت داشته و با مطالعه ایگدیری و کمال (۱۳۹۲)، امینی رنجبر و ستوده‌نیا (۱۳۸۴) و McGinley (۲۰۱۵) مطابقت ندارد.

طبق نتایج این مطالعه، میانگین متغیرهای طول کاراپاس، طول ساقه چشمی، طول آنتن، طول پاهای حرکتی بالا و وزن کل در ایستگاه جنوب شرق بالاتر از ایستگاه جنوب است. از طرفی میانگین غلظت سرب در بافت سخت نمونه‌های مورد بررسی، در ایستگاه جنوب به

Coenobita به مقادیر چشمگیر و بیش از مقدار مجاز سرب و کادمیوم بر ویژگی‌های ریختی و در نتیجه توانایی حرکت، تغذیه و تولیدمثل و در نهایت رشد آن تأثیر منفی گذاشته و باعث کاهش زیتوده و تنوع آنها در محیط می‌شود. با توجه به فرار گرفتن خرچنگ منزوی در زنجیره غذایی آبزیان و پرندگان ساحلی و نیز نقش در خور توجه آن در پاکسازی محیط، همچنین امکان استفاده از آن به‌عنوان شناساگر زیستی آب‌های آلوده، نظارت مداوم زیستگاه‌ها و جمعیت این گونه در سواحل جنوبی ایران، پیشنهاد می‌شود (Seiffabadi et al., 2014).

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات جناب آقای مهندس حامد محمدی کارشناس اداره محیط‌زیست سازمان منطقه آزاد کیش به دلیل همکاری بسیار در جمع‌آوری نمونه‌ها همچنین سازمان منطقه آزاد کیش به دلیل مساعدت در اجرای این نمونه‌برداری قدردانی می‌شود. این مقاله، کار پژوهشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در گروه محیط‌زیست دانشگاه آزاد اصفهان (خوراسگان) است.

یادداشت‌ها:

1. Total Length
2. Abdomen Length
3. Hard Length
4. Eyestalk Length
5. Antenna Length
6. Carapace Length
7. Anterior Shield Length
8. Walking Leg Length
9. Carapace Width
10. Eyestalk Width
11. Carpus Width
12. Cheliped Propodus Width
13. Association of Official Analytical Chemistry
14. principle component analysis
15. standard error
16. World Health Organization

رسوب را جذب می‌کنند و سرب به جای کلسیم در پوسته کربنات کلسیمی خرچنگ‌ها نشست می‌کند (Julshamn et al., 2015).

علاوه بر این، در فصل تابستان (فصل نمونه‌برداری) که منطقه با کاهش رواناب‌های ورودی و جریان‌های آبی مواجه می‌شود، مواد آلی و معلق محتوی فلزات سنگین در بستر دریا نشست می‌یابد و در نتیجه غلظت فلزات تجمع‌یافته در مواد آلی و معلق رسوب بستر به حداکثر رسیده و نسبت به فصل زمستان افزایش چشمگیری نشان می‌دهند (احسانی و همکاران، ۱۳۹۴). کادمیوم نیز یکی از اجزای تشکیل دهنده نفت است. آلودگی نفتی در اثر تصادفات و حوادث غیرمترقبه، همچنین عملیات اکتشاف و استخراج نفت در مناطق نفتی نزدیک به جزیره کیش است. میان متغیرهای طول کل، طول قسمت نرم، طول قسمت سخت، طول سپر قدامی و طول پاهای حرکتی پایین و وسط، با غلظت کادمیوم در بافت سخت بدن خرچنگ منزوی همبستگی منفی معنادار وجود دارد. بدین معنی که با افزایش غلظت کادمیوم، میانگین اندازه این متغیرهای ریختی در نمونه‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به این که این گونه، فعالیت‌هایی از قبیل جستجو برای غذا، جفت، صدف مناسب (برای محافظت از بخش نرم شکمی) و فرار از دشمنان را با استفاده از پاهای حرکتی خود انجام می‌دهد، بنابراین کادمیوم در تغذیه، رشد، بقا و فعالیت‌های تولیدمثلی این گونه، تأثیر منفی دارد. گونه مورد نظر، گونه‌ای همه چیزخوار است، پس آلودگی‌ها بیشتر از گونه‌هایی که حداقل از یک نوع غذا استفاده می‌کنند به آن منتقل می‌شود. ضمن این که آن‌ها زمان و مسافت بسیاری را در جستجوی غذا سپری می‌کنند. مطالعات دیگر نیز تأثیر تجمع کادمیوم در ایجاد مشکلات استخوانی برای موجودات زنده را تأیید کرده‌اند (Rodríguez & Mandalunis, 2016).

بدین ترتیب مشخص شد آلودگی *Scaevola*

منابع

- احسانی، ج.، رومیانی، ل.، قبطانی، ع. ۱۳۹۴. بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین (روی، مس، کادمیوم، سرب) در پوست و عضله میگوی سفید بحرکان، شمال غرب خلیج فارس، مجله علوم و فنون دریایی، ۱۴(۲): ۸۵-۹۵.
- امینی رنجبر، غ.، ستوده نیا، ف. ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریکی (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت)، مجله علمی شیلات ایران، ۱۴(۳): ۱-۱۸.
- ایگدری، س.، کمال، ش. ۱۳۹۲. کاربرد روش ریخت سنجی هندسی در مطالعات انعطاف پذیری ریختی در ماهیان؛ مطالعه موردی مقایسه شکل بدن جمعیت های ماهی گورخری *Aphanius sophiae* چشمه علی دامغان و رودخانه شور اشتهارد، مجله پژوهش های ماهی شناسی کاربردی، ۱(۲): ۴۷-۵۲.
- جمشیدی، م.، سیف آبادی، ج.، حبیب آبادی، ع. ۱۳۹۳. بررسی پراکنش زمانی و مکانی خرچنگ های منزوی در ناحیه جزر و مدی جزیره لارک (تنگه هرمز، خلیج فارس)، مجله اقیانوس شناسی، ۵(۱۹): ۱۱۳-۱۲۳.
- حسینی، م.، پازوکی، ج. ۱۳۹۳. رابطه همزیستی بین بارناکل بیرون زی (*Chelonibita patula*) و خرچنگ شناور آبی (*Portunus segnis*) و اثرات جنس و فصل بر پراکنش آن ها در سواحل خلیج فارس (استان بوشهر)، مجله علمی پژوهشی زیست شناسی دریا، ۶(۲۵): ۱۵-۲۲.
- خیرآبادی، ن.، سیف آبادی، ج.، عوفی، ف.، مهوری، ع. ۱۳۹۱. بررسی رفتار صدف گزینی پنج گونه خرچنگ منزوی نادر در ناحیه جزر و مدی جزیره هرمز، مجله علمی پژوهشی زیست شناسی دریا، ۴(۳): ۴۵-۵۲.
- رئیس، م.، انصاری، م.، رحیمی، الف. ۱۳۸۸. تعیین میزان سرب و کادمیم در گوشت چهار گونه از کپور ماهیان رودخانه بهشت آباد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی رابطه آن با سن و گونه ماهی، پژوهش های مجله علوم و فنون دریایی، صص ۳۸-۴۷.
- کفیل زاده، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، فاطمی، م.، وثوقی، غ.، جمیلی، ش. ۱۳۸۲. بررسی رابطه آلودگی های نفتی با تراکم صدف مرواریدساز محار (*Pinctada ficata*) در خلیج فارس، مجله علمی شیلات ایران، ۱۲(۴): ۱۲۷-۱۴۲.
- نجم، م.، شکرزاده، م.، فخار، م.، شریف، م.، حسینی، م.، رحیمی اسبویی، ب.، حبیبی، ف. ۱۳۹۳. بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در بافت های مختلف ماهی کلیکا و سه خارۀ دریای خزر، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۴(۱۱۳): ۱۹۲-۱۸۵.
- Adedeji, O. and Okocha, R. 2011. Assessment level of heavy metal in prawns (*Macrobrachium Macrobrachion*) and water from Epe Lagoon. 1342-1347
- Aoac International. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. volumes (loose-leaf)
- Castiglioni, D. 2012. Relative growth and determination of morphological sexual maturity of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun (Crustacea, Ocypodidae) in two mangrove areas from Brazilian tropical coast, 7: 156-170.
- Dryden, I. L. and Mardia, K. V. 1998. Statistical shape analysis. xvii, p. 347.
- Eagderi, S. and Nasri, M. 2012. A First Record of the *Bittrling rhodeus amarus* (Bloch, 1782) (Cypriniformes, Cyprinidae) in the Iranian Part of Tigris-Euphrates Basin, 3: 639-641.
- Fogarty, M. J. and Botsford, L. W. 2006. Metapopulation dynamics of coastal decapods, 271-319.
- He, Y., Men, B., Yang, X., Li, Y., Xu, H. and Wang, D. 2017. Investigation of heavy metals release from sediment with bioturbation/bioirrigation. 184:235-243.
- Humtsoe, N., Davoodi, R., Kulkarni, B. and Chavan, B. 2007. Effect of arsenic on the enzymes of the rohu carp *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). 14:17-19.

- Julshamn, K., Valdernes, S., Duinker, A., Nedreaas, K., Sundet, J. H. and Maage, A. 2015. Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea, 167: 409-417.
- Klingenberg, C. P. 2016. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics, 226:113-137.
- Kuliev, Z. 1988. Morphometric and ecological characteristics of Caspian Vimba” *Vimba vimba persa*”, 28:29-37.
- Mcginley, R. H., Prenter, J. and Taylor, P. W. 2015. Assessment strategies and decision making in male-male contests of *Servaea incana* jumping spiders. 101: 89-95.
- Mclaughlin, P. A., Komai, T., Lemaitre, R. and Rahayu, D. L.2010. Annotated checklist of anomuran decapod crustaceans of the world (exclusive of the Kiwaoidea and families Chirostylidae and Galatheidae of the Galattheoidea) Part I-Lithodoidea, Lomisoidea and Paguroidea, 23:131-137.
- Oh, C.-W., Hartnoll, R. and Nash, R.1999. Population dynamics of the common shrimp, *Crangon crangon* (L.), in port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. 56: 718-733.
- Palmer, A. R.2004. Symmetry breaking and the evolution of development. 306: 828-833.
- Poore, G. C.2004. Marine decapod Crustacea of southern Australia: A guide to identification.
- Rodríguez, J. and Mandalunis, P. M.2016. Effect of cadmium on bone tissue in growing animals, 68: 391-397.
- Rohlf, F. J. and Marcus, L. F.1993. A revolution morphometrics, 8:129-132.
- Roitberg, E. S., Eplanova, G. V., Kotenko, T. I., Amat, F., Carretero, M. A., Kuranova, V. N., Bulakhova, N. A., Zinenko, O. I. and Yakovlev, V.2015. Geographic variation of life-history traits in the sand lizard, *Lacerta agilis*: testing Darwin's fecundity-advantage hypothesis, 28: 613-629.
- Seyfabadi, J., Kheirabadi, N., Owfi, F. and Mahvary, A.2014. Shell selection behaviour and spatial distribution of three species of intertidal hermit crabs from Hormuz Island, Persian Gulf (Crustacea: Paguroidea), 60:327-334.
- Team, R. C. 2017. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing: 2017.
- Tjarks, H. 2009. Geometric Morphometric Analysis of Head Shape In " *Thamnophis elegans*".
- Webster, M. and Sheets, H. D.2010. A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics, 16: 163-188.
- Zadesenets, K. S., Polyakov, A. V., Katokhin, A. V., Mordvinov, V. A. and Rubtsov, N. B.2017. Chromosome morphometry in Opisthorchiid species (Platyhelminthes, Trematoda). 66: 396-401.