Journal of Marine Medicine
Spring 2024, Volume 6, Issue 1
Pages: 53-63
10.30491/6.1.53

Investigation of accumulation of metals (Cd, Pb, Ni) in the muscle of *Peronia peroneii* (Curi, 184) in the coastal waters of Hormozgan province

Mohammad Amin Salehi Domshahri [1], Mohamad Reza Taherizadeh [2*], Adnan Shahdadi [2]

[1] *Master's student, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran*
[2] *Associate Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran*

Received: 18 April 2023 **Accepted:** 27 February 2024

Abstract

Background and Aim: Environmental pollution by heavy metals is one of the basic environmental problems. Heavy metals are of special importance due to the toxic effects of the environment in various aquatic species and the creation of the phenomenon of zoster enlargement. In aquatic ecosystems, molluscs form a large group of aquatic animals. Among the molluscs, since they move less in coastal areas, they are known as one of the suitable options for measuring the level of pollution. The purpose of this study was to investigate the accumulation of lead, nickel and cadmium heavy metals in the muscle tissue of 30 samples of sea flounder Peronia peronii, in the coastal waters of Hormozgan province (Bander Lange and Qeshm Island).

Methods: 30 samples were collected from each station separately and after transferring the samples to the laboratory and biometry, the amount of heavy metals accumulation in them was investigated.

Results: Observations indicated that the concentration of lead and nickel in sea flounder muscle in Bandar Lange was significantly lower than the limit defined in international standards ($P<0.05$) and the concentration of cadmium in sea flounder muscle in Bandar Lange was significantly higher. It was above the limit defined in international standards ($P<0.05$). The concentration of cadmium in the tissues of Bandar Lange samples was significantly higher than Qeshm Island ($P<0.05$). The results obtained from the relationship between the concentration of nickel, lead and cadmium and the average total weight in the regions showed that there is a significant relationship between the amount of accumulation of the mentioned metals and the total weight factor, and a positive correlation was observed with the total weight ($P<0.05$). The results obtained from the relationship between the concentration of nickel, lead and cadmium and the average total weight in the regions showed that there is a significant relationship between the amount of accumulation of the mentioned metals and the total weight factor, and a positive correlation was observed with the total weight ($P<0.05$).

Conclusion: The present study showed that the results obtained from the relationship between the concentration of nickel, lead and cadmium and the average total length of Peronia peronii in Bandar Lange and Qeshm Island showed that there is a significant relationship between the accumulation of the mentioned metals and the total length factor. and a relatively negative correlation was observed with the total length of the sea lichen ($P>0.05$).

Keywords: Heavy metals, *Peronia peronii*, Hormozgan, Molluscs

[*]**Corresponding author:** Mohamad Reza Taherizadeh, **Email**: taheri.1965@gmail.com
Address: Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات: ۶۳-۵۳
10.30491/6.1.53

بررسی تجمع فلزات Cd , Pb , Ni در بافت عضله گونه لیسه دریایی *Peronia peroneii* (Curi, 1804) در آبهای سواحل استان هرمزگان

محمد امین صالحی دمشهری [۱]، محمدرضا طاهری زاده [۲]*، عدنان شهدادی [۲]

[۱] *دانشجوی کار شناسی ارشد، گروه زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران*
[۲] *دانشیار، گروه زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران*

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی محیط زیست به وسیله فلزات سنگین یکی از مشکلات اساسی زیست محیطی محسوب می‌گردد. فلزات سنگین به علت اثرات سمی محیط زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان و ایجاد پدیده بزرگنمایی زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در اکوسیستم‌های آبی نرم تنان گروه بزرگی از آبزیان را تشکیل می‌دهند. از بین نرم تنان، شکم پایان از آنجایی که در مناطق ساحلی جابجایی کمتری دارند یکی از گزینه های مناسب برای سنجش میزان آلودگی ها شناخته شده‌اند. هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله ۳۰ نمونه از لیسه دریایی *Peronia peronii*, درآب های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم).

روش‌ها: از هر ایستگاه بطور مجزا ۳۰ نمونه جمع آوری شد و پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه و زیست سنجی، میزان تجمع فلزات سنگین در انها مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: غلظت سرب و نیکل عضله لیسه دریایی در بندرلنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای بین المللی بود ($P<0.05$). غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی در بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از حد تعریف شده در استانداردهای بین المللی بود ($P<0.05$). غلظت کادمیوم در بافت نمونه های بندرلنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود ($P<0.05$). نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین وزن کل موجود در مناطق نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل وزن کل وجود دارد و همبستگی مثبت با وزن کل مشاهده شد ($P<0.05$). نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین وزن کل موجود در مناطق نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل وزن کل وجود دارد و همبستگی مثبت با وزن کل مشاهده شد ($P<0.05$).

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان داد که نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی *Peronia peronii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل طول کل وجود ندارد و همبستگی نسبتا منفی با طول کل لیسه دریایی مشاهده شد ($P<0.05$).

کلیدواژه‌ها: فلزات سنگین، لیسه دریایی، *Peronia peronii*، هرمزگان، نرم تنان

*نویسنده مسئول: **محمدرضا طاهری زاده**. پست الکترونیک: taheri.1965@gmail.com
آدرس: گروه زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

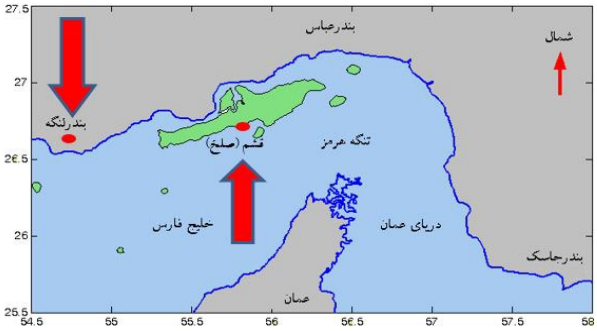
مقدمه

در میان هزاران ماده آلی و غیر آلی که وارد اکوسیستم های آبی می‌شوند، فلزات سنگین، با توجه به مقدار سمیت، پایداری، تجزیه ناپذیر بودن و توانایی تجمع زیستی‌شان در بسیاری از گونه‌های دریایی از اهمیت بالای برخوردارند. فلزات توسط فرآیند خودپالایی از آبها گرفته نمی‌شوند، اما در ذرات معلق شده در آب، رسوبات و جانوران آبزی تجمع پیدا می کنند. فلزات سنگین مانند آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb)، کروم (Cr)، مس (Cu)، نیکل (Ni) و روی (Zn) از فعالیت‌های مختلف انسانی از جمله صنایع، کشاورزی، پساب فاضلاب، زباله‌های شهری، محل‌های دفن زباله و استخراج معادن گزارش شده است. نیکل از نظر ترتیب بیست و سومین عنصر فراوان در پوسته زمین است. غلظت کشنده نیکل برای ماهیان بعد از مسمومیت آن صورت میگیرد که آبشش چسبناک و به رنگ قرمز تیره در می‌آید (۳-۱). عنصر سرب با نام تجاری Plomb می‌باشد. از میان فلزات سنگین فلزاتی مانند سرب و کادمیوم در صنایع مختلفی مانند صنایع باطری‌سازی، رنگ سازی، تهیه آلیاژهای فلزی و غیره استفاده می‌شوند (۴). کادمیوم برای سلامتی انسان سمی و غیر ضروری است و به طور عمده در کبد و بافت کلیه تجمع می یابد. لازم به ذکر است که اثرات سمی بالقوه کادمیوم با اتصال به متالوتیونین‌های موجود در کبد و کلیه‌ها عملکرد آنها را کاهش می‌دهد (۵). کادمیوم یکی از مهمترین آلاینده های آبزیان و انسان‌ها می‌باشد. جانوران دریایی از مناطق مجاور تخلیه کادمیوم، غلظت هایی از این فلز را در بافت هایشان جمع می کنند. WHO میزان کادمیوم را در مواد غذایی دریایی ۵۰ ppb، صدفهای خوراکی ۲ ppb و گوشت ماهی ۱۵/۳ ppb تعیین نموده است و حد مجاز کادمیوم موجود در گوشت ماهی را ۰/۲ میلی گرم بر گرم اعلام نموده است (۱،۲). در پژوهشی که توسط حیدری و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی غلظت فلزات کادمیوم، روی و سرب با نمونه برداری از رسوبات سطحی، صدف صخره ای خوراکی (Saccostrea cucullata) و صدف ملالیس (Solen brevis) از ۶ ایستگاه در سواحل بندرلنگه و بوشهر به ترتیب در پاییز ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰ پرداخته شده بود. نتایج حاصله بیانگر آن بود که میانگین تجمع فلزات سنگین در رسوبات سطحی منطقه بندرلنگه الگویی به صورت Pb>Zn>Cd نشان داده، در حالی که میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی بوشهر گویای Zn>Pb>Cd بود. خلیج فارس به عنوان یکی از مهمترین اکوسیستم‌های آبی دنیا و یک حوضه آبی کم‌عمق، از لحاظ تنوع زیستی، منابع شیلاتی و منابع نفتی غنی، در زمره اکوسیستم‌های منحصر به فرد محسوب می‌شود (۶). رده شکم پایان بزرگترین و متنوع‌ترین گروه از نرم تنان می‌باشند. شکم پایان یکی از گروههای تخصص یافته متازوآ می‌باشد (۳) لیسه های دریایی از متنوعترین و در عین حال زیباترین موجودات دریایی هستند که در تمام اقیانوسهای جهان پراکنش دارند. این گروه از ناحیه بین جزرومدی تا اعماق و انواع مختلف زیستگاهها و بسترها زندگی می‌کنند. Peronia peronii یک گونه حلزون دریایی تنفسی با هوا و نرم تنان معده ماهیچه ای دریایی بدون پوسته از خانواده Onchidiidae است. اعضای این خانواده بیشتر در مناطق جزرومدی سنگی ساکن هستند. به طور کلی آنها را می توان در خلیج فارس یافت، جایی که از جلبک ها تغذیه می کنند و دیاتومه‌هایی را که به سنگ‌های اطراف آنها چسبیده اند، می‌پوشانند (۴،۵). در مطالعات پایش زیستی فلزات سنگین، استفاده از شکم پایان که یکی از بزرگترین و متنوع ترین گروههای جانوری نرم تنان با اندازه کوچک، تحرک کم ، تماس بودن با رسوب و ساده بودن ساختار بدن و فیزیولوژی بدنشان نسبت به دیگر موجودات آبزی هستند، نمونه بسیار مناسبی برای بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین هستند (۶). در مطالعه حاضر اهدافی چون؛ بررسی و سنجش میزان فلزات کادمیوم،سرب و نیکل در عضله لیسه دریایی P. peroneii و روابط بین طول، وزن ماهی با مقدار فلزات تجمع یافته و انجام مقایسه آن با میزان غلظت‌های استاندارد جهانی در دو منطقه قشم، بندر لنگه در استان هرمزگان مورد بررسی قرارگرفت.

روش‌ها

مطالعه حاضر در دو ایستگاه از استان هرمزگان، در مناطق بندرلنگه و جزیره قشم صورت پذیرفت. تعیین ایستگاه های نمونه برداری به نحوی صورت گرفت

که حداکثر سطح منطقه را پوشش دهد. مختصات جغرافیایی ایستگاه ای بندرعباس، بندر لنگه و جاسک با استفاده از دستگاه GPSمشخص و ثبت گردید (شکل۱).



پس از مشخص نمودن ایستگاه‌ها در منطقه جزرومدی جزیره قشم و بندر لنگه از هر ایستگاه ۳۰ نمونه لیسه دریایی بطور تصادفی در هر منطقه نمونه‌برداری گردید. انتخاب گونه با توجه به نوع رژیم غذایی، مکان زندگی و اهمیت اقتصادی آنها انجام گرفت. پس از عملیات زیست سنجی و تشخیص جنسیت، بافت عضله جدا گردید. سپس عضله نمونه ها وزن شده با یک هاون چینی آزمایشگاهی، از نمونه هموژن شده در دمای ۷۰ درجه آون به مدت ۴۸ ساعت

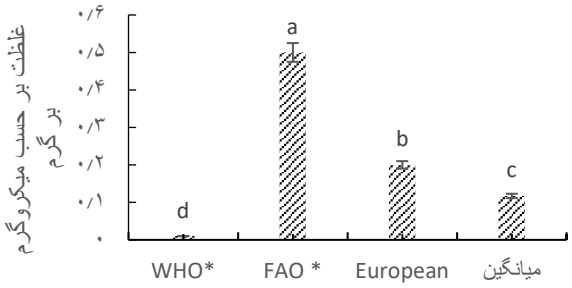
در دستگاه فریزدرایر مدل VaCo5 کاملاً خشک گردید. پس از آن نمونه ها به وسیله هاون چینی پودر گردید (پس از هر بار پودر کردن نمونه‌ها، هاون چینی با اسید نیتریک ۵۰٪ شستشو داده شد و با آب مقطر دوبار تقطیر کاملا آبکشی گردید) و در ظروف پلی اتیلنی تا آغاز مرحله هضم شیمیایی نگهداری شدند. به منظور هضم بافت نرم لیسه ۰/۵ گرم از هر نمونه وزن شد و درون بالن ریخته شد، سپس ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (۶۵ درصد Merk)، به آن افزوده شد و سپس در دمای ۴ درجه به مدت یک ساعت و در دمای ۱۴۰ درجه به مدت ۳ ساعت کاملا هضم گردید. نمونه ها پس از عبور دادن از کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۲ و ابعاد ۱۰×۱۵) در زیر هود توسط آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد و درون ظرف پلی‌اتن‌دار در دمای یخچال تا زمان آنالیز نگه-داری شدند. سپس سنجش غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی با شعله GBC مدل F savant با سه بار تکرار برای هر نمونه صورت گرفت.

محاسبات آماری داده ها با نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام پذیرفت. نرمال بودن داده ها از طریق تست کلموگراف اسمیرنوف و برای مقایسه ی نمونه ها از نظر غلظت عناصر نیکل، سرب و کادمیوم از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) وF-Test استفاده گردید. جهت مقایسه اختلاف میانگین پارامترهای بدست آمده در سطح آماری ۹۵ درصد از آزمون Tukey استفاده شد.

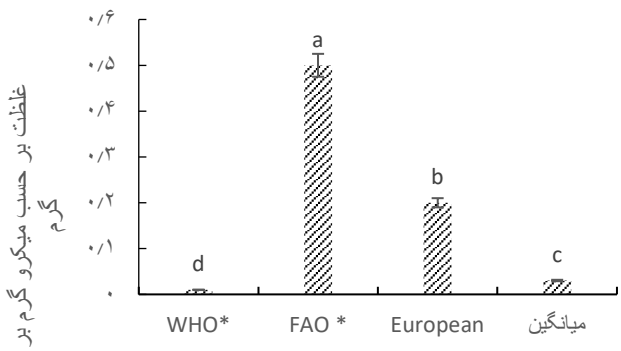
نتایج

غلظت فلز سرب در عضله لیسه دریایی

نتایج نشان داد که غلظت سرب عضله لیسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای FAO و WHO بود (P<0.05). مقایسه غلظت سرب عضله لیسه دریایی در بندر لنگه و قشم نشان داد که غلظت سرب لیسه دریایی در بافت نمونه های قشم به طور معنی‌داری پایین تر از بندر لنگه بود (P<0.05).



نمودار-۱. غلظت سرب عضله لیسه دریایی در بندر لنگه در مقایسه با حد مجاز استانداردهای بین المللی (بر حسب میکرو گرم بر گرم)
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (p≤0.05) می‌باشد.

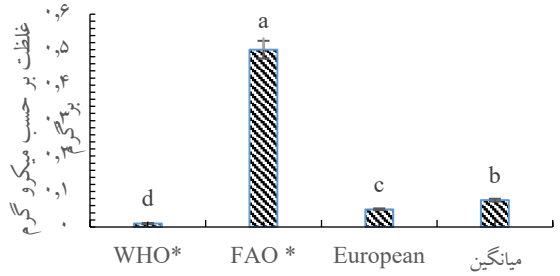


نمودار-۲. غلظت سرب عضله لیسه دریایی در جزیره قشم در مقایسه با حد مجاز استانداردهای بین المللی (بر حسب میکرو گرم بر گرم)
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (p≤0.05) می‌باشد.

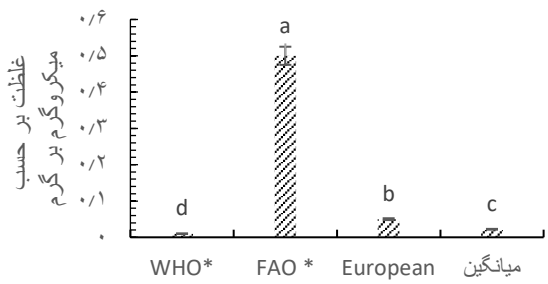
نمودار-۳. مقایسه میانگین غلظت سرب در عضله لیسه دریایی در مناطق بندر لنگه و جزیره قشم (بر حسب میکرو گرم برگرم)
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (p≤0.05) می‌باشد.

مقایسه غلظت کادمیوم

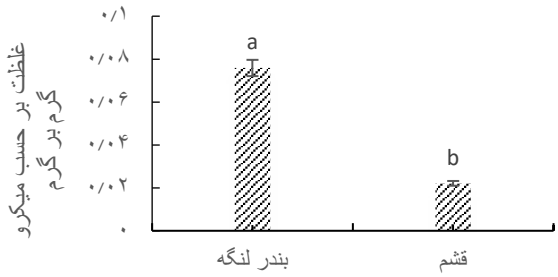
غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی در بندر لنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای FAO و WHO بود (P<0.05). همچنین غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی در قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای FAO بود. ولی نسبت به استانداردهای WHO و European بیشتر بوده است (P<0.05). مقایسه غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی در بندر لنگه و قشم نشان داد که غلظت کادمیوم لیسه دریایی در بافت نمونه های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از قشم بود (P<0.05).



نمودار-۴. غلظت کادمیوم در عضله لیسه دریایی در منطقه بندر لنگه در مقایسه با حد مجاز استانداردهای بین المللی (بر حسب میکرو گرم بر گرم). حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار (p≤0.05) می‌باشد.



نمودار-۵. غلظت کادمیوم در عضله لیسه دریایی در منطقه قشم در مقایسه با حد مجاز استانداردهای بین المللی (بر حسب میکرو گرم بر گرم). حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) می‌باشد



نمودار-۶. مقایسه غلظت کادمیوم در عضله لیسه دریایی در مناطق بندر لنگه وجزیره قشم (بر حسب میکرو گرم بر گرم). حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0.05$) می‌باشد.

از رابطه غلظت نیکل و میانگین وزن کل لیسه دریایی در بندر لنگه معادله y= ۰/۰۰۲۶x - ۰/۴۵۵۵ و R2= ۰/۸۰۳۳ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۸۰ درصد نشان داده شده است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی‌دار با عامل وزن کل دارد (P>0.05). در رابطه غلظت نیکل و میانگین وزن کل لیسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی مثبت و در سطح ۵۱ درصد دیده شد نتایج بدست آمده از غلظت سرب و میانگین وزن کل لیسه دریایی در بندر لنگه معادله y= ۰/۰۰۱۱ x – ۰/۱۲۸۶ و R2 = ۰/۴۵۷۱ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۴۵ درصد است نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه نسبتا معنی‌دار با عامل وزن کل دارد (P>0.05). در رابطه غلظت سرب و میانگین وزن کل لیسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی در سطح ۶۵ درصد و مثبت دیده شد (P>0.05). نتایج حاصل از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین وزن کل لیسه دریایی در بندر لنگه معادله y= ۰/۰۰۰۷ x - ۰/۰۸۵۸ و R2 =۰/۶۲۵۸ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۶۲ درصداست. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی‌دار با عامل وزن کل دارد (P>0.05). در رابطه غلظت کادمیوم و میانگین وزن کل لیسه دریایی در جزیره قشم نتایج نشان داد که رابطه همبستگی در سطح ۴۸ درصد و مثبت دیده شد (P>0.05).

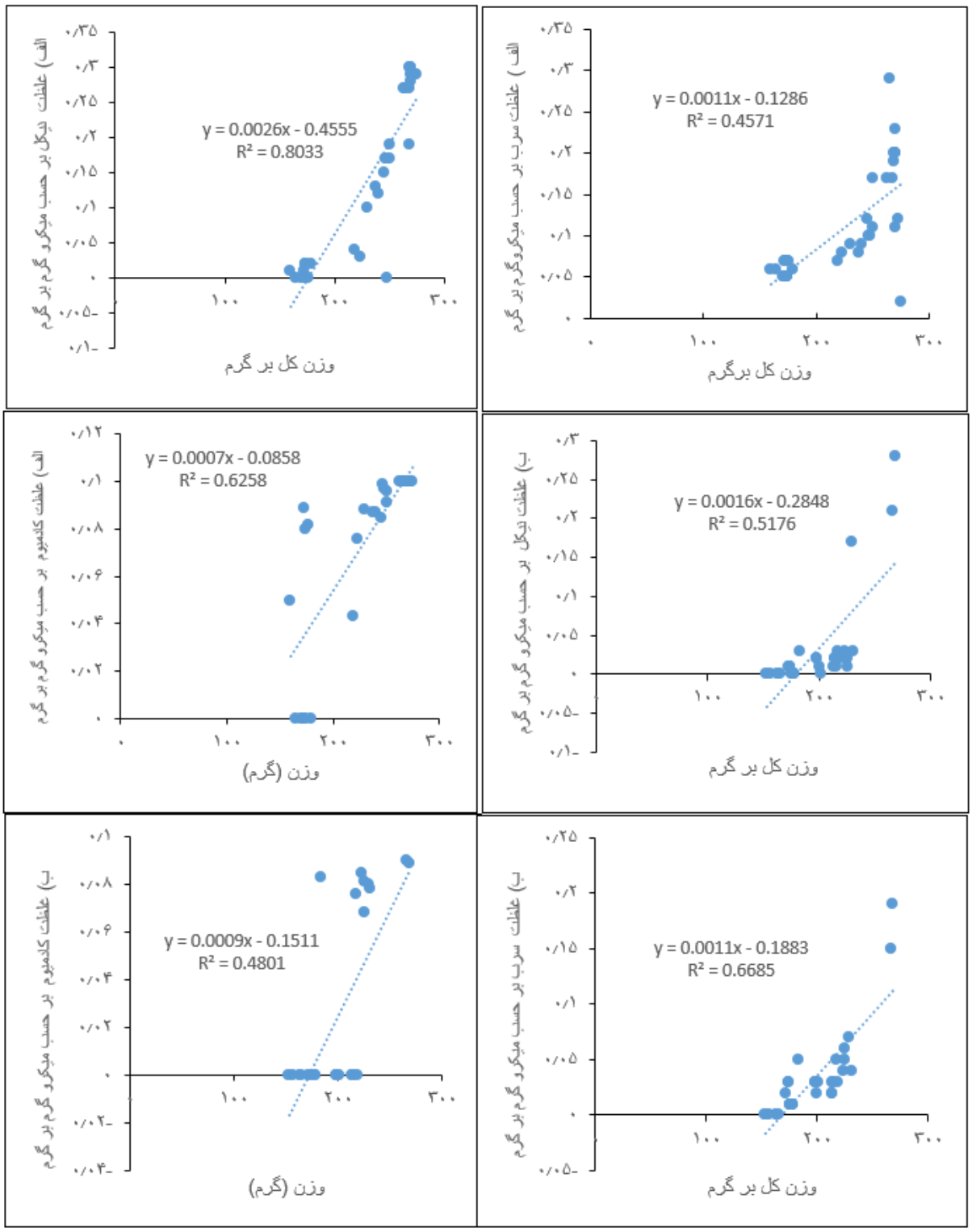
نتایج مقایسه وزن بدن و طول در جنس لیسه دریایی Peronia peroneii (Curi,1804) درآب های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم):

جدول-۱. میانگین کل وزن و طول نمونه های اندازه گیری شده لیسه دریایی Peronia peroneii جمع آوری شده از مناطق مورد مطالعه

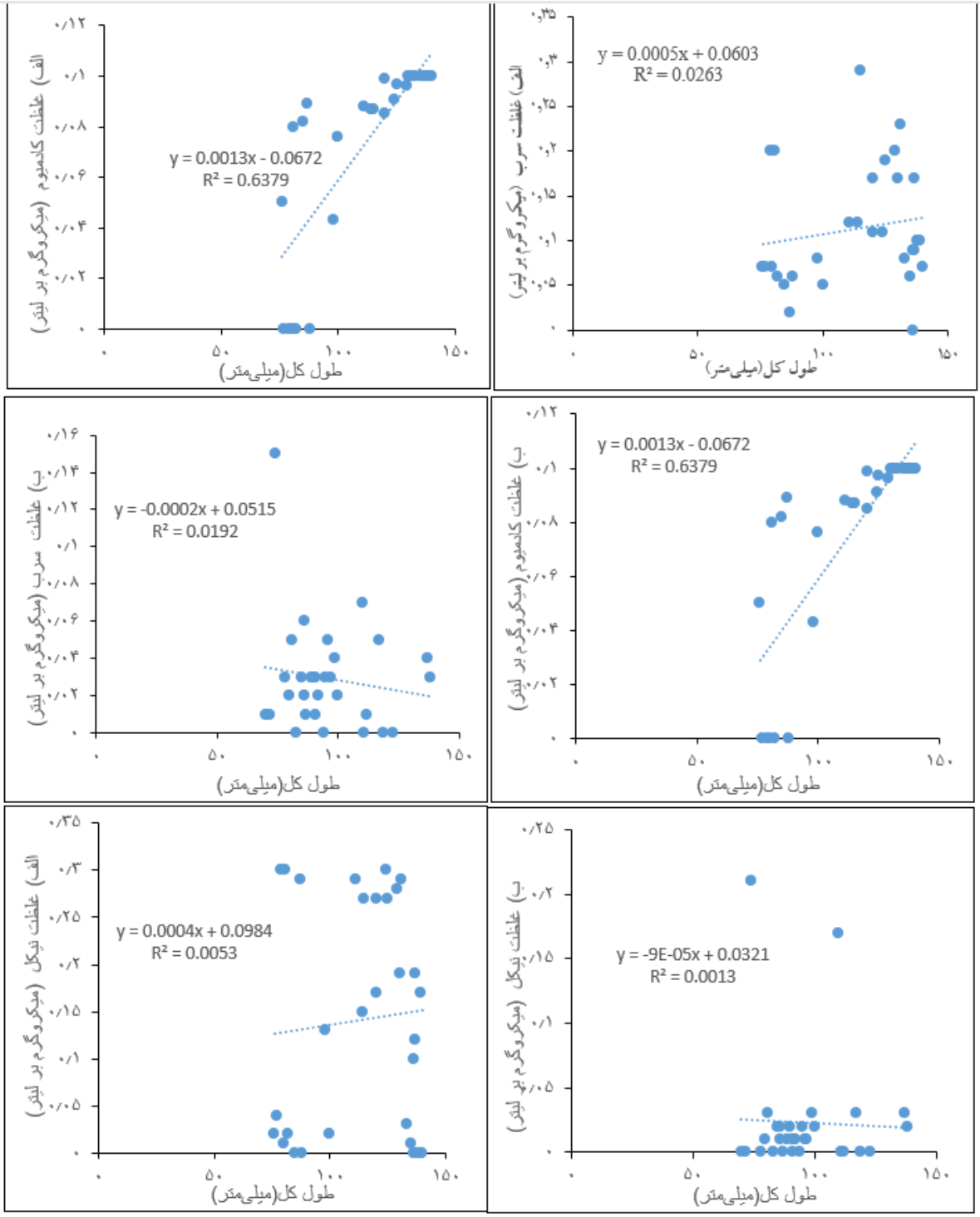
ایستگاه	وزن (گرم)	طول (میلی‌متر)
بندر لنگه	۲۹۹/۸۳ ±./۳۵	۱۱۲/۷۶±./۳۲
قشم	۱۹۹/۳±/ ۲۰	۹۶/۱ ±./۱۸

از رابطه غلظت نیکل و میانگین طول کل لیسه دریایی در بندرلنگه معادله y= ۰/۰۰۰۳x +۰/۰۹۸۴ و R2 = ۰/۰۰۵۳ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۰/۰۰۵ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از نبود رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05). از رابطه غلظت نیکل و میانگین طول کل لیسه دریایی در جزیره قشم معادل y= -۹ E - ۰۵ x + ۰/۰۳۲۱ و R2 = ۰/۰۰۱۳ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۰/۰۰۳ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز نیکل در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از عدم رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05). از رابطه غلظت سرب و میانگین طول کل لیسه دریایی در بندر لنگه معادل y= ۰/۰۰۰۵ x+ ۰/۰۶۰۳ و R2 = ۰/۰۲۶۳ به دست آمد که دارای همبستگی ۰/۰۲ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی ازعدم وجود رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05). از رابطه غلظت سرب و میانگین طول کل لیسه دریایی در جزیزه قشم معادل y= -۰/۰۰۰۲x +۰/۰۵۱۵ و R2=۰/۰۱۹۲ به دست آمد که دارای همبستگی ۰/۰۱ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی ازعدم وجود رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05). از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی در بندر لنگه معادله y= ۰/۰۰۱۳ x –۰/۰۶۷۲ و R2 = ۰/۶۳۷۹ به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۶۳ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی از وجود رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05). از رابطه غلظت کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی در جزیره قشم معادله y= -۰/۰۰۰۲ x +۰/۰۹۹ و

۰/۰۱۴۴ = R2 به دست آمد که دارای همبستگی مثبت و ۰/۰۱ درصد است. نتایج آماری در ارتباط با میزان تجمع فلز کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی مورد مطالعه حاکی ازعدم وجود رابطه معنی‌دار با عامل طول کل دارد (P>0.05).



شکل-۲. رابطه همبستگی بین عناصر سرب، کادمیوم و نیکل با وزن کل بدن لیسه دریایی Peronia peroneii (Curi,1804) در بندر لنگه (الف) و قشم (ب) (p<۰/۰۵).



شکل-۳. رابطه همبستگی بین عناصر سرب ،کادمیوم و نیکل با طول کل بدن لیسه دریایی Peronia peroneii (Curi,1804) در بندر لنگه (الف) و قشم (ب) (p<۰/۰۵).

بحث

ارزیابی نتایج سنجش و مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی Peronia peroneii درآب های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم):

ارزیابی نتایج مقایسه غلظت سرب

نتایج نشان داد که غلظت سرب عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و FAO و بالا تر از استاندارد WHO بود. همچنین غلظت سرب عضله لیسه دریایی P. peroneii در جزیره قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و FAO و بالاتر از استاندارد WHO بود. مقایسه غلظت سرب عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که غلظت سرب لیسه دریایی در بافت نمونه های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره

قشم بود.

به همین منظور در پژوهشی دیگر حیدری و همکاران به بررسی غلظت فلز سرب با نمونه برداری از رسوبات سطحی، صدف صخره ای خوراکی (Saccostrea cucullata) و صدف ملالیس (Solen brevis) از ۶ ایستگاه در سواحل بندرلنگه و بوشهر به ترتیب در پاییز ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰ پرداختند که نتایج نشان داد در میان مقدار تجمع فلز سنگین سرب در بافت نرم و پوسته هر دو گونه دوکفه ای با غلظت آنها در رسوبات همبستگی معنی داری وجود دارد (۷). همچنین در سال ۲۰۱۹ مطالعه ای به منظور بررسی کیفیت آب، سمیت ژنی، تغییرات هیستوپاتولوژیک آبشش، کبد و کلیه ماهی کپور معمولی Cypris carpio پس از مواجهه با نیترات سرب انجام شدکه نتایج نشان داد با افزایش دوزها، درصد فراوانی ریزهسته‌ها به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. یافته ها نشان داد که کپور معمولی در معرض نیترات سرب، سمیت ژنتیکی ایجاد می‌کند. از این رو، قرار گرفتن طولانی مدت در معرض غلظت‌های بالاتر نیترات سرب می تواند به طور جدی بر وضعیت سلامت ماهی تأثیر بگذارد. نتایج به وضوح نشان می دهد که نیترات سرب نه تنها Cyprinus carpio بلکه بر کیفیت آب نیز تأثیر می گذارد (۸). Muneer و همکاران در سال ۲۰۲۲ طی تحقیقی بر روی پارامترهای فیزیکوشیمیایی دریاچه سد کشمیر تعیین کردند که غلظت فلزات سنگین مانند کادمیوم، کروم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی در نمونه‌های آب، رسوب، ماهیچه، آبشش، روده، کبد و کلیه ماهیان تاثیر گذار بوده است. نمونه های آب میانگین ۶۴/۷pH، کدورت ۲,۵۹ NTU، رسانایی ۴۶۱ میکرومتر بر سانتیمتر، ۲۰۵TDS میلی گرم در لیتر و شوری ۰/۲۲ میلیگرم در لیتر را نشان دادند. به ترتیب در آبشش بیشترین تاثیر گذاری فلزات سنگین روی کروم سرب منگنز مس نیکل بود. در روده فلزات سنگین روی کروم مس منگنز سرب نیکل و در کبد، روی کروم مس سرب منگنز کادمیوم نیکل. و همچنین در کلیه ها روی کروم کادمیوم سرب مس منگنز نیکل به ترتیب بیشترین تاثیر را داشته است (۱۵).

ارزیابی نتایج مقایسه غلظت کادمیوم

نتایج نشان داد که غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استاندارد FAO و بالاتر از استاندارد های European و WHO بود (P>0.05). همچنین غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی P. peroneii در جزیره قشم به طور معنی‌داری پائین‌تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و FAO و بالاتر از استاندارد WHO بود (P>0.05). مقایسه غلظت کادمیوم عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که غلظت کادمیوم لیسه دریایی در بافت نمونه های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود (P>0.05). کادمیوم و ترکیبات آن شایع ترین سموم محیطی با پتانسیل تجمع و تداوم هستند در بدن، و تغییرات بیوتیک همه کاره در اکوسیستم آبزی ایجاد می‌کند (۹). راههای ورود کادمیوم به اکوسیستم های آبی از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی، پساب های مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود در کشاورزی می‌باشد. کادمیوم یک فلز سمی و یک آلاینده مهم زیست محیطی است که بر عملکرد میتوکندری و انرژی زیستی در حیوانات تأثیر می‌گذارد. طی بررسی انجام شده بر روی عملکرد میتوکندری صدف Crassostrea virginica در حضور فلز کادمیوم نتایج نشان داده بود که اکسیداسیون بستر هدف اصلی ایجاد سمیت کادمیوم در موجود آبزی هدف است (۱۰).

توانایی گونه‌های مختلف نرم تنان برای جمع‌آوری مواد سمی مانند کادمیوم از آب‌های طبیعی در مقادیری که مرتبه‌های بزرگی بالاتر از سطوح پس‌زمینه هستند، به خوبی شناخته شده است در آزمایشی که در سال ۲۰۰۷ با استفاده از سنجش بر روی ۴ گونه جزر و مدی نمونه‌های Cymbula oculu، Scutellastra Cymbula granatina (Linnaeus) و Scutellastra granularis (Linnaeus) در محل آفریقای جنوبی انجام گردید نتایج نشان دهنده یک پاسخ وابسته به دوز است. در تمام گونه‌ها افزایش متوسطی در غلظت کادمیوم در طول دوره ۷۲ ساعته مشاهده شد. مقادیر EC50 نشان داد که S. granularis و C. granatina حساسیت 'بالا' به آلودگی کادمیوم داشتند، در حالی که C. oculus حساسیت 'متوسط' و' S. longicosta کم' به آلودگی کادمیوم داشتند. داده های حساسیت به دست آمده از تجزیه و تحلیل گونه های تجربی در این مطالعه ممکن است به ایجاد یک مدل توزیع حساسیت گونه (SSD) کمک کند (۱۱). تجمع زیستی کادمیوم در بافت نرم صدف Donax trunculus Bivalvia را در شرایط آزمایشگاهی در طول دوره های مواجهه و بهبودی نشان داد که افزایش معنی‌داری (p ۰/۰۰۱) در غلظت کادمیوم در مقایسه با گروه شاهد در طول دوره مواجهه بود داده‌های این تحقیق در سال ۲۰۱۸ نشان می دهد که کادمیوم به تدریج در بدن D. trunculus تجمع پیدا کرده است (۱۲). همچنین نتایج ارائه شده در پژوهش حاضر در مقایسه با دیگر تحقیقات انجام شده نشان دهنده تجمع پذیری لیسه دریایی P. peroneii در مواجه با غلظت های فلز کادمیوم در اکوسیستم آبی می‌باشد.

ارزیابی نتایج مقایسه غلظت نیکل

نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت نیکل عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از حد تعریف شده در استانداردهای European و WHO و FAO بود (P>0.05). همچنین غلظت نیکل عضله لیسه دریایی P. peroneii در جزیره قشم به طور معنی‌داری پایین تر از حد تعریف شده در استانداردهای European و WHO و بالاتر از استاندارد FAO بود (P>0.05). مقایسه غلظت نیکل عضله لیسه دریایی P. peroneii در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که

غلظت نیکل عضله لیسه دریایی در بافت نمونه های بندر لنگه به طور معنی‌داری بالاتر از جزیره قشم بود (P>0.05). آزمایشات متعدد نشان داده اند که تجمع فلزات سنگ به غلظت قابل دسترس فلز در آب، مدت زمان که در محیط وجود دارد بستگی دارد گر عوامل محیط مانند شور pH سخت دما نقش مهم معنی‌داری را ایفا می کند. همچنین نیازهای اکولوژیکی، جنس، اندازه تولید مثل موجودات در یایی بر روی تجمع فلزات سنگ موثر می‌باشد.

در تحقیقی که به بررسی توزیع فلزات سنگین (کادمیم، سرب، نیکل و منگنز) در اندام‌های مختلف دو گونه صدف دریایی، Perna perna جمع‌آوری‌شده از منطقه Figuier و Mytilus galloprovincialis نمونه‌برداری شده از مناطق بندر سرکوف سواحل الجزایر است. نتایج فلزات سنگین، بیان شده بر روی میکروگرم بر گرم وزن خشک، از ۰,۱ تا ۲,۶ Cd، ۰,۱ تا ۱۷,۱۵ Pb، ۰,۳۶ تا ۲۵,۷ Ni، و ۳,۶۸ تا ۷۴,۷۶ منگنز متغیر بود. بنابراین، توزیع معمولی فلزات مورد مطالعه در اندام های مختلف صدف مشاهده شد. در واقع، غده گوارشی به دنبال آبشش غلظت فلزات بسیار بالایی را نشان داد (۱۳). همچنین نتایج ارائه شده در مطالعه پیش رو با مقایسه تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان دهنده عدم تجمع پذیری لیسه دریایی P. peroneii در مواجه با غلظتهای فلز نیکل در اکوسیستم آبی می‌باشد.

مواد شیمیایی مانند فلزات ناشی از فعالیت های کشاورزی و صنعتی در نهایت مسیرشان را به سوی اکوسیستم های آبی پیدا نموده و می توانند اثرات سمی وسیعی روی موجودات آبزی داشته باشند در مطالعه ای تعیین میزان سمیت عناصر در نمونه های ماهیان شورت و زمین کن از منطقه حفاظت شده حرا می باشد. نمونه های ماهیان شورت و زمین کن به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین (Cd, Ni, Pb, Cr) در بافت های عضله، کبد و آبشش، از منطقه حفاظت شده حرا واقع در استان هرمزگان، جمع آوری و میزان فلزات توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید. این مطالعه نشان می دهد که در مقایسه با آبشش و عضلات، کبد بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، سرب و نیکل را، به ترتیب با میانگین ۰/۹۱، ۱/۲۶، ۰/۹۹ و۳/۱۲ میکروگرم در گرم در ماهی شورت و۰/۹۱ ۱/۴۹، ۱/۴۳ و ۳/۰۳ میکروگرم در گرم در ماهی زمین کن دارا است. نتایج آزمون همبستگی پیرسون در بافت های مورد مطالعه با عوامل طول کل، وزن و سن نشان داد که ارتباط منفی معنی داری بین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، کروم و نیکل در تمامی بافت ها با فاکتورهای زیستی مذکور وجود دارد. همچنین نتایج حاصل از بررسی های آماری، حاکی از بالاتر بودن میزان سرب در بافت عضله ماهیان شورت و زمین کن نسبت به استانداردهای جهانی بود. مقادیر کادمیوم نیز در هر دو گونه پایین تر از استانداردهای FAO و WHO می باشد (۱۴).

تحقیقات گستردهای در زمینه اثرات و تجمع فلزات سنگین در ماهیهای مختلف انجام گرفته شده که نشان از اهمیت بررسی میزان این مواد دارد. نتیجه تحقیقات نشان داد در بدن ماهیان کلیه نیز به عنوان دروازهای برای سم زدایی فلزات در بدن مطرح است و مقدار قابل توجهی از فلزات سنگین در آن انباشته میشود. مطالعاتی نشان داده است در آلودگی فلزات کروم و نیکل میزان تجمع فلز کروم نسبت به نیکل در بافت کلیه بیشتر است. این در صورتی است که در بافت کبد میزان تجمع فلز نیکل نسبت به کروم بیشتر است. به صورت تخریب سلولهای توبولی، گشاد شدن مویرگی و کاهش فضای کپسول بومن گزارش شده است (۱۵).

ارزیابی نتایج مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در بافت عضله لیسه دریایی Peronia peroneii (Curi,1804) بر اساس وزن و طول بدن درآب های سواحل استان هرمزگان (بندر لنگه و جزیره قشم)

نتایج نشان داد که میانگین وزن کل و طول لیسه دریایی با مقایسهٔ فلزات سنگین با استاندارد های جهانی، FDA و WHO نتایج زیر به دست آمد: میزان فلز سنگین نیکل و سرب در برابر فلز کادمیوم از غلظت های مورد نظر کمتر نشان داده است این در صورتی است که هر چه طول کل لیسه دریایی افزایش پیدا میکند میزان تجمع غلظت فلزات نیز به طور معنی‌داری کاهش پیدا میکند تغییرات غلظت فلزات سنگین همبستگی مثبتی با افزایش وزن بدن از خود نشان داد. نتایج جمع آوری شده از بندر لنگه به ترتیب ۲۲۹/۸۳ و۱۱۲/۷۶ و میانگین وزن کل و طول لیسه دریایی P. peroneii جمع آوری شده از جزیره قشم به ترتیب ۱۹۹/۳ و ۹۶/۱ بود. نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین وزن کل عضله لیسه دریایی در بندر لنگه وجزیره قشم نشان داد که رابطه تقریبا معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل وزن کل وجود دارد و همبستگی مثبت با وزن کل لیسه دریایی مشاهده شد (P>0.05). همچنین نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل طول کل وجود ندارد و همبستگی منفی با طول کل لیسه دریایی مشاهده شد.

رسوبات مهم ترین ذخیره و جذب فلزات و سایر آلاینده ها در اکوسیستم های آبی هستند و می توانند کیفیت سیستم های آبی را منعکس کنند. در این مطالعه آلودگی رسوبی به فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم بر اساس شاخص آلودگی و ارزیابی خطرات عناصر فلزی بر موجودات زنده بر اساس شاخص پتانسیل خطر بیولوژیکی می‌باشد (۱۶).

نتایج مطالعات نشان داده که تغییرات قابل توجهی در غلظت فلزات سنگین در بین گونه های نرم تنان در سطوح نسبتاً بالا از اکثر فلزات هستند، به دنبال آن سخت پوستان (خرچنگ و میگو)، در مقابل، ماهی ها غلظت کم همه فلزات به جز جیوه سه گروه فلزات سنگین برای تفسیر ویژگی‌های تجمعی در موجودات دریایی شناسایی شدند (۱۷). غلظت As ، Cd، Cr، Cu، Hg، Ni، Pb

و Zn در بخش خوراکی چندین گونه ماهی، سخت پوستان، نرمتنان و خارپوستان جمع آوری شده در مناطق حساس سواحل توسکانی (شمال ایتالیا) در مطاله ای در سال ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفته شد. شاخص‌های ضریب خطر هدف و خطر سرطان مادام العمر برای ارزیابی خطر سرطان و غیرسرطانی ناشی از قرار گرفتن در معرض دهان محاسبه شدند. بالاترین مقادیر THQ مربوط به As و Hg با مقادیر ≤۱ در ۳۹٪ و ۴۸٪ موارد بود. مقادیر ضریب خطر کل هدف (TTHQ) نشان می‌دهد که جمعیت محلی می‌توانند اثرات نامطلوبی بر سلامتی ناشی از مصرف غذاهای دریایی محلی، عمدتاً گونه‌های کفزی و اعماق دریا تجربه کنند. خطر سرطان عمدتاً با قرار گرفتن در معرضAs ، و با مصرف Cd، به ویژه از طریق مصرف نرم تنان مرتبط بود. مدل NMDS فرآیندهای تجمع زیستی خاص گونه‌ها و حساسیت خاص گونه‌ها به فلزات سنگین زیستی مختلف را برجسته می‌کند. علاوه بر این، توزیع فلزات سنگین در موجودات، تفاوت‌های بین مناطق نمونه‌برداری Follonica و Livorno را نشان داد، که نشان‌دهنده تأثیر انسانی بسیار ناهمگن از نظر ورودی فلزات سنگین از فعالیت‌های صنعتی در زمین است (۱۸). در مطالعه ای در سال ۱۳۹۲ بر روی ماهی گل خورک (*Periophthalmus waltoni*) بنادر صیادی استان میزان تجمع غلظت فلز سرب با طول و وزن این گونه ارتباط مستقیم و همبستگی معنی‌داری دارد، به طوری که با افزایش طول و وزن بدن ماهی گل خورک میزان عنصر سرب افزایش یافته است.

می‌توان رابطه تجمع فلزات سنگین با افزایش طول و وزن بدن را با عادات غذایی به انواع گونه‌ها ربط داد. درباره لیسه دریایی P. peroneii در خلیج فارس نیز رژیم غذایی گوشتخواری و رابطه آن با افزایش طول و وزن بدن و افزایش تجمع برخی فلزات نشان داده شده است. عوامل چون رژیم غذایی، زیستگاه و طول بدن و ... در توزیع فلزات سنگین بین عضلات مختلف انواع نرمتان گزارش شده است. میزان فلزاتی که در متابولیسم ماهیان نقش دارند با افزایش سن کاهش می یابند .فعالیت های متابولیکی نقش مهمی در تجمع فلزات سنگین در اندام های مختلف ماهیان دارند ضمن آنکه فعالیت های متابولیکی ماهیان با سن کمتر به مراتب بیشتر از ماهیان مسنتر می‌باشد. بنابراین تجمع فلزات در ماهیان جوان تر (با طول کمتر) بیشتر است.

سن، سرعت رشد، عادات غذایی موجودات، سختی و pH آب و در دسترس بودن فلز، عوامل موثری در تجمع زیستی فلزات پیشنهاد شده است. علیرغم مزایای تغذیه ای، نرمتنان به دلیل تحمل بالای آنها در برابر سطوح مختلف دما، شوری و اکسیژن و همچنین آلاینده ها، یک عامل عالی نظارت بر فلزات سنگین آبی هستند. اگرچه فلزات سنگین سمی انباشته شده ممکن است اثرات منفی مستقیمی روی نرمتنان نداشته باشند، چنین سمومی در بافت‌های این موجودات می‌توانند اثرات مضری بر بدن انسان داشته باشند که در مقادیر سمی و یا در مدت طولانی مصرف شوند. رونق فعالیت‌های شهری و صنعتی و به طبع آن افزایش رواناب‌ها و همچنین پساب‌های فاضلاب و آب‌شویی، وسعت این موضوع را تشدید کرد (۱۹). سطح فلزات سنگین (منگنز، آهن، کبالت، نیکل، مس، روی، کادمیوم و سرب) در پوسته و بافت نرم گاستروپود *Lanistes carinatus* و در آب و رسوبات قسمت جنوبی دریاچه مانزالا در تابستان شناسایی و تجزیه و تحلیل شد.. غلظت فلزات سنگین در آب کمتر از رسوبات، بافت نرم یا پوسته گاستروپود بود. تمام غلظت فلزات سنگین شناسایی شده در بافت نرم بیشتر از پوسته بود. ضریب انباشت آب زیستی این فلزات بالا بود، که نشان‌دهنده نرخ بالاتر تجمع فلزات سنگین توسط این گونه در آب است (۲۰).

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که نتایج به دست آمده از رابطه غلظت نیکل، سرب و کادمیوم و میانگین طول کل لیسه دریایی *Peronia peronii* در بندر لنگه و جزیره قشم نشان داد که رابطه معنی‌دار بین میزان تجمع فلزات مذکور با عامل طول کل وجود ندارد و همبستگی نسبتا منفی با طول کل لیسه دریایی مشاهده شد.

تشکر و قدردانی: از همه اساتیدی که در غنای مطالب حاضر یاری‌رسان بودند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Ghasemi S. Evaluation of the risk potential of heavy metals (copper, vanadium, lead and nickel) in the muscle tissue and liver of the short fish (Silago sihama) and the surface sediments of Khormousi, Persian Gulf. Scientific Journal of Aquatic Ecology. 2021;11(1):45-58.2

2. Ghafarzadeh M, Sayadqabadi A. Investigating the accumulation of heavy metals in the soft and hard tissue of barnacles - a case study of Anzali port ships. Maritime transport industry. 2018;4(4):29-42.

3. Safahiye P, Abadi S, Ghanemi K.

Accumulation of heavy metals (zinc, copper, nickel, lead and cadmium) in sediment and stone snail Tylothais savignyi of Kharg Island during summer and winter seasons. Journal of Aquatic Ecology. 2019;9(1):38-49.
4. Bitaab M, Siadat SR, Pazooki J, Sefidbakht Y. Antibacterial and molecular dynamics study of the Dolabellanin B2 isolated from sea slug, Peronia peronii. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015;12(3):2023-35. doi:10.13005/bbra/1870
5. Dayrat B, Goulding TC, Apte D, Aslam S, Bourke A, Comendador J, et al. Systematic revision of the genus peronia fleming, 1822 (Gastropoda, euthyneura, pulmonata, onchidiidae). ZooKeys. 2020;972:1. doi:10.3897/zookeys.972.52853
6. Yazidis. Molecular identification of four species from the belly of the rocky shores of the Persian Gulf. Sea Biology. 2020;11(4):59-74.
7. Heydari Chaharlang B, Behnam, Bakhtiari R, Yavari, Selahshor. Investigating the measurement of the concentration of heavy metals cadmium, lead and zinc in bivalve oysters Saccostrea cucullata and Solen brevis in the areas between Bandarlange and Bushehr. Aquatics and fisheries scientific-research quarterly. 2011;2(7):19-32.
8. Paul S, Mandal A, Bhattacharjee P, Chakraborty S, Paul R, Mukhopadhyay BK. Evaluation of water quality and toxicity after exposure of lead nitrate in fresh water fish, major source of water pollution. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 2019;45(4):345-51. doi:10.1016/j.ejar.2019.09.001
9. Kumar P, Singh A. Cadmium toxicity in fish: An overview. GERF Bulletin of Biosciences. 2010;1(1):41-7.
10. Kurochkin IO, Etzkorn M, Buchwalter D, Leamy L, Sokolova IM. Top-down control analysis of the cadmium effects on molluscan mitochondria and the mechanisms of cadmium-induced mitochondrial dysfunction. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2011;300(1):R21-R31. doi:10.1152/ajpregu.00279.2010
11. Schoeman W. Cellular stress responses to cadmium contamination as measure of sensitivity in intertidal molluscan species: Stellenbosch: University of Stellenbosch; 2007.
12. Belabed S, Soltani N. Effects of cadmium concentrations on bioaccumulation and depuration in the marine bivalve Donax trunculus. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration. 2018;3(1):1-5. doi:10.1007/s41207-018-0054-0
13. Abderrahmani K, Boulahdid M, Bendou N, Aissani A. Seasonal distribution of cadmium, lead, nickel, and magnesium in several tissues of mussels from the Algerian coasts. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27(18):22547-67. doi:10.1007/s11356-020-08682-8
14. Hofmeister M. Kratom Consumption can be Addictive and have Adverse Health Effects. Novel Clin Med 2022; 1(4): 168-172. doi: 10.22034/ncm.2022.350622.1050
15. Nasiri A. Investigating the effects of environmental pollution caused by heavy metals in fish. Veterinary laboratory research. 2018; 10 (Special Letter No. 1 of the 12th Iranian Veterinary Congress): 223.
16. Talesh Pour S, Taghavi L, Saravi N. Prioritizing the Amount of Contamination of Metals Using Pollution Load Factors and Potential Biologic Hazards in the Surface Sediments of the Rivers of the Southeast Coast of the Caspian Sea. Journal of Environmental Science and Technology. 2020;22(6):17-30.
17. Liu Q, Xu X, Zeng J, Shi X, Liao Y, Du P, et al. Heavy metal concentrations in commercial marine organisms from Xiangshan Bay, China, and the potential health risks. Marine pollution bulletin. 2019;141:215-26. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.02.058
18. Bonsignore M, Manta DS, Mirto S, Quinci EM, Ape F, Montalto V, et al. Bioaccumulation of heavy metals in fish, crustaceans, molluscs and echinoderms from the Tuscany coast. Ecotoxicology and environmental safety. 2018; 162:554-62. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.07.044
19. Ali TG, Abdul Keyon AS, Mahat NA. Occurrence of heavy metals and their removal in Perna viridis mussels using chemical methods: a review. Environmental Science and Pollution Research. 2021:1-19. doi:10.1007/s11356-021-17343-3
20. Gawad SSA. Concentrations of heavy metals in water, sediment and mollusk gastropod, Lanistes carinatus from Lake Manzala, Egypt. Egyptian J Aquatic Res. 2018; 44(2):77-82. doi:10.1016/j.ejar.2018.05.001