محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٠، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٣، صفحهٔ ٩٣٦-٩٢٩

بررسی میزان تجمع فلزات سنگین (روی، مس، سرب و کادمیوم) در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ (*Egretta alba*) در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا

فرناز شیبانی‌فر[1]، ثمر مرتضوی[2]*، میرمهرداد میرسنجری[3]

۱. کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر
farnazsheybanifar@yahoo.com

۲. استادیار و معاون گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر

۳. استادیار گروه محیط‌زیست و رئیس دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ملایر mehrdadmirsanjari@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۹/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/٤/۷

چکیده

در سال‌های اخیر نگرانی در خصوص آثار نامطلوب و درازمدت فلزات سنگین در محیط‌زیست افزایش یافته است. فلزات سنگین در محیط‌زیست می‌توانند تأثیرات جدی در پایداری و سلامت بوم‌سازگان‌ها به وجود آورند. این آلاینده‌ها از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد دریا و از طریق زنجیرهٔ غذایی در بدن آبزیان جمع می‌شوند. اهداف ما در مطالعهٔ حاضر، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین از جمله روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا و مقایسهٔ آن با استانداردهای ارائه‌شده، همچنین مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین بین جنس نر و ماده و پرندهٔ بالغ و نابالغ است. نتایج نشان داد که فقط در میانگین غلظت فلز سرب در بافت عضله بین جنس نر و ماده اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($P<0/05$). در این مطالعه، هیچ‌گونه اختلاف معنی دار آماری در غلظت فلزات سنگین بین اگرت بالغ و نابالغ مشاهده نشد. همچنین، مقایسهٔ میانگین غلظت فلزات سنگین با مقادیر ارائه‌شده نشان داد که میانگین غلظت روی، بسیار بالاتر از مقادیر بیان‌شده و میانگین غلظت مس، سرب و کادمیوم در اگرت بزرگ در حدود استانداردهای ارائه‌شده است و نزدیک به سطوحی که بتوانند آثار سمی را در پرندهٔ مورد نظر نشان دهند، نبوده است. با وجود این، بالابودن غلظت این عناصر در برخی نمونه‌ها نشان می‌دهد که این پرندگان در محیط‌زیست خود در معرض این فلزات قرار دارند.

کلیدواژه

اگرت بزرگ، آلودگی، ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا، عضله، فلزات سنگین.

۱. سرآغاز

آلودگی محیط زیست و به خصوص آلودگی دریاها از مسائل تهدیدکننده ای است که امروزه بشر با آن مواجه است. بسیاری از فعالیت‌های انسان پیامدهای جبران‌ناپذیری در محیط‌زیست دریایی دارند، به طوری که تخریب آن، بسیاری از مناطق دریایی جهان را تهدید می‌کند. دریا یکی از منابع مهم با امتیازهای ویژه‌ای برای تأمین قسمتی از نیازهای بشر طی تاریخ بوده و هست، بنابراین حفظ محیط زیست دریا و جانورانی که در آن زندگی می‌کنند در تداوم زندگی انسان‌ها نقش بسزایی دارد (Abdolvan and Safahie, 2009). فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی به شمار می‌روند که از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد دریا شده و از طریق زنجیرهٔ غذایی در بدن آبزیان جمع می‌شوند (Porkhabaz and Norouzi, 2012). بسیاری از این عناصر نه تنها برای موجودات ضروری نیستند، بلکه خاصیت سمی زیادی دارند. از اساسی‌ترین مسائل در خصوص فلزات سنگین تجزیه‌نشدن آن‌ها در بدن است. در واقع

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۱۶۶۶۵۲۰۰۸ Email: mortazavi.s@gmail.com

فلزات سنگین پس از ورود به بدن دفع نمی‌شوند، بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند و انباشته می‌شوند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود (Harikumar et al., 2009). فلزات سنگین در محیط‌زیست تأثیرات جدی در پایداری بوم‌سازگان‌ها به وجود می‌آورند. در ارزشیابی تغییرات بوم‌سازگان استفاده از گونه‌های پایش‌گر می‌تواند داده‌های قابل اعتمادی را برای ارزشیابی کیفیت محیط‌زیست فراهم کند.

پرندگان در مقایسه با سایر مهره‌داران، به آلودگی‌های محیط‌زیست حساسیت بیشتری دارند (Furness, 1993). پرندگان ممکن است از طریق تماس مستقیم یا استفاده از آب و غذای آلوده در معرض مواد شیمیایی گوناگون نظیر فلزات سنگین قرار گیرند (Savinov et al., 2003). از طرفی پرندگان به علت ارتباط غیرمستقیم با منابع آلوده‌کننده، می‌توانند تعیین‌کنندهٔ سطح غلظت عناصر سمی در زنجیرهٔ غذایی بوم‌سازگان‌های آبی باشند. بنابراین، آلودگی پرندگان به فلزات سنگین می‌تواند پیش‌بینی‌کنندهٔ آلودگی در طول زنجیرهٔ غذایی باشد (Burger, 1993). به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در بسیاری از مطالعات از بافت عضله، کبد، کلیه، طحال، قلب، شش، چربی، خون، مغز، استخوان و در سایر موارد از پر و تخم پرندگان استفاده شده است. غلظت های متفاوتی از یک نوع فلز در بافت‌های مختلف تجمع می‌یابد، بنابراین به منظور ارزیابی وضعیت محیط ضروری است که از اندام های مختلف پرنده استفاده شود (Zhang et al., 2011). اصولاً فلزات سنگین بیشتر در بافت‌هایی دیده می‌شوند که از فعالیت متابولیکی بالایی برخوردارند. ماهیچه از مهم ترین این اندام هاست به همین علت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آن توصیه می‌شود (Jalali and Aghazademeshki, 2006).

به طور کلی می‌توان ویژگی‌های پایشگر زیستی مناسب را موارد زیر عنوان کرد: غیرمهاجر و ساکن‌بودن گونه، فراوانی مناسب، شناسایی آسان، داشتن عمر طولانی و در دسترس‌بودن طی سال برای نمونه برداری، گوشتخواربودن گونه، همچنین در برابر نوسان‌ها و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بردباری داشته باشد (Lafabrie et al., 2013). با توجه به مجموع شرایط بالا اگرت بزرگ یا حواصیل سفید بزرگ با نام علمی *Egrette alba* به‌منزلهٔ گونهٔ مناسب به منظور اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین انتخاب شد. اگرت بزرگ از گونه‌های وابسته به بوم‌سازگان آبی است که با توجه به جمعیت وافر، پراکنش وسیع، موقعیت ویژهٔ ماهی‌خواری، همواره مورد توجه محققان بوده است. همچنین، این گونه در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا زادآوری می‌کند و یک گونهٔ مقیم محسوب می‌شود. علاوه بر آن، موقعیت صیادی اگرت‌ها در بالای چرخهٔ بوم‌سازگان‌های آبی، آن‌ها را به تغییرات محیطی حساس کرده است. لذا این‌گونه می‌تواند به‌منزلهٔ وسیله‌ای برای بررسی تغییرات در کیفیت بوم‌سازگان‌های آبی استفاده شود (Karimi and Esmaili-sari, 2007).

هدف از این مطالعه مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، روی و سرب) در بافت عضلهٔ بین جنس نر و ماده و اگرت بالغ و نابالغ بوده است و در نهایت غلظت فلزات سنگین در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا با استانداردهای موجود مقایسه شد.

۲. مواد و روش بررسی

منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا وسیع‌ترین رویشگاه جنگل‌های حرا در ایران و خلیج‌فارس است و ۸۶ درصد جنگل‌های حرای ایران را دربر گرفته و با وسعت ۸۶ هزار و ۵۸۱ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است. منطقهٔ حفاظت شدهٔ حرا در تنگهٔ خوران، بین جزیرهٔ قشم، سواحل حوزهٔ بندر خمیر و در مصب و دلتای رودخانهٔ مهران قرار گرفته است و تمامی ترعه‌خواران را دربر می‌گیرد. این منطقه یکی از ۱۰ ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ منتخب یونسکو در ایران و تنها ذخیره‌گاه ساحلی در آب‌های شمالی خلیج فارس است (Zehzad and Madjnoonian, 1998).

در این مطالعه پس از بررسی‌های مقدماتی در خصوص ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا و گرفتن مجوز شکار از سازمان حفاظت محیط‌زیست، نمونه‌گیری طی ماه‌های آبان و آذر ۱۳۹۱ انجام شد. نمونه گیری به روش تصادفی و از طریق شکار صورت گرفت (تعداد نمونه های شکارشده ۲۰ قطعه است). نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و کالبدشکافی شدند و در آن‌ها تعیین جنسیت صورت گرفت. پس از جداسازی بافت عضله، نمونه های بافت با آون (در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) خشک شدند (Burger and Gochfeld, 2007). سپس، نمونه ها در مرحلهٔ بعد به وسیلهٔ هاون چینی خرد شدند و یک گرم از هر نمونه با ترازو وزن شد.

در مرحلهٔ هضم به هر کدام از نمونه‌ها (یک گرم از نمونهٔ وزن شده) به نسبت ۴:۱ اسید نیتریک ۶۵ درصد و اسید پرکلریدریک ۶۰ درصد اضافه شد (۸ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک) و در دستگاه هضم‌کننده ابتدا در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی گراد به مدت ۱ ساعت و در دمای ۱۴۰ درجهٔ سانتی گراد به مدت ۳ ساعت هضم شدند. در مرحلهٔ بعد نمونه ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون صاف شدند و حجم محلول صاف شده با آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از آن، هر یک از نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی دردار، تا زمان اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین آن‌ها از طریق دستگاه جذب اتمی در یخچال نگهداری شدند (Yap et al., 2002). برای اطمینان از دقت عملیات هضم و بی‌تأثیربودن مواد مصرفی در غلظت فلزات سنگین، در هر نوبت از عملیات هضم، یک نمونهٔ شاهد نیز در نظر گرفته شد، تا نتایج آن در صورت قابل ملاحظه‌بودن، از غلظت های به‌دست‌آمده برای فلزات مورد نظر در نمونه‌های مختلف کاسته شود. در این مطالعه سنجش غلظت فلزات سنگین از طریق دستگاه جذب اتمی مدل contrAA 700 صورت گرفت.

محاسبهٔ غلظت نهایی فلز با استفاده از رابطهٔ ۱ بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد.

رابطهٔ (۱) $M = CV / W$

C: غلظت به‌دست‌آمده از دستگاه؛

V: حجم نهایی نمونه (در این بررسی ۲۵ میلی لیتر بوده است)؛

W: مقدار مادهٔ خشک مصرف شده برای هضم بر حسب گرم (در این بررسی یک گرم بوده است)؛

M: غلظت نهایی نمونه بر حسب p.p.m به ازای یک گرم وزن خشک محاسبه شد.

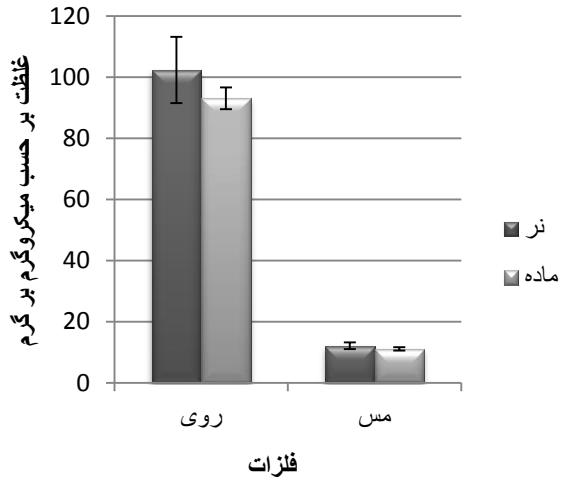
در این مطالعه برای تحلیل آماری، از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۹ و به منظور رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخهٔ ۲۰۰۷ استفاده شد. ابتدا با استفاده از آزمون Shapiro-wilk میزان تبعیت داده ها از توزیع نرمال بررسی شد. به علت نرمال‌نبودن داده‌ها، عمل تغییر شکل آن‌ها صورت گرفت، اما داده ها با استفاده از تغییر شکل نیز نرمال نشدند، بنابراین، از آزمون ناپارامتریک Mann Whitney U برای مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در جنس نر و ماده و اگرت بالغ و نابالغ استفاده شد.

۳. نتایج

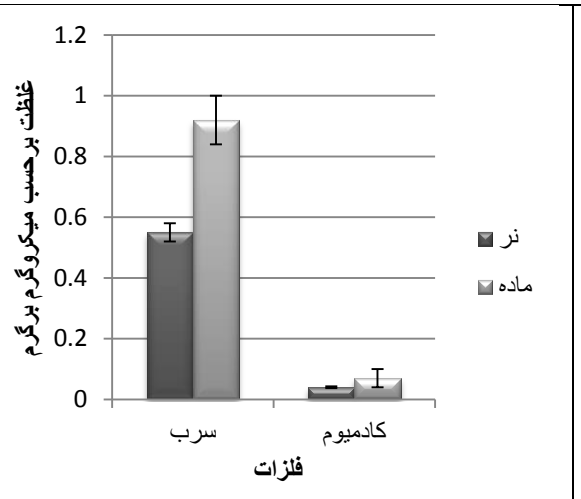
میانگین، حداقل و حداکثر عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین میانگین غلظت متعلق به فلز روی و کمترین غلظت، متعلق به فلز کادمیوم است. میانگین غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت عضله، در جنس نر و مادهٔ اگرت بزرگ نیز در جدول ۱ آمده است. بیشترین میانگین غلظت در هر دو جنس متعلق به فلز روی و کمترین غلظت متعلق به فلز کادمیوم است. همچنین، با توجه به جدول ۱ بیشترین میانگین غلظت در اگرت بالغ و نابالغ، متعلق به فلز روی و کمترین غلظت، متعلق به فلز کادمیوم است. نمودارهای ۱ و ۲ نشان می دهند که میانگین غلظت روی و مس در بافت عضله در جنس نر بیشتر از جنس ماده است، اما میانگین غلظت سرب و کادمیوم در جنس ماده بیشتر از جنس نر است.

جدول ۱. میانگین ± انحراف استاندارد عناصر روی، مس، کادمیوم و سرب در بافت عضلهٔ ۲۰ قطعه اگرت بزرگ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

نمونه	روی	مس	سرب	کادمیوم
نر	۱۰۲/۳۶±۳۲/۵	۱۲/۱۲±۳/۲۹	۰/۵۵±۰ /۱۱	۰/۰۴±۰ /۰۱
ماده	۹۳/۰۸±۱۱/۸	۱۱/۱۱±۱/۸۶	۰/۹۲±۰ /۲۷	۰/۰۷±۰ /۱
بالغ	۱۰۱/۰۳±۲۸/۱۱	۱۲/۴±۲/۷۷	۰/۶۷±۰ /۲۱	۰/۰۵۶±۰ /۰۴
نابالغ	۹۱/۵۹±۱۲/۷۹	۱۰/۳۱±۱/۷۱	۰/۸۹±۰ /۳۳	۰/۰۷۶±۰ /۱۱
کل	۹۶/۵۳±۲۳/۲۲	۱۱/۷۸±۲/۴۴	۰/۷۲±۰ /۲۲	۰/۰۴۹±۰ /۰۳



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین غلظت روی و مس در بافت عضله در جنس نر و مادهٔ اگرت بزرگ



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین غلظت کادمیوم و سرب در بافت عضله در جنس نر و مادهٔ اگرت بزرگ

در این پژوهش نتایج آزمون من ویتنی یو به منظور مقایسهٔ اختلاف غلظت عناصر در بین دو جنس نشان داد که فقط در خصوص فلز سرب اختلاف معنی‌دار آماری بین جنس نر و ماده در بافت عضله وجود دارد (P<۰/۰۵)، (جدول ۲).

هر چند میانگین غلظت روی و مس در پرندهٔ بالغ بیشتر از نابالغ و میانگین غلظت سرب و کادمیوم در پرندهٔ نابالغ بیشتر از پرندهٔ بالغ است، اما نتایج آزمون من ویتنی یو نشان می دهد که بین غلظت مس، روی، سرب و کادمیوم در اگرت بالغ و نابالغ تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج آزمون من ویتنی یو به منظور بررسی اختلاف فلزات سنگین در بافت عضله بین جنس نر و مادهٔ اگرت بزرگ

فلز	جنس	تعداد	مقدار p
روی	نر	۹	۰/۹۴
	ماده	۱۱	
مس	نر	۹	۰/۸۲
	ماده	۱۱	
سرب	نر	۹	۰/۰۰۲*
	ماده	۱۱	
کادمیوم	نر	۹	۰/۲۳
	ماده	۱۱	

*P<۰/۰۵ سطح اطمینان ۹۵ درصد

جدول ۳. نتایج آزمون من ویتنی یو به منظور بررسی اختلاف فلزات سنگین در بافت عضله بین اگرت بالغ و نابالغ

فلز	سن	تعداد	مقدار p
روی	بالغ	۱۲	۰/۹۱
	نابالغ	۸	
مس	بالغ	۱۲	۰/۱۵
	نابالغ	۸	
سرب	بالغ	۱۲	۰/۱۳
	نابالغ	۸	
کادمیوم	بالغ	۱۲	۰/۳۸
	نابالغ	۸	

*P<۰/۰۵ سطح اطمینان ۹۵ درصد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

میانگین غلظت روی در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ در مطالعهٔ حاضر ۹۶/۵۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت روی در مطالعات Lucia روی تلیلهٔ حنایی در فرانسه (۳۱/۱ µg/g) و مطالعات کریمی روی باکلان بزرگ در تالاب انزلی (۶۸/۱ µg/g) بیشتر است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶; Lucia and Andre, 2010). میانگین غلظت مس در این مطالعه ۱۱/۷۸ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با سطوح مس گزارش‌شده در مطالعات کریمی روی باکلان بزرگ در تالاب انزلی (۶۷/۲ µg/g) و مطالعات Kavun روی کرکس سیاه اروپایی در روسیه (۲۴/۳ µg/g) پایین‌تر است (Kavaun, 2004; Karimi and Esmaili-sari, 2007).

فلزات ضروری مثل مس و روی برای متابولیسم بدن ضروری‌اند، اما اگر غلظت آن‌ها در بدن افزایش یابد، تأثیرات مضری در سلامت موجود خواهند گذاشت. فلزات ضروری در همهٔ بافت‌ها مورد نیازند. این فلزات نقش اساسی در رشد و نمو جوجه‌ها، تشکیل و رشد استخوان‌ها دارند (Honda et al., 1986). رنگ‌آمیزی و اسکراب کشتی‌ها در مجتمع کشتی‌سازی و فاضلاب ناشی از کارخانهٔ تولید روی در بندرعباس می‌توانند مهم‌ترین عامل در افزایش غلظت روی و مس در بافت عضلهٔ این پرنده باشند (Malekpouri, 2001).

میانگین غلظت سرب در بافت عضله در مطالعهٔ حاضر ۰/۷۲ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت سرب در مطالعات Lucia روی تلیلهٔ حنایی (۰/۰۵ µg/g) و سلیم خاکستری (۰/۲۹ µg/g) در فرانسه بیشتر است، اما در مقایسه با سطوح سرب اندازه‌گیری‌شده در مطالعات Kavaun روی کرکس سیاه اروپایی در روسیه (۱/۰۵ µg/g) بسیار پایین‌تر است (Lucia ; Kavaun, 2004 and Andre, 2010). در این مطالعه غلظت بالای سرب در برخی از نمونه‌های اگرت بزرگ در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا نشان می دهد که محیط زیست این پرنده تحت استرس شدید ناشی از سرب قرار دارد. سرب نوعی آلاینده است که در همه جا یافت و از طریق تخلیهٔ فاضلاب صنایع مختلفی همچون صنایع چاپ، پالایشگاه نفت و غیره به آب دریا وارد می‌شود (Lakshmanan et al., 2009). فعالیت‌های بشر و توسعه در صنایع پتروشیمی و پالایشگاه‌های نفت، کارخانهٔ سرب و روی قشم و حمل و نقل کشتی در سواحل جنوب ایران ممکن است مهم‌ترین عامل در افزایش این فلز در بافت عضلهٔ این پرنده باشند.

میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ در این مطالعه ۰/۰۴۹ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت کادمیوم در مطالعات Tsipoura روی غاز کانادایی در نیوجرسی (۰/۰۰۵ µg/g) بیشتر بوده و تقریباً برابر با سطوح کادمیوم اندازه‌گیری‌شده در مطالعات کریمی روی باکلان بزرگ در تالاب انزلی (µg/g ۰/۰۴۵) است (Tsipoura and Burger, 2011; Karimi and Esmaili-sari, 2007).

مهم‌ترین عامل افزایش کادمیوم در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا ناشی از آلودگی نفتی است، زیرا کادمیوم یکی از اجزای تشکیل دهندهٔ نفت است. آلودگی نفتی اگر به علت تصادفات و حوادث غیر مترقبه نباشد، ناشی از خروج آب توازن کشتی هاست که این امر بیشتر در اسکله‌های شهید

باهنر، فولاد و شهید رجایی که در نزدیکی محدودهٔ مورد مطالعه قرار دارند، اتفاق می‌افتد (Malekpouri, 2001). در پالایشگاه نفت بندرعباس نیز، نفت خام هنگام انتقال از طریق کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها به علت حوادث و تصادفات و نشتی در خطوط لوله، وارد دریا می‌شود. علاوه بر موارد گفته شده در نیروگاه توانیر در بندرعباس نیز استفاده از سوخت گازوئیل برای راه‌اندازی اولیه و گرم‌کردن دیگ بخار به‌منزلهٔ سوخت اصلی واحد ها، موجب آلودگی نفتی منطقه و در نتیجه افزایش غلظت کادمیوم در محدودهٔ مورد مطالعه می‌شود (Mohamadinezhad, 2001). همچنین، نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که فقط در خصوص فلز سرب اختلاف معنی‌دار آماری در میانگین غلظت فلزات سنگین بین جنس نر و ماده وجود دارد ($p<۰/۰۵$). جنس مادهٔ پرندگان می تواند فلزات سنگین را از طریق فرایند تخم‌گذاری از بدن دفع کند، این تنها راه دفع فلزات سنگین از بدن است که جنس نر قادر به این کار نخواهد بود (Burger, 1993). اما در مطالعات منصوری روی اگرت ساحلی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا نتایج نشان داد که اختلاف معنی دار آماری در غلظت سرب بین دو جنس وجود دارد به طوری که در جنس نر غلظت فلزات سنگین بیشتر از جنس ماده است (Mansouri et al., 2011). همچنین، در مطالعات Burger و همکاران، غلظت کروم و منگنز در جنس نر کاکایی، به طور معنی داری بیشتر از جنس ماده بود (Burger et al., 2007). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که رژیم غذایی، آلودگی محیط زیست در محل تولید مثل پرنده و وضعیت مهاجرت پرنده علاوه بر فرایند تخم گذاری می توانند در میانگین غلظت فلزات سنگین در اندام های پرندگان تأثیرگذار باشند و بالابودن غلظت فلزات سنگین در یک جنس فقط تحت تأثیر یک عامل نیست (Kim and Koo, 2008).

در این مطالعه هیچ‌گونه اختلاف معنی‌دار آماری بین غلظت فلزات سنگین در اگرت بالغ و نابالغ دیده نشد. افزایش غلظت فلزات سنگین با افزایش سن در بسیاری از پرندگان دریازی به خصوص در پر آن‌ها گزارش شده است (Barbieri and Elisangela, 2009 ; Burger and Gochfeld, 2000). زیرا پرندگان بالغ فرصت زیادتری برای تجمع زیستی فلزات سنگین در بافت‌های خود دارند (Burger, 1993). اما مطالعات Burger (1996) روی یک گونهٔ کاکایی در Captree Long Island نشان داد که غلظت کادمیوم در پرندگان نابالغ بیشتر از پرندگان بالغ است. آن‌ها نتیجه گرفتند که تفاوت سطوح غلظت فلزات در پرندگان بالغ و نابالغ ممکن است به علت تغذیهٔ متفاوت آن ها باشد (Burger, 1996).

مقایسهٔ میانگین غلظت فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت عضلهٔ اگرت بزرگ در مقایسه با استانداردهای ارائه‌شده نیز در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر سنگین در اگرت بزرگ با استانداردهای ارائه‌شده (میکروگرم بر گرم)

عنصر	پرندگان دریازی و ساحل‌زی	میانگین غلظت در پر اگرت بزرگ
روی ■	<۵۰	۹۶/۵۳
مس ■	۱۰- ۲۰	۱۱/۷۸
کادمیوم ■	۰/۳- ۶	۰/۰۴۹
سرب ■	<۴	۰/۷۲

■ Burger and Gochfeld,2000

با توجه به جدول بالا میانگین غلظت روی، بسیار بالاتر از مقادیر استاندارد ارائه‌شده است. البته تاکنون حدود استاندارد فلزات سنگین در اندام‌های مختلف پرندگان بیان نشده است، اما همین مقایسه نشان می دهد که سطوح این فلز در اگرت بزرگ در حدی است که می تواند آثار سمی را در پرنده ایجاد کند. اما میانگین غلظت مس، سرب و کادمیوم در اگرت بزرگ در حدود استانداردهای ارائه شده است و نزدیک به سطوحی که بتوانند آثار سمی را در پرندهٔ مورد نظر نشان دهند، نبوده است. با وجود این، بالابودن غلظت این عناصر در برخی نمونه‌ها نشان می‌دهد که این پرندگان در محیط‌زیست‌شان در معرض این فلزات قرار دارند. به طور کلی فعالیت های مختلف انسانی و توسعه و

استقرار صنایع مختلف در برخی قسمت‌ها یا اطراف ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا را می‌توان منبع اصلی آلودگی و عامل مؤثر در افزایش این فلزات دانست.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات سازمان حفاظت محیط زیست استان هرمزگان به دلیل همکاری در جمع‌آوری نمونه‌ها قدردانی می‌شود. این مقاله کار پژوهشی از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد است که با حمایت مالی دانشگاه ملایر انجام شده است.

منابع

Abdolvand, S., Safahie, A. 2009. Biological monitoring of heavy metals (Ni, V, Pb, Cd) in Qeshm and Hormoz islands using Oyster reef (*Saccostrea cucullata*). Marine biology master thesis. Khoramshahr Marin Science and Technology University. In Persian.

Barbieri, E., Elisangela, D.A.P. 2009. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianpolis, SC, Brazilian coast. Environmental Monitoring and Assessment169: 631-638.

Burger, J. 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. Reviews in Environmental Toxicology 5:203–311.

Burger, J. 1996. Heavy metal and selenium levels in feathers of Franklin's gulls in interior North America. Auk 113:399-407.

Burger, J., Gochfeld, M. 2000. Metal Level in Feather of 12 Species from Midway Atoll in the Northern PACIFIC OCEAN. The Science of Total Environmental 257:37-52.

Burger, J., Gochfeld, M. 2007. Mercury, arsenic, cadmium, chromium, lead, and selenium in feathers of pigeon guillemots (*Cepphus columba*) from Prince William Sound and the Aleutian Islands of Alaska. Science of the Total Environment 387:175-184.

Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C. 2007. Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (*Larus glaucescens*) in the Aleutians. Environmental Monitoring and assessment 152:179-194.

Furness, R.W. 1993. Birds as monitors of pollutants, Birds as monitors of environmental Change. Chapman and Hall 33: 86-143.

Harikumar, P.S., Nasir, V.P., Mujeebu rahman, M.P. 2009. Distribut- ion of heavy metal in the core sediments of a tropical wetland system. Environmental Science technology 6(2): 225-232.

Honda, K., Min, B.Y., Tatsukawa, R. 1986. Organ and tissue distribution of heavy metals, and age-related changes in the eastern great white egret Egretta alba modesta in the Korea. Archives of Environmental Contamination and Toxicology15: 185-197.

Jalali, B., Aghazademeshki, M. 2006. Fish toxicity of Heavy Metals in water and its importance in public health. 140p. In Persian.

Karimi, A., Esmaili-sari, A. 2007. Accumulation of Heavy Metal(Cd, Cr, Cu, Zn, Fe) in some organs of *Phalacrocorax carbo* in Anzali Wetland. Journals of Environmental Studies in Iran 43: 83-92. In Persian.

Kavaun, V.Ya. 2004. Heavy metal s in organs and tissues of the European Black Vulture (*Aegypius monachus*) dependence on living conditions. Russian Journal of Ecology 35:51-54.

Kim, J., Koo, T.H. 2008. Heavy metal concentrations in feathers of Korean shorebirds. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 55:122-128.

Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R. 2013. Trace metals assessment in water, sediment, mussel, sediment and scagrass species validation of the use of Posidonia Oceanica as a biomonitor.Chemosphere 68: 2033-2039.

Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P. 2009. Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India. Advance Journal of Food Science and Technology 1: 63-65.

Lucia, M., Andre, J.M. 2010. Trace element concentration (Mercury, Cadmium, Copper, Zinc, Lead, Aluminium, Nickel, Arsenic and Selenium) in some aquatic birds of the Southwest Atlantic coast of France. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 58: 844-853.

Malekpouri, M. 2001. Report on beach at Bandar Abbas. Hormozgan Provincial Office. In Persian.

Mansouri, B., Babaei, H., Hoshyari, E. 2011. Heavy metal contamination in feathers of Western Reef Heron (*Egretta gularis*) and Siberian gull *(Larus heuglini*) from Hara biosphere reserve of Southern Iran. Environmental Monitoring and Assessment.

Mohamadinezhad- khamiripourpour, S. 2001. The role of Refinery in water pollution. Islamic Azad Univercity of Hormozgan. In Persian.

Pour khabaz, A., Norouzi, M. 2012. Determination of heavy metals sources in Hara Biosphere Reserve. Hormozgan Provincial Office .In Persian.

Savinov, V.M., Gabrielsen, G.W., Savinova, T.N. 2003. Cadmium, Zinc, Copper, Arsenic,Selenium and Mercury in seabirds from the Barents Sea: levels,inter-specific and geographical differences. Science of the Total Environment, 306:58–133.

Tsipoura, N., Burger, J. 2011. Lead, mercury, cadmium, chromium and arsenic Levels in eggs, feathers and tissues of Canada geese of the New Jersey Meadowlands. Environmental Research 111, 775- 784.

Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. 2002. Concentrations of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. Environ. Int. 28, 467–479.

Zehzad, B., Madjnoonian, H. 1998. Hara Protected Area (Biosphere Reserve). Hormozgan Provincial Office. 69 p. In Persian.

Zhang, W.W., JZ, M.A. 2011. Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution. Procedia Environmental Science 10: 2769-277.