

## *The Measurement of Heavy Metals in Water, Sediment and Wild Bird (Common Coot) in Southeast Caspian Sea*

Mehdi Hassanpour<sup>1</sup>,  
Alirez Pourkhabbaz<sup>2</sup>,  
Rasoul Ghorbani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Msc. Student, Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran

<sup>1</sup> Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran

<sup>3</sup> Gorgan University of Agriculture and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran

(Received September 12, 2011 ; Accepted February 1, 2012)

### **Abstract**

**Background and purpose:** The Common Coot (*Fulica atra*) is an abundant aquatic bird in North of Iran and is anticipated to be a good indicator for metal pollution on north wetlands of Iran. The aim of this study was to determining metals concentration in water, sediment samples and two organs of Common coot (liver and kidney).

**Materials and methods:** This study was tested on water, sediment and 30 Common coot samples, in winter 2009. The water and sediment samples were respectively collected by Rotner bottle and Ekman grab within six sites of Gomishan and Khalij Gorgan wetland. The concentration of heavy metals in samples (Bird tissues, water and sediment) was measured by GF-AAS and Flame-AAS.

**Results:** The data indicated that maximum heavy metals concentration in water belongs to lead ( $0.154 \pm 0.02$  ppm) and in sediment to Zn ( $2.04 \pm 0.42$  ppm). There was a significantly high correlation among heavy metals in water and sediment samples ( $P < 0.01$ ). The metals (Cd, Pb, Zn) level in both water and sediment samples was below standard level, whereas Cr concentration in water sample was almost higher.

The highest concentrations of cadmium and lead found in liver ( $2.2$ ,  $9.1$   $\mu\text{g/g}$ ) and kidney ( $2.1$ ,  $8.9$   $\mu\text{g/g}$ ) of Common coots, respectively. Among the metals, the highest concentration in liver was Zn element ( $14.9 \pm 7.24$  ppm) and the lowest level in kidney belongs to Cr ( $0.76 \pm 0.56$  ppm). Moreover, the data showed no any significant difference in both liver and kidney organs of both sexes.

**Conclusion:** The result indicated that lead concentration in kidney and liver tissues of Common coot was at exposure level and cadmium found below toxicity level. Other elements were also below toxicity level.

**Key words:** Wetland, Common coot, heavy metals, Sediment

## اندازه گیری فلزات سنگین در آب، رسوب و پرنده وحشی چنگر در حاشیه جنوب شرقی دریای خزر

مهدی حسن پور<sup>۱</sup>  
علی رضا پورخباز<sup>۲</sup>  
رسول قربانی<sup>۳</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** چنگر اوراسیایی (Common coot) یک پرنده آبی و بومی ایران می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود که شاخص خوبی برای بررسی وضعیت فلزات در تالاب‌های شمال ایران باشد. هدف از این تحقیق تعیین غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، کروم و روی در آب، رسوبات سطحی و بافت‌های کبد و کلیه پرنده چنگر بود.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه در سال ۱۳۸۸ بر روی نمونه‌های آب، رسوب و ۳۰ قطعه چنگر انجام گرفت. نمونه‌های آب توسط بطری روتنر و نمونه‌های رسوبات سطحی به وسیله اکمن گراب در ۶ ایستگاه تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان تهیه شد. غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت‌های چنگر، آب و رسوب با استفاده از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی و شعله قرائت گردید.

**یافته‌ها:** بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب متعلق به سرب ( $0/02 \pm 0/154$ ) و نمونه‌های رسوبات متعلق به روی ( $0/42 \pm 0/04$  mg/L) بود. در بررسی رابطه بین مقادیر فلزات در ستون آب و رسوبات مشخص گردید که همبستگی بالا و معنی داری در سطح  $0/01$  بین آن‌ها وجود دارد. غلظت‌های سرب، کادمیم و روی در آب و رسوبات در حد استاندارد توصیه شده بود. اما غلظت کروم در آب بالاتر از مقدار استاندارد قابل تحمل بود.

بیشترین غلظت کادمیم و سرب در کبد ( $2/2, 9/1$ ،  $2/1, 8/9$   $\mu\text{g/g}$ ) و در کلیه ( $2/1, 8/9$ ،  $2/1, 8/9$   $\mu\text{g/g}$ ) نمونه‌های چنگر وجود داشت. در بین فلزات بیشترین غلظت متعلق به فلز روی با مقدار  $7/24 \pm 14/94$   $\mu\text{g/g}$  در کبد و کمترین غلظت متعلق به فلز کروم با مقدار  $0/56 \pm 0/76$   $\mu\text{g/g}$  در کلیه‌ها بود. نتایج آماری ثابت نمود که بین مقادیر سرب، کادمیم، کروم و روی در هر یک از بافت‌های کبد و کلیه چنگر نر با ماده اختلاف معنی داری وجود ندارد. همچنین بین مقادیر عناصر در کبد و کلیه چنگرها (بدون در نظر گرفتن جنسیت) اختلاف معنی دار مشاهده نشد.

**استنتاج:** نتایج نشان می‌دهد که غلظت عنصر سرب در بافت‌های کبد و کلیه پرنده چنگر در حد معرض تماس و کادمیم در زیر حد سمی می‌باشد. سایر عناصر نیز بسیار پایین تر از حد سمی بود.

**واژه‌های کلیدی:** تالاب، چنگر، فلزات سنگین، رسوب

### مقدمه

آن‌ها توسط انسان یک نگرانی عمده است (۱). فلزات سنگین به‌طور طبیعی از طریق هوازدگی پوسته زمین و

آلودگی ناشی از فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی و محیط‌های زیست دریایی به دلیل انباشت زیستی

E-mail: Apourkhabbaz@yahoo.com

**مؤلف مسئول:** علی رضا پورخباز - بیرجند: دانشگاه بیرجند، دانشکده محیط زیست، گروه محیط زیست

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه بیرجند

۲. گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۹۰/۹/۶ تاریخ تصویب: ۹۰/۱۱/۱۲

نهشت‌های اتمسفری وارد محیط‌های زیست دریایی می‌شوند. علاوه بر این بیش از گذشت چندین دهه استفاده فزاینده فلزات در فعالیت‌های انسانی در بخش صنعت و کشاورزی و همچنین دفع فاضلاب‌ها، آب‌های روان سطحی شهرهای بزرگ و کوچک مقادیر زیادی از این عناصر را در چندین برابر حد مجاز پایداری وارد اکوسیستم‌های آبی نموده است و این آلاینده در بستر رسوب می‌نمایند (۲). از آن جایی که رسوبات و آب در سیستم‌های آبی به آلاینده‌های فلزات سنگین خیلی حساس بوده افزایش تدریجی آن‌ها در محیط زیست دریایی خطر جدی و مسأله مهمی محسوب می‌شود، لذا رسوبات برای پالایش آلاینده‌ها اندیکاتور حساسی هستند. در واقع رسوبات تاریخچه تغییرات کیفی سیستم‌های آبی را نمایان می‌کنند (۳). آلاینده‌های فلزات سنگین ممکن است اثرات مخربی بر تعادل اکولوژیکی دریافت کنندگان محیط و تنوع زیستی موجودات زنده آبرزی داشته باشند. موجودات زنده دریایی فلزات را در غلظت‌هایی چند برابر میزان موجود در آب انباشت کرده سبب بزرگ‌نمایی زیستی در موجودات می‌گردند. لذا آلوده شدن آن‌ها قادر است بیماری‌ها و یا فلزات سمی را به مردمی که از آن‌ها مصرف می‌کند انتقال دهد (۴). ترجیحاً انتخاب مؤلفه‌های بیولوژیکی از جمله پرندگان دریایی به دلیل توزیع گسترده آن‌ها و جایگاه بالایی که در زنجیره غذایی دارند می‌تواند به‌عنوان بایواندیکاتورها در پایش سلامتی اکوسیستم‌ها سودمند باشد و تغییرات آینده محیط زیست را پیشگویی کنند (۵،۶). پرندگان می‌توانند سطوح بالایی از فلزات را درون بافت‌های خود از جمله کبد و کلیه نگهداری کنند (۸،۷). در پرندگان فرایندهای بیولوژیکی و بیولوژیکی متعددی ممکن است تحت تأثیر آلودگی ناشی از فلزات سنگین قرار گیرد.

سرب و کادمیم به‌عنوان فلزات سنگین، آلاینده شایعی هستند که در سرتاسر اکوسیستم‌ها پراکنده شده‌اند. این دو عنصر هرچند که به‌طور طبیعی در

محیط‌های زیست دریایی حضور دارند اما جزء عناصر غیر ضروری می‌باشند که وجود آن‌ها در رژیم غذایی می‌تواند برای مصرف‌کنندگان پرندگان دریایی سمی باشد (۷). فلزات سمی سرب و کادمیم می‌توانند اثرات مضر بر روی سیستم‌های بیولوژیکی گوناگون به انضمام سیستم‌های غدد درون ریز در پرندگان هم در محیط طبیعی و آزمایشگاهی داشته باشند (۹). پرندگان در معرض بسیاری از منابع آلاینده سرب قرار دارند از قبیل سرب موجود در بنزین، فاضلاب خروجی صنایع، پسماندها، گلوله‌های سربی شکارچیان و شناورهای سربی ماهیگیران (۱۰). کادمیم به دلیل سمیت بالا و پایداری آن در غذا و در محیط زیست به‌عنوان یکی از خطرناکترین فلزات سنگین توصیف شده است. مطالعات متعددی غلظت‌های بالای کادمیم را در بافت‌های برخی از پرندگان دریایی در مناطق مختلف جهان گزارش داده‌اند (۱۱-۱۳). اثرات سمی کادمیم در پرندگان شامل کاهش تخم، آسیب کلیوی، آسیب بیضه‌ای و تغییر در پاسخ رفتاری است. فلزات سنگینی چون روی و کروم میکروتنوترینت‌های ضروری که برای رشد بسیاری از موجودات لازم می‌باشند، اما در صورتی که بیش از غلظت‌های مجاز در بافت‌های پرندگان وحشی تجمع یابند سمی تلقی می‌شوند (۱۴،۱۵).

تالاب بین‌المللی گمیشان در موقعیت ۵۳ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و خلیج گرگان (پناهگاه حیات وحش میانکاله) نیز در موقعیت ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی در شمال ایران و جنوب شرقی دریای خزر واقع شده‌اند که از طریق ۳ رودخانه بزرگ اترک، گرگان رود و قره‌سو پذیرنده نهایی آلاینده‌های متعدد با منشأ طبیعی و انسان ساخت می‌باشند. این تالاب‌ها تحت پوشش کنوانسیون رامسر بوده به دلیل داشتن شرایط اکولوژیکی ویژه، هر ساله در فصول پاییز و زمستان میزبان شمار زیادی از انواع پرندگان آبرزی و کنار آبرزی زمستان گذار از جمله

جدول شماره ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های انتخاب شد

ایستگاه	طول شرقی (E)	عرض شمالی (N)
۱	۵۴.۰۲	۳۷.۹۱۱
۲	۵۳.۵۵	۳۷.۱۸۴۱
۳	۵۴.۰۵۲	۳۷.۴۳۰
۴	۵۴.۰۱۱	۳۶.۵۸۴۵
۵	۵۴.۱۵۹	۳۶.۴۹۴۰
۶	۵۳.۵۷۱۷	۳۶.۵۲۴۷

#### نمونه برداری آب

در هر ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از بطری روتتر نمونه‌های آب به میزان یک لیتر از سطح، عمق میانی و نزدیک بستر برای ۳ زمان (۸ صبح، ۱۲ ظهر و ۴ بعد از ظهر) تهیه و جداگانه با هم ترکیب شدند. نمونه‌ها پس از عبور از کاغذ واتمن ۴۲، pH آن‌ها توسط اسید نیتریک ۱۰ در صد در حد ۲ تنظیم و تا زمان آزمایش درون بطری‌های پلاستیکی و در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند (۱۶).

#### نمونه برداری رسوب

نمونه‌های رسوب به وسیله اکمن گراب (Ekman grab) با سطح دهانه ۲۲۵ سانتی متر در ۶ ایستگاه تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان از ۲۰ سانتی متری سطح بستر تهیه شد. در محل هر ایستگاه ۳ نمونه سه ترکیبی از نقاط مختلف تهیه و جداگانه ادغام و سپس مقدار یک کیلوگرم آن درون بطری‌های پلاستیکی تمیز قرار گرفت و پس از ثبت مشخصات در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. مقدار ۵ گرم از رسوب خشک شده را توزین و در کوره با دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد به مدت نیم ساعت حرارت داده شد، سپس مقداری اسید کلریدریک (۱:۱) به آن افزوده و در بن ماری در حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت قرار گرفت. بعد از صاف کردن، محتویات روی کاغذ صافی را طی سه مرحله تحت اثر اسید کلریدریک و اسید فلوریدریک قرار داده، سپس در بن ماری تحت حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. در پایان نمونه‌ها بعد از عبور از

چنگر می‌باشد. چنگر یک گونه از پرندگان بومی و مهاجر آبی است که در زیستگاه‌های زمستان‌گذرانی خود پس از شکار شدن توسط جوامع بومی و حاشیه‌نشین این تالاب‌ها مورد تغذیه قرار می‌گیرد. هدف از این مطالعه تعیین ۱- غلظت‌های فلزات سنگین سرب کادمیم، کروم و روی در ستون آب، رسوبات سطحی و بافت‌های کبد و کلیه پرند آبی چنگر (Common coot) در تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان (پناهگاه حیات وحش میانکاله) و مقایسه آن با استانداردهای توصیه شده و ۲- همبستگی بین غلظت‌های فلزات سنگین در ستون آب، رسوبات سطحی و ارتباط فلزات در هر بافت می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق تعداد ۶ ایستگاه نمونه برداری بر اساس مکان تجمع پرندگان، مصب‌ها، مکان رویش گیاهان آبی و حاشیه و محل ورود فاضلاب‌های ناشی از منابع مختلف آلاینده در جنوب شرقی دریای خزر (تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان) در زمستان ۱۳۸۸ انتخاب شد (تصویر شماره ۱). مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های انتخاب شده در جدول شماره ۱ آورده شده است.



تصویر شماره ۱: ایستگاه‌های نمونه برداری در جنوب شرقی دریای خزر

صافی با آب دو بار تقطیر به حجم ۵۰ سی سی رسانده توسط دستگاه جذب اتمی میزان غلظت فلزات مورد نظر سنجیده شد (۱۷).

#### نمونه برداری چنگر

تعداد ۳۰ قطعه چنگر (۱۵ نر و ۱۵ ماده) با مجوز رسمی از سازمان حفاظت محیط زیست ایران از تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان به طور تصادفی در ماه‌های دی و بهمن ۱۳۸۸ شکار گردید. پرنده‌ها درون پلاستیک‌های تمیز قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از زیست سنجی و وزن سنجی ثبت مشخصات (جدول شماره ۲)، نمونه‌ها کالبد شکافی شد و بافت‌های کبد و کلیه آن‌ها به دقت خارج و درون کیسه‌های پلاستیکی عاری از آلودگی قرار گرفته شدند. آماده‌سازی نمونه‌ها، به روش خاکستر خشک (Dry ash) انجام گرفت. ابتدا مقدار ۵ گرم از بافت‌های تر کبد و کلیه هر چنگر را با کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کرده، رطوبت آن به وسیله فور در حرارت بین ۸۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد گرفته شد. نمونه بافت درون بوتله چینی قرار داده به مدت ۲-۱ ساعت در درجه حرارت ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون گذاشته تا خشک شود و رطوبت خود را کاملاً از دست دهد. بعد از قرار دادن نمونه‌ها در داخل بوتله چینی آنرا روی اجاق سوزانده تا دودهای حاصله خارج شوند (در هنگام سوزاندن از شعله ور شدن نمونه‌ها در داخل بوتله چینی جلوگیری شود). بوتله چینی را به کوره سرد منتقل و درجه حرارت را به آرامی تا ۴۵۰ الی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد بالا می‌بریم.

نمونه‌های خاکستر شده را از کوره خارج و پس از سرد شدن به منظور عاری نمودن از کربن، به آن‌ها ۲ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه نموده بر روی صفحه داغ (Hot plate) با درجه حرارت ملایم اسید را تبخیر کرده تا اسید غلیان نکند. نمونه‌ها باید عاری از کربن و کاملاً سفید شوند. به نمونه‌های سفید شده

۱۰ میلی لیتر HCL یک نرمال اضافه کرده روی صفحه داغ با درجه حرارت پایین به مدت ۱۰ دقیقه حرارت می‌دهیم تا خاکستر در اسید حل شود. محلول را پس از سرد کردن به بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری با HCL یک نرمال به حجم رسانیم. سرانجام محلول‌های موجود در بالن ژوژه در بطری‌های پلاستیکی درب‌دار ریخته، کدگذاری می‌گردد (۱۸). در نهایت نمونه‌ها برای سنجش با دستگاه جذب اتمی آماده شدند. محلول استاندارد هر فلز از محلول ۱۰۰۰ ppm تهیه گردید. غلظت فلزات مورد مطالعه در نمونه‌های آب و رسوبات سطحی توسط دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل Thermo Model ۹۷ GFS و غلظت‌های این عناصر در بافت‌های کبد و کلیه چنگر به روش جذب اتمی شعله ارزیابی شد. غلظت‌های همه فلزات سنگین در بافت چنگر بر اساس وزن تر و بر حسب میکروگرم بر گرم ارزیابی شد.

جدول شماره ۲: نتایج آماری حاصل از زیست سنجی چنگر (*Fulica atra*) (n=30)

متغیر	انحراف معیار $\pm$ میانگین	حداقل	حداکثر
وزن (گرم)	۶۹۹/۵ $\pm$ ۱۲۵/۴۳	۴۵۰	۹۲۵
طول کل (سانتی متر)	۴۲/۰۷ $\pm$ ۲/۰۴	۳۹	۴۶
طول بال (سانتی متر)	۲۰/۶۷ $\pm$ ۱/۲۱	۱۸/۵	۲۵
طول دم (سانتی متر)	۶/۰۲ $\pm$ ۰/۵۷	۴/۸	۷/۱
طول تاروسوس (سانتی متر)	۶/۹ $\pm$ ۰/۳۵	۶/۲	۷/۸
طول منقار (سانتی متر)	۲/۴ $\pm$ ۰/۱۳	۲/۱	۲/۷

#### آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده با استفاده از آزمون واریانس یک طرفه (ANOVA One-Way) صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی دار  $\alpha = ۰/۰۵$  با استفاده از نرم‌افزار SPSS (version 17) استفاده گردید. نتایج آماری که مقدار p در آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است ( $p < ۰/۰۵$ ) به عنوان معیار قابل قبول اختلاف در نظر گرفته شده است. همبستگی میان غلظت عناصر در هر بافت (کبد و کلیه) و بین رسوب و آب با استفاده از همبستگی پیرسون انجام گردید.

## یافته‌ها

## فلزات سنگین در آب

نتایج سطوح غلظت‌های فلزات سنگین در نمونه‌های آب در جدول شماره ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سرب بیشترین میانگین غلظت فلزات سنگین را در نمونه‌های آب داشت. میانگین سرب در نمونه‌های آب تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان  $27/7 \pm 154/9 \mu\text{g/L}$  بود. کمترین میانگین غلظت فلزات سنگین نیز متعلق به عنصر کروم،  $28/1 \pm 73/9 \mu\text{g/L}$  و میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب ایستگاه‌های مختلف به ترتیب کروم > روی > کادمیم > سرب بود.

جدول شماره ۳: میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سرب، کادمیم، کروم و روی در نمونه‌های آب (میلی گرم بر لیتر) و رسوبات تالاب گمیشان و خلیج گرگان (میکروگرم بر گرم)

آب (n=18)				
فلز	Pb	Cd	Cr	Zn
میانگین	$0/154 \pm 0/02$	$0/101 \pm 0/017$	$0/073 \pm 0/028$	$0/093 \pm 0/04$
حداقل	0/11	0/07	0/03	0/03
حداکثر	0/18	0/12	0/11	0/16
رسوبات سطحی (n=18)				
فلز	Pb	Cd	Cr	Zn
میانگین	$1/88 \pm 0/56$	$0/141 \pm 0/022$	$0/46 \pm 0/095$	$2/04 \pm 0/42$
حداقل	1/22	0/11	0/33	1/59
حداکثر	2/77	0/19	0/61	2/87

## فلزات سنگین رسوبات سطحی

نتایج داده‌های فلزات سنگین در رسوبات نشان می‌دهد که روی بیشترین مقدار ( $2/04 \pm 0/42 \mu\text{g/g}$ ) در ایستگاه‌های مورد مطالعه داشت (جدول شماره ۳). کمترین میانگین غلظت فلزات در رسوبات نمونه متعلق به عنصر کادمیم با مقدار  $0/141 \pm 0/022 \mu\text{g/g}$  بود. ترتیب میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوبات کادمیم > کروم > سرب > روی می‌باشد.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که میانگین فلز سرب، کادمیم، روی و کروم در رسوبات سطحی تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان حدود  $12/2$ ،  $1/4$ ،

$21/9$  و  $6/3$  برابر نسبت به آب در همان ایستگاه‌ها بیشتر بود. به عبارت دیگر غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، کروم و روی در رسوبات تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان روی غلظت آن‌ها در آب مناطق تأثیر گذار است.

مطالعه رابطه بین مقادیر فلزات مورد مطالعه در آب و رسوبات مشخص گردید که همبستگی بالا و معنی داری در سطح  $0/01$  برای فلزات سرب ( $r=0/94$ ) و کادمیم ( $r=0/71$ ،  $p=0/001$ )، روی ( $r=0/94$ ،  $p=0/001$ ) و کروم ( $r=0/87$ ،  $p=0/001$ ) بین آب و رسوبات در هر دو منطقه گمیشان و خلیج گرگان وجود دارد.

## فلزات سنگین در بافت‌های چنگر

نتایج حاصل از زیست سنجی نمونه‌های چنگر در جدول شماره ۲ آورده شده است. میانگین وزنی نمونه‌های چنگر  $699/50$  گرم و طول کل آن‌ها برابر  $42/07$  سانتی متر اندازه‌گیری گردید. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، کروم و روی در بافت‌های کبد و کلیه چنگر (جدول شماره ۴) به ترتیب از  $9/2-9/0$ ،  $2/2-2/1$ ،  $0/8-0/7$  و  $14/9-13/3$  متغیر بود. بیشترین میانگین غلظت فلزات سنگین در کبد و کلیه چنگر متعلق به فلز روی ( $30/16$ ،  $26/8$ ) و کمترین غلظت مربوط به فلز کروم ( $2/04$ ،  $2/01$ ) است. میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های کبد و کلیه چنگر به ترتیب کروم > کادمیم > سرب > روی می‌باشد. هر چند میزان عناصر در بافت کبد نسبت به کلیه بیشتر بود اما داده‌ها نشان می‌دهد که بین مقادیر سرب، کادمیم، کروم و روی در کبد و کلیه جنس نر با ماده‌ها اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $p>0/05$ ). همچنین بین مقادیر این عناصر در کبد و کلیه‌های پرنده چنگر (بدون در نظر گرفتن جنسیت) اختلاف معنی دار مشاهده نگردید ( $p>0/05$ ).

جدول شماره ۴: میانگین، حداقل و حداکثر عناصر سرب، کادمیم، کروم و روی در بافت‌های چنگر تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان (میکروگرم بر گرم وزن تر)

نمونه	Zn	Cr	Cd	Pb
نر	16/9 ± 7/6	0/85 ± 0/45	2/18 ± 0/26	9/01 ± 1/66
ماده	12/99 ± 6/52	0/79 ± 0/59	2/26 ± 0/29	9/33 ± 1/85
کل	14/94 ± 7/24	0/82 ± 0/52	2/22 ± 0/27	9/17 ± 1/41
کبد	48	63	12	15
CV%	4/25	0/4	1/75	5/46
حداقل	3/016	2/04	2/82	12/05
حداکثر	14/56 ± 6/36	0/89 ± 0/52	2/19 ± 0/31	9/33 ± 1/44
ماده	12/17 ± 6/05	0/72 ± 0/6	2/02 ± 0/41	8/59 ± 1/87
کل	13/37 ± 6/22	0/86 ± 0/56	2/11 ± 0/37	8/97 ± 1/68
کلیه	46	71	14	18
CV%	7/4	0/2	1/11	5/98
حداقل	26/82	2/01	2/85	13/02
حداکثر				

## بحث

مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، کروم و روی در نمونه‌های آب و رسوبات سطحی ایستگاه‌های مختلف تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان با استانداردهای ارائه شده جهانی مشخص نمود که مقادیر اندازه‌گیری شده سرب، روی و کادمیم در نمونه‌های آب کمتر از حد استانداردهای توصیه شده است (استاندارد برای سرب و روی حدود 0/2-0/1 میلی‌گرم بر لیتر و برای کادمیم 0/5 میلی‌گرم بر لیتر). اما مقادیر عنصر کروم از استاندارد قابل تحمل (0/05 میلی‌گرم بر لیتر) بالاتر بود (19). البته نتایج حاکی از آن است که غلظت‌های فلزات مورد مطالعه در رسوبات تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان به مراتب پایین‌تر از مقادیر بیان شده در رسوبات جهانی و پوسته زمین (برای سرب 19 µg/g و برای کادمیم 0/2 µg/g) می‌باشد (20، 21). همانطور که اشاره گردید در مورد تمام فلزات همبستگی بالایی بین آب و رسوب منطقه وجود دارد. دلیل آن این است که سوسپانسیون رسوبات در پیکره آبی سبب افزایش غلظت فلزات در آب می‌گردد. رسوبات در بیشتر موارد مخزن اصلی فلزات بود و بیش از 99 درصد از مقادیر فلزات سیستم‌های آبی در رسوب

نگهداری می‌شوند (2). از آنجایی که بین لایه سطحی رسوبات و آب یک تبادل شیمیایی وجود دارد و از طرفی جریانات آبی این قابلیت را ایجاد کرده تا این فلزات به صورت همگن در محیط آبی وارد شوند بنابراین می‌تواند خطری جدی برای موجودات دریایی و به دنبال آن سلامت مصرف‌کنندگان منطقه داشته باشد.

Ferns توضیح داد که بین غلظت فلزات موجود در پرندگان با فلزاتی که در رسوب یافت می‌شوند ارتباط وجود دارد (23). مسیر انتقال از آب و رسوب به جانوران آبی به طور آشکاری پیچیده است و بستگی به مدت زمان تماس نیز دارد (6). تجمع زیستی فلز سمی سرب در گونه چنگر نشان می‌دهد که هر دو بافت کبد و کلیه حدود 58/8 برابر میانگین غلظت سرب در محیط آبی می‌باشد. همچنین این مقدار برای فلز سمی کادمیم در بافت کبد و کلیه چنگر حدود 21/4 برابر نسبت به آب بود. تجمع زیستی فلز روی و کروم در بافت‌های کبد و کلیه چنگر به ترتیب حدود 152/2 و 10/8 برابر بیشتر نسبت به محیط آبی پیرامون بود، اما از آنجایی که اطلاعات کمی در مورد توانایی چنگر در جمع نمودن فلزات از محیط آبی موجود است، بنابراین تحقیقات بیشتری در مورد غلظت عناصر در مواد غذایی و توده چربی پرند آبی ضروری به نظر می‌رسد.

چهار فلز مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت کروم کمترین مقدار و فلز روی بیشترین سطح در هر دو بافت کلیه و کبد در مقایسه با سایر فلزات غیر ضروری را دارد. ترتیب میزان فلزات در اندام‌های پرند چنگر و همچنین در جنس نر و ماده بدین شکل می‌باشند؛ کروم > کادمیم > سرب > روی و اختلاف معنی‌داری بین بافت‌ها و جنس پرند چنگر برای هر فلز یافت نگردید.

ضریب تغییرات (CV%)، تغییرات میانگین غلظت فلزات را در بافت‌های پرند نشان می‌دهد که این شاخص می‌تواند توانایی پرند را در تنظیم سطح غلظت عناصر در اندام‌ها یا بافت‌های ویژه آشکار نماید. درصد

بالای ضریب تغییرات حاکی از توانایی تنظیم ناکافی بدن نسبت به سطح عناصر را می‌باشد و سبب اثرات کلیوی و کبدی به دلیل افزایش باند شدن فلزات در این اندام‌ها می‌گردد (۲۴). در مطالعه حاضر درصد تغییرات میانگین فلزات غیر ضروری سرب و کادمیم در هر دو بافت کبد و کلیه پرندۀ چنگر کمتر از ۱۸ درصد می‌باشد که ممکن است ناشی از توانایی چنگر در تنظیم فلزات در اندام‌های بدن از طریق معاملات متابولیکی باشد و یا اینکه تغییرات فلزات در طبیعت بسیار گسترده نبوده است.

در تحلیل همبستگی عناصر مختلف در کبد و کلیه چنگر، بین فلزات غیر ضروری کادمیم و سرب همبستگی معتدل مثبت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. همچنین زمانی اثرات متقابل بین فلزات ضروری و غیر ضروری اتفاق می‌افتد که متابولیسم فلزات سمی شبیه فلزات ضروری باشد. برای مثال در این مطالعه گاهی اوقات ارتباط مثبتی بین روی، کادمیم و سرب در بافت‌های چنگر مشاهده شد. این ارتباط بین سرب و کادمیم با غلظت روی در بافت‌های (*Columba livia*) (۲۵) و گونه‌های جغد و پرندگان دریایی در شمال شرقی سبیری (۲۶، ۱۱) نیز گزارش شده است. به طور کلی همبستگی بین فلزات اغلب به دلیل فعالیت‌های مشابه متابولیکی شامل اتصال فلز - پروتئین مانند متالوتیونین‌ها است (۲۷). ارتباط غلظت کادمیم با مقدار روی و متالوتیونین بافت‌ها در بسیاری از پرندگان گزارش شده است (۲۸، ۸). به نظر می‌رسد که این اثرات متقابل عناصر، پرندگان وحشی را از جذب کادمیم محافظت نماید (۲۹).

غلظت سرب در کبد گونه چنگر آمریکایی (*F. americana*) و چنگر آفریقایی (*Fulica cristata*) به ترتیب (۳ و ۱) میکروگرم بر گرم وزن تر و در کلیه این پرندگان (۲ و ۳) میکروگرم بر گرم وزن تر ثبت شده است (۳۰، ۲۴). Bull و همکاران گزارش دادند که فلز سرب پاسخ‌گوی سمیت حاد پرندگان ساحلی می‌باشد و غلظت سرب را در کبد و کلیه پرندۀ *alpina Calidris* به ترتیب ۹ و ۷ (وزن تر) میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری

کردند که حاکی از مریضی پرندگان می‌باشد (۳۱). Scheuhammer and Clark در سال ۲۰۰۳ غلظت سرب نرمال در کبد را ۲ میکروگرم بر گرم وزن تر گزارش کرد، در حالی که غلظت بین ۱۰-۲ را مرتبط به تماس آلودگی سرب (در حد سطح تماس یا در حد سمی) دانست و غلظت بیشتر از ۱۰ میکروگرم بر گرم وزن تر را سمیت شدید مشخص نمود (۳۲). همچنین Jager و همکاران گزارش کردند که آلودگی محیط مسئول غلظت ۳/۵ (وزن تر) میکروگرم بر گرم یا ۱۰  $\mu\text{g/g}$  وزن خشک در بافت کلیه پرندۀ، می‌باشد (۴). در این مطالعه میزان سرب در کبد و کلیه چنگر ایرانی به ترتیب ۹/۱ و ۸/۹ میکروگرم بر گرم وزن تر بر آورد شد که بین ۳ تا ۵ مرتبه از مطالعات Van Eeden و Bagley بالاتر و تقریباً شبیه مطالعات Bull و همکارانش می‌باشد (۲۴، ۳۰، ۳۱). همچنین میزان غلظت سرب در اندام‌های گونه چنگر (*Fulica atra*) از پرندگان که توسط Kim و همکاران در سال ۲۰۰۷ تحقیق نمودند بسیار بالاتر بود (۶).

کادمیم مانند سرب یک عنصر غیر ضروری است و ممکن است اثرات شدیدی بر موجودات زنده (میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و جانوران) داشته باشد، اگرچه به نظر می‌رسد که پستانداران و پرندگان نسبت به اثرات سمی فلز، مقاومت بیشتری نشان می‌دهند.

Scheuhammer در سال ۱۹۸۷ و Kim و همکارانش در سال ۲۰۰۹ گزارش دادند که اگر نسبت غلظت کادمیم در کبد به کلیه بیشتر از ۱  $\mu\text{g/g}$  باشد گونه در تماس حاد کادمیم در رژیم غذایی است و در غلظت کمتر از ۱ پرندۀ در معرض سمیت مزمن و در سطح پایین مقدار فلز قرار گرفته است (۷، ۱۲). این تحقیق نشان می‌دهد که مقدار سمیت عنصر تقریباً برابر یک است. بنابراین گونه چنگر دریای خزر در معرض هر دو سمیت حاد و مزمن کادمیم در رژیم غذایی خود قرار داشته است. White و همکاران در سال ۱۹۸۶ یک مطالعه فشرده سه ساله‌ای را در مورد غلظت فلزات در بافت‌های



مختلف چنگر آمریکایی انجام دادند. در منطقه شاهد، غلظت عنصر کادمیم در کبک ۰/۶ میکروگرم بر گرم وزن تر و بیشترین غلظت عنصر در منطقه آلوده ۲ میکروگرم بر گرم گزارش دادند (۱۳). این داده‌ها قابل مقایسه با مطالعات در مورد چنگر تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان (۲/۲ μg/g) است. سطح غلظت کادمیم در چنگر دریای خزر در مقایسه با گونه‌های پرند کره جنوبی حدود ۴ مرتبه بالاتر می‌باشد. Carpen و همکاران غلظت فلز کادمیم در بافت کلیه گونه چنگر (*Fulica atra*) را در اروپا از مناطق نامعلوم ۰/۴ میکروگرم بر گرم بر آورد نمود (۳۳). Kreuzer در کشور آلمان غلظت سرب و کادمیم را در کبک ۸ گونه چنگر اروپایی (۱، ۰/۲) و در کلیه (۲، ۰/۱) میکروگرم بر گرم وزن تر گزارش کردند (۳۴). همچنین Scheuhammer در سال ۱۹۸۷ اثرات سمی کادمیم بر روی انسان و سایر پستانداران را زمانی که غلظت عنصر به ۱۰۰ μg/g وزن تر در کلیه برسد بر آورد نمود (۷). بر اساس گزارشات Clark و سایر مطالعات پیشین، غلظت عنصر کادمیم در بافت کبد و کلیه چنگر ایرانی زیر حد پایه می‌باشد (۳۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در بافت‌های چنگر تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان غلظت کادمیم برای مصرف کنندگان در حد خطرناک نبوده اما در معرض آلودگی پایین سمیت مزمن و حاد قرار داشته است.

فلز روی به‌عنوان عنصری که با بسیاری از مواد شیمیایی تعامل داشته موجب تغییراتی در سوخت و ساز، سمیت و تجمع می‌شود شناخته شده است. سطح بحرانی سمیت روی در پرندگان ۱۲۰۰ μg/g (۱۴) و ۵۰ μg/g (۱۵) تخمین زده شده است. تحقیقات در مورد فلز کروم در پرندگان گزارش نشده بود یا این که یافت نگردید اما Calow در سال ۱۹۹۸ حد استاندارد این فلز را ۱ μg/g گزارش نمود (۱۵). در هر صورت غلظت هر دو عنصر روی و کروم در بافت‌های چنگر تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان از حد سمیت و گزارشات قبلی بسیار پایین تر است.

احتمالاً در پرندگان آبی رژییم غذایی به‌عنوان منبع مهمی از خوردن فلزات است. ضمناً اثرات غذایی بیشتر از اثرات محدوده جغرافیایی می‌باشد (۲۴). تحقیقات زیادی نشان دادند که سطح زنجیره غذایی مرتبط به زیستگاه و رژیم غذایی در تجمع فلزات در بافت‌های پرندگان نقش عمده‌ای دارد (۳۶، ۳۵). از طرفی مطالعات میدانی و تحقیقاتی منطقه حاضر نشان می‌دهد که تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان تحت تأثیر آلودگی‌های انسانی از قبیل سرریز فاضلاب شهری، کشاورزی و صنعتی، پوکه فشنگک و سرب ناشی از فعالیت شکارچیان و غیره قرار گرفته است (۳۷). بنابراین گونه چنگر انتخاب شده از این منطقه به احتمال قوی در معرض سمیت حاد فلزات به ویژه سرب ناشی از فعالیت‌های انسان ساخت قرار گرفته‌اند. نتایج مشابهی نیز به‌وسیله Clark، Elliot و Anderson گزارش شده است (۳۸، ۳۲، ۸). از طرفی چنگر از گیاهان آبی بتوزها (موجودات کفزی) و بی‌مهرگان آبی موجود در بستر رسوب که میزان فراوانی از فلزات را در خود دارند تغذیه می‌کند. به نظر می‌رسد که همه این دلایل، قابل قبول باشد که ترجیحاً تشابه نوع غذا در هر دو تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان عامل انباشت برخی فلزات در بافت‌های پرند چنگر نسبت به محدوده جغرافیایی است.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تجمع فلزات در بافت‌های پرندگان بیشتر از محیط اطراف است هر چند که اثرات جغرافیایی را نمی‌توان نادیده گرفت. قسمتی از نتایج این مطالعه می‌تواند پایش زیست محیطی جنوب شرقی دریای خزر و اثرات فلزات در این محدوده جغرافیایی را از طریق پرند چنگر بررسی نماید. اما به دلیل مطالعات بسیار اندکی که از دریای خزر به ویژه تالاب بین‌المللی گمیشان، خلیج گرگان و گونه پرند چنگر وجود دارد به‌طور قطع نمی‌توان اشاره نمود که فلزات ناشی از فاضلاب‌های صنایع، کشاورزی و خانگی و سایر فعالیت‌های انسانی بر روی موجودات آبی اثرات بالقوه‌ای دارند.

است و بستگی به اکولوژی غذایی، زمان تماس با محیط و همچنین خصوصیات بیوشیمی و فیزیولوژیکی پرند دارد (۳۹).

### سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات سازمان حفاظت محیط زیست و اداره کل محیط زیست استان گلستان به دلیل همکاری در جمع آوری نمونه‌ها قدردانی می‌شود. این مقاله کار پژوهشی از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه بیرجند به انجام رسیده است.

می‌توان نتیجه‌گیری کرد که غلظت عنصر سرب در بافت‌های کبد و کلیه پرند چنگر تالاب بین‌المللی گمیشان و خلیج گرگان نشان می‌دهد پرند چنگر در معرض تماس با آلودگی بوده، به عبارت دیگر میزان این عنصر در حد ایجاد سمیت در پرند است در حالی که غلظت عنصر کادمیم در زیر حد سمیت در بافت‌های این پرند می‌باشد. سایر عناصر نیز بسیار پایین‌تر از حد سمیت ارزیابی شدند. ضمناً جنسیت در میزان فلزات در اندام‌های پرند نقشی نداشت. به طور کلی می‌توان بیان نمود که سطح فلزات در میان انواع پرندگان متفاوت

### References

- Burger J, Gochfeld M. Metals in Laysan Albatrosses from Midway Atoll. Arch Environ Contam Toxicol 2000; 38(2): 254-259.
- Forstner U, Wittmann GTW. Metal pollution in the aquatic environment. 2<sup>nd</sup> ed. Berlin: Springer-Verlag; 1983. p. 30-61.
- Karbassi AR, Nabi-Bidhendi GR, Bayati I. Environmental geochemistry of heavy metals in a sediment core off Bushehr, Persian Gulf. Iran. J Environ Health Sci Eng 2005; 2(4): 255-260.
- Jager LP, Rijnierse FVJ, Esselink H, Baars AJ. Biomonitoring with the buzzard Buteo buteo in the Netherlands: heavy metals and sources of variation. J Ornithol 1996; 137(3): 295-318.
- Movalli PA. Heavy metal and other residues in feathers of laggar falcon Falco biarmicus jugger from six districts of Pakistan. Environ Pollut 2000; 109(2): 267-275
- Kim J, Park S, Koo T. Lead and cadmium concentrations in shorebirds from the Yeongjong Island, Korea. Environ Monit Assess 2007; 134(1-3): 355-361.
- Scheuhammer AM. The chronic toxicity aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. Environ Pollut 1987; 46(4): 263-295.
- Elliot JE, Scheuhammer AM, Leighton FA, Pearce PA. Heavy metals and metallothionein concentrations in Atlantic Canadian seabirds. Arch Environ Contam Toxicol 1992; 22(1): 63-73.
- Martin MB, Reiter R, Pham T, Avellanet YR, Camara J, Lahm M, et al. Estrogen-like activity of metals in MCF-7 breast cancer cells. Endocrinology 2003; 144(6): 2425-2436.
- Scheuhammer AM, Norris SL. The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights. Ecotoxicology 1996; 5(5): 279-295.
- Kim J, Lee H, Koo T. Heavy-metal concentrations in three owl species from Korea. Ecotoxicology 2008; 17(1): 21-28.
- Kim J, Shin J, Koo T. Heavy Metal Distribution in Some Wild Birds from Korea. Arch Environ Contam Toxicol 2009; 56(2): 317-324.
- White DH, King KA, Mithell CA, Mulhern BM. Trace elements in sediments, water and American Coots (Fulica americana) at a coal-fired power plant in Texas, 1979-1982. Bull Environ Contam Toxicol 1986; 36(3): 376-383.

14. Gasaway WC, Buss IO. Zinc toxicity in the mallard duck. *J Wildl Manage* 1972; 36: 1107-1117.
15. Calow P. Handbook of ecotoxicology Imprint: 2<sup>nd</sup> ed. London: Oxford, Blackwell Scientific publication; 1998. p. 416.
16. Beltrame MO, De Marco SG, Marcovecchio JE. Dissolved and particulate heavy metals distribution in coastal lagoons. A case study from Mar Chiquita Lagoon, Argentina Estuarine. *Coast Shelf Sci* 2009; 85(1): 45-56.
17. American Public Health Association Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>st</sup> ed. Centennial Edition (2005). In: Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE, Franson MAH, (eds) American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environmental Federation Publishers, Washington, DC.
18. Horwitz W, Latimer G. Official method of analysis 18<sup>th</sup> ed. Revision 4. USA: AOAC international publication; 2011.
19. Linneman L, Anderson A, Nilson KO, Lind L, Kjelstorm T, Friberg L. Nutrient Source. *Arch Environ Health* 1973; 27(1): 45-53.
20. Rabani M, JafarAbadi Ashtiani A, Sharif MA. The measurment of pollutant level due to heavy metals (Ni, Pb, Hg) on sediments of Gulf Persian. *Ekteshaf and Production* 2008; 51(3): 57-53 (Persian).
21. Karbasi A, Baiyati A. Distribution of heavy metals on sediments in Zariver lake by natural resources and man made. *J Environ Studies* 2007; 47(34): 31-36 (Persian).
22. Odiete WO. Environmental Physiology of animals and pollution Diversified resources 1<sup>st</sup> ed. Nigeria: Ltd Lagos; 1999. p. 261.
23. Ferns PN, Anderson JI. Cadmium in the diet and body tissues of Dunlins, *Calidris alpina*, from the Bristol Channel, UK. *Environ Pollut* 1994; 86(2): 225-231.
24. Van Eeden PH. Metal concentrations in selected organs and tissues of five Red-knobbed Coot (*Fulica cristata*) populations. *Water SA* 2003; 29(3): 313-322.
25. Nam DH, Lee DP. Reproductive effects of heavy metal accumulation on breeding feral pigeons (*Columba livia*). *Sci Total Environ* 2006; 366(2-3): 682-687.
26. Kim EY, Ichihashi H, Saeki K, Atrashkevich G, Tanabe S, Tatsukawa R. Metal accumulation in tissues of seabirds from Chaun, Northeast Sibarica, Russia. *Environ Pollut* 1996; 92(3): 247-252.
27. Perez-Lopez M, Hermosode Mendoza M, Lopez Beceiro A, Rodriguez FS. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). *Ecotoxicol Environ Saf* 2008; 70(1): 154-162.
28. Cosson RR. Relationship between heavy metal and metallothionein-like protein levels in the liver and kidney two birds: the greater flamingo and the little egret. *Comp Biochem Physiol* 1989; 94(1): 243-248.
29. Hutton M, Goodman GT. Metal contamination of feral pigeons from London area: Part I. Tissue accumulation of lead, cadmium and zinc. *Environ Pollut* 1980; 22(3): 207-217.
30. Bagley GE, Locke LN. The occurrence of Pb in tissues of wild birds. *Bull Environ Contam Toxicol* 1967; 2: 297-305.
31. Bull KR, Every WJ, Freestone P, Hall JR, Osborn D. Alkyl Pb pollution and bird mortalities on the Mersey Estuary. UK. 1979-1981. *Environ Pollut Ser A* 1983; 31(4): 239-259.

32. Clark AJ, Scheuhammer AM. Lead poisoning in up-land-foraging birds of prey in Canada. *Ecotoxicology* 2003; 12(1-4): 23-30.
33. Carpena E, Fedrizzi G, Cortesi P, Cattani O. Heavy metals (Zn, Cu, Cd) in fish and aquatic birds. *Ital. J Biochem* 1990; 39: 133A-134A.
34. Kreuzer W, Wissmath P. Gehalte an schwermetallen (Cd, blei, quecksilber) in einigen wildlebenden wasservogelarten. In: *Wildlife Diseases, Proc. Third Int. Wildl. Dis. Conf.* 1975, Plenum Press, New York. In German 1976; 301-315.
35. Van Eeden PH. Seasonal change in metal concentrations in selected tissues of the Red-knobbed Coot, *Fulica cristata*, from a metal-polluted wetland. *Water SA* 2003; 29(1): 91-99.
36. Hernandez LM, Gomara B, Fernandez M, Jimenez B, Gonzalez MJ, Baos R, et al. Accumulation of heavy metals and As in wetland birds in the area around Doñana National Park affected by the Aznalcollar toxic spill. *Sci Total Environ* 1999; 242(1-3): 293-308.
37. Tabari S, Saeedi Saravi SS, Bandani GH, Dehghan A, Shokrzade M. Heavy metals Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, Water and sediment sampled from Southern Caspian Sea, Iran. *Toxicol Ind Health* 2010; 26(10): 649-656.
38. Anderson WL. Pb poisoning in waterfowl at Rice Lake, Illinois *J Wildl Manage* 1975; 39(2): 264-270.
39. Savinov VM, Gabrielsen GW, Savinova TN. Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. *Sci Total Environ* 2003; 306(1-3): 133-158.