Archive of SID

نشریه دامپزشکی
در
پژوهش و سازندگی شماره ۱۰۶ بهار ۱۳۹۴
DOI: 10.22034/vj.2015.100909

# بررسی آلودگی به ترکیبات جیوه در شماری از پرندگان وحشی شهر اصفهان و رودخانه زاینده رود

• **زهرا حسین پور محمد آبادی**
دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
• **منصوره ملکیان (نویسنده مسئول)**
استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: مهرماه ۱۳۹۳
Email: mmalekian@cc.iut.ac.ir

## چکیده

**جیوه یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که دارای خاصیت تجمع و بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی می‌باشد. اصفهان از استان‌های مهم صنعتی کشور است که با وجود تعدد منابع آلاینده جیوه تاکنون پایش زیستی جیوه در محیط زیست آن انجام نگرفته است. پرندگان به طرق مختلف ازجمله تماس مستقیم با آب و غذای آلوده، در معرض جیوه قرار می‌گیرند و شاخص زیستی مناسبی برای پایش آلاینده‌های محیط به شمار می‌آیند. هدف از این مطالعه بررسی آلودگی به جیوه در شماری از پرندگان شهر اصفهان و رودخانه زاینده رود می‌باشد. تاثیر سطح تغذیه بر میزان تجمع زیستی جیوه در بدن این پرندگان مورد بررسی قرار گرفته است. ۴۰ نمونه پرنده در مناطق مختلف صید و اندازه‌گیری جیوه در سه اندام کلیه، کبد و پردم با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی بخار سرد انجام گرفت. در بین سه عضو مورد مطالعه پردم با میانگین ۲۰۰۲/۳۰ pp b بیشترین مقدار جیوه و کلیه با میانگین ۱۲۸۴ pp b کمترین مقدار را نشان داد. پرندگان جانورخوار بیشترین تجمع زیستی جیوه را در اندام‌های خود داشته و گیاهخواران کمترین مقدار را نشان دادند. نتایج بدست آمده می‌تواند نشان دهنده ورود جیوه به محیط زیست اصفهان از منابع مختلف باشد. بنابراین پایش و مدیریت فلزات سنگین در محیط زیست اصفهان و از جمله آب زاینده رود ضروری به نظر می‌رسد..**

**کلمات کلیدی: جیوه، تجمع زیستی، کبد، کلیه، پردم، زاینده رود**

www.SID.ir

Archive of SID



Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 106 pp: 10-17

**Investigating mercury contamination in some of the wild birds in Isfahan city and Zayandehroud River**

*By: Hosseinpour, Z. MSc. Student, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology*

*Malekian, M. (Corresponding Author), Assistant Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology*

**Received: June 2013** **Accepted: July 2014**

Email: mmalekian@cc.iut.ac.ir

Mercury is one of the most toxic heavy metals with the characteristic of accumulation and bio-magnification in food chains. Isfahan is an important industrial province in Iran with various sources of mercury contamination. However, biological monitoring of mercury in the environment has yet to be conducted. Birds, which are exposed to mercury by different ways, including direct contact with contaminated water and food, are good biological indicators. The aim of this study was to investigate mercury contamination in some of the wild birds in Isfahan city and Zayandehroud River. The effect of trophic levels on the bioaccumulation of mercury in the body of these birds was explored. 40 samples of birds were collected in different areas and the amount of mercury was measured in kidney, liver and hyperpnea, using cold vapor atomic absorption spectrometry. Amongst the three organs, hyperpnea showed the highest amount of mercury with the average amount of 2002.3 ppb and kidney showed the lowest with the average of 1284 ppb. Animal consuming birds accumulated more mercury in their tissues and vegetarians showed the lowest value. The results indicated the presence of mercury in Isfahan environment, therefore, it is necessary to monitor and manage heavy metals in the environment including Zayandehroud River.

**Key words:** Mercury, Bioaccumulation, Liver, Kidney, Hyperpnea, Zayandehroud

## مقدمه

یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست فلزات سنگین هستند که از طرق مختلف نظیر تخلیه فاضلاب صنایع مختلف از جمله رنگسازی، باتری‌سازی، دباغی، داروسازی و شیشه سازی در محیط زیست وارد می‌شوند (Di Natale و همکاران، ۲۰۰۶).

جیوه یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که به دلیل پایداری دراز مدت در محیط زیست به تدریج به بدن موجودات زنده وارد شده و در طول زنجیره‌های غذایی تجمع می‌یابد. متیل جیوه فراوان‌ترین و سمی‌ترین شکل جیوه در محیط زیست بوده که در محیط های آبی تشکیل می‌شود. به دلیل قابلیت اتصال بالای متیل-جیوه به گروه‌های سولفیدریل پروتئین، جیوه به سرعت در زنجیره غذایی انتقال و در بدن موجودات انباشته می‌شود (Beijer و Jernelov، ۱۹۷۹).

پرندگان به طرق مختلف از جمله تماس مستقیم با آب و غذای آلوده در معرض مواد شیمیایی و آلودگی‌های مختلف محیط زیست قرار می‌گیرند. پرندگانی که نزدیک اکوسیستم‌های آبی آشیانه‌سازی یا تغذیه می‌کنند، ممکن است در اثر تخلیه صنعتی جیوه، بارش اسیدی و یا سطوح بالای جیوه در ماهی‌ها و رسوبات در معرض جیوه قرار داشته باشند. برخی محققان معتقدند که جیوه فقط برای گونه‌های آبی که از رودخانه‌ها و دریاها تغذیه می‌کنند خطرناک است، اما تحقیقات دلالت بر این دارد که جیوه در زیستگاه‌های زمینی هم تبدیل به متیل جیوه می‌شود (Sepulveda، Ochoa-Acuna و Gross، ۲۰۰۲). اثرات مضر متیل جیوه بر حیات وحش شامل آسیب به سیستم عصبی، بروز رفتارهای غیرطبیعی و تضعیف سیستم ایمنی و دفاعی بدن می‌باشد (Schweiger و Stadler، Bowes، ۲۰۰۶). کاهش موفقیت تولید مثلی (کاهش تعداد تخم پرندگان، کاهش دفعات تخمگذاری و کاهش بقای زادگان) تغییر در رفتارهای تغذیه‌ای (نظیر شکار)، کاهش زمان پرواز، کاهش مراقبت از آشیانه، ضعیف شدن پاها و بال ها، مشکلات هورمونی و در نهایت مرگ پرنده از اثرات غلظت بالای متیل جیوه می‌باشد (Zillioux Porcella و Benoit، ۱۹۹۳).

جایگاه تغذیه‌ای موجودات زنده در زنجیره غذایی نقش مهمی در میزان بار آلودگی به فلزات سنگین از جمله جیوه دارد. Zolfaghari و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که مقدار جیوه در پرندگانی که از مهره‌داران تغذیه می‌کنند بیش از ۱/۵ برابر پرندگان بی مهره خوار و بیش از ۶ برابر پرندگان تغذیه کننده از مواد گیاهی است و بر اساس میزان جیوه در سه سطح تغذیه‌ای به ترتیب گوشتخواران، بی مهره‌خواران و در نهایت گیاهخواران قرار داشتند. به عبارت دیگر گونه‌های پرندگان در بالای زنجیره غذایی میزان جیوه بیشتری را نشان دادند. دلیل این امر را می‌توان براساس پدیده بزرگنمایی زیستی فلزات سنگین از جمله جیوه از سطوح پایین زنجیره غذایی به سمت سطوح بالاتر بیان کرد. تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده درزمینه تجمع زیستی جیوه نشان



www.SID.ir

Archive of SID



می‌دهد که در ۴۲ درصد از مطالعات، سطح تغذیه‌ای عاملی مهم بر تجمع زیستی فلزات سنگین از جمله جیوه گزارش شده است (Gray, ۲۰۰۲). در مطالعه Hernandez و همکاران (۱۹۹۹) نیز کمترین مقادیر جیوه در گیاهخوارن گزارش شده و نشان دادند که از سطح تغذیه‌ای گیاهخواری به سمت گوشتخواری میزان تجمع آلاینده‌ها افزایش می‌یابد بطوری که تفاوت در غلظت فلزات سنگین به ویژه جیوه در پرندگان بیشتر مرتبط با سطح تغذیه و کمتر تحت تاثیر عوامل دیگر از جمله جایگاه رده‌بندی و تفاوت‌های گونه در متابولیسم و دفع جیوه از بدن است (Hernández و همکاران ,۱۹۹۹). ارزیابی بزرگنمایی زیستی جیوه در کاکایی تاثیر جایگاه تغذیه‌ای پرنده در تجمع بار جیوه در خون و پر را نشان داد (Bearhop Thompson ، Waldron و Furness ,۲۰۰۰). در تحقیقی که روی پرندگان شیلی انجام شده است بیشترین مقادیر جیوه در گونه های ماهیخوار می‌باشد (Ochoa-Acuna و همکاران ,۲۰۰۲). در پرندگان دانه‌خوار و پرندگانی که از پستانداران کوچک تغذیه می‌کنند و پرندگان ساکن مناطقی که از قارچ کش‌ها استفاده می شود، مقادیر بالای جیوه گزارش شده است (Rand, ۱۹۹۵). در مطالعه Zillioux و همکاران (۱۹۹۳) در اکوسیستم های آب شیرین،کمترین مقدار جیوه درگیاهخوران (۶/۶۴ ppm) و بیشترین مقادیر در لاشه خوران (۵۴/۴ ppm) گزارش شده است (Zillioux و همکاران ,۱۹۹۳). مقدار جیوه در پرهای پرندگان دریایی با مطالعه عادت غذایی در اقیانوس هند غربی بررسی شد و نشان داد که افراد بالغ در دو گونه پرستوی دریایی و مرغ طوفان به دلیل رفتار غواصی و صید ماهیان بزرگتر از اعماق آب بیشترین تجمع جیوه را در پر دارند (Kojadinovic, Bustamante, Churlaud, Cosson و Le Corre ,۲۰۰۷). زمانی و همکاران (۲۰۰۹) تجمع زیستی جیوه در اگرت کوچک در تالاب شادگان را بیشتر متاثر از سطح غذایی این پرنده عنوان کرده اند (Zamani-Ahmadmahmoodi, Esmaili-Sari, Savabieasfahani و Bahramifar ,۲۰۰۹). ذوالفقاری و همکاران (۲۰۰۶) افزایش جیوه در پر ۱۸ گونه پرندگان تاکسیدرمی شده را بررسی کرده و نشان دادند که ماهیخوران دارای بالاترین مقادیر جیوه و گیاهخوران از مقادیر جیوه بسیار اندکی برخوردارهستند (Zolfaghari, Esmaili-sari، Ghasempouri و Kiabi ,۲۰۰۶). در ارزیابی میزان جیوه در پر ۲۷ گونه از پرندگان ایران، سطح تغذیه عامل عمده مؤثر بر تجمع زیستی جیوه معرفی شده است (Zoualfaghari, Esmaili-Sari Ghasempouri ، Baydokhti و Hassanzade- Kiabi ,۲۰۰۹)

اصفهان یکی از استان های مهم صنعتی کشور است. جیوه از منابع مختلف از جمله پساب صنایع و کارگاه ها، استفاده از لجن فاضلاب در کشاورزی، تصفیه خانه های فاضلاب، استفاده از افت کش‌ها و محل‌های دفن زباله وارد خاک و آب می‌شود. پایش زیستی جیوه در محیط زیست اصفهان از جمله زاینده رود که مهمترین اکوسیستم آبی و منبع اصلی آب در مصارف مختلف را تشکیل می‌دهد، تا کنون انجام نگرفته است. در یک مطالعه، خاک مناطق مختلف اصفهان نمونه‌برداری و در شرایط گلخانه برای کوددهی گیاه ذرت از لجن فاضلاب استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار فلز سنگین جیوه در خاک و بخش‌های مختلف گیاه نظیر ساقه، ریشه و دانه گیاه می گردد (Afyuni ، Karimpour و Esmaili- Sari ,۲۰۱۰). اندازه گیری جیوه در هوا و ذرات معلق نشان داد که مقادیر جیوه گازی شهر اصفهان به طور متوسط ۲۳ نانو گرم بر مترمکعب و جیوه موجود در ذرات معلق اتمسفر به طور متوسط ۱/۰۴ نانوگرم بر مترمکعب بوده که در مقایسه با غلظت این عنصر در شهرهای دیگر جهان در امریکا بین ۱۰-۲ نانوگرم و در ایتالیا بین ۸-۱ نانوگرم در متر مکعب، بیش از چند برابر می باشد (Ahmadi-Golsepidi, ۲۰۰۸).

در پایش یک اکوسیستم، بررسی همه اجزاء و روابط موجود امکان‌پذیر نمی‌باشد در نتیجه انتخاب یک پایشگر مناسب لازم به نظر می‌رسد. پرندگان به دلیل امکان تماس با آب و غذای آلوده، عادات تغذیه‌ای ویژه و شناخته شده بودن بیولوژی آنها، شاخص زیستی مناسبی برای آلاینده‌های محیط از جمله جیوه می‌باشند (Gabrielsen ، Savinov و Savinova, ۲۰۰۳). هدف از این تحقیق پایش زیستی جیوه در شهر اصفهان و بویژه در رودخانه زاینده رود و مناطق حاشیه‌ای با استفاده از پرندگان بوده و همچنین نقش سطح تغذیه‌ای این پرندگان بر میزان آلودگی به جیوه و تجمع آن در اندام های پرنده مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفته است.

## مواد و روش کار

### نمونه برداری

تعداد ۴۰ نمونه پرنده متعلق به ۱۴ گونه در طول زمستان سال ۱۳۸۹ و بهار سال ۱۳۹۰ به روش تصادفی صید گردیدند (شکل ۱). تعداد نمونه‌ها بین یک تا نه در گونه های مختلف متفاوت است (جدول ۱). پرندگان صید شده در مسیر رودخانه زاینده رود هم از پرندگان وابسته به رودخانه زاینده رود و هم گونه‌های غیر وابسته صید شدند. در زمان انجام مطالعه به دلیل خشک بودن تالاب گاوخونی و نبود پرندگان در منطقه تالاب، این منطقه که منتهی الیه رودخانه زاینده رود می‌باشد، از مطالعه حذف گردید. برای تعیین سطوح تغذیه ای نمونه-های پرنده مورد بررسی به طور اجمالی از کتاب راهنمای صحرایی پرندگان ایران و راهنمای صحرایی پرندگان اروپا و خاورمیانه استفاده شده است. نمونه‌های پرندگان به چهار دسته استفاده کنندگان از مواد جانوری و گیاهی، همه چیزخواران، گیاهخواران و جانور خواران تفکیک شد که در هر گروه به ترتیب تعداد چهارده، شانزده، پنج و پنج قطعه پرنده موجود می‌باشد (جدول ۱).

### آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های جمع‌آوری شده تشریح شده و اعضای کبد و کلیه هر کدام خارج گردید. علاوه بر این ۳-۲ قطعه پر دم پرنده نیز جدا گردید و برای انجام آزمایشات جداگانه در پاکت نایلونی قرار داده شد. پرها پس از انتقال به آزمایشگاه برای رفع آلودگی احتمالی توسط دترجنت و آب شسته شده و سپس توسط آب مقطر آبکشی شدند. سپس تمامی نمونه‌های کبد، کلیه و پردم جهت بدست آوردن وزن خشک در آون در دمای ۵۰ درجه برای مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار داده شدند. دلیل اینکه مقادیر در وزن خشک تعیین شد این بود که مقادیر قابل اعتمادتر و ثابت‌تر از وزن تر هستند (Holm, ۱۹۷۹). سپس هضم نمونه‌ها و اندازه‌گیری جیوه در نمونه‌ها طبق روش استاندارد HG - ۰۱۶ - ۲/۱۵ انجام گرفت (Topolski و Thompson, ۲۰۱۰).



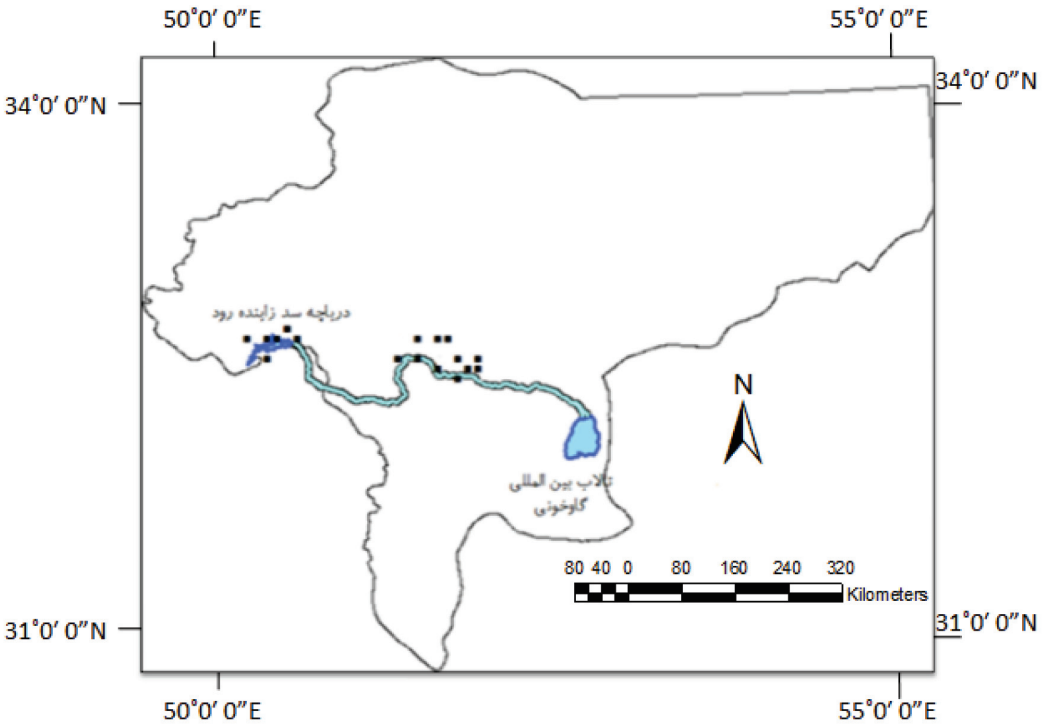
www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۱- گونه‌های صید شده در این مطالعه به همراه تعداد افراد هر گونه و سطح تغذیه آنها

| نام فارسی | نام گونه | سطح تغذیه | تعداد نمونه |
|---|---|---|---|
| پرستوی دریایی معمولی | *Sterna hirundo* | جانورخوار | ۲ |
| آبچلیک تکزی | *Tringa ochropus* | تغذیه از مواد جانوری وگیاهی | ۳ |
| آبچلیک آوازخوان | *Actitis hypoleucos* | تغذیه از مواد جانوری وگیاهی | ۸ |
| کاکایی صورتی | *Larus genei* | همه چیزخوار | ۱ |
| صعوه گلوسیاه | *Prunella atrogularis* | جانورخوار | ۳ |
| گنجشک خانگی | *Passer domesticus* | تغذیه از مواد جانوری وگیاهی | ۱ |
| گنجشک کوهی | *Petronia petronia* | تغذیه از مواد جانوری وگیاهی | ۲ |
| بلبل خرما | *Pycnonotus leocotis* | گیاهخوار | ۱ |
| سار صورتی | *Sturnus roseu* | همه چیزخوار | ۱ |
| سار | *Sturnus vulgaris* | همه چیزخوار | ۱ |
| کلاغ ابلق | *Corvus corone* | همه چیزخوار | ۲ |
| کلاغ سیاه | *Corvus frugilegus* | همه چیزخوار | ۲ |
| زاغی | *Pica pica* | همه چیزخوار | ۹ |
| قمری خانگی | *Streptopelia senegalensis* | گیاهخوار | ۴ |




شکل ۱- نقشه محل های نمونه برداری در اصفهان



www.SID.ir

Archive of SID



### آنالیز شیمیایی نمونه ها با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی

برای هضم نمونه‌ها، ابتدا ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ و سپس ۲ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۷ درصد به ظرف محتوی نمونه اضافه شد و به مدت ۴۵ دقیقه روی Hot plate در دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس برای هضم کامل نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر محلول پرسولفات پتاسیم ۶ درصد و ۴ میلی لیتر محلول پرمنگنات پتاسیم ۶ درصد به دقت به همه ظروف نمونه اضافه شد و به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا واکنش کامل شود. در انتها نمونه‌ها را از روی Hot plate برداشته تا سرد شوند. برای نمونه ها محلول Blank نیز آماده شد به این صورت که در ظرف آزمایش همراه با تمام نمونه‌های در حال هضم، بدون اینکه نمونه‌ای در ظرف ریخته شود، تمام مواد به همان مقادیری که به نمونه ها اضافه شد به ظروف اضافه و با شرایط یکسان ظروف حاوی نمونه روی Hot plate قرار داده شد.

نمونه های هضم شده با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی بخار سرد جیوه (CVAAS) مدل AAnalyst ۷۰۰ اندازه‌گیری شد. ابتدا محلول Blank و سپس مقدار جیوه موجود در تک تک نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی با دوبار تکرار اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه حد تشخیص تجربی دستگاه، هفت بار جیوه به میزان ppb ۲ به دستگاه تزریق گردید و مقادیر آن یادداشت گردید. سپس انحراف استاندارد محاسبه و حد تشخیص تجربی دستگاه بدست آمد. همچنین درصد بازیابی برای نمونه‌ها نیز بدست آمد، بدین صورت که مقدار مشخصی از جیوه به یکی از نمونه‌ها از هر دسته که مقدار جیوه خیلی کمی دارد و یا مقدار جیوه آن صفر است اضافه شد و پس از هضم، مقدار جیوه آن اندازه گرفته شده و غلظت آن با مقدار جیوه‌ای که به همان غلظت به نمونه‌ها اضافه شده بود مقایسه شد و طبق فرمول زیر درصد بازیابی نمونه بدست آمد:

$$R = \frac{C_{sample} - C_0}{C_{spiked}} \times 100$$

R= درصد بازیابی

$C_{sample}$= غلظت نمونه ای که مقدار مشخصی جیوه به آن اضافه شد

C۰ = غلظت اولیه نمونه

$C_{spiked}$= غلظت معادل میزانی که به بافت اضافه شد (Topolski و Thompson، ۲۰۱۰).

درصد بازیابی بین ۷۲/۲۴ تا ۱۰۳/۳۸ درصد بدست آمد. حد تشخیص تجربی دستگاه نیز ۰/۷۹ ppb محاسبه شد و مقادیر کمتر از این مقدار زیر حد تشخیص دستگاه بوده که در محاسبات آماری صفر در نظر گرفته شدند.

### تجزیه و تحلیل های آماری

بعد از بدست آوردن مقادیر جیوه در نمونه‌ها، تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نیاز توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. مقایسات آماری سه اندام مورد استفاده یعنی پردم، کبد و کلیه انجام شد. نرمال بودن داده ها توسط آزمون کلموگروف- اسمیرونوف (Kolmogorov Smirnov) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون نشان دهنده نرمال نبودن داده‌ها و عدم برابری واریانس ها بود. داده‌ها با استفاده از عملیات Transform (لگاریتم گرفتن از داده‌ها) نرمال شده و پس از نرمال شدن داده‌ها برای آزمون فرض برابری میانگین ها بین مقادیر جیوه در سه عضو از تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر (درون گروهی) استفاده شد

از آنجا که در بررسی منابع مختلف، سطح تغذیه‌ای در تجمع زیستی جیوه دارای اهمیت شناخته شده است در بررسی حاضر برای بررسی تاثیر سطح تغذیه بر روی تجمع جیوه در اندام ها، نمونه ها بر اساس منابع مختلف که در شرح نمونه‌برداری به آن اشاره شد در چهار دسته همه چیزخوار، استفاده‌کننده از مواد جانوری و گیاهی، جانورخوار و گیاهخوار تقسیم شده و به عنوان مطالعه‌ای مقدماتی مقایسات آماری بین سه عضو به طور جداگانه توسط آزمون غیرپارامتریک کروسکال والیس (Kroscal- Walis) برای مقایسه برابری مقادیر جیوه در چهار سطح تغذیه‌ای انجام گرفت. همچنین برای مقایسه دو به دو سطوح تغذیه‌ای از آزمون غیرپارامتریک (Mann Whitney) استفاده شد.

### نتایج

در بین گونه های مورد بررسی کمترین مقدار جیوه متعلق به گونه های بلبل خرما و گنجشک کوهی بود که عمدتاً از مواد گیاهی تغذیه می‌کنند. بیشترین مقدار جیوه ثبت شده در دو گونه آبچلیک آوازخوان و پرستوی دریایی ثبت شد که از گونه های ماهیخوار هستند.

در بین سه عضو مورد مطالعه پردم با میانگین ppb ۲۰۰۲/۳۰ بیشترین مقدار جیوه و کلیه با میانگین ppb ۱۲۸۴ کمترین مقدار را نشان داد. تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (درون گروهی) نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین لگاریتم مقادیر جیوه موجود در سه عضو در سطح ۰/۰۵ وجود ندارد. بنابراین مقدار جیوه در سه عضو مطالعه شده از بیشترین به کمترین مقدار به ترتیب پردم، کبد و کلیه می‌باشد.

آمار توصیفی داده‌ها برای مقایسه مقادیر جیوه در بین ۴ سطح تغذیه در جدول ۲ نشان داده شده است. این آمار نشان می‌دهد که گروه پرندگان جانورخوار بیشترین مقادیر میانگین جیوه را دارا بودند که در این گروه بیشترین مقدار جیوه در پر دم (۵۵۳۵/۹۵ ppb) وجود داشت.

برای مقایسه اثر سطح تغذیه روی مقادیر جیوه در هر عضو از آزمون غیرپارامتریک کروسکال والیس استفاده شد (جدول ۳). برای مقایسه جفتی سطوح تغذیه‌ای از آزمون من ویتنی استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون کروسکال والیس فرض برابری مقادیر جیوه در تمام سطح های تغذیه‌ای در هر سه عضو را در سطح ۰/۰۵ رد می‌کند (جدول ۳).

نتایج آزمون من ویتنی که برای مقایسه دو به دو سطوح تغذیه‌ای استفاده شد به شرح زیر است. مقایسه بین استفاده کنندگان از مواد جانوری و گیاهی با جانورخواران نشان داد که تفاوت بین مقادیر اندازه‌گیری شده در هیچیک از سه عضو مورد بررسی معنی دار نیست ($p > ۰/۰۵$، جدول ۴). در مقایسه بین همه چیزخواران با گیاهخواران، تفاوت بین مقادیر در عضو کبد معنی دار نیست ($p = ۰/۲۸۳$) اما در کلیه و پردم تفاوت مقادیر جیوه معنی‌دار است ($p < ۰/۰۵$). مقایسه بین همه چیزخواران با جانور خواران نشان داد که تفاوت مقادیر جیوه در هر ۳ عضو مورد بررسی معنی دار است ($p < ۰/۰۵$). در نهایت در مقایسه بین استفاده کنندگان از مواد جانوری و گیاهی با گیاهخواران نیز در هر ۳ عضو مورد بررسی معنی‌دار است ($p < ۰/۰۵$). میانگین مقادیر جیوه در هر سه عضو در چهار



www.SID.ir

Archive of SID



جدول۲ – مقایسه مقادیر جیوه (ppb) در اندام های مورد مقایسه به تفکیک سطح تغذیه

| عضو | سطح تغذیه | تعداد | میانگین | میانه | واریانس |
|---|---|---|---|---|---|
| پردم | جانوری و گیاهی | ۱۴ | ۲۸۴۲/۳۸ | ۲۶۲۲/۶۲ | ۵۷۱۷۰۷۲/۱۴۵ |
| | همه‌چیزخوار | ۱۶ | ۷۵۰/۲۶ | ۲۷۰/۸۷ | ۲۴۶۷۸۷۹/۴۲۲ |
| | گیاه‌خوار | ۵ | ۱۲۲/۹۰ | ۱۱۸/۷۵ | ۷۳۴۵/۰۴۵ |
| | جانورخوار | ۵ | ۵۵۳۵/۹۵ | ۵۳۵۲/۵ | ۷۰۳۷۴۵۱/۲۱۳ |
| کبد | جانوری و گیاهی | ۱۱ | ۲۸۷۲/۰۳ | ۲۴۶۱/۲۵ | ۵۵۷۵۶۸۶/۹۱۴ |
| | همه‌چیزخوار | ۱۶ | ۳۸۸/۱۰ | ۲۱۲/۶۴ | ۳۸۹۹۳۵/۲۰۷ |
| | گیاه‌خوار | ۵ | ۱۲۷/۰۲ | ۱۲۹/۷۵ | ۵۲۲۴/۳۳۹ |
| | جانورخوار | ۵ | ۳۷۳۰/۸۷ | ۳۹۵۳/۱ | ۴۶۴۸۱۳/۸۱۵ |
| کلیه | جانوری و گیاهی | ۱۴ | ۱۶۲۵/۳۵ | ۵۲۹/۹۵ | ۵۳۷۴۰۸۴/۹۰۴ |
| | همه‌چیزخوار | ۱۶ | ۳۲۶/۰۱ | ۲۳۷/۴ | ۷۰۹۲۸/۷۷۰ |
| | گیاه‌خوار | ۵ | ۱۱۴/۱۴ | ۱۰۸/۹۵ | ۷۰۹۲۸/۴۷۳ |
| | جانورخوار | ۵ | ۴۵۶۳/۳۴ | ۴۹۹۴/۶۲ | ۷۸۲۳۱۶۸/۷۸۶ |

جدول۳- آزمون مقایسه میانه کروسکال والیس جهت مقایسه سطوح تغذیه‌ای مختلف بر اساس میزان تجمع جیوه در سه اندام پردم، کبد و کلیه

| عضو | مقادیر |
|---|---|
| پردم | مربع کای= ۲۰/۳۸ |
| | درجه آزادی= ۳ |
| | p value= ۰/۰۰۰ |
| کبد | مربع کای= ۲۳/۳۸۷ |
| | درجه آزادی= ۳ |
| | p value= ۰/۰۰۰ |
| کلیه | مربع کای= ۱۳/۸۹۱ |
| | درجه آزادی= ۳ |
| | p value= ۰/۰۰۳ |

جدول۴- آزمون مقایسه جفتی من ویتنی بین سطوح تغذیه‌ای مختلف بین مقادیر جیوه در ۳ بافت پر دم، کبد و کلیه

| مقایسه جفتی سطوح تغذیه | عضو | مقادیر p |
|---|---|---|
| جانورخواری با گیاهخواری | پردم | ۰/۰۶۴ |
| | کبد | ۰/۳۹۶ |
| | کلیه | ۰/۰۹۶ |
| همه چیزخورای با گیاهخواری | پردم | ۰/۰۲۱ |
| | کبد | ۰/۲۸۳ |
| | کلیه | ۰/۳۵ |
| همه چیزخورای با جانورخواری | پردم | ۰/۰۰۲ |
| | کبد | ۰/۰۰۲ |
| | کلیه | ۰/۰۰۵ |
| سطح تغذیه جانوری و گیاهی با گیاهخواری | پردم | ۰/۰۰۵ |
| | کبد | ۰/۰۰۲ |
| | کلیه | ۰/۰۳۷ |

سطح تغذیه نشان داد که بیشترین مقدار متعلق به جانورخواران و استفاده کنندگان از مواد جانوری و گیاهی، همه چیزخواران و گیاهخواران به ترتیب در رده‌های بعدی قرار می گیرند.

## بحث و نتیجه گیری

در ایـن مطالعـه مقدار جیـوه در کبد، کلیه و پـردم ۴۰ قطعه پرنده در اصفهان اندازه گیری شد. مقایسه مقادیر جیوه در سه عضو مورد بررسی اگرچه تفاوت معنی‌داری را بین سه عضو نشان نداد اما نشان داد که مقادیر جیوه در پردم از اندام‌های داخلی بیشتر می‌باشد؛ چنانچه Furness و همکاران (۱۹۹۳) نیـز بیـان کرده‌اند که مقادیر بدسـت آمده در پر بیشـتر از بافت‌های داخلی می‌باشد (Furness و Greenwood, ۱۹۹۳). همچنین زمانی و همکاران (۲۰۰۹) در گاوچرانـک مقادیر جیوه بدسـت آمده در پر دم را بـدون تفاوت معنی‌دار بیشتر از کبد، کلیه و ماهیچه گزارش نمودند (Zamani-Ahmadmahmoodi, Esmaili-Sari, Savabieasfahani و همکاران, ۲۰۰۹). در مطالعه دیگری هم کـه روی سـه گونه پرنده ماهیخوار در نیزارهای شـادگان انجام شـد ترتیب مقدار جیوه بدین قرار بود: پر> کلیه> کبد> ماهیچه که مشابه تحقیق حاضر



www.SID.ir

Archive of SID



تفاوت معنی‌داری بین سه اندام مشاهده نشد (Zamani-Ahmadmahmoodi, Esmaili-Sari, Ghasempouri و Savabieasfahani, ۲۰۰۹). در مطالعاتی که از پرندگان به عنوان شاخص زیستی پایش جیوه محیط استفاده می شود می‌توان از پر دم برای جلوگیری از صید و آسیب رساندن به پرندگان به عنوان اندام مناسب استفاده نمود. استفاده از پر برای اندازه‌گیری فلزات سنگین از جمله جیوه نسبت به سایر بافتهای پرندگان چند مزیت دارد؛ پرها به آسانی جمع‌آوری می‌شوند و نیازی به صید پرنده ندارد و نگهداری آنها آسان است، پر می تواند هم نقش ذخیره و هم نقش حذف فلزات سنگین را ایفا کند، مقدار فلز سنگین موجود در پر، میزان فلز موجود در خون را نیز منعکس می‌کند، زیرا پرها به رگهای خونی متصل هستند و فلزات سنگین می‌توانند از طریق خون وارد پر شوند (Ochoa-Acuna و همکاران, ۲۰۰۲). پرریزی و جایگزینی پر با تاریخ مهاجرت و مکان در ارتباط است. مطالعات نشان می‌دهد که تا ۷۰ درصد جیوه در پر یافت می‌شود و ارتباط زیادی بین انباشت جیوه در پر و وجود آن در سایر اندامهای بدن وجود دارد (World Health Org-nization, ۱۹۸۹).

مقدار جیوه‌ای که در کبد پرندگان موجب مرگ می‌شود بین ppm ۱۲۵-۴۹ گزارش شده است. (Thompson, ۱۹۹۶). میانگین بدست آمده جیوه در کبد در این تحقیق ppm ۱/۵۴۳ می‌باشد که بسیار کمتر از مقادیر فوق الذکر است. برای سمیت نفرونی و آسیب به کلیه مقدار ppm ۱۳-۵ جیوه گزارش شده است (Nicholson و Osborn, ۱۹۸۳). مقادیر میانگین بدست آمده برای جیوه در کلیه در این تحقیق ppm ۱/۲۸۴ می‌باشد که از مقدار ذکر شده کمتر است. گرچه میانگین ها در هر سه عضو از حدود مشخص شده آسیب‌رسان در پرندگان کمتر است اما نتایج بدست آمده مؤید ورود جیوه به محیط زیست از منابع مختلف می‌باشد که نگران‌کننده است همچنین برخی از گونه‌ها به طور انفرادی مقادیری بیشتر از حدود مجاز را نشان داده‌اند.

نتایج حاصل از این تحقیق با مرور اجمالی بر سطوح تغذیه‌ای پرندگان نشان داد که سطح تغذیه ای پرنده نقش عمده‌ای در میزان تجمع جیوه در بدن پرنده دارد به گونه ای که جانورخواران بیشترین مقدار جیوه و گیاهخواران کمترین مقدار جیوه را درانداهای مورد مطالعه نشان دادند که با یافته‌های محققان دیگر در این رابطه هماهنگی دارد. پرندگان جانورخوار شامل پرستوی دریایی معمولی و صعوه گلوسیاه می‌باشند که پرستوی دریایی معمولی منحصراً از ماهی تغذیه کرده و صعوه گلوسیاه از حشرات و بی‌مهرگان استفاده می‌کند. پرستوی دریایی معمولی پرنده‌ای گوشتخوار است و در سطح تغذیه‌ای بالاتری قرار دارد. مطالعات نشان داده است که استفاده از جیوه در آفت کش‌ها، غلظت جیوه در پرندگان حشره خوار و عمدتا خشکی‌زی را افزایش قابل توجهی داده است (Schweiger و همکاران, ۲۰۰۶). بنابراین صعوه گلوسیاه نیز احتمالاً در معرض مقادیر بالای جیوه قرار داشته است. پرندگان استفاده کننده از مواد جانوری و گیاهی در این تحقیق که شامل آبچلیک تکزی، آبچلیک آوازخوان، گنجشک کوهی و گنجشک معمولی می باشند از نظر غلظت جیوه در رتبه دوم قرار دارند. در بین این گروه آبچلیک ها پرندگانی کنار آبزی هستند و بنابراین بیشتر در معرض متیل جیوه قرار خواهند داشت و بالاترین مقادیر جیوه در این گروه نیز مربوط به این دو گونه می‌باشد. استفاده از مواد جانوری و گیاهی موجود در آب که آلوده به متیل جیوه هستند می‌تواند دلیل بالا بودن میزان جیوه در این گونه باشد.

گروه بعدی را همه چیزخواران تشکیل می‌دهد که شامل انواع گونه‌های کلاغ، سار صورتی، سار و کاکایی صورتی می‌باشد. در این میان گونه کاکایی بیشتر آشغال خوار و مردار خوار می‌باشد و کلاغ ها نیز از اکثر مواد قابل استفاده جانوری و گیاهی و پسماندهای انسانی استفاده می‌کنند و ممکن است از تخم و جوجه پرندگان نیز استفاده کنند. دلیل اینکه این گروه مقادیر کمتری را نسبت به دو گروه دیگر نشان دادند شاید سهم کمتر مواد جانوری و گوشت در بین وعده‌های غذایی این گروه باشد. علاوه بر این گونه‌هایی که در گروه همه چیزخواران مطالعه شده است به جز کاکایی گونه‌های وابسته به اکوسیستم‌های آبی نیستند و احتمالا کمتر در معرض متیل جیوه بوده‌اند.

گروه آخر در این تقسیم‌بندی گیاهخواران می‌باشند که شامل گونه‌های بلبل خرما و قمری معمولی می‌باشد که با توجه به اینکه در پایین ترین سطح تغذیه‌ای قرار دارند، همانطور که انتظار می‌رفت مقادیر حداقل جیوه در آنها وجود داشت. جیوه ثبت شده در این گروه ممکن است به دلیل استفاده از سموم آفت‌کش در مزارع کشاورزی و استفاده از دانه‌های آلوده باشد که البته اطلاعات موجود در این زمینه اندک است.

شکار پرندگان برای شکارچیان ارزش صید ورزشی و تغذیه‌ای دارد و می‌تواند نگرانی‌هایی را برای سلامتی انسان ایجاد نماید. علاوه بر این اکوسیستم‌های آبی که مصرف شرب انسانی دارند نیز در صورت آلودگی به فلزات سنگین از جمله جیوه موجب نگرانی هستند. سازمان بهداشت جهانی حداکثر میزان جذب جیوه را ۰/۳ میکروگرم بر لیتر در هفته و ۱ میلی‌گرم بر لیتر جیوه در آب آشامیدنی را مجاز می‌داند (Keskinkan, Goksu Bas-buyuk و Forster, ۲۰۰۴). عناصر فلزی مانند مس و جیوه که وارد بدن انسان می‌شوند مشکلات متعددی را در بدن از جمله سیستم عصبی و دفاعی ایجاد می‌کنند. بنابراین پایش و مدیریت فلزات سنگین در محیط زیست اصفهان و از جمله آب زاینده رود که مصرف شرب دارد ضروری به نظر می‌رسد. محققان نشان داده‌اند که در بیماران مبتلا به ام. اس. مقادیر فلزی نظیر جیوه و مس بالاست. مطالعات ارتباط بین بیماری ام. اس. و وجود فلزات سنگین در محیط (مانند آلومینیوم، سرب، مس، نیکل و جیوه) را نشان داده است (Kumar و Gill, ۲۰۰۹; Taber و Hurley, ۲۰۰۸). مطالعه حاضر به عنوان مطالعه‌ای مقدماتی نشان از وجود جیوه در حد قابل توجه در محیط زیست اصفهان و رودخانه زاینده رود دارد و با توجه به اینکه اصفهان به عنوان پایتخت ام. اس. ایران شناخته می‌شود بنابراین ضرورت دارد که در این زمینه مطالعات بیشتری صورت گیرد.

## منابع مورد استفاده


1 - Ahmadi-Golsepidi, M. (2008). Measurements of trace amounts of mercury species in environmental samples, using cold vapor atomic absorption method . Manster of Sciences Thesis. Isfahan: Isfahan University.

2 - Bearhop, S., Waldron, S., Thompson, D., & Furness, R. (2000). Bioamplification of mercury in great skua Catharacta skua chicks: the influence of trophic status as determined by stable isotope signatures of blood and feathers. Marine Pollution Bulletin, 40(2), 181-185.




www.SID.ir

Archive of SID



3 - Beijer, K., & Jernelov, A. (1979). Methylation of mercury in aquatic environments: Elsevier, North-Holland, Amsterdam.

4 - Di Natale, F., Lancia, A., Molino, A., Di Natale, M., Karatza, D., & Musmarra, D. (2006). Capture of mercury ions by natural and industrial materials. Journal of Hazardous Materials, 132(2-3), 220-225.

5 - Furness, R. W., & Greenwood, J. J. D. (1993). Birds as monitors of environmental change: Chapman & Hall London.

Gray, S. (2002). Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. Marine Pollution Bulletin, 45,46-52.

6 - Hernández, L. M., G., G., Fernández, M., Jiménez, B., González, M. J., Baos, R., et al. (1999). Accumulation of heavy metals and As in wetland birds in the area around Doñana National Park affected by the Aznalcollar toxic spill. Science of the Total Environment, 242, 293-308.

7 - Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian journal of statistics, 6, 65-70.

8 - Karimpour, M., Afyuni, M., & Esmaili- Sari, A. (2010). Effect of Sewage Sludge on Mercury Concentration in Soil and corn Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 14(52), 115-123.

9 - Keskinkan, O., Goksu, M., Basibuyuk, M., & Forster, C. (2004). Heavy metal adsorption properties of a submerged aquatic plant. Bioresource Technology, 92(2), 197-200.

10 - Kojadinovic, J., Bustamante, P., Churlaud, C., Cosson, R. P., & Le Corre, M. (2007). Mercury in seabird feathers: Insight on dietary habits and evidence for exposure levels in the western Indian Ocean. Science of the Total Environment, 384(1-3), 194-204.

11 - Kumar, V., & Gill, K. D. (2009). Aluminium neurotoxicity: neurobehavioural and oxidative aspects. Archives of Toxicology 83(11), 965-978.

12 - Nicholson, J., & Osborn, D. (1983). Kidney lesions in pelagic seabirds with high tissue levels of cadmium and mercury. Journal of Zoology, 200(1), 99-118.

13 - Ochoa-Acuna, H., Sepulveda, M., & Gross, T. (2002). Mercury in feathers from Chilean birds: influence of location, feeding strategy, and taxonomic affiliation. Marine Pollution Bulletin, 44(4), 340-345.

14 - World Health Organization. (1989). Mercury-environmental aspects. Environmental health criteria, 86, 1-136.

15 - Rand, G. M. (1995). Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate, and risk assessment: Taylor & Francis Group.

16 - Savinov, V. M., Gabrielsen, G. W., & Savinova, T. (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, 133-158.

17 - Schweiger, L., Stadler, F., & Bowes, C. (2006). Poisoning Wildlife: The Reality of Mercury Pollution: National Wildlife Federation, Reston, Virginia, USA.

18 - Taber, K. H., & Hurley, R. A. (2008). Mercury exposure: effects across the lifespan. The Journal of Neuropsychiatry & Clinical Neurosciences, 20(4), 384-389.

19 - Thompson, D. (1996). Mercury in birds and terrestrial mammals. Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations, 341-356.

20 - Topolski, B., & Thompson, M. (2010). Digestion of tissue samples for total mercury analysis. HG-015-2.15, Department of Environmental Protection, Florida: http://www.dep.state.fl.us/labs.

21 - Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Esmaili-Sari, A., Ghasempouri, S. M., & Savabieasfahani, M. (2009). Mercury levels in selected tissues of three kingfisher species; Ceryle rudis, Alcedo atthis, and Halcyon smyrnensi, from Shadegan Marshes of Iran. Ecotoxicology, 18(3), 319-324.

22 - Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Esmaili-Sari, A., Savabieasfahani, M., & Bahramifar, N. (2009). Cattle egret (Bubulcus ibis) and Little egret (Egretta garzetta) as monitos of mercury contamination in Shadegan Wetlands of south-western Iran. Environmental Monitoring Assessment, 166(1), 371-377.

23 - Zillioux, E., Porcella, D., & Benoit, J. (1993). Mercury cycling and effects in freshwater wetland ecosystems. Environmental toxicology and chemistry, 12(12), 2245-2264.

24 - Zolfaghari, G., Esmaili-sari, A., Ghasempouri, S. M., & Kiabi, B. H. (2006). Examination of mercury concentration in the feather of 18 species of birds in southwest Iran. Environmental Research, 104, 258-265.

25 - Zoualfaghari, G. H., Esmaili-Sari, A., Ghasempouri, S. M., Baydokhti, R. R., & Hassanzade- Kiabi, B. (2009). A multispecies-monitoring study about bioaccumulation of mercury in Iranian birds (Khuzestan to Persian Gulf): Effect of taxonomic affiliation and trophic level. Environmental Research, 109(7), 830-836.



www.SID.ir