

بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در اندام‌های مختلف موش قهوه‌ای (*Rattus norvegicus*) به‌عنوان گونه شاخص زیستی در شهرستان آران و بیدگل (استان اصفهان)

- محمد زرین‌تاب: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان
- روح‌اله میرزایی*: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۴

چکیده

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست، فلزات سنگین هستند که در اندام‌های موجودات زنده انباشته شده و در مقادیر کم نیز باعث بروز مسمومیت می‌شوند. هدف از این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف موش قهوه‌ای به‌عنوان گونه شاخص زیستی در شهرستان آران و بیدگل است. سیزده عدد موش قهوه‌ای از دو منطقه کشاورزی مجیدآباد و بهشتیه آران و بیدگل در تابستان ۱۳۹۲ جمع‌آوری شدند. غلظت فلزات در بافت‌های این گونه به‌وسیله دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت‌های عناصر در کبد، کلیه و عضله به‌ترتیب برای روی ۱۳۵/۰۶، ۸۷/۹۷ و ۶۱/۸۰، برای مس ۲۱/۵۹، ۱۸/۵۶ و ۷/۳۳، برای سرب ۴/۲۶، ۶/۸۰ و ۲/۳۹ و برای کادمیوم ۴/۱۹، ۷/۲۵ و ۴/۹۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک به‌دست آمد. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که روی در کبد و سرب در کلیه به شکل معنی‌داری بیش‌تر از سایر بافت‌ها تجمع یافته بود ($P < 0/05$). هم‌چنین مس در عضله و کادمیوم در کبد به شکل معنی‌داری کم‌تر از سایر بافت‌ها تجمع یافته بود ($P < 0/05$). به‌طور کلی نمونه‌های جنس نر نسبت به جنس ماده و هم‌چنین نمونه‌های منطقه مجیدآباد نسبت به منطقه بهشتیه دارای غلظت‌های بیش‌تری از فلزات بودند. به‌طوری‌که غلظت سرب و کادمیوم در کبد نمونه‌های جنس نر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از جنس ماده بود ($P < 0/05$). هم‌چنین غلظت سرب در کبد و غلظت کادمیوم در کبد و کلیه نمونه‌های جمع‌آوری شده از مجیدآباد به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از منطقه بهشتیه بود ($P < 0/05$). تفاوت غلظت فلزات در اندام‌های دو جنس می‌تواند به‌دلیل تولیدمثل و شیردهی جنس ماده باشد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، پایش زیستی، شاخص زیستی، موش قهوه‌ای، آران و بیدگل، استان اصفهان

مقدمه

این گونه در اکثر نقاط دنیا پراکندگی دارد، همه‌چیزخوار است و در تمام طول سال تولیدمثل می‌کند (ضیایی، ۱۳۸۷). پژوهش‌های متعددی، در سراسر جهان، از جوندگان به‌عنوان شاخص زیستی استفاده نموده‌اند (Blagojević و همکاران، ۲۰۱۲؛ Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷؛ Pereira و همکاران، ۲۰۰۶؛ Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۳). در سال‌های اخیر، در ایران نیز مطالعات پایش زیستی با استفاده از جوندگان رو به افزایش است. به‌عنوان مثال موسوی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی میزان فلزات سنگین در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای در شهر نور پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در محیط‌زیست این منطقه آلودگی فلزات سرب و کادمیوم وجود دارد. هم‌چنین Okati و Rezaee (۲۰۱۳) به بررسی فلزات سنگین در بافت‌های مختلف جرد ایرانی در منطقه سیستان پرداختند و گزارش دادند که ممکن است محیط‌زیست جوندگان در معرض عنصر نیکل قرار گرفته باشد. Khazaei و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین در اندام‌های مختلف جرد ایرانی در معدن مس دره‌زرشک یزد پرداختند. ایشان گزارش دادند که فعالیت‌های اولیه این معدن آلودگی زیادی برای محیط‌زیست اطراف آن به‌وجود نیاورده است.

آران و بیدگل یکی از شهرهای صنعتی و در حال توسعه استان اصفهان است که قرار داشتن منابع آلاینده در حاشیه آن تهدیدی برای محیط‌زیست آن است. از منابع آلاینده‌ای که در حاشیه این شهر قرار دارند می‌توان به شهرک‌های صنعتی سلیمان صباحی و هلال، کوره‌های آجرپزی و اراضی کشاورزی که سالیانه مقدار زیادی از کودهای شیمیایی و سموم آفت‌کش در آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد اشاره کرد (زرین‌تاب و میرزایی، ۱۳۹۳).

هدف از این مطالعه بررسی میزان تجمع فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای به‌عنوان گونه شاخص زیستی و نیز به‌دست آوردن اطلاعات اولیه از وضعیت آلودگی شهرستان آران و بیدگل به این فلزات بود. هم‌چنین در این مطالعه اثر جنس بر میزان تجمع زیستی فلزات سنگین در اندام‌های مختلف موش قهوه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

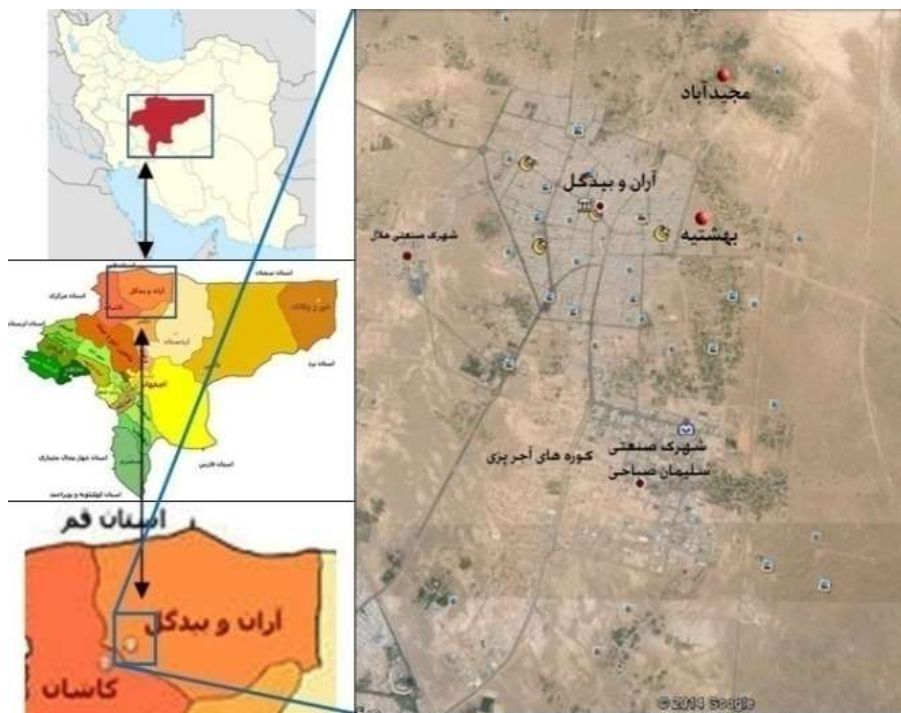
مواد و روش‌ها

شهرستان آران و بیدگل با ۶۰۵۱ کیلومترمربع وسعت و جمعیتی در حدود ۹۰۴۹۲ نفر در شمال استان اصفهان قرار دارد.

فلزات سنگین، از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست محسوب شده و از نظر سمی بودن در درجه اول قرار دارند (Mahvi و همکاران، ۲۰۰۵). فلزات سنگین تجزیه زیستی نمی‌شوند، در زنجیره غذایی به‌گرددش در می‌آیند (- Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۳) و حتی در مقادیر کم نیز سمی و خطرناک هستند و به‌عنوان آلاینده اصلی در گیاهان، جانوران و انسان محسوب می‌شوند (Sharma و همکاران، ۲۰۰۹). مواجهه پستانداران با فلزات سنگین ضروری و غیرضروری در محیط‌زیستشان باعث بروز طیف وسیعی از اثرات سمی می‌شود (Sanchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۷). سرب و کادمیوم جزء عناصر غیرضروری هستند و بر طیف وسیعی از عملکردهای فیزیولوژیکی بدن از قبیل سیستم عصبی، تولیدمثلی، خون‌رسانی و ... اثر می‌گذارند (Sanchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی دیگر فلزاتی از قبیل روی و مس برای پستانداران ضروری هستند و نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای زیستی و حیاتی بدن آن‌ها دارند. با وجود این، ورود و یا جذب بیش از حد این عناصر در اندام‌ها می‌تواند منجر به تغییرات شدید پاتولوژیک شود و هم‌چنین در زمان مواجهه مزمن و یا بیش از حد می‌تواند باعث آسیب‌های شدیدی هم‌چون تداخل در مکانیسم‌های مهم سلولی شود (Marcheselli و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به توانایی جانوران در جذب و انباشته نمودن فلزات سنگین در اندام‌های خود، تعیین غلظت این فلزات در بسیاری از موجودات زنده، شاخصی مناسب به‌منظور ارزیابی سلامت بوم‌سازگان می‌باشد که موجب آگاهی مدیران و برنامه‌ریزان محیط‌زیست از تغییرات محیطی این آلاینده‌ها و پیش‌بینی آثار جانبی آن‌ها می‌شود (Blagojević و همکاران، ۲۰۱۲). به همین دلیل، از حیوانات وحشی اغلب برای پایش بخش قابل دسترسی زیستی آلودگی فلزات سنگین استفاده می‌شود (Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از گروه‌های مطلوب جانوری در این زمینه جوندگان هستند، به‌طوری‌که به آلودگی فلزات سنگین حساسیت بسیار زیادی دارند و هم‌چنین الگوی توزیع فلزات سنگین در بافت‌های جوندگان بسیار شبیه به بافت‌های بدن انسان است (Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۳). از همین‌رو در اغلب پژوهش‌ها، از جوندگان به‌عنوان جایگزینی برای انسان‌ها استفاده می‌شود (Rattner و Shore، ۲۰۰۱). موش قهوه‌ای (*Rattus norvegicus*) به‌راسته جوندگان و خانواده موش‌ها تعلق دارد. زیستگاه این گونه وابسته به انسان است و اماکن نزدیک به آب را ترجیح می‌دهد.

به صورت سیستماتیک تصادفی از دو منطقه کشاورزی حاشیه شهر آران و بیدگل انجام گرفت (شکل ۱). در مجموع ۱۳ نمونه موش قهوه‌ای شامل ۵ نر و ۸ ماده جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه منتقل شده و برای انجام مراحل بعدی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۹۱۲ متر و در بین طول‌های جغرافیایی $52^{\circ}29'E - 50^{\circ}15'E$ و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}27'N - 33^{\circ}30'N$ قرار گرفته است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی بخش مرکزی این شهرستان، شهر آران و بیدگل است. نمونه‌برداری در فصل تابستان و با استفاده از تله‌های فتری



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت دو منطقه جمع‌آوری نمونه‌های موش قهوه‌ای

۶ ساعت در داخل اجاق هضم با دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا نمونه بافت‌ها کاملاً هضم گردند. برای هر گروه از نمونه‌های گذاشته شده در اجاق هضم، یک نمونه شاهد تهیه شد و همراه با دیگر نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (زرین‌تاب و میرزایی، ۱۳۹۳؛ Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷) پس از سرد شدن لوله‌ها، نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شده و سپس به وسیله آب مقطر به حجم ۱۰ سی‌سی رسیدند. در ضمن، کلیه وسایل و ظروف استفاده شده در هر مرحله به مدت ۱۲ ساعت داخل محلول اسیدنیتریک رقیق ۱۰ درصد گذاشته و قبل از هر بار استفاده از آن‌ها با آب مقطر شسته و سپس خشک شدند. در نهایت غلظت عناصر به وسیله دستگاه ICP-OES مدل PerkinElmer: Optima DV ۲۱۰۰ اندازه‌گیری شد.

جنس تمامی نمونه‌ها، به منظور بررسی تفاوت‌های جنسی در جذب فلزات سنگین، تعیین شد. پس از تشریح هر نمونه، اندام‌های داخلی شامل کبد، کلیه و عضله ران جدا شد. به منظور استفاده از وزن خشک، بافت‌ها داخل آون در دمای ۸۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند (Komarnicki، ۲۰۰۰). پس از آن بافت‌های خشک‌شده را با هاون چینی کاملاً پودر کرده تا به راحتی بتوان مقدار مورد نیاز را جدا کرد. به منظور هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم (وزن خشک) از هر بافت با ترازویی با حداقل دقت ۰/۰۰۱ گرم جدا گردید و داخل لوله‌های تفلونی (PTFE) ریخته شد. سپس ۶ میلی‌لیتر از مخلوط اسید نیتریک غلیظ و آب اکسیژنه با نسبت ۵:۱ به لوله‌ها اضافه گردید (زرین‌تاب و میرزایی، ۱۳۹۳؛ Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷) و در ادامه درب هر یک از ظروف محکم بسته شد و به مدت حدود



۷/۳۳ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بنابراین بیش‌ترین غلظت فلزات ضروری روی و مس در بافت کبد تجمع داشتند. براساس نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلز روی در بافت‌های مختلف وجود دارد ($p < 0/05$). هم‌چنین مشاهده شد که غلظت فلز مس در بافت عضله به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر بافت‌ها تجمع یافته بود ($p < 0/05$).

در مورد عناصر غیرضروری سرب و کادمیوم نتایج نشان داد که میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز سرب در بافت‌های مختلف به‌صورت کلیه $6/80 <$ کبد $4/26 <$ عضله $2/39$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. هم‌چنین میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز کادمیوم در بافت‌های مختلف به‌صورت کلیه $7/25 <$ عضله $4/97 <$ کبد $4/19$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. بنابراین بیش‌ترین غلظت فلزات غیرضروری سرب و کادمیوم در بافت کلیه تجمع داشتند. براساس نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلز سرب در بافت‌های مختلف وجود دارد ($p < 0/05$). هم‌چنین مشاهده شد که فلز کادمیوم در بافت کبد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر بافت‌ها تجمع یافته بود ($p < 0/05$).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۹ انجام شد. بررسی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال توسط آزمون شاپیرو-ویلک انجام شد. در ابتدا داده‌ها با استفاده از روش تبدیل لگاریتمی نرمال شدند. به‌منظور مقایسه غلظت‌های هر فلز در بافت‌های مختلف از تحلیل واریانس یک‌طرفه و از آزمون دانکن برای تشخیص معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح 95% استفاده شد. برای بررسی اختلاف میانگین غلظت فلزات در دو جنس و دو منطقه از آزمون تی مستقل استفاده شد. تعیین همبستگی بین فلزات با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجمع فلزات در بافت‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است. بر این اساس میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز روی در بافت‌های مختلف به‌صورت کبد $135/06 <$ کلیه $87/97 <$ عضله $61/80$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. هم‌چنین میانگین غلظت و الگوی تجمع فلز مس در بافت‌های مختلف به‌صورت کبد $21/59 <$ کلیه $18/56 <$ عضله $7/33$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود.

جدول ۱: مشخصات آماری غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	بافت	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
روی	کبد	۱۳۵/۰۶ ^a	۲۶۶/۵۹	۸۶/۶۰	۴۹/۷۱
	کلیه	۸۷/۹۷ ^b	۱۷۰/۴۷	۵۶/۰۵	۳۴/۸۷
	عضله	۶۱/۸۰ ^c	۱۱۶/۴۵	۳۶/۸۰	۲۲/۳۲
مس	کبد	۲۱/۵۹ ^a	۴۵/۱۹	۱۴/۹۵	۱۰/۰۶
	کلیه	۱۸/۵۶ ^a	۳۰/۶۰	۱۳/۲۳	۵/۴۰
	عضله	۷/۳۳ ^b	۱۳/۵۳	۴/۳۰	۲/۶۸
سرب	کبد	۴/۲۶ ^a	۱۴/۱۸	۲	۳/۳۵
	کلیه	۶/۸۰ ^b	۱۷/۳۸	۲/۹۲	۴/۴۰
	عضله	۲/۳۹ ^c	۵/۳۸	۰/۲۰	۱/۱۸
کادمیوم	کبد	۴/۱۹ ^a	۱۸/۳۱	۰/۴۰	۵/۲۰
	کلیه	۷/۲۵ ^b	۲۶/۴۸	۱/۴۸	۶/۵۰
	عضله	۴/۹۷ ^b	۱۰/۵۷	۱/۲۵	۱/۹۸

حروف متفاوت در ستون مربوط به هر فلز نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح $0/05$ است.

که هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در غلظت عناصر ضروری روی و مس بین دو جنس وجود ندارد ($p < 0/05$)، از طرفی دیگر نتایج

نتایج حاصل از مقایسه فلزات مختلف در جنس‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد



نشان داد که اختلاف معنی‌داری در غلظت عناصر غیرضروری سرب و کادمیوم بین دو جنس وجود دارد ($p < 0/05$). همچنین مشاهده شد که در حالت کلی غلظت تمام فلزات اندازه‌گیری شده در موش‌های جنس نر بیشتر از موش‌های جنس ماده بود به‌طوری‌که غلظت کل فلزات سرب و کادمیوم در نرها به‌طور معنی‌داری بیشتر از ماده‌ها بود ($p < 0/05$).

جدول ۲: میانگین (\pm انحراف معیار) غلظت فلزات در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای به تفکیک جنس (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	جنس	کبد	کلیه	عضله	میانگین کل
روی	نر	۱۵۴/۰۴ ($\pm ۶۷/۱۳$)	۹۴/۷۹ ($\pm ۵۳/۰۴$)	۷۲/۲۶ ($\pm ۳۲/۳۴$)	۱۰۷/۹۱ ($\pm ۶۰/۹۷$)
	ماده	۱۲۳/۲۰ ($\pm ۳۵/۲۵$)	۷۵/۸۳ ($\pm ۸/۱۴$)	۵۵/۲۶ ($\pm ۱۱/۳۸$)	۸۷/۶۷ ($\pm ۳۷/۷۹$)
مس	نر	۲۸/۰۹ ($\pm ۱۳/۸۶$)	۱۷/۳۱ ($\pm ۴/۹۶$)	۸/۵۶ ($\pm ۳/۷۳$)	۱۸/۰۴ ($\pm ۱۱/۹۴$)
	ماده	۱۷/۵۳ ($\pm ۳/۸۵$)	۱۹/۱۹ ($\pm ۵/۸۲$)	۶/۵۷ ($\pm ۱/۶۱$)	۱۴/۴۳ ($\pm ۶/۹۵$)
سرب	نر	۷/۲۰ ($\pm ۴/۷۸$) ^a	۹/۴۶ ($\pm ۶/۴۸$)	۳/۰۱ ($\pm ۱/۴۷$)	۶/۲۸ (± ۵) ^a
	ماده	۲/۷۹ ($\pm ۰/۶۷$) ^b	۵/۴۸ ($\pm ۲/۵۳$)	۲ ($\pm ۰/۸۵$)	۳/۴۲ ($\pm ۲/۱۵$) ^b
کادمیوم	نر	۸/۵۰ ($\pm ۷/۳۷$) ^a	۱۱/۲۶ ($\pm ۱۰/۵۴$)	۵/۸۰ ($\pm ۲/۶۸$)	۸/۳۱ ($\pm ۷/۰۲$) ^a
	ماده	۲/۰۴ ($\pm ۱/۸۳$) ^b	۴/۹۴ ($\pm ۱/۹۱$)	۴/۴۵ ($\pm ۱/۳۶$)	۳/۸۱ ($\pm ۲/۰۹$) ^b

حروف متفاوت در ستون مربوط به هر فلز نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

نتایج حاصل از مقایسه فلزات در مناطق مختلف در جدول ۳ آورده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد غلظت عناصر غیرضروری سرب در کبد و کادمیوم در کلیه نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه مجیدآباد به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه بهشتیه بود ($p < 0/05$). اگرچه فقط در مورد فلز کادمیوم اختلاف معنی‌داری بین دو منطقه مشاهده شد ($p < 0/05$)، اما در حالت کلی غلظت تمام فلزات در منطقه مجیدآباد بیشتر از منطقه بهشتیه بود.

جدول ۳: میانگین (\pm انحراف معیار) غلظت فلزات در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای به تفکیک منطقه (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلز	منطقه	کبد	کلیه	عضله	میانگین کل
روی	مجیدآباد (نمونه ۵)	۱۳۱/۹۲ ($\pm ۲۲/۶۰$)	۱۱۳/۱۴ ($\pm ۵۳/۲۵$)	۷۱/۸۸ ($\pm ۳۱/۰۵$)	۱۰۵/۱۱ ($\pm ۴۲/۷۷$)
	بهشتیه (نمونه ۸)	۱۳۷/۰۳ ($\pm ۶۲/۷۱$)	۷۵/۳۸ ($\pm ۱۲/۳۵$)	۵۵/۵۰ ($\pm ۱۳/۶۱$)	۸۹/۳۰ ($\pm ۵۰/۵۶$)
مس	مجیدآباد (نمونه ۵)	۲۳/۱۷ ($\pm ۱۲/۹۶$)	۱۶/۳۵ ($\pm ۲/۴۲$)	۸/۶۹ ($\pm ۳/۶۰$)	۱۶/۰۵ ($\pm ۹/۸۷$)
	بهشتیه (نمونه ۸)	۲۰/۶۰ ($\pm ۸/۶۵$)	۱۹/۶۷ ($\pm ۶/۲۵$)	۶/۴۸ ($\pm ۱/۶۵$)	۱۵/۵۹ ($\pm ۸/۸۸$)
سرب	مجیدآباد (نمونه ۵)	۶/۱۵ ($\pm ۴/۶۶$) ^a	۷/۷۳ ($\pm ۶/۴۸$)	۲/۹۱ ($\pm ۱/۴۱$)	۵/۴۵ ($\pm ۴/۶۱$)
	بهشتیه (نمونه ۸)	۲/۹۰ ($\pm ۰/۹۷$) ^b	۶/۳۴ ($\pm ۳/۴۲$)	۲/۰۷ ($\pm ۰/۹۸$)	۳/۸۱ ($\pm ۲/۸۲$)
کادمیوم	مجیدآباد (نمونه ۵)	۷/۷۵ ($\pm ۶/۵۳$) ^a	۱۰/۴۹ ($\pm ۱۰/۹۹$) ^a	۵/۵۸ ($\pm ۲/۷۹$)	۷/۷۶ ($\pm ۶/۸۹$) ^a
	بهشتیه (نمونه ۸)	۱/۶۵ ($\pm ۱/۷۶$) ^b	۵/۳۳ ($\pm ۲/۱۳$) ^b	۴/۵۸ ($\pm ۱/۳۶$)	۳/۹۵ ($\pm ۲/۳۲$) ^b

حروف متفاوت در ستون مربوط به هر فلز نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

نتایج آزمون همبستگی بین عناصر مختلف در جدول ۴ ذکر شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر روی و مس، روی و سرب، سرب و کادمیوم، مس و سرب وجود دارد.



جدول ۴: نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

کادمیوم	سرب	مس	روی
کادمیوم	۱		
سرب	۰/۸۳**		
مس	۰/۳۰	۱	
روی	۰/۱۶	۰/۶۷**	۱

* . همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

** . همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

بحث

به‌نظر می‌رسد نمونه‌های مورد بررسی در این منطقه به‌میزان بسیار اندکی در معرض عناصر ضروری قرار گرفته‌اند.

هم‌چنین در مورد عناصر غیرضروری آستانه حد بحرانی سرب و کادمیوم در کلیه به‌ترتیب ۲۵ و ۵ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Ieradi و همکاران، ۱۹۹۶). بر این اساس میانگین غلظت فلز سرب در کلیه نمونه‌ها از آستانه حد بحرانی کم‌تر بود و در بالاترین غلظت نیز از این میزان تجاوز نکرده بود. اما در مورد عنصر کادمیوم مشاهده شد که میانگین غلظت این عنصر در کلیه از آستانه حد بحرانی تجاوز کرده بود. به‌طوری‌که غلظت کادمیوم در کلیه ۸ نمونه از موش‌ها از این میزان بالاتر بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد که نمونه‌های مورد بررسی در معرض آلودگی فلز کادمیوم هستند.

همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، غلظت‌های به دست آمده روی و مس در این مطالعه به‌مراتب بالاتر از مطالعه انجام شده بر روی موش قهوه‌ای در شهر نور (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵) و پایین‌تر از مطالعه انجام شده بر روی موش صحرائی دم‌دراز در اسپانیا (Sanchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۷) بود. اگر چه در این مطالعه بافت کبد بالاترین غلظت‌ها را در مورد هر دو فلز روی و مس داشت اما همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود بافت کلیه بالاترین غلظت فلز روی را در موش صحرائی دم‌دراز در بلژیک (Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷) و بالاترین غلظت فلز مس را در جرد ایرانی در سیستان (Rezaee و Okati، ۲۰۱۳) داشت که با نتایج به‌دست آمده مغایرت دارد.

در اکثر مطالعات پایش زیستی در سطح جهان به بررسی عناصر غیرضروری سرب و کادمیوم پرداخته شده است. به‌عنوان نمونه می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی موش صحرائی دم‌دراز در بلژیک (Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷)، ول بانکی در لهستان (Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۴) و موش صحرائی دم‌دراز در اسپانیا (Sanchez-Chardi و همکاران،

براساس نتایج اصلی‌ترین اندام هدف برای عناصر روی و مس کبد بود، که با نقش این اندام در مکانیسم‌های هومئوستاتیک مطابقت دارد و هم‌چنین تفاوت‌های موجود در غلظت‌های فلزات روی و مس در کبد در مقایسه با سایر بافت‌های داخلی می‌تواند به‌دلیل تفاوت در مکانیسم‌های تنظیم‌کننده‌ای باشد که برخی از بافت‌ها دارند (Ma و همکاران، ۱۹۹۱). هم‌چنین براساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که بیش‌ترین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت کلیه تجمع داشتند، بنابراین اصلی‌ترین اندام هدف برای عناصر غیرضروری سرب و کادمیوم کلیه بود.

اگرچه هنوز استانداردهای دقیقی از میزان غلظت فلزات روی و مس در بافت‌های مختلف پستانداران وجود ندارد، اما در برخی از مطالعات مقادیری به‌عنوان غلظت‌های پس‌زمینه و یا بحرانی روی و مس گزارش شده است. به‌عنوان مثال غلظت‌های پس‌زمینه روی در کبد و کلیه برخی از پستانداران کوچک به‌ترتیب در محدوده ۱۹۹-۱۱۳ و ۲۰۴-۱۰۴ و مس در کلیه و کبد به‌ترتیب ۲۸-۱۰/۸ و ۳۲/۷-۱۲/۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (Walton و Talmage، ۱۹۹۱). هم‌چنین مقدار بحرانی غلظت روی در کلیه و کبد پستانداران به‌ترتیب ۴۶۵ و ۲۷۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (Swiergosz-Kowalewska و همکاران، ۲۰۰۵؛ Eislser، ۱۹۹۷؛ Cook و همکاران، ۱۹۹۰). مقایسه غلظت‌های به‌دست آمده فلز روی نشان داد که میانگین غلظت‌های موجود در مطالعه حاضر در محدوده غلظت‌های پس‌زمینه بود اما غلظت این فلز در کبد ۱ نمونه از حد پس‌زمینه بیش‌تر بود. هم‌چنین میانگین غلظت‌های فلز مس در نمونه‌های موش قهوه‌ای در محدوده غلظت‌های پس‌زمینه بود. با این حال غلظت فلز مس در کلیه ۱ نمونه و در کبد ۲ نمونه از موش‌ها بیش‌تر از حد پس‌زمینه بود. بنابراین



(Sanchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۷ ب) پایین تر از نتایج به دست آمده در این مطالعه بود و غلظت‌های گزارش شده در موش صحرایی دم دراز در بلژیک (Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷) به مراتب بالاتر از نتایج به دست آمده در این مطالعه بود. به هر حال، در بیش تر پژوهش‌های پیشین بیشترین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت کلیه گزارش شده است که با نتایج به دست آمده در این مطالعه مطابقت دارد (جدول ۵).

(۲۰۰۷ ب) اشاره کرد. اما هنوز در مطالعات انجام شده در داخل ایران غلظت‌های پایه‌ای از این عناصر در بافت‌های داخلی جوندگان گزارش نشده است. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی موش قهوه‌ای در شهر نور (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵)، جرد ایرانی در معدن دره زرشک یزد (Khazaei و همکاران، ۲۰۱۵) و جرد ایرانی در منطقه سیستان (Okati و Rezaee، ۲۰۱۳) اشاره کرد. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که غلظت‌های گزارش شده در موش صحرایی دم دراز در اسپانیا

جدول ۵: مقایسه غلظت‌های به دست آمده با غلظت‌های گزارش شده (برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک) از جوندگان در سایر پژوهش‌ها

منبع	بافت			عنصر	منطقه	گونه
	عضله	کلیه	کبد			
مطالعه حاضر	۶۱/۸۰	۸۷/۹۷	۱۳۵/۰۶	روی	ایران (آران و بیدگل)	موش قهوه‌ای <i>R. norvegicus</i>
	۷/۳۳	۱۸/۵۶	۲۱/۵۹	مس		
	۲/۳۹	۶/۸۰	۴/۲۶	سرب		
(موسوی و همکاران، ۱۳۸۵)	۴/۹۷	۷/۲۵	۴/۱۹	کادمیوم	ایران (نور)	موش قهوه‌ای <i>R. norvegicus</i>
	۱۶/۸۴	۴/۵	۸/۱۴	روی		
(Okati و Rezaee، ۲۰۱۳)	۳/۸	۱۱/۴	۱۰/۷	مس	ایران (سیستان)	جرد ایرانی <i>Meriones persicus</i>
	۱۱۱/۱۲	۶۲/۹۷	۱۸۲/۹۳	روی		
(Khazaei و همکاران، ۲۰۱۵)	۳۲/۴۴	۱۵۵/۱۳	۲۶/۳۲	مس	ایران (یزد)	جرد ایرانی <i>M. persicus</i>
	-	-	۴/۲	مس		
(Beernaert و همکاران، ۲۰۰۷)	-	-	>۰/۰۵	کادمیوم	بلژیک	موش صحرایی دم دراز <i>Apodemus sylvaticus</i>
	۳۸-۴۶	۹۹-۱۲۱	۸۰/۲-۱۱۷	روی		
	۴/۹۵-۷/۵۳	۱۷/۸-۲۰/۳	۱۳/۸-۲۰/۹	مس		
(Sanchez-Chardi و همکاران، ۲۰۰۷)	۰/۰۹-۰/۱۵	۰/۶۶-۳/۰۳	۰/۱۷-۰/۶۱	سرب	اسپانیا	موش صحرایی دم دراز <i>A. sylvaticus</i>
	۰/۰۵-۰/۳۲	۱۵/۱-۱۰۵/۵	۱/۷۵-۳۱/۴۴	کادمیوم		
	-	۱۳۵-۱۴۲	۱۶۲-۲۰۰	روی		
(Damek-Poprawa و Sawicka-Kapusta، ۲۰۰۴)	-	۲۰/۶۶-۲۳/۴۵	۲۰/۶۸-۳۹/۱۶	مس	لهستان	ول بانکی <i>Clethrionomys glareolus</i>
	-	۰/۷۳-۱/۱۰	۰/۴۱-۰/۶۸	سرب		
	-	۰/۹۲-۱/۴۴	۰/۳۰-۰/۴۴	کادمیوم		
(Burger و Komarnicki، ۲۰۰۰)	-	۸۰/۳-۱۳۳/۲	۸۷/۷-۹۵/۹	روی	لهستان	ول بانکی <i>Clethrionomys glareolus</i>
	-	-	-	مس		
(۱۹۹۶)	۰/۷۴-۱۷/۸۱	۰/۱۱-۱/۹۵	۰/۱۱-۱/۹۵	سرب	لهستان	ول بانکی <i>Clethrionomys glareolus</i>
	۳/۲۱-۳۲/۹۸	۰/۸۰-۱۶/۳۹	۰/۸۰-۱۶/۳۹	کادمیوم		

(۱۹۹۶) تفاوت معنی‌داری برای غلظت فلزات روی، سرب و کادمیوم در بافت‌های دو جنس موش خانگی (*Mus domesticus*) مشاهده نکردند. مشخص شده است که اختلاف غلظت عناصر در دو جنس نر و ماده ممکن است به دلیل تفاوت‌هایی در رژیم غذایی، فیزیولوژی و یا مسیرهای متفاوت دفع عناصر در دو جنس باشد (Burger و Komarnicki، ۲۰۰۰؛ همکاران، ۱۹۹۴). از طرفی

مطالعات زیادی اثر جنسیت را بر غلظت فلزات بررسی کرده‌اند. به طور مثال Beernaert و همکاران (۲۰۰۷)، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری برای غلظت فلزات روی و مس در بافت‌های دو جنس موش چوبی (*Apodemus sylvaticus*) مشاهده نکردند، اما ایشان تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های فلزات سرب و کادمیوم در بافت‌های دو جنس مشاهده کردند. هم‌چنین Ieradi و همکاران



غذایی و آب می‌شود (Martelli و همکاران، ۲۰۰۶). با وجود این با توجه به این که تعداد نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه کم بوده است نمی‌توان با قطعیت در مورد تفاوت‌های دو منطقه اذعان نظر نمود. از طرفی دیگر تفاوت غلظت فلزات سنگین به عوامل محیطی و زیستی متعددی از جمله قابلیت تغییرپذیری فلزات در خاک و گیاهان، رژیم غذایی، فصل سال، سن و جنس حیوانات بستگی دارد (Walton و Talmage، ۱۹۹۱) و شاید اختلاف غلظت‌ها در دو منطقه به‌دلیل سایر عوامل هم‌چون سن باشد که در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

نتایج نشان داد که همبستگی نسبتاً قوی مثبت و معنی‌داری بین عناصر وجود دارد (جدول ۴). همبستگی زیاد بین عناصر می‌تواند به این علت باشد که احتمالاً از یک منبع آلودگی هستند. در تصدیق این مطلب Mansouri و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که فلزاتی با همبستگی مثبت و زیاد احتمالاً از یک منبع آلودگی هستند و فلزاتی با ارتباط منفی زیاد به احتمال زیاد از منابع آلاینده مختلف هستند. از طرفی در بررسی Pereira و همکاران (۲۰۰۶) بر روی رت‌های وحشی (*Rattus rattus*) و موش‌های الجزایری (*Mus spretus*) هیچ‌گونه ارتباطی بین فلزات یافت نکردند. ایشان استنتاج کردند که عدم وجود همبستگی مثبت بین عناصر ممکن است به‌دلیل آثار متقابل با سایر عناصر باشد، به‌طوری‌که در موجودات زنده، سرب و کادمیوم می‌توانند سطوح سایر فلزات هم‌چون روی و آهن را تغییر دهند. به‌طور مثال زمانی که کادمیوم در رژیم غذایی وجود دارد جذب آهن کاهش می‌یابد. با این حال کادمیوم باعث جذب بیش‌تر روی از دستگاه گوارش می‌شود (Sawicka-Kapusta و Damek-Poprawa، ۲۰۰۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که اصلی‌ترین اندام هدف برای عناصر ضروری روی و مس بافت کبد و برای عناصر غیرضروری سرب و کادمیوم بافت کلیه بود، بنابراین می‌توان اذعان نمود که در مطالعات آینده پایش زیستی باید از بافت‌های مختلف استفاده شود. با توجه به این‌که در برخی موارد اختلاف معنی‌داری در تجمع فلزات در دو جنس و دو منطقه نمونه‌برداری مشاهده شد، هرچند این ممکن است به‌دلیل تعداد نمونه مورد بررسی کم در این مطالعه باشد، بنابراین در مطالعات پایش زیستی باید دو عامل جنسیت و مکان نمونه‌برداری به‌عنوان عواملی مهم در نظر گرفته شوند. اگرچه مشاهده شد که میزان فلزات در برخی از نمونه‌ها بالاتر از استانداردها ارائه شده بود اما نمی‌توان به صراحت اذعان نمود که در این منطقه آلودگی به فلزات وجود دارد چرا که ارتباط دادن غلظت فلزات در گونه‌ها به منابع آلاینده محیطی

دیگر عدم تفاوت در جنس‌های مختلف می‌تواند به این دلیل باشد که در مکان‌هایی با آلودگی پایین نرخ دفع طبیعی به اندازه‌ای بالا است که از تجمع زیستی جلوگیری می‌کند (Alonso و همکاران، ۲۰۰۳؛ Talmage و Walton، ۱۹۹۳). به‌دلیل این‌که موش‌های قهوه‌ای در تمام طول سال زادآوری دارند و در هر بار زایمان ۶ تا ۱۲ بچه به دنیا می‌آورند، به‌نظر می‌رسد پایین بودن غلظت فلزات در ماده‌ها نسبت به نرها می‌تواند به‌علت انتقال فلزات به جنین از طریق جفت و نیز به فرزندان از طریق شیر دادن باشد. در تصدیق این استدلال می‌توان به نتایج مشابه در Sanchez-Chardi و همکاران، (۲۰۰۷)؛ مطالعات موسوی و همکاران، (۱۳۸۵)؛ Frodello و همکاران، (۲۰۰۰)؛ Yoshida و همکاران، (۱۹۹۴) اشاره کرد.

نتایج مقایسه فلزات در دو منطقه نشان داد که در چندین مورد اختلاف معنی‌داری بین دو منطقه وجود دارد ($p < 0.05$). Ma و همکاران (۱۹۹۱) اظهار داشتند که مهم‌ترین دلیلی که پستانداران کوچک در مواجهه با فلزات سنگین قرار می‌گیرند تغذیه است. Ieradi و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش دادند که دلیل اصلی مواجهه جوندگان به فلزات سنگین خاک آلوده در زیستگاه آن‌ها است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است منطقه مجیدآباد نسبت به منطقه بهشتیه فاصله بیش‌تری از شهر دارد، با وجود این منطقه مجیدآباد نسبت به منطقه بهشتیه دارای تراکم و تنوع بالاتری از محصولات کشاورزی است که متوالیاً سموم کشاورزی بیش‌تری در منطقه مجیدآباد استفاده می‌شود. بنابراین شاید علت عمده مشاهده تفاوت غلظت‌های این فلزات در دو منطقه استفاده بیش‌تر آفت‌کش‌ها، کودها و سموم شیمیایی در منطقه مجیدآباد باشد که می‌تواند جوندگان را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت مواجهه با این فلزات قرار دهد.

Marcheselli و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که نمونه‌های جمع‌آوری شده از مناطق کشاورزی نسبت به مناطق شهری و نیمه‌شهری غلظت‌های بیش‌تری از فلز مس را داشتند. ایشان غلظت‌های بیش‌تر فلز مس در مناطق کشاورزی را به استفاده از آفت‌کش‌ها، سموم و کودهای شیمیایی نسبت دادند. در بررسی انجام شده در یک باغ متروکه که در آن از آرسنات سرب برای کنترل حشرات استفاده شده بود، مشخص شد که بعد از چندین سال هنوز هم سرب در خاک حضور داشته و در بافت‌های ول‌ها و موش‌ها تجمع کرده بود (Elfving و همکاران، ۱۹۷۸). هم‌چنین مشخص شده است که فعالیت‌های کشاورزی از قبیل استفاده از کودهای شیمیایی به پراکندگی کادمیوم از خاک و مواد معدنی خاک کمک می‌کند و بنابراین باعث ورود کادمیوم به چرخه



of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland. *Environmental Research*. Vol. ۹۲, pp: ۷۲-۷۸.

۱۰. **Eisler, R., ۱۹۹۷.** Zinc hazards to plants and animals with emphasis on fishery and wildlife resources. In *Ecological issues and environmental impact assessment*. Edited by PN Cheremisnoff, ۲nd Ed. S. Gulf Publication Company. Houston, TX. pp: ۴۴۳-۵۳۷.
۱۱. **Elfving, D.C.; Haschek, W.M.; Stehn, R.A.; Bache, C.A. and Lisk, O.J., ۱۹۷۸.** Heavy metal residues in plants cultivated on and in small mammals indigenous to old orchard soils. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. Vol. ۳۳, No. ۲, pp: ۹۵-۹۹.
۱۲. **Frodello, J.P.; Romeo, M. and Viale, D., ۲۰۰۰.** Distribution of mercury in the organs and tissues of five toothed-whale species of the Mediterranean. *Environmental Pollution*. Vol. ۱۰۸, pp: ۴۴۷-۴۵۲.
۱۳. **Ieradi, L.A.; Cristaldi, M.; Mascanzoni, D.; Cardarelli, E.; Grossi, R. and Campanella, L., ۱۹۹۶.** Genetic Damage In Urban Mice Exposed To Traffic Pollution. *Environmental Pollution*. Vol. ۹۲, No. ۳, pp: ۳۲۳-۳۲۸.
۱۴. **Ieradi, L.A.; Zima, J.; Allegra, F.; Kotlanova, E.; Campanella, L.; Grossi, R. and Cristaldi, M., ۲۰۰۳.** Evaluation of genotoxic damage in wild rodents from a polluted area in the Czech Republic. *Folia Zoologica*. Vol. ۵۲, No ۱, pp: ۵۷-۶۶.
۱۵. **Khazaei, M.; Hamidian, A.H.; Shabani, A.A.; Ashrafi, S.; Mirjalili, S.A.A. and Esmaeilzadeh, E., ۲۰۱۵.** Accumulation of heavy metals and as in liver, hair, femur, and lung of Persian jird (*Meriones persicus*) in Darreh Zereshk copper mine, Iran. *Environmental Science and Pollution Research international*. pp: ۱-۱۱.
۱۶. **Komarnicki, G.J.K., ۲۰۰۰.** Tissue, sex and age specific accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (*Talpa europaea* L.) in a central urban area. *Chemosphere*. Vol. ۴۱, pp: ۱۵۹۳-۱۶۰۲.
۱۷. **Alonso, M.L.; Bedito, J.L.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernandez, J. and Shore, R.F., ۲۰۰۳.** Mercury concentrations in cattle from NW Spain. *Sciences of the Total Environment*. Vol. ۳۰۲, pp: ۹۳-۱۰۰.
۱۸. **Ma, W.C.; Denneman, W. and Faber, J., ۱۹۹۱.** Hazardous exposure of ground living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. ۲۰, pp: ۲۶۶-۲۷۰.
۱۹. **Mahvi, A.H.; Naghipour, D.; Vaezi, F. and Nazmara, S., ۲۰۰۵.** Teawaste as an Adsorbent for Heavy Metal Removal from Industrial Waste waters. *American Journal of Applied Sciences*. Vol. ۲, No. ۱, pp: ۳۷۲-۳۷۵.
۲۰. **Mansouri, B.; Babaei, H. and Hoshyari, E., ۲۰۱۲.** Heavy metal contamination in feathers of Western Reef Heron (*Egretta gularis*) and Siberian gull (*Larus heuglini*) from

بسیار سخت است، چون عوامل زیادی هم چون جنس، سن، فیزیولوژی گونه، منطقه و فصل سال اثرگذار هستند. هم چنین هنوز استانداردهای دقیقی از میزان آلاینده‌ها در گونه‌های جانوری مختلف و در مکان‌های مختلف وجود ندارد، بنابراین مطالعات بیش تر و با تعداد نمونه بیش تر برای جمع بندی قطعی نیاز است.

منابع

۱. **زرین تاب، م. و میرزایی، ر.، ۱۳۹۳.** بررسی اثر جنسیت بر غلظت فلز روی در پرهای سینه‌ای زاغی در شهرستان آران و بیدگل، اولین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست. تهران. مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.
۲. **ضیایی، ه.، ۱۳۸۷.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. کانون آشنایی با حیات وحش. چاپ دوم. تهران. ۴۳۲ صفحه.
۳. **موسوی، س.م.؛ اسماعیلی ساری، ع. و ریاحی بختیاری، ع.، ۱۳۸۵.** تعیین میزان روی، مس، سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف موش قهوه‌ای و بررسی آلودگی فلزات سرب و کادمیوم در شهر نور. دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشور پزشکی دانشگاه شاهد. سال ۴، شماره ۶۷، صفحات ۴۹ تا ۵۵.
۴. **Beernaert, J.; Scheirs, J.; Leirs, H.; Blust, R. and Verhagen, R., ۲۰۰۷.** Non-destructive pollution exposure assessment by means of wood mice hair. *Environmental Pollution*. Vol. ۱۴۵, pp: ۴۴۳-۴۵۱.
۵. **Blagojević, J.; Jovanović, V.; Stamenković, G.; Jojić, V.; Bugarski-Stanojević, V.; Adnadević, T. and Vujošević, M., ۲۰۱۲.** Age Differences in Bioaccumulation of Heavy Metals in Populations of the Black-Striped Field Mouse, *Apodemus agrarius* (Rodentia, Mammalia). *International Journal of Environmental Research*. Vol. ۶, No. ۴, pp: ۱۰۴۵-۱۰۵۲.
۶. **Burger, J.; Marquez, M. and Gochfeld, M., ۱۹۹۴.** Heavy metals in the hair of opossum from Palo Verde, Costa Rica. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. ۲۷, pp: ۴۷۲-۴۷۶.
۷. **Cook, J.A.; Andrews, S.M. and Johnson, M.S., ۱۹۹۰.** Lead, zinc, cadmium and fluoride in small mammals from contaminated grassland established on fluorspar tailings. *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol. ۵۱, pp: ۴۳-۵۴.
۸. **Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K., ۲۰۰۳.** Damage to the liver, kidney, and testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland. *Toxicology*. Vol. ۸۶, pp: ۱-۱۰.
۹. **Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K., ۲۰۰۴.** Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes



mammals at a contaminated terrestrial field site. *Ecotoxicology*. Vol. ۲, pp: ۲۴۳-۲۵۶.

۳۲. **Yoshida, M.; Watanabe, C.; Satoh, H.; Kishimoto, T. and Yamamura, Y., ۱۹۹۴.** Milk transfer and tissue uptake of mercury in suckling offspring after exposure of lactating maternal guinea pigs to inorganic or methylmercury. *Archives of Toxicology*. Vol. ۶۸, pp: ۱۷۴-۱۷۸.
- Hara biosphere reserve of Southern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. ۱۸۴, pp: ۶۱۳۹-۶۱۴۵.
۲۱. **Marcheselli, M.; Sala, L. and Mauri, M., ۲۰۱۰.** Bioaccumulation of PGEs and other traffic-related metals in populations of the small mammal *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*. Vol. ۸۰, pp: ۱۲۴۷-۱۲۵۴.
۲۲. **Martelli, A.; Rousselet, E.; Dycke, C.; Bouron, A. and Moulis, J.M., ۲۰۰۶.** Cadmium toxicity in animal cells by interference with essential metals, *Biochimie*. Vol. ۸۸, pp: ۱۸۰۷-۱۸۱۴.
۲۳. **Okati, N. and Rezaee, M., ۲۰۱۳.** Heavy Metals Concentrations in Different Tissues of Persian Jird (*Meriones persicus*) In Sistan Region. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. Vol. ۵, No. ۱۰, pp: ۱۲۷۲-۱۲۷۶.
۲۴. **Pereira, R.; Pereira, M.L.; Ribeiro, R. and Goncalves, F., ۲۰۰۶.** Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). *Environmental Pollution*. Vol. ۱۳۹, pp: ۵۶۱-۵۷۵.
۲۵. **Sanchez-Chardi, A.; Lopez-Fuster, M.J. and Nadal, J., ۲۰۰۷a.** Bioaccumulation of lead, mercury, and cadmium in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): Sex- and age-dependent variation. *Environmental Pollution*. Vol. ۱۴۵, pp: ۷-۱۴.
۲۶. **Sanchez-Chardi, A.; Penarroja-Matutano, C.; Ribeiro, C.A.O. and Nadal, J., ۲۰۰۷b.** Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part II. The wood mouse, *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*. Vol. ۷۰, pp: ۱۰۱۱-۱۰۱۹.
۲۷. **Sharma, Y.; Srivastava, V.; Singh, V.; Kaul, S. and Weng, C., ۲۰۰۹.** Nano adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater. *Environmental technology*. Vol. ۳۰, No. ۶, pp: ۵۸۳-۶۰۹.
۲۸. **Shore, R.F. and Rattner, B.A., ۲۰۰۱.** *Ecotoxicology of Wild Mammals*. *Ecotoxicology and Environmental Toxicology Series*. John Wiley and Sons, Ltd. New York. ۷۳۰ P.
۲۹. **Swiergosz-Kowalewska, R.; Gramatyka, M. and Reczyński, W., ۲۰۰۵.** Metals distribution and interactions in tissues of shrews (*Sorex* spp.) from copper and zinc contaminated areas in Poland. *Journal of Environmental Quality*. Vol. ۳۴, pp: ۱۵۱۹-۱۵۲۹.
۳۰. **Talmage, S.S. and Walton, B.T., ۱۹۹۱.** Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. ۱۱۹, pp: ۴۷-۱۰۵.
۳۱. **Talmage, S.S. and Walton, B.T., ۱۹۹۳.** Food chain transfer and potential renal toxicity of mercury to small

