



مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گراگان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶

<http://japu.gau.ac.ir>

## تعیین غلظت کشنده (LC<sub>50-96h</sub>) ارسنیک و کادمیوم بر ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*)

\*مهسا دانشیان<sup>۱</sup>، حدیثه کشیری<sup>۲</sup>، سید علی اکبر هدایتی<sup>۳</sup> و کاوه خسرویانی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آذانشیار، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، تاریخ دریافت: ؛ تاریخ پذیرش:

### چکیده

با توجه به ورود روزافزون آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین به دریای خزر، تحقیقات در زمینه اثرات فلزات سنگین بر آبزیان از اهمیت بسیاری برخوردار است. در میان فلزات سنگین، ارسنیک با آثار زیان‌بار مختلف بر سیستم عصبی، گوارش و خونی آبزیان، از آلاینده مهم دریای خزر به‌شمار می‌رود. کادمیوم با آسیب‌های بافتی، اثر بر سیستم خونی، تغییرات ژنتیکی و تولیدمثلی می‌تواند منجر به مرگ و میر آبزیان شود. این تحقیق با هدف تعیین غلظت کشنده ارسنیک و کادمیوم بر ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) که اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی فراوانی در دریای خزر دارد، صورت پذیرفت. این آزمایش با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌گرم در لیتر ارسنیک و ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم، در آکواریوم‌هایی با ابعاد ۶۰×۳۰×۴۰ سانتی‌متر مکعب انجام شد. همچنین تیمار شاهد نیز در نظر گرفته شد و به هر تیمار ۷ قطعه ماهی اضافه گردید. در نهایت LC<sub>50</sub> ارسنیک و کادمیوم بر ماهی کلمه در ۹۶ ساعت به ترتیب ۲۰/۰۱ و ۳۱/۳۹ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد. طبق نتایج به‌دست آمده حساسیت این ماهی در مواجهه با فلزات سنگین ارسنیک و کادمیوم در دامنه متوسط ارزیابی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** سمیت کشنده، ارسنیک، کادمیوم، ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*)، LC<sub>50</sub>.

### مقدمه

دریای خزر از لحاظ اقتصادی و اجتماعی به‌عنوان یک اکوسیستم آبی مهم در ایران مطرح بوده که از نظر حیات وحش، زیستگاه تعدادی از گونه‌های بومی مهم می‌باشد. ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) از خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) به‌عنوان یکی از گونه‌های بومی دریای خزر با ارزش تجاری بالا مطرح می‌باشد. طی سال‌های اخیر بنا به دلایل مختلف همچون

آلودگی آب‌ها و صید بی‌رویه، میزان ذخایر آن به‌شدت کاهش یافته به‌طوری که این ماهی جزء گونه‌های در معرض تهدید در منطقه محسوب می‌شود (کیابی و همکاران، ۱۹۹۹). امروزه رشد روزافزون صنایع و تخلیه پساب‌های ناشی از فعالیت آن‌ها به اکوسیستم‌های آبی، به‌عنوان عامل اصلی و مهم آلودگی آب‌ها مطرح می‌باشد. در این خصوص، فلزات سنگین را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های خطرناک در اکوسیستم‌های مختلف در نظر

\*مسئول مکاتبه: [Mahsa.da23@gamil.com](mailto:Mahsa.da23@gamil.com)

شود (ساسی و همکاران، ۲۰۱۳؛ جوزف و راج، ۲۰۱۱؛ کمبیر و همکاران، ۲۰۱۰؛ راداکریشنان و هملانا، ۲۰۱۰).

مطالعات متعددی در زمینه تعیین غلظت کشنده فلزات سنگین و سموم مختلف بر روی آبزیان مختلف انجام شده است اما ماهی کلمه کمتر از سایر آبزیان مورد توجه قرار گرفته است. در میان مطالعات انجام شده، پورخباز و همکاران در سال ۲۰۱۶، در تحقیقی غلظت کشنده فلز سنگین کلرید جیوه را بر روی ماهی کلمه تعیین کردند. هدایتی و همکاران در سال ۲۰۱۴، در مقاله‌ای غلظت کشنده نانو اکسید روی بر ماهی کلمه را به دست آوردند. همچنین محمد نژاد شמושکی و شاهکار در سال ۲۰۰۹، غلظت کشنده حشره کش کلرپیریفوس و دیازینون را بر ماهی کلمه محاسبه نمودند. با توجه به اهمیت و کاربرد روزافزون ارسنیک و کادمیوم در صنایع مختلف از یک سو و همچنین وضعیت بحرانی زیست ماهی کلمه دریای خزر و نیاز به بازسازی ذخایر این گونه ارزشمند در آب‌های عاری از آلودگی، در تحقیق حاضر به بررسی سمیت کشنده ارسنیک و کادمیوم در ماهی کلمه پرداخته شد.

### مواد و روش

بچه ماهیان کلمه (*Rutilus caspicus*) با وزن متوسط  $7 \pm 1$  گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال شهرستان بندرترکمن تهیه و به سالن آبی پروری شهید فضلی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شد. دوره سازگاری ماهیان در تانک‌های فایبرگلاس ۴۰۰ لیتری به مدت ۷ روز انجام شد. در طول دوره سازگاری، ماهیان به‌طور مداوم تحت شرایط هوادهی قرار داشتند و دو بار در روز غذادهی شدند. برای شروع آزمایش، تعداد ۱۵ آکواریوم با ابعاد  $60 \times 30 \times 40$  سانتی‌متر

گرفت که می‌تواند منجر به بروز مشکلات جدی در آبزیان و انسان گردد (دی گیاجینو و همکاران، ۲۰۰۸). فلزات سنگین در بدن موجودات زنده تمایل به تجمع زیستی دارند (آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۰؛ سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۴).

تاکنون بررسی‌های مختلفی در راستای تعیین غلظت فلزات سنگین در دریای خزر گزارش شده است (باقری و عظیمی، ۲۰۱۵؛ باقری و همکاران، ۲۰۱۲؛ هاشمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سقلی و همکاران، ۲۰۱۴). در بررسی توسط باقری و همکاران در سال ۲۰۱۲، میزان آرسنیک در خلیج گرگان در اعماق مختلف بین ۵ تا ۷/۷ گزارش شد. همچنین سقلی و همکاران در سال ۲۰۱۴، میزان کادمیوم در آب خلیج گرگان را بین سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰، مقادیر  $0/061$  تا  $0/097$  میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری کردند.

پساب‌های صنعتی مانند متالورژی، معادن فلزی، آلیاژسازی، شیشه‌سازی، تولید حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و ساخت شوینده‌ها حاوی ارسنیک هستند (آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۰). ارسنیک و بسیاری از ترکیبات آن سمی هستند. از شاخص‌ترین عوارض ارسنیک می‌توان اثر بر سیستم عصبی، اثر بر سیستم خون، تجمع در بافت‌ها و آسیب به کلیه را نام برد (آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا، ۱۹۸۴ و ۲۰۰۰). کادمیوم نیز از سمی‌ترین فلزات سنگینی است که در صنایع الکترونیک و سوخت‌های فسیلی و بعضی از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود و از طریق این منابع وارد محیط زیست می‌شود (شاهراتاش و همکاران، ۲۰۱۰). مواجهه با غلظت‌های مختلف کادمیوم می‌تواند منجر به آسیب‌های بافتی، تغییرات آنزیمی، تغییر در پارامترهای ژنتیکی و تولیدمثلی و خون‌شناسی و گاهی مرگ در گونه‌های مختلف آبزیان

فیزیکوشیمیایی آب از جمله دما، اکسیژن محلول در آب و pH پایش شده و تحت کنترل بودند. همچنین تعویض آب نیز صورت نگرفت. با استفاده از نرم افزار SPSS داده‌های آزمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقادیر LC<sub>90</sub>, LC<sub>70</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>30</sub>, LC<sub>10</sub>, LC<sub>1</sub> با روش پروبیت محاسبه شد (دی جیولیوو و هیتون، ۲۰۰۸).

### نتایج و بحث

در تیمارهایی با غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک، پس از گذشت ۹۶ ساعت هیچ تلفاتی مشاهده نشد. تیمار شاهد نیز پس از ۹۶ ساعت مرگ و میر نداشت. در تیمارهای با غلظت ۲۵ و ۳۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک نیز پس از گذشت ۲۴ ساعت، فقط یک مورد مرگ و میر مشاهده شد. در تیمار با غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک در ۹۶ ساعت و در تیمار با غلظت ۳۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک در ۷۲ ساعت، تلفات ماهی‌ها ۱۰۰ درصد بود. تلفات پس از گذشت ۲۴ ساعت در تیمار با غلظت ۴۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک فقط ۲ مورد بود و با گذشت ۴۸ ساعت از شروع آزمایش، مرگ و میر در تمامی ماهی‌های این تیمار اتفاق افتاد. در جدول ۱، میزان تلفات ماهیان کلمه طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت قرارگیری در معرض غلظت‌های مختلف ارسنیک ذکر گردیده است.

مکعب با ۱۰ لیتر آب، آب‌گیری شدند و در هر آکواریوم ۷ قطعه ماهی قرار داده شد. در ضمن ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش از دادن غذا به ماهیان خودداری شد تا از آلودگی محیط آزمایش جلوگیری شود.

برای تعیین غلظت‌های موردنظر برای ارسنیک و کادمیوم، تحقیقات مختلف در این زمینه مطالعه و بررسی گردید. به طور مثال، در تحقیقی توسط وابونیان و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای تعیین غلظت کشنده کادمیوم کلراید در ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*)، تیمارها در معرض غلظت‌های ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۹۵ میلی گرم کادمیوم کلراید قرار گرفتند. ندافی و همکاران در سال ۲۰۰۶ برای سنجش سمیت ناشی از ارسنیک در آب با استفاده از ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*)، غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ میلی گرم بر لیتر ارسنیک را برای تیمارهای آزمایش در نظر گرفتند. در نهایت پس از انجام آزمایش‌های اولیه و با توجه به سختی نسبتاً بالای آب (۲۸۰ میلی گرم بر لیتر)، مقادیر ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ میلی گرم در لیتر برای ارسنیک و ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر برای کادمیوم در نظر گرفته شد. تمامی ماهیان به مدت ۹۶ ساعت در غلظت‌های ذکر شده نگاه‌داری شدند و مرگ و میر ماهیان در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ثبت گردید. در طول دوره آزمایش فاکتورهای

جدول ۱- تعداد تلفات ماهیان کلمه طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در اثر غلظت‌های مختلف ارسنیک.

| غلظت (mg/l) | تعداد ماهی | ۲۴ ساعت | ۴۸ ساعت | ۷۲ ساعت | ۹۶ ساعت |
|-------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| ۰           | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۵           | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۱۰          | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۱۵          | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۲۵          | ۷          | ۱       | ۶       | ۶       | ۷       |
| ۳۵          | ۷          | ۱       | ۶       | ۷       | ۷       |
| ۴۵          | ۷          | ۲       | ۷       | ۷       | ۷       |

ساعت فقط ۲ ماهی زنده ماندند. تیماری که غلظت ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم داشت، پس از ۷۲ ساعت تمامی ماهی‌های آن مردند. در تیمار با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، پس از ۲۴ ساعت تلفات ماهی‌ها ۱۰۰ درصد بود. میزان تلفات ماهیان کلمه طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت قرارگیری در معرض غلظت‌های مختلف کادمیوم در جدول ۲ ذکر شده است.

ماهیان کلمه در تیمارهایی با غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم، پس از ۹۶ ساعت هیچ تلفاتی نداشتند. تیمار شاهد نیز پس از ۹۶ ساعت تلفاتی نداشت. در تیمار با غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر کادمیوم پس از گذشت ۹۶ ساعت تنها یک مورد مرگ و میر مشاهده و ثبت گردید. در تیماری که غلظت کادمیوم ۳۵ میلی‌گرم بر لیتر بود، پس از ۹۶

جدول ۲- تعداد تلفات ماهیان کلمه طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در اثر غلظت‌های مختلف کادمیوم.

| غلظت (mg/l) | تعداد ماهی | ۲۴ ساعت | ۴۸ ساعت | ۷۲ ساعت | ۹۶ ساعت |
|-------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| ۰           | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۵           | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۱۰          | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۱۵          | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۰       |
| ۲۵          | ۷          | ۰       | ۰       | ۰       | ۱       |
| ۳۵          | ۷          | ۱       | ۲       | ۳       | ۵       |
| ۴۵          | ۷          | ۴       | ۶       | ۷       | ۷       |
| ۵۰          | ۷          | ۷       | ۷       | ۷       | ۷       |

LC<sub>۱</sub> و LC<sub>۹۹</sub> ارسنیک و کادمیوم در طی زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت صورت پذیرفت که به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

بر اساس داده‌های حاصل از جدول‌های ۱ و ۲ و همچنین با استفاده از نرم‌افزار پروبیت آنالایزر، محاسبه مقادیر LC<sub>۱۰</sub>، LC<sub>۳۰</sub>، LC<sub>۵۰</sub>، LC<sub>۷۰</sub>، LC<sub>۹۰</sub>

جدول ۳- غلظت‌های کشنده و محدوده کشندگی (mg/l) ارسنیک طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بر روی ماهیان کلمه (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

| LC               | ۲۴ ساعت              | ۴۸ ساعت            | ۷۲ ساعت           | ۹۶ ساعت            |
|------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| LC <sub>۱</sub>  | ۱۰/۲۵(۰-۲۴/۳۳)       | ۹/۰۳(۰-۱۵/۲۴)      | ۱۵/۲۹(۰-۲۰/۰۸)    | ۱۴/۱۸(۰-۱۸/۲۸)     |
| LC <sub>۱۰</sub> | ۲۹/۸۶(۰-۴۶/۷۹)       | ۱۵/۶۴(۴/۶-۲۰/۲۶)   | ۱۸/۲۱(۰-۲۱/۸۵)    | ۱۶/۸(۳/۳۶-۲۰/۷۲)   |
| LC <sub>۳۰</sub> | ۴۴/۰۷(۳۲/۸۳-۲۲۵/۲۸)  | ۲۰/۴۳(۱۳/۵۳-۲۴/۶۸) | ۲۰/۳۳(۰-۲۳/۴۴)    | ۱۸/۶۹(۱۰/۱۴-۲۳/۳۷) |
| LC <sub>۵۰</sub> | ۵۳/۹۱(۴۰/۷۱-۳۹۳/۰۱)  | ۲۳/۷۵(۱۸/۷۴-۲۸/۷۲) | ۲۱/۷۹(۰-۱۲/۲۵)    | ۲۰/۰۱(۱۳/۹-۲۶/۱۴)  |
| LC <sub>۷۰</sub> | ۶۳/۷۵(۴۶/۸۱-۵۶۲/۵۲)  | ۲۷/۰۶(۲۲/۸-۳۳/۹)   | ۲۳/۲۶(۰-۲۹/۷۳)    | ۲۱/۳۱(۱۶/۶۵-۲۹/۹۹) |
| LC <sub>۹۰</sub> | ۹۶/۷۷(۵۴/۸۲-۸۰۸/۰۷)  | ۳۱/۸۵(۲۷/۲۴-۴۲/۸۱) | ۲۵/۳۷(۲۱/۵۸-۷۳/۷) | ۲۳/۲۱(۱۹/۲۹-۳۶/۶۹) |
| LC <sub>۹۹</sub> | ۹۷/۵۷(۶۵/۳۷-۱۱۴۷/۳۹) | ۳۸/۴۶(۳۲/۲۸-۵۶/۱۹) | ۲۸/۲۹(۲۵-۱۶۱/۵۵)  | ۲۵/۸۲(۲۱/۷۲-۴۷/۲۷) |

جدول ۴- غلظت‌های کشنده و محدوده کشندگی (mg/l) کادمیوم طی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بر روی ماهیان کلمه (سطح اطمینان ۹۵ درصد).

| LC               | ۲۴ ساعت            | ۴۸ ساعت            | ۷۲ ساعت            | ۹۶ ساعت            |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| LC <sub>1</sub>  | ۲۹/۰۴(۴/۲۴-۳۵/۱۴)  | ۲۶/۱۲(۳/۸۸-۳۲/۰۴)  | ۲۵/۱۸(۰-۳۰/۶۶)     | ۱۸/۵(۰-۲۴/۵۶)      |
| LC <sub>10</sub> | ۳۴/۸۴(۱۹/۶۹-۳۹/۱۹) | ۳۱/۶۵(۱۷/۸-۳۵/۹۹)  | ۲۹/۸۸(۵-۳۳/۸۸)     | ۲۴/۲۹(۸/۸۶-۲۸/۷۲)  |
| LC <sub>30</sub> | ۳۹/۰۴(۳۰/۲۶-۴۲/۷۵) | ۳۵/۶۵(۲۷/۲۷-۳۹/۴۷) | ۳۳/۲۹(۲۰/۷۷-۳۷/۲۳) | ۲۸/۴۹(۱۹/۸۷-۳۲/۶۵) |
| LC <sub>50</sub> | ۴۱/۹۵(۳۶/۵۱-۴۶/۲۸) | ۳۸/۴۲(۳۲/۹۱-۴۲/۸)  | ۳۵/۶۵(۲۹/۳۷-۴۱/۸۸) | ۳۱/۳۹(۲۶-۳۶/۸۶)    |
| LC <sub>70</sub> | ۴۴/۸۵(۴۰/۹۸-۵۱/۶)  | ۴۱/۲(۳۷/۱۴-۴۷/۵۴)  | ۳۸/۰۱(۳۴/۰۶-۵۰/۴۳) | ۳۴/۳(۳۰/۱۵-۴۳/۰۴)  |
| LC <sub>90</sub> | ۴۹/۰۶(۴۵/۰۶-۶۱/۶۳) | ۴۵/۲(۴۱/۲۱-۵۶/۴۳)  | ۴۱/۴۱(۳۷/۴۲-۶۶/۱۹) | ۳۴/۳(۳۰/۱۵-۴۳/۰۴)  |
| LC <sub>99</sub> | ۵۴/۸۵(۴۹/۲۸-۷۶/۹۱) | ۵۰/۷۳(۴۵/۳۸-۷۰/۱۲) | ۴۶/۱۱(۴۰/۶۵-۸۹/۳۵) | ۴۴/۲۸(۳۸/۱۹-۷۰/۵۴) |

طبق نتایج جدول ۳، مقادیر LC<sub>50</sub> ۲۴ ساعته، LC<sub>50</sub> ۴۸ ساعته، LC<sub>50</sub> ۷۲ ساعته و LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته ارسنیک به ترتیب برابر با ۵۳/۹۱، ۲۳/۷۵، ۲۱/۷۹ و ۲۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. محدوده کشندگی ارسنیک بر ماهی کلمه در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب برابر با ۳۹۳/۰۱-۴۰/۷۱، ۴۰/۷۲-۲۸/۷۲-۱۸/۷۴، ۱۲/۲۵-۰ و ۱۳/۹-۲۶/۱۴ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد.

همچنین با بررسی جدول ۴، مقادیر LC<sub>50</sub> ۲۴ ساعته، LC<sub>50</sub> ۴۸ ساعته، LC<sub>50</sub> ۷۲ ساعته و LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته کادمیوم به ترتیب برابر با ۴۱/۹۵، ۳۸/۴۲، ۳۵/۶۵ و ۳۱/۳۹ میلی‌گرم بر لیتر و محدوده کشندگی کادمیوم بر ماهی کلمه در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب برابر با ۳۶/۵۱-۴۶/۲۸، ۳۲/۹۱-۴۲/۸، ۲۹/۳۷-۴۱/۸۸ و ۲۶-۳۶/۸۶ میلی‌گرم بر لیتر ثبت گردید. LC<sub>50</sub> و محدوده کشندگی ارسنیک در ۲۴ ساعت نسبت به کادمیوم بیشتر به دست آمده است اما مقادیر LC<sub>50</sub> و محدوده کشندگی ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته ارسنیک در مقایسه با کادمیوم عدد پایین‌تری ثبت شده است.

بررسی اثر کشندگی ارسنیک و کادمیوم و تعیین مقدار LC<sub>50</sub> آن‌ها بر سایر ماهیان نیز کم و بیش صورت گرفته است. به‌طور مثال در تحقیقی توسط لیائو و همکاران در سال ۲۰۰۴، مقدار LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته

ارسنیک برای ماهی تیلاپیا (*Oreochromis mossambicus*) ۲۸/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد. در تحقیقی دیگر توسط ندافی و همکاران در سال ۲۰۰۶ بر روی ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*)، مقدار LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته ارسنیک برابر با ۱۲/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شده است. در بررسی سمیت فلزات سنگین بر تاس‌ماهی ایرانی توسط میرزایی در سال ۲۰۰۳، مقدار LC<sub>50</sub> کادمیوم برای تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) برابر با ۴ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. در تحقیقی توسط اولاده و همکاران در سال ۲۰۱۶، مقدار LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته کادمیوم برای ماهی کپور هندی روهو (*Labeo rohita*) ۲۴ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد. همچنین ال‌ناگا و همکاران در سال ۲۰۰۵ در تحقیقی، مقدار LC<sub>50</sub> کادمیوم برای ماهی کفال لکه‌آبی (*Mugil seheli*) را ۵/۳۶ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. با بررسی و مقایسه مثال‌های ذکر شده، می‌توان گفت ماهی کلمه در مقایسه با ماهی تیلاپیا از حساسیت بیشتری نسبت به ارسنیک برخوردار است و LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته پایین‌تری نسبت به آن دارد. از آن‌سو با مقایسه ماهی کلمه و ماهی قزل‌آلا، می‌توان دریافت که حساسیت ماهی قزل‌آلا نسبت به ماهی کلمه به ارسنیک بیشتر بوده و LC<sub>50</sub> ۹۶ ساعته ارسنیک برای قزل‌آلا به مراتب پایین‌تر ثبت شده است. همچنین ماهی کلمه در مقایسه با

به ترتیب برابر با ۱۳/۹-۳۹۳/۰۱ و ۲۸-۶۶/۲۸ و ۹۶ LC<sub>50</sub> ساعتی میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد و ۳۱/۳۹ و ۲۰/۱۰ و ۲۰/۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. این نتایج حاکی از این است اگرچه محدوده کشندگی کادمیوم نسبت به ارسنیک از دامنه کوچک‌تر و کم‌تری برخوردار است اما مقدار ۹۶ LC<sub>50</sub> ساعتی کادمیوم بیشتر از ارسنیک می‌باشد. ماهی کلمه به ارسنیک حساس‌تر است و مقاومت بیشتری نسبت به کادمیوم نشان می‌دهد. با این حال، به‌طور کلی سمیت ارسنیک و کادمیوم بر ماهی کلمه را می‌توان خفیف و حساسیت این ماهی به فلزات سنگین ارسنیک و کادمیوم را در دامنه متوسط ارزیابی کرد. همچنین حساسیت ماهی کلمه به ارسنیک از گونه‌هایی نظیر تیلاپیا بیشتر و از قزل‌آلا کمتر می‌باشد و در مقایسه با ماهی‌هایی مانند تاس‌ماهی ایرانی، کفال لکه آبی و روهو از حساسیت کمتری نسبت به کادمیوم برخوردار است.

### سپاس‌گزاری

از اساتید محترم گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آقای دکتر جعفر و مهندس یاسین یوسفی به دلیل همکاری و در اختیار قرار دادن امکانات، قدردانی و تشکر می‌گردد.

تاس‌ماهی ایرانی، ماهی کفال لکه آبی و ماهی روهو حساسیت کمتری نسبت به کادمیوم برخوردار است چرا که LC<sub>50</sub> ماهی کلمه در مقایسه با ماهی‌های ذکر شده عدد بالاتری را نشان می‌دهد و می‌توان گفت ماهی کلمه مقاومت بیشتری نسبت به کادمیوم از خود نشان داده است.

در این آزمایش حالات و رفتار ماهیان کلمه در مواجهه با غلظت‌های مختلف ارسنیک و کلمه نیز مورد بررسی قرار گرفت. هرچه زمان بیشتری از قرارگیری ماهیان در معرض ارسنیک می‌گذشت، اثر این فلز سنگین بر سیستم عصبی آن‌ها بیشتر مشهود می‌شد به طوری که عدم تعادل، شنای غیرعادی و عدم پاسخ به محرک‌های محیطی مثل ضربه به آکواریوم قابل مشاهده بود. از نشانه‌های ظاهری قرارگیری ماهیان در معرض ارسنیک نیز می‌توان به ریزش فلس‌ها به مقدار کم، تغییر جزئی رنگ بدن و در بعضی موارد حالت غیرعادی چشم‌ها و خوردگی و از بین رفتن قسمتی از آبشش‌ها اشاره کرد. ماهیانی که در معرض غلظت‌های مختلف کادمیوم بودند نیز علائمی مانند تغییر حالت و رنگ چشم‌ها، خوردگی باله‌ها و فلس‌ها، در بعضی از موارد تغییر فرم بدن (کج شدن ستون فقرات) و شنای نامتعادل داشتند. در نهایت طبق نتایج حاصل از بررسی داده‌ها، محدوده کشندگی ارسنیک و کادمیوم بر ماهی کلمه

### منابع

1. Bagheri, H., and Azimi, A. 2015. The distribution of heavy metals in surface sediments of Sisangan coasts-the southern coast of caspian sea. *Oceanography*, 6: 21. 27-36.
2. Bagheri, H., Darvish Bastami, K., Sharmad, T., and Bagheri, Z. 2012. Assessment of heavy metal distribution in the Gorgan bay. *Oceanography*. 3: 11.65-72.
3. Cambier, S., Gonzalez, P., Durrieu, G., and Bourdineaud, J.P. 2010. Cadmium-induced genotoxicity in zebra fish at environmentally relevant doses. *Ecotox Environ Safe*. 73: 3.312-319.
4. Di Gioacchino, M., Petrarca, C., Perrone, A., Farina, M., Sabbioni, E., Hartung, T., Martino, S., Esposito, D.L., Lotti, L.V., and Mariani-Costantini, R. 2008. Autophagy as an ultrastructural marker of heavy metal toxicity in human cord blood hematopoietic stem cells. *Science of the Total Environment*, 392: 50-58.
5. Di Giulio, R.T., and Hinton, D.E. 2008. *The Toxicology of Fishes*. Taylor and Francis, 319-884.

- 6.El-Naga, E.H.A., El-Moslehi, K.H., and Hamed, M.A. 2005. Toxicity of cadmium and copper and their effect on some biochemical parameters of marine fish *Mugil seheli*. Egyptian journal of aquatic research. 31: 2.60-71.
- 7.Hashemi, S.J., Bakhtiari, A.R., and Lak, R. 2013. Source Identification and Distribution of Lead, Copper, Zinc, Nickel, Chromium and Vanadium in Surface Sediments of Caspian Sea. Mazandaran, Journal of Medical Sciences, 23: 1.36-50.
- 8.Hedayati, A., Jahanbakhshi, A., Moradzadeh, M., and Javadimoosavi, M. 2014. Effect of sub-acute toxicity nano-zinc oxide (Zno NPs) on hematological factor of roach (*Rutilus rutilus caspicus*). Aquatic physiology and biotechnology. 2: 1.
- 9.Joseph, B., and Raj, S.J. 2011. Impact of pesticide toxicity on selected biomarkers in fishes. Int J. Zool Res. 7: 2.212-220.
- 10.Kiabi, B.H., Abdoli, A., and Naderi, M. 1999. Status of the fish fauna in the South Caspian basin of Iran. J. Zoology in the Middle East, 18: 57-65.
- 11.Liao, C.M., Tsai, J.W., Ling, M.P., Liang, H.M., Chou, Y.H., and Yang, P.T. 2004. Organ-specific toxicokinetics and dose response of arsenic in tilapia oreochromis in mossambicus. Journal of archives of environmental contamination and toxicology. 47: 4. 502-510.
- 12.Mirzai, M. 2003. Toxicity study of heavy metals in Perisian sturgeon (*Acipenser persicus*). Master thesis. Islamic azad university of Lahijan. 100p.
- 13.Mohammad Nejad Shamoushaki, M., and Shahkar, E. 2009. Determination the lethal concentration (Lc50 96 H) of chloropyrifos and diazinon on (*Rutilus Rutilus Caspicus*). Journal of fishery. 3: 4.
- 14.Naddafi, K., Nabizadeh, R., Yonesian, M., Jahed, Gh., and Beyki, A. 2006. Using Rainbow Trout to Measure Arsenic Toxicity in Water. Journal of water and wastewater. 2: 17.62-69.
- 15.Pourkhabbaz, A., Mansouri, B., Sinkakarimi, M.H., Rajaei, G., and Vajdi, R. 2016. Acute toxicity bioassay of the mercury chlorid and copper sulphate in *Rutilus caspicus* and *Rutilus kutum*. International journal of aquatic biology. 4: 1.25-30.
- 16.Radhakrishnan, M.V., and Hemalatha, S. 2010. Sublethal toxic effects of cadmium chloride to liver of freshwater fish *Channa striatus* (Bloch.). American-Eurasian journal of toxicological sciences. 2: 1.54-56.
- 17.Saghali, M., Baqraf, R., Patimar, R., Hosseini, S.A., and Baniemam, M. 2014. Determination of heavy metal (Cr, Zn, Cd and Pb) concentrations in water, sediment and benthos of the Gorgan Bay (Golestan province, Iran). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 13: 2.449- 455.
- 18.Sassi, A., Darias, M.J., Said, K., Messaoudi, I., and Gisbert, E. 2013. Cadmium exposure affects the expression of genes involved in skeletogenesis and stress response in gilthead sea bream larvae. Fish Physiol Biochem. 39: 3.649-659.
- 19.Shahratash, M., Mohsenzadeh, S., and Mohabatjar, H. 2010. Calcium-induced genotoxicity detected by the random amplification of polymorphism DNA in the maize seeding roots. J. Cell Mol Res. 2: 1.42-48.
- 20.US EPA. (1984) Ambient water quality criteria for arsenic, Report No. 20450, Washington DC.
- 21.US EPA. (2000). Arsenic occurrence in public drinking water supplies, EPA-815-R-00-23, Washington DC.
- 22.Vaboniyan, A., Movahedinia, A., Safahiye, A., and Hedayati, A. 2014. Determination of lethal concentration of cadmium chloride in *Acanthopagrus latus*. Journal of marine science and technology. 12: 3.26-32.
- 23.WHO. (2001). Arsenic in drinking water, Fact Sheet No. 210, World Health Organization, Geneva.

