

تعیین غلظت کشنده و میزان انباشتگی زیستی کلرید جیوه

در بچه ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*)

احمد قرایی^(۱)؛ عباس اسماعیلی ساری^(۲)؛ رجب محمد نظری^(۳)؛ رقیه کریمی^(۴) و

محسن شهریاری مقدم^(۵)

agharaei551@gmail.com

۱، ۲ و ۵ - گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس،

نور صندوق پستی: ۲۶۲۱۲

۲ - مجتمع تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی، ساری صندوق پستی: ۹۶۱

۲ - دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، تهران صندوق پستی: ۶۱۳۵-۱۲۱۵۵

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۸۵

تاریخ ورود: اسفند ۱۳۸۲

چکیده

اثرات سمیت کلرید جیوه با غلظتهای ۰/۰۷ تا ۰/۱۱۵ میلیگرم در لیتر در بچه ماهیان سفید در تابستان ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه تعیین LC_{50} و حداکثر غلظت مجاز سم کلرید جیوه برای ماهی سفید بود. آزمایشها در ۱۰ تیمار و ۳ تکرار به همراه شاهد و براساس روش OECD و بصورت ساکن انجام پذیرفت. در طول آزمایشها، عواملی شامل: pH، سختی، اکسیژن محلول در آب و دما مورد سنجش قرار گرفتند که بترتیب ۱، ۰/۰۲، ۱۲، ۳۶۰ و ۲۰ میلیگرم در لیتر در لیتر و 27 ± 1 درجه سانتیگراد و میزان یونهای Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Fe ، K ، P بترتیب ۱، ۰/۰۲، ۱۲، ۳۶۰ و ۲۰ میلیگرم در لیتر اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که میزان LC_{50} ۹۶ ساعت کلرید جیوه بر روی بچه ماهیان سفید $1 \pm 0/2$ گرمی $0/086$ میلیگرم در لیتر می باشد. میزان LC_{10} ، LC_{50} و LC_{90} محاسبه گردید. بر این اساس حداکثر غلظت مجاز (M.a.c. Value) کلرید جیوه در بچه ماهیان $0/086$ میلیگرم در لیتر تعیین گردید. میزان انباشتگی جیوه در بافتهای عضله، کلیه و آبشش در ۲۴ ساعت اول به ترتیب ۱/۵۵، ۱۶/۱، ۲۲/۷ و در ۹۶ ساعت بترتیب ۲/۹، ۱۶/۸۴ و ۲۶/۶۵ میلیگرم در لیتر تعیین گردید. بررسی نتایج مشخص نمود که میزان جذب جیوه در بافتهای عضله، کلیه و آبشش در ۲۴ ساعت اول بترتیب ۱۴/۷۵، ۱۵۳/۳۹، ۲۱۶/۱۱ برابر و در ۹۶ ساعت بترتیب ۳۳/۸، ۱۹۸/۱ و ۳۱۳/۵ برابر غلظت جیوه محیط شان بوده است. براساس نتایج بیشترین انباشتگی و تاثیر آلودگی در آبشش و کمترین در بافت عضله می باشد و انباشتگی جیوه در اندام مورد بررسی با میزان غلظت آن در محیط رابطه مستقیم دارد.

کلمات کلیدی: ماهی سفید، *Rutilus frisii kutum*، کلرید جیوه، LC_{50} 96h

مقدمه

آزمایشهای سم‌شناسی در علم اکوتوکسیکولوژی، تأثیرات این سموم را بر جمعیت ماهیان آب شیرین نشان داده است و به این ترتیب می‌توان تعیین نمود که پتانسیل کدامیک از مواد آلاینده بیشتر و در چه میزانی از حد مجاز مصرف قرار دارد (Francisco et al., 1994). داده‌های آزمایشگاهی برای ارزیابی پتانسیل اثرات سموم در محیط بکار رفته و همچنین جهت محدودسازی کاربرد مواد سمی و احتمال بررسی وجود مواد آلاینده. چنین آزمایشهایی باید صورت گیرد. بنابراین هدف از آزمایشهای سنجش سمیت آلاینده، رسیدن به معیارهای قابل اعتماد برای حفاظت منابع آبیان می‌باشد (Milijoprojekt, 1994).

در این تحقیق LC_{۱۰}، LC_{۵۰} و LC_{۹۰} کلرید جیوه بر روی مرگ و میر بچه ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*) بعنوان یکی از مهمترین ماهیان اکولوژیک و اقتصادی منطقه محاسبه شده است.

مواد و روش کار

در این تحقیق کلرید جیوه پودری با استفاده از آب محتوی تانکهای شیشه‌ای در وزن خاص حل گردید و سپس توسط دستگاه Mercury Analyzer مدل LECO AMA254 غلظت واقعی آن در محلول مادر تعیین گردید. آزمایشها برای تعیین سمیت حاد سم بر روی بچه ماهیان سفید ۱±۰/۲ گرمی طی ۴ روز به روش OECD (TRC, 1984) انجام گرفت. همچنین آزمایشها بصورت استاتیک (ساکن) انجام یافته بطوریکه محلول مورد استفاده طی آزمایشها هر ۲۴ ساعت کنترل و غلظت آن ثابت نگه داشته می‌شد. مرگ و میر ماهیها در زمانهای ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت و ۹۶ ساعت اندازه‌گیری شد.

میانگین غلظتی از سم که در این دوره، جمعیت ۵۰ درصد از ماهیان مورد آزمایش را در معرض خطر مرگ قرار دهد تحت عنوان LC_{۵۰} ۹۶ ساعت در منابع مختلف مطرح است. در این آزمایشها از تانکهای ۵۵ لیتری که ۴۵ لیتر آن آبیگری شده بود، استفاده گردید. آب مورد استفاده در این آزمایش، ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش

آلودگی جیوه در اکوسیستمهای آبی یک مشکل پیچیده اکولوژیک و جدی بشمار می‌رود. جیوه در آب قابلیت تبدیل به اشکال معدنی و آلی در شرایط فیزیکی و شیمیایی و زیست محیطی آب را داشته و از دیدگاه سم‌شناسی متیل جیوه اهمیت بسیار زیادی دارد. بطور مثال پایین آمدن pH می‌تواند باعث رهاسازی یونهای آزاد از کمپلکسها و مواد دره‌ای شود که تحت این شرایط یون جیوه می‌تواند قابلیت دسترسی بیشتری از لحاظ زیستی داشته باشد (Boudou et al., 1991).

بسیاری از فلزات بطور طبیعی از اجزاء متشکله اکوسیستمهای آبی محاسب می‌آیند و حتی تعدادی از آنها در نقاء موجودات زنده نقش مهمی ایفا می‌کنند. با این وجود چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معینی فراتر رود، باعث به مخاطره افتادن حیات آبیان می‌گردند. ربا سریعاً سبب بهم خوردن تعادل بوم شناختی شده و موجبات زوال زیستی اکوسیستم را فراهم می‌سازد (زمینی، ۱۳۷۵).

امروزه میزان فلزات سنگین در محیط زیست و اثرات آنها بر روی موجودات زنده با توجه به اطلاعات زیادی که در سالهای اخیر بدست آمده افزایش یافته و قابلیت دسترسی به آنها برای موجودات زنده نیز بیشتر شده است. جیوه به اشکال آلی و غیر آلی در طبیعت وجود دارد. جیوه به شکل متیل جیوه بسیار سمی‌تر از شکل غیرآلی آن است (Heath, 1995). چرا که جیوه معدنی حلالیت کمی در آب دارد و بلافاصله بصورت کمپلکس درآمده بنا جذب ذرات می‌شود و در رسوبات ته‌نشین می‌گردد (Watras & Huckabee, 1994).

دریای خزر در معرض خطرات جدی زیست محیطی قرار دارد. گفته می‌شود ایران در این آلودگیها سهم کمی دارد، ولی بدلیل جریانهای دریایی مقدار زیادی از آلودگیها را از دیگر کشورها دریافت می‌کند. روسیه بزرگترین تولیدکننده آلودگیهاست که ۸۰ درصد آلودگیهای دریای خزر را باعث می‌شود. پس از آن آذربایجان و قزاقستان در مراحل بعدی قرار دارند (قیومی، ۱۳۷۸).

مطالعات آزمایشگاهی و میدانی خطر بالقوه سموم را در اکوسیستمهای آبی نشان می‌دهند. اطلاعات حاصل از

تعادل، رفتار شنا، عمل تنفس، ایجاد رنگدانه، کاملاً ضبط و یادداشت گردید و میزان pH، اکسیژن و درجه حرارت نیز بطور روزانه اندازه‌گیری گردید. درصد مرگ و میر برای هر غلظت از سمی که بصورت لگاریتمی در ۱۰ تیمار محاسبه شده بود، ثبت و میزان LC_{50} ، LC_{10} و LC_{90} در هر روز با استفاده از داده‌های بدست آمده از روش آماری Probit Analysis (Finny, 1971) پس از تجزیه و تحلیل محاسبه گردید. لازم به ذکر است که حداکثر غلظت مجاز سمیت (Maximum Acceptable Toxicant Concentration MATC) از تقسیم LC_{50} بر عدد ۱۰ حاصل می‌گردد (Finny, 1971) و درجه‌بندی آنها با در نظر گرفتن سطوح سمیت با استفاده از جدول ۱ مشخص می‌گردد (جوادی، ۱۳۷۸).

پس از ثبت داده‌های مربوط به LC_{50} بچه ماهیها در معرض غلظتهای مختلف کلرید جیوه طی ۹۶ ساعت جهت اندازه‌گیری جیوه در اندامهای مختلف آنها از قبیل آبشش، کلیه و عضله مورد کالبد شکافی قرار گرفتند. بعلت کوچک بودن نمونه‌ها پس از کالبد شکافی، نمونه‌های آبشش، کلیه و بافت عضله هر تیمار به تفکیک اندامها با هم یکی شده و در نهایت یک نمونه واحد برای هر غلظت تشکیل گردید و در کل این نمونه‌ها پس از خشک شدن در انکوباتور در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توسط هاون چینی پودر شدند و با استفاده از دستگاه آنالیز جیوه با دقت $(ppb) \pm 16$ مورد سنجش جیوه قرار گرفتند و نتایج با استفاده از نرم افزار Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

به تانکهای شیشه‌ای ریخته شد و در این مدت توسط پمپ هوا، هوادهی شد. حداکثر میزان تراکم ماهی به ازاء یک گرم در دو لیتر آب برای آزمایش استاتیک (ساکن) مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین حداقل از ۱۴ عدد ماهی در هر غلظت آزمایش و همچنین در شاهد استفاده شد. پس از آزمون تعیین محدوده‌کشندگی و آزمون بقاء آزمایشها در ۱۰ تیمار به همراه شاهد و در ۳ تکرار انجام گردید و پس از هر روز تعداد بچه ماهیان سفید مرده جدا و یادداشت گردیدند.

بدلیل کم بودن زمان آزمایش و جلوگیری از آلودگی محیط ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایشات از دادن غذا به بچه ماهیها خودداری و محیط آزمایش نیز در این مدت تعویض نگردید (جوادی، ۱۳۷۸).

بچه ماهیان سفید از مخزن نگهداری ماهی توسط تور دستی با احتیاط صید شده و پس از توزین به هر تانک ۱۴ عدد ماهی منتقل گردید. پس از اضافه کردن ماهیها به تانک و سازگار شدن آنها به محیط جدید اضافه نمودن سم انجام شد. غلظتهای مختلف در تیمارها براساس حجم آبی آکواریومها و غلظت واقعی محلول مادر تهیه گردید. در مورد تأثیر جیوه بر بچه ماهیان سفید غلظتهای ۰/۰۷ تا ۰/۱۱۵ میلیگرم در لیتر پس از انجام آزمایشهای اولیه در نظر گرفته شد و فواصل بین غلظتهای مختلف بصورت لگاریتمی محاسبه گردید. پس از این مرحله، محلول بوسیله پمپت مدرج به اندازه غلظتهای بدست آمده برداشته شد و به تانکهای حاوی ماهی اضافه گردید. حرکات غیرعادی قابل رویت، عدم

جدول ۱: دسته‌بندی سطوح سمیت براساس LC_{50} (جوادی، ۱۳۷۸)

درجه سمیت	LC_{50} (میلیگرم در لیتر)
نسبتا سمی	> ۱۰۰
کمی سمی	۱۰-۱۰۰
متوسط سمی	۱-۱۰
خیلی سمی	۰/۱-۱
شدیدا سمی	< ۰/۱

نتایج

مرگ و میر ماهیان در زمانهای مختلف متفاوت بوده بطوریکه مرگ و میر بچه ماهیان با افزایش زمان کاهش می‌یابد. در داخل آکواریومهای شاهد پس از ۹۶ ساعت هیچگونه مرگ و میری مشاهده نشد.

پس از کالبد شکافی بچه ماهیان در غلظتهایی که طی ۹۶ ساعت تلفاتی نداشتند، میزان جیوه در اندامهای آبشش، کلیه و بافت عضله توسط دستگاه Mercury Analyzer با دقت ۹۶/۴ درصد (Recovery = 96.6%) اندازه‌گیری شده است. سپس جهت تعیین عامل تجمع زیستی در این اندامها میانگین میزان تجمع جیوه در دو زمان ۲۴ و ۹۶ ساعت محاسبه شد (جدول ۵).

با انجام آزمایشهای متعدد بر روی بچه ماهیان 1 ± 0.2 گرمی سفید در نهایت محدوده‌کشندگی این سم بین ۰/۷ تا ۰/۱۱۵ میلیگرم در لیتر تعیین شد. سپس با استفاده از معادله خط رگرسیون و ضرایب همبستگی آن (جدول ۲) میزان LC_{10} ، LC_{50} و LC_{90} در هر ۲۴ ساعت محاسبه گردید. مقادیر LC_{10} ، LC_{50} و LC_{90} در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در اثر سمیت کلرید جیوه در جدول ۳ نشان داده شده است. با در نظر گرفتن حداکثر غلظت مجاز سمیت (جدول ۱)، این میزان در مورد کلرید جیوه بر روی گونه ماهی سفید 0.086 میلیگرم در لیتر تعیین گردید (جدول ۴).

نتایج نشان داد که غلظت کشنده سم در ۲۴ ساعت بیشتر از ۹۶ ساعت می‌باشد و همچنین تأثیر سم بر روی

جدول ۲: معادله خط رگرسیون و ضریب همبستگی اثر کلرید جیوه بر بچه ماهیان سفید

اطلاعات آماری	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
معادله خط رگرسیون	$Y = 14/88X + 19/39$	$Y = 14/41X + 19/39$	$Y = 18/37X + 23/71$	$Y = 17/15X + 23/24$
ضریب همبستگی	۰/۹۴۰۷	۰/۹۴۸۹	۰/۹۵۸۷	۰/۹۲۲۰
R-square				

جدول ۳: اثر سمیت کلرید جیوه در بچه ماهیهای سفید در زمانهای مختلف

زمان	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
LC_{10}	۰/۰۸۴ (۰/۰۷۷ - ۰/۰۸۸)	۰/۰۸۲ (۰/۰۷۵ - ۰/۰۸۶)	۰/۰۸۲ (۰/۰۷۵ - ۰/۰۸۶)	۰/۰۷۳ (۰/۰۶۷ - ۰/۰۷۷)
LC_{50}	۰/۱۰۲ (۰/۰۹۸ - ۰/۱۰۸)	۰/۱۰۰ (۰/۰۹۵ - ۰/۱۰۵)	۰/۰۹۶ (۰/۰۹۳ - ۰/۰۹۹)	۰/۰۸۶ (۰/۰۸۳ - ۰/۰۹۰)
LC_{90}	۰/۱۲۵ (۰/۱۱۶ - ۰/۱۳۲)	۰/۱۲۳ (۰/۱۱۵ - ۰/۱۳۹)	۰/۱۱۳ (۰/۱۰۷ - ۰/۱۲۱)	۰/۱۰۳ (۰/۰۹۸ - ۰/۱۱۱)

جدول ۴: میزان حداکثر غلظت مجاز سم کلرید جیوه در زمانهای مختلف در ماهی سفید

زمان	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
میلی گرم در لیتر (MATC)	۰/۰۱۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۸۶

جدول ۵: میانگین میزان جیوه تجمع یافته در اندامهای مختلف بچه ماهیان سفید

زمان (ساعت)	اندام	آبشش (میلیگرم در لیتر)	کلیه (میلیگرم در لیتر)	بافت عضله (میلیگرم در لیتر)
۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲
۲۴	۲۲/۷	۱۶/۱	۱/۵۵	
۹۶	۲۶/۶۵	۱۶/۸۴	۲/۹	

بحث

عوامل متعددی در نتایج آزمایشهای سمیت بر روی آبزیان تأثیر دارند که شامل ویژگیهای آب یا خصوصیات زیستی گونه‌های مورد آزمایش می‌باشند. از این رو ضروری است به هنگام اجرای آزمایشهای سمیت حاد و مزمن از روشهای آزمایش استاندارد شده برای به حداقل رساندن متغیرهای خارجی و تصادفی استفاده نمود. اطمینان از اینکه همه موجودات مورد آزمایش از یک گروه سالم بوده و بطور تصادفی آنها در محفظه‌های مختلف توزیع گردند، نکته‌ای مهم است (شریعتی فیض آبادی، ۱۳۸۰). در مطالعه حاضر نیز نتایج توسط تست کای مربع مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از این تست نشان داد که نتایج LC_{۵۰} و اختلاف موجود بین نتایج کاملاً تصادفی و بدلیل اثرات ناشی از سم مورد نظر بوده است.

مقایسه نتایج حاصل از تحقیقات بر روی سم کلرید جیوه و میزان LC_{۵۰} طی ۹۶ ساعت بر روی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان، لامپری (WHO, 1989) و Fathead Minnow (*Pimephale promelas*) Snarski & Olson, (1982) با نتایج بدست آمده در مورد ماهی سفید تقریباً دامنه مشابهی از سمیت را برای ماهیان آب شیرین نشان می‌دهد که برای آنها میزان LC_{۵۰} ۹۶ ساعت بترتیب ۰/۰۴۲، ۰/۰۴۸ و ۰/۰۷۴ میلیگرم در لیتر و برای بچه ماهی سفید ۰/۰۸۶ میلیگرم بر لیتر کلرید جیوه گزارش شد. در مقایسه این مقادیر با میزان LC_{۵۰} ۹۶ ساعت بدست آمده در بچه ماهی سفید می‌توان اظهار داشت که از لحاظ حساسیت بترتیب زیر هستند:

قزل‌آلای رنگین کمان < لامپری < Fathead Minnow < ماهی سفید
در طول آزمایشات بچه ماهیانی که در معرض غلظتهای بالای کلرید جیوه قرار گرفتند بلافاصله از خود علائم بی‌قراری، شنای نامتعادل و در بعضی موارد شنای عمودی و جهش‌های سریع را همراه با تنفس شدید از خود بروز می‌دادند. همچنین فرم حرکت این بچه ماهیها از حالت دسته جمعی و گله‌ای بصورت انفرادی و در جهات

مختلف و پراکنده تغییر نمود. در ادامه تیمار، رنگ پوست ماهیان به روشنی گرایید و موکوس روی پوست افزایش یافت و در نهایت با حرکات شدید تنفسی و بی‌حالی، مرگ را تجربه می‌کردند. همچنین برخی از ماهیان پس از مردن با شکم متورم و وارونه در کف آکواریوم مشاهده شدند.

با توجه به این مشاهدات به احتمال زیاد یکی از اثرات بارز و شدید بدلیل مجاورت بسیار نزدیک این سم با آبشها و غشای نازک لاملاها و همچنین سلولهای کلرایدی باشد که این سم نه تنها باعث تخریب سلولهای تنفسی بلکه از طریق قطع ارتباط فسفوریلاسیون اکسیداتیو در میتوکندری (Gilbert, 2004) آنها، چنین ماهیانی دچار مشکلات شدید تنفسی می‌گردند.

از طرفی کلرید جیوه و نمکهای دیگر هنگامی که از طریق دهانی توسط آبزیان مصرف شوند بلافاصله باعث صدمات شدید در لوله گوارش می‌شوند و پس از جذب از طریق لوله گوارش در کلیه تجمع می‌یابد و در نتیجه با تجمع جیوه در کلیه و تأثیر آن بر روی میتوکندری سلولهای کلیوی، باعث می‌شود تا فعالیت آنها بالاخص باز جذب محلولها را مختل نماید (Timbrell, 2000).

نتایج حاصل از آنالیز میزان جیوه اندامهای مختلف بچه ماهیان سفید نشان داد که بیشترین تجمع زیستی در واحد زمان بترتیب در آبشش، کلیه و بافت عضله بوده است و بطور میانگین نسبت عامل تجمع زیستی در این اندامها بترتیب ۳۱۳/۵، ۱۹۸/۱ و ۳۳/۸ برابر بدست آمد. این نسبت‌ها نشان می‌دهد که بافت عضله آخرین اندام هدف در تجمع جیوه در بدن ماهیان می‌باشد.

از مقایسه نتایج LC_{۵۰} کلرید جیوه در ماهی سفید با جدول ارقام درجه سمیت (جدول ۱) می‌توان اظهار داشت که کلرید جیوه برای ماهی سفید در دریای خزر و حوضه آن جزء سموم شدیداً سمی طبقه‌بندی می‌شود (جوادی، ۱۳۷۸).

زیانبار مستقیم و غیرمستقیمی بر روی اکوسیستمهای آبی و آبزیان می‌گذارد که کاهش این اثرات سوء، مستلزم **شریعتی فیض آبادی، ف. ، ۱۳۸۰**. تعیین فنل، ۱- نفتول و قارچ کش هینوزان بر روی ماهیان سیم، سفید و کپور نقره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران - شمال. دانشکده علوم و فنون دریایی. ۱۶۰ صفحه.

قیومی، ر. ، ۱۳۷۸. بررسی میزان فلزات سنگین (روی، سرب و کادمیوم) در رسوبات، جلبک و میگوی *Palaemon elegans* در سواحل جنوبی دریای خزر (سواحل سنگی نور). سمینار کارشناسی ارشد بیولوژی دریا. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور. دانشگاه تربیت مدرس، ۲۵ صفحه.

Boudou, A. ; Delnomdedieu, M. ; Georgescauld, D. ; Ribeyre, R. and Finny, D.J. , 1991. Probit Analysis. Cambridge Univ. Press, London, UK. pp.1-222.

Francisco, A.A. ; Eugenio, L. and Megdalena, D.A. , 1994. Acute toxicity of the herbicide glyosate to fish. Chemospher. Vol. 28, pp.735-745.

Gilbert, S. , 2004. A small dose of toxicology. CRC Press, Chapter 10, 103P.

Heath, A.C. , 1995. Water pollution and fish physic - ology, 2nd Edition lewis, Boca raton, FL. pp.425-463.

Milijoprojekt, N. , 1994. Ecotoxicological evolution of industrial wastewater. 131P.

Snarski, V.M. and Olson, G.F. , 1982. Chronic toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). Aqua. Toxicol. Vol. 2, pp.143-156.

در مجموع با توجه به نتایج حاصل و میزان حساسیت ماهی سفید به این سم می‌توان گفت که جیوه اثرات مدیریت پایدار جهت استفاده بهینه از این سم می‌باشد. همچنین از آنجایی که ماهی سفید یکی از ماهیان اقتصادی و با ارزش دریای خزر است و رودخانه‌های حوضه دریای خزر و تالاب انزلی از محیطهای تخم‌ریزی این ماهی محسوب می‌شوند، به نظر می‌رسد با اطلاعات اخیر در مورد میزان آلودگی جیوه در این مناطق در آینده‌ای نزدیک تکثیر و بقاء این ماهی با تهدید جدی مواجه شود. لذا باید با اتخاذ روشهای نوین کنترل آلاینده‌های محیطی جهت توسعه پایدار، عملاً ضریب بازگشت این ماهیان به رودخانه‌ها را بالا برده و این مناطق را به محیطی سالم و امن جهت تخم‌ریزی مبدل نموده تا نهایتاً ذخایر آبزیان صورت کلان حفاظت گردد.

تشکر و قدردانی

از آقایان مهندس قاسمیپوری، نصرالله احمدی فرد، حسین نادری، مهندس بور، مهندس کمالی، سرکار خانم حقدوست و کلیه پرسنل دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور به جهت همکاری در اجرای پروژه صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع

جوادی، م. ، ۱۳۷۸. تعیین غلظت کشندگی (LC₅₀) و صایعات ناشی از سم اندوسولفان در فیل ماهی (*Huso huso*). پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. دانشگاه تربیت مدرس. ۶۷ صفحه.

رمیسی، ع. ، ۱۳۷۵. تعیین غلظت کشنده (LC₅₀) فلزات سرب و کادمیوم بر روی دو گونه از کپور ماهیان چینی (امور و فیتوفاگ). پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات. دانشگاه آزاد لاهیجان. ۵۷ صفحه.

Timbrell, J. , 2000. Principles of biochemical toxicology. Published by Taylor & Francis, 312P.

TRC, 1984. OECD guideline for testing of chemicals. Section 2. Effects on biotic systems. pp.1-39.

Watras, C.J. and Huckabee, J.H. , 1994. Mercury

pollution: Integration and synthesis. Lewis publications, Boca raton. 246P.

World Health Organization (WHO) , 1989. Mercury environmental aspects. WHO, Geneva, Switzerland. pp.25-64.

Acute LC₅₀ and bioconcentration of Mercury Chloride in *Rutilus frisii kutum*

Gharaei A.⁽¹⁾ ; Esmaili A.S.⁽²⁾ ; Nazari R.M.⁽³⁾ ; Karami R.⁽⁴⁾

and Shahriari M.M.⁽⁵⁾

Agharaei551@gmail.com

1,2,5 - Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, P.O.Box:46414, Noor, Iran

3- Fisheries organization, Shahid Rajaei Aquaculture Center, P.O.Box: 961 Sari, Iran

4- Department of Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, Tehran University, P.O.Box:1415-56135 Tehran, Iran

Received: March 2006

Accepted: June 2006

Keywords: HgCh, LC₅₀96h, Bioaccumulation, *Rutilus frisii kutum*

Abstract

To determine the acute toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in *Rutilus frisii kutum*, specimens of the fish were exposed to various concentrations of the chemical in water. We carried out ten treatments with three replicates and one control for each of the chemicals using the static O.E.C.D. method in 55 liter tanks each containing 14 fingerlings. During the experiments, the average pH was recorded as 7.8, total hardness was measured to be 255 mg/l, average water temperature was 27±1 degrees centigrade and dissolved oxygen was 7.2 mg/l. Mean LC50 values of HgCl₂ for juvenile *R. frisii kutum* with mean weight 1±0.2 grams were 0.102 and 0.086 mg Hg/l at 24h and 96h, respectively.

The bioaccumulation values during 24h in muscle tissue, kidney and gill were 155, 16.1 and 22.7 mg Hg/l respectively. The values during 96h exposure were 2.8, 16.8 and 26.65 mg Hg/l in tissue, kidney and gill respectively. The bioconcentration values for muscle tissue, kidney and gill during the first 24h were 14.75, 153.39 and 216.11 after 96h were 33.8, 198.1 and 313.5 times that of the environment. These results show the bioaccumulation to be the highest in gill followed by kidney and muscle tissue. The study suggested direct relationship between mercury concentration in and its bioaccumulation in the fish organs tissue.