



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد سوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳

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

تعیین غلظت کشنده (LC₅₀ 96h) کلرید جیوه (HgCl₂)، کلرید سرب (PbCl₂) و کلرید روی (ZnCl₂) روی بازماندگی بچه ماهیان قرمز (*Carassius auratus*)

* عبدالرضا جهانبخشی^۱، سیدعلی اکبر هدایتی^۲، شنیدا احمدوند^۳ و شراره احمدوند^۴

^۱دانشجوی دکتری، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار، گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۴دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۷

چکیده

حضور آلاینده‌های شیمیایی در آب ممکن است عواقب شدید زیست‌محیطی را القا کند و در نتیجه بر یکپارچگی اکوسیستم‌های آبی اثر بگذارد. فلزات سنگین، آلاینده‌های خطرناکی برای آبزیان هستند که پایداری فوق‌العاده‌ای دارند. آلودگی آب‌های سطحی به فلزات سنگین به‌واسطه تخلیه فاضلاب‌های کارخانه، به‌طور گسترده اتفاق می‌افتد. هدف از این مطالعه تعیین غلظت کشنده (LC₅₀) و حداکثر غلظت مجاز سموم کلرید جیوه (HgCl₂)، کلرید سرب (PbCl₂) و کلرید روی (ZnCl₂) بر بچه ماهیان قرمز می‌باشد. بچه ماهیان قرمز (با وزن متوسط ۱۰ گرم و میانگین طولی ۶ سانتی‌متر) به مدت ۹۶ ساعت در ۵ تیمار در معرض کلرید سرب و کلرید جیوه و ۸ تیمار برای کلرید روی به‌منظور تعیین غلظت کشنده و حداکثر غلظت مجاز قرار گرفتند. آزمایش‌ها در شرایط ایستا و بر اساس روش استاندارد TRC صورت گرفت. میزان غلظت کشنده ۹۶ ساعت به‌ترتیب برای کلرید سرب، کلرید جیوه و کلرید روی $۸۸/۸ \pm ۰/۰۵$ ، $۰/۸۷ \pm ۰/۴۱$ و $۹۲/۶ \pm ۰/۰۵$ میلی‌گرم در لیتر بود. بر اساس این شاخص، حداکثر غلظت مجاز کشنده در کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی به‌ترتیب، $۰/۰۸۷$ ، $۸/۸۸$ و $۹/۲۶$ میلی‌گرم بر لیتر تعیین گردید؛ این نتایج نشان داد درجه سمیت مواد مورد مطالعه برای

*مسئول مکاتبه: abdolreza.jahanbakhshi@yahoo.com

ماهی قرمز به ترتیب شامل کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی بود و ماهی قرمز در برابر کلرید جیوه مقاومت کمتری نسبت به دو ماده دیگر نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سمیت، کلرید جیوه، کلرید سرب، کلرید روی، ماهی قرمز

مقدمه

متأسفانه رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی و صنعتی منجر به افزایش زیاده‌ها و فاضلاب‌های حاصل از این مراکز و به تبع آلودگی محیط زیست و موجودات آبی می‌گردد (فائو، ۱۹۹۲). آلودگی محیط زیست به‌ویژه افزایش روز افزون فاضلاب‌های صنعتی حاوی ترکیبات مختلف آلاینده‌های پایدار فلزات سمی، مهمترین عاملی است که امروزه بیشترین توجه محافل علمی را به خود جلب نموده است (محمدنژادشموشکی و شاهکار، ۲۰۰۹). وجود عناصر سنگین و سمی در آب‌ها به عنوان عامل بسیار زیان‌بار برای آبزیان تلقی می‌شود. فلزات سنگین به دو دسته‌ی فلزات واسطه و شبه‌فلزات تقسیم می‌شوند. فلزات واسطه شامل روی، مس، کبالت و منگنز می‌باشد که در غلظت‌های پایین برای متابولیسم جانداران ضروری و در مقادیر بالا سمی هستند. شبه‌فلزات آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه را شامل می‌شوند که حتی در غلظت‌های پایین نیز سمی هستند و برای فرآیندهای زیستی مورد نیاز نمی‌باشند (الصاق و ربانی، ۲۰۱۰). آلودگی محصولات آبی به فلزات سنگین نکته قابل توجهی است به این علت که فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری^۱ هستند و برخلاف ترکیبات آلی از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و این ویژگی سبب انتشار زیاد این فلزات در زنجیره غذایی می‌گردد، آن‌چنان‌که مقادیر آن‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر حالت طبیعی افزایش یابد (خداننده، ۲۰۰۰). عناصر مس، روی، کادمیوم، جیوه و سرب بیشترین مقادیر فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی می‌باشند (رند، ۱۹۹۵).

از عوامل موثر بر تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی می‌توان به طول، وزن، سن و جنس ماهی، نیازهای اکولوژیکی و عادت غذایی ماهی، غلظت فلز سنگین موجود در آب و رسوب، مدت زمان حضور ماهی در محیط آلوده و خواص فیزیکی و فیزیوشیمیایی آب اشاره کرد (کیان و همکاران، ۲۰۰۱؛ کانلی و آتلی، ۲۰۰۳).

ماهی‌ها به‌طور گسترده به‌عنوان نشانگرهای زیستی برای ارزیابی سطح آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی و وضعیت سلامت اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شوند. در این بین ماهی قرمز به عنوان گونه مدل در بین ماهیان شناخته شده و همان‌طور که به‌طور گسترده در مطالعات تولیدمثلی و بررسی‌های هورمونی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بجرسلیوس، ۱۹۹۵) در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثرات آلاینده‌ها در آبزیان، به‌عنوان گونه مدل است؛ به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعات پالرمو و همکاران، ۲۰۰۸؛ تئودورسکو و همکاران، ۲۰۱۲؛ تئودوروویک، ۲۰۰۰ اشاره نمود.

با توجه به این که حضور آلاینده‌های شیمیایی در آب ممکن است عواقب شدید زیست محیطی را القا کند و در نتیجه بر یکپارچگی اکوسیستم‌های آبی تأثیر گذارد (اشرج، ۲۰۰۵؛ فارومی و همکاران، ۲۰۰۷؛ ووسیلین و جانکایت، ۲۰۰۶) این سؤال که چه میزان و چه غلظتی از این عناصر و سموم می‌تواند حیات آبزیان را به مخاطره اندازد، مورد پژوهش محققین است. در این آزمایش به لحاظ وجود مقادیر قابل ملاحظه روی، سرب و جیوه در فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی، غلظت سمی و کشنده (LC_{50}) این فلزات سنگین تعیین و شاخص‌های غلظت کشنده آن‌ها در ماهی قرمز پژوهش می‌گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور پژوهش حاضر بچه ماهیان قرمز که به روش تکثیر مصنوعی تولید شدند، به مرکز پژوهش‌های آبی‌پروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. بچه ماهیان به منظور سازش با موقعیت جدید به مدت یک هفته نگهداری گردیدند. در دوره آدابتاسیون دوبار در روز غذادهی صورت گرفت و در دوره آزمایش غذادهی قطع شد.

غذای مصرف نشده پس از زمان غذادهی، با سیفون نمودن از کف تانک‌ها خارج شده تا از آلودگی آب تانک جلوگیری گردد. در طی آزمایش حتی‌المقدور شرایط آب (مانند پی‌اچ، دما، سختی و اکسیژن محلول در آب) را کنترل نموده به‌طوری‌که در طی دوره آزمایش تنها عامل متغیر دوزهای مختلف آلودگی باشد (دی‌گیولیو و هیتتون، ۲۰۰۸). تمامی تانک‌های نگهداری ماهیان مجهز به سیستم هوادهی بودند.

پس از طی دوره آدابتاسیون، ۱۰۵ قطعه بچه ماهی قرمز در ۵ تیمار در معرض کلرید سرب و کلرید جیوه و ۱۶۸ قطعه ماهی قرمز در ۸ تیمار از غلظت‌های مختلف کلرید روی در تانک‌های

فایبرگلاس ۴۰۰ لیتری قرار گرفتند. در هر تیمار ۲۱ قطعه ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین مقادیر غلظت کشنده، بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده روی میزان سمیت کلرید سرب، کلرید روی و کلرید جیوه، چندین غلظت از هر ماده در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که غلظت ایجاد کننده ۱۰۰ درصد تلفات و غلظت غیر کشنده در بین این غلظت‌ها قرار گرفت. برای تعیین سمیت کشنده از روش استاندارد آبی سی دی^۱ استفاده گردید (وینهوون و همکاران، ۲۰۰۹). تمامی ماهیان به مدت ۹۶ ساعت در غلظت‌های مورد نظر نگهداری شده و میزان مرگ و میر در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت شد (جهانبخشی و همکاران، ۲۰۱۲). مقادیر LC₅₀ و محدوده اطمینان^۲ ۹۵٪ مطابق دستورالعمل اصلاح یافته فینی توسط بودود و ریبر (۱۹۹۷) با روش آنالیز پروبیت^۳ مرگ و میر در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ محاسبه شد. علاوه بر LC₅₀، مقادیر کشنده دیگر شامل LC₁، LC₁₀، LC₃₀، LC₇₀ و LC₉₀ با استفاده از جدول پروبیت، جدول مرگ‌ومیر پروبیت و رگرسیون آن به دست آمد. در روش پروبیت، لگاریتم غلظت‌های آلاینده در محور ایکس و مقادیر پروبیت درصد مرگ‌ومیر در محور ایگرگ قرار می‌گیرد. محدوده اطمینان ۹۵ درصد با رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۱} \quad LC_{50} (95\% LC) = LC_{50} \pm 1.96 [SE (LC_{50})]$$

در این رابطه، مقدار SE با فرمول $SE(LC_{50}) = \frac{1}{b \cdot \sqrt{p(1-p)w}}$ بدست می‌آید که در آن b شیب خط رگرسیون آلاینده/پروبیت، p مقدار آلاینده استفاده شده، n تعداد ماهیان مورد استفاده در هر گروه، w میانگین وزن ماهیان است.

نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌های ابتدایی به منظور یافتن محدوده کشندگی کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی بر روی ماهی قرمز محدوده‌ی غلظت‌های ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان محدوده‌ی کشندگی کلرید جیوه و محدود غلظت ۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان محدوده کشندگی کلرید سرب و همچنین غلظت‌های ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌عنوان محدوده‌ی کشندگی کلرید روی در

1- OECD

2- Confidence limits

3- Probit analysis

بچه ماهیان قرمز تعیین گردید (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).
در نهایت بر اساس آزمایشات انجام گرفته و بر مبنای روش آماری برنامه پروبیت مقادیر LC₁₀، LC₃₀، LC₅₀، LC₇₀، LC₉₀، LC₉₉ کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در بچه ماهیان قرمز به دست آمد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). بر طبق شکل‌های ۴، ۵ و ۶ مقدار غلظت کشنده ۹۶ ساعت کلرید جیوه ۰/۸۷، کلرید سرب ۸۸/۸ و کلرید روی ۹۲/۶ میلی‌گرم بر لیتر حاصل شد.

جدول ۱- تعداد تلفات ماهی قرمز در طی قرارگیری در معرض کلرید جیوه (HgCl₂) (تعداد ماهیان برای هر غلظت=۲۱)

تعداد تلفات				غلظت
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	(میلی‌گرم بر لیتر)
۰	۰	۰	۰	شاهد
۰	۰	۰	۰	۰/۰۵
۰	۰	۰	۰	۰/۲۰
۲	۰	۰	۰	۰/۵۰
۱۹	۱۸	۹	۳	۱/۰۰

جدول ۲- تعداد تلفات ماهی قرمز در طی قرارگیری در معرض کلرید سرب (PbCl₂) (تعداد ماهیان برای هر غلظت=۲۱)

تعداد تلفات				غلظت
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	(میلی‌گرم بر لیتر)
۰	۰	۰	۰	شاهد
۰	۰	۰	۰	۳
۰	۰	۰	۰	۱۵
۰	۰	۰	۰	۶۰
۲۱	۱۸	۱۰	۶	۱۲۰

بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۳)، شماره (۲) تابستان ۱۳۹۳

جدول ۳- تعداد تلفات ماهی قرمز در طی قرارگیری در معرض کلرید روی ($ZnCl_2$) (تعداد ماهیان برای هر غلظت=۲۱)

تعداد تلفات				غلظت (میلی گرم بر لیتر)
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	
۰	۰	۰	۰	شاهد
۰	۰	۰	۰	۵
۰	۰	۰	۰	۱۰
۰	۰	۰	۰	۲۰
۰	۰	۰	۰	۴۰
۰	۰	۰	۰	۶۰
۱۵	۱۰	۴	۳	۱۰۰
۲۱	۱۳	۱۲	۹	۱۵۰

جدول ۴- غلظت‌های کشنده (LC_{1-99}) کلرید جیوه ($HgCl_2$) در فاصله زمانی (۲۴-۹۶ ساعت) در ماهی قرمز

فاصله اطمینان ۹۵ درصد				غلظت (میلی گرم بر لیتر)
۹۶ ساعت	۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	
0.60 ± 0.41	0.60 ± 0.36	0.62 ± 0.66	0.79 ± 0.94	LC_1
0.72 ± 0.41	0.72 ± 0.36	0.80 ± 0.66	0.96 ± 0.94	LC_{10}
0.81 ± 0.41	0.81 ± 0.36	0.93 ± 0.66	1.08 ± 0.94	LC_{30}
0.87 ± 0.41	0.87 ± 0.36	1.03 ± 0.66	1.17 ± 0.94	LC_{50}
0.93 ± 0.41	0.93 ± 0.36	1.12 ± 0.66	1.26 ± 0.94	LC_{70}
1.02 ± 0.41	1.02 ± 0.36	1.25 ± 0.66	1.38 ± 0.94	LC_{90}
1.14 ± 0.41	1.14 ± 0.36	1.44 ± 0.66	1.56 ± 0.94	LC_{99}

جدول ۵- غلظت‌های کشنده (LC_{1-99}) کلرید سرب ($PbCl_2$) در فاصله زمانی (۲۴-۹۶ ساعت) در ماهی قرمز

فاصله اطمینان ۹۵ درصد				غلظت (میلی گرم بر لیتر)
۹۶ ساعت	۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	
62.7 ± 0.05	71.4 ± 0.06	82.10 ± 0.13	86.41 ± 0.16	LC_1
74.4 ± 0.05	86.4 ± 0.06	100.5 ± 0.13	106.3 ± 0.16	LC_{10}
82.9 ± 0.05	97.2 ± 0.06	113.9 ± 0.13	120.7 ± 0.16	LC_{30}
88.8 ± 0.05	104.7 ± 0.06	123.1 ± 0.13	130.7 ± 0.16	LC_{50}
94.7 ± 0.05	112.2 ± 0.06	132.4 ± 0.13	140.7 ± 0.16	LC_{70}
103.2 ± 0.05	123.0 ± 0.06	145.7 ± 0.13	155.1 ± 0.16	LC_{90}
114.9 ± 0.05	137.9 ± 0.06	164.2 ± 0.13	175.0 ± 0.16	LC_{99}

جدول ۶- غلظت‌های کشنده (LC₁₋₉₉) کلرید روی (ZnCl₂) در فاصله زمانی (۹۶-۲۴ ساعت) در ماهی قرمز

فاصله اطمینان ۹۵ درصد				غلظت
۹۶ ساعت	۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	(میلی‌گرم بر لیتر)
۶۴/۶±۰/۰۵	۳۳/۲±۰/۸۵	۶۱/۴±۱/۵	۵۶/۹±۱/۳	LC ₁
۷۷/۲±۰/۰۵	۷۷/۰±۰/۸۵	۹۷/۷±۱/۵	۱۰۰/۸±۱/۳	LC ₁₀
۸۶/۳±۰/۰۵	۱۰۸/۸±۰/۸۵	۱۲۳/۹±۱/۵	۱۳۲/۵±۱/۳	LC ₃₀
۹۲/۶±۰/۰۵	۱۳۰/۷±۰/۸۵	۱۴۲/۱±۱/۵	۱۵۴/۵±۱/۳	LC ₅₀
۹۸/۹±۰/۰۵	۱۵۲/۷±۰/۸۵	۱۶۰/۴±۱/۵	۱۷۶/۵±۱/۳	LC ₇₀
۱۰۸/۰±۰/۰۵	۱۸۴/۵±۰/۸۵	۱۸۶/۶±۱/۵	۲۰۸/۳±۱/۳	LC ₉₀
۱۲۰/۶±۰/۰۵	۲۲۸/۳±۰/۸۵	۲۲۲/۹±۱/۵	۲۵۲/۱±۱/۳	LC ₉₉

جدول ۷- شاخص‌های سمیت کشنده کلرید جیوه، کلرید سرب، کلرید روی در ماهی قرمز

LOEC	NOEC	LC ₅₀	غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر لیتر)
۰/۷۲	۰/۰۸۷	۰/۸۷±۰/۴۱	کلرید جیوه
۷۴/۴	۸/۸۸	۸۸/۸±۰/۰۵	کلرید سرب
۷۷/۲	۹/۲۶	۹۲/۶±۰/۰۵	کلرید روی

غلظت‌های فلزات سنگین در جانداران آبی به فاکتورهایی مانند فاصله جاندار از منبع آلودگی، حضور یون‌های موجود در اکوسیستم (گیسی و وینر، ۱۹۷۷)، عادت‌های غذایی، رفتار تغذیه‌ای (جهانبخشی و همکاران، ۲۰۱۲)، دما، انتقال فلز از غشا، نرخ متابولیسم جاندار (مک‌لئود و پسا، ۱۹۷۳) و نیز تغییرات فصلی در سطوح غذایی مختلف بستگی دارد. بالا بودن میزان شاخص LC₅₀ نشان‌دهنده سمیت کمتر می‌باشد زیرا که غلظت بیشتری مورد نیاز است تا ۵۰ درصد تلفات را در ماهیان ایجاد کند (هدایتی و همکاران، ۲۰۱۰).

بر طبق نتایج بدست آمده میزان غلظت کشنده ۹۶ ساعت کلریدهای جیوه، سرب و روی برای بچه ماهیان قرمز به ترتیب ۰/۸۷±۰/۴۱، ۸۸/۸±۰/۰۵ و ۹۲/۶±۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). که بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که حداکثر غلظت مجاز^۱ براساس فرمول

1- MAC: Maximum allowable concentration

(TRC, ۱۹۸۴) که عبارت است از LC_{50} 96h ۰/۱ که همان غلظت موثر^۱ نیز نامیده می‌شود برای کلریدهای جیوه، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۸۷، ۸/۸۸، ۹/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. حداقل غلظت موثر^۲ که به آن غلظت کشنده ۹۶ ساعت نیز اطلاق می‌شود (فینی، ۱۹۹۰) برای کلریدهای جیوه، سرب و روی به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۷۴، ۷۷/۲ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه گردید.

پژوهش‌های انجام شده در مورد ماهیان خاویاری نشان داد که غلظت کشنده ۹۶ ساعت فلزات سنگین سرب، روی و کادمیم بر بچه ماهیان ازون برون با شرایط تقریباً مشابه و سختی ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۱۲۰/۶۱، ۸/۶۵ و ۵/۱ میلی‌گرم بر لیتر و غلظت کشنده ۹۶ ساعت برای تاسماهی ایرانی به ترتیب برابر ۱۲۸/۴، ۹/۷ و ۴/۱ میلی‌گرم بر لیتر است (میرزایی، ۲۰۰۴)، از طرفی پژوهش‌های انجام شده در مورد آثار حاد فلزات سنگین بر ماهیان دیگر بیانگر آن است که غلظت کشنده فلز سرب در ۹۶ ساعت برای بچه ماهیان کپور معمولی که کوچکتر از ۳/۵ سانتی‌متر و بزرگتر از ۶ سانتی‌متر هستند به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (آلام و ماوغان، ۱۹۹۵) همچنین زمینی (۱۹۹۶) اظهار داشت که غلظت کشنده فلز سرب در ۹۶ ساعت برای بچه ماهیان انگشت‌قد فیتوفاگ و آمور به ترتیب ۵۰/۴۸ و ۷۲/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد؛ در حالی که میزان غلظت کشنده فلز سرب در ماهی آزاد ۸ ماهه و قزل‌آلای رنگین‌کمان ۹ تا ۱۶ ماهه به ترتیب ۰/۴۳۸ و ۰/۸۲۵ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است (مانس، ۱۹۹۰). با مقایسه داده‌های حاصل از پژوهش‌های محققان دیگر می‌توان به این نتیجه رسید که ماهیان خاویاری از مقاومت بیشتری در برابر سرب نسبت به آزاد ماهیان و کپور ماهیان برخوردار می‌باشند.

از بررسی نتایج حاصل از این پژوهش چنین استنباط می‌شود که درجه سمیت مواد مورد مطالعه برای ماهی قرمز به ترتیب شامل کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی می‌باشد و کلرید جیوه از نظر سمیت در رتبه اول قرار دارد. سمیت کمتر کلریدهای سرب و روی می‌تواند به دلیل تمایل زیاد آن‌ها به واکنش با املاح آب باشد که ممکن است رسوب یابند و از ستون آب خارج شوند، به همین دلیل سرب در اکوسیستم‌های آبی، در غلظت‌های بالاتر بر آبزیان تاثیر می‌گذارد، سرب با رسوب کردن می‌تواند بر موجودات بتتیک تاثیر بگذارد و در نهایت وارد بدن موجودات بتتیک شده، سپس توسط ماهیان مصرف گردد. در نهایت زیان آن برای انسان است که از ماهیان محیط‌های آلوده استفاده می‌کند.

1- NOEC: No observed effect concentration

2- LOEC : Lowest observed effect concentration

سپاسگزاری

بدین وسیله از اساتید محترم و همکاران گرامی گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و همچنین مسئولین محترم مرکز پژوهش‌های آبی‌پروری شهید ناصر فضلی برآبادی به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات لازم قدردانی و تشکر می‌گردد.

منابع

1. Alam, M.K. and Maughan, O.E. 1995. Acute toxicity of heavy metals to common carp (*Cyprinus carpio*). Journal A. 30(8): 180-181.
2. Ashraj, W. 2005. Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of *Epinephelus microdon* fish from the Arabian Gulf. Environ. Monit. Assess. 101(1-3): 311-316.
3. Bjerselius, R., Olsen, K.H. and Zheng, W. 1995. Endocrine, gonadal and behavioral responses of male crucian carp *Carassius carassius* to the hormonal pheromone 17, 20-dihydroxy-4-pregnen- 3-one. Chem. Senses. 20: 221-230.
4. Boudou, A. and Ribeyre, F. 1997. Aquatic ecotoxicology: from the ecosystem to the cellular and molecular levels. Environ. Health Perspect. 105: Suppl. 1. Pp: 21-35.
5. Canli, M. and Atli, G. 2003. The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ. Pollut. 9(121): 129-136.
6. Di Giulio, R.T. and Hinton, D.E. 2008. The Toxicology of Fishes. Taylor and Francis, Pp: 319-884.
7. Elsagh, A. and Rabani, M. 2010. Determination of heavy metals in salt from filtration with water washing method and comparing with standard. 2nd Iranian Congress for Trace Elements. 5p. [Persian].
8. FAO. 1992. Pollution is a global problem in the fishing industry. Fisheries Company Press. Pp: 18-21.
9. Farombi, E.O., Adelowo, O.A. and Ajimoko, Y.R. 2007. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African Cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. Int. J. Environ. Res. Public Health. 4(2): 158-165.
10. Finney, D. 1990. Probit Analysis. Cambridge Univ., Press. Pp: 1-222.
11. Giesy, J.P. and Wiener, J.G. 1977. Frequency distributions of trace metal concentrations in five freshwater fishes. Trans. Am. Fish. Soc., 106: 393-403.
12. Hedayati, A.A., Safahieh, A., Savar, A. and Ghofleh Marammazi, J. 2010. Assessment of aminotransferase enzymes in Yellowfin sea bream under experimental condition as biomarkers of mercury pollution. World Journal of Fish and Marine Science. 2(3): 186-192.
13. Jahanbakhshi, A., Hedayati, A.A., Ahmadvand, Sh. and Jafar Nodeh, A. 2012. Detection of acute toxicity test of crude diesel oil on Beluga, *Huso huso*. Toxicology and Industrial Health. Pp: 1-5.

14. Khodanandeh, S. 2000. Accumulation of heavy metals in sediments and aquatic sea Mazandaran. *Journal of Water and Wastewater*. 39: 19-20, 38-42.
15. MacLeod, J.C. and Pessah, E. 1973. Temperature effects on mercury accumulation, toxicity and metabolic rate in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30. Pp: 485- 492.
16. Mance, G. 1990. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Science Publishers LTD. Pp: 32-123.
17. Mirzaee, J. 2004. Determination LC₅₀ 96h of Heavy metals copper, zinc, lead and cadmium on the *Acipenser percisus* and *Acipenser stellatus*. Master's Thesis in Fisheries, Islamic Azad University of Lahojan. Pp: 1-4.
18. Mohammad Nejad Shamoushaki, M. and Shahkar, E. 2009. Determination the lethal concentration (LC₅₀ 96h) of chloropyrifos and diazinon on (*Rutilus rutilus caspicus*). *Journal of fishery*, 3(4): 1-7.
19. Mohapatra, B.C. and Rengarajan, K. 1995. A manual of bioassays in the laboratory and their techniques. CMFRI Spec. Pub. 64, CMFRI, Cochin, India, 75p.
20. Palermo, F.A., Mosconi, G., Angeletti, M. and Polzonetti-Magni, A.M. 2008. Assessment of water pollution in the Toronto River (Italy) by applying useful biomarkers in the fish model *Carassius auratus*. *Arch Environ Contam Toxicol*, 55: 295-304.
21. Qian, S.S., Hicks, W., Keating, J., Moore, D.R.J. and Teed, R.S. 2001. A predictive model for mercury fish tissue concentrations for the southeastern United States. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 941-947.
22. Rand, G.M. 1995. Fundamentals of aquatic toxicology. Ecological Services Inc. Second edition. 23, 338p.
23. T.R.C., O.E.C.D. 1984. Guideline for Testing of Chemical Section 2, Effects on biotic systems. Pp: 1-39.
24. Teodorescu, D., Munteanu, M.C., Staicu, A.C. and Dinischiotu, A. 2012. Changes in lactate dehydrogenase activity in *Carassius auratus gibelio* (L. Pysces) kidney, gills and intestine induced by acute exposure to copper. *Romanian Biotechnological Letters*. 17(6): 7873-7880.
25. Teodorovic, I., Djukic, N., Maletin, S., Miljanovic, B. and Jugovac, N. 2000. Metal pollution index: proposal for freshwater monitoring based on trace metal accumulation in fish. *Tiscia*, 32: 55-60.
26. Vosyliene, M.Z. and Jankaite, A. 2006. Effect of heavy metal model mixture on rainbow trout biological parameters. *Ekologija*, 4: 12-17.
27. Wijnhoven, S.W.P., Peijnenburg, W.J.G. M., Herberts, C.A., Hagens, W.I. and Oomen, A.G. 2009. Nanosilver- A review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment, *Nanotoxicology*, 3(2): 109-138.
28. Zamini, A. 1996. Determination lethal concentration (LC₅₀ 96h) of heavy metals lead and cadmium on two species of the Chinese carp: *Ctenopharyngodon idella* and *Hipophthalmichthys molitrix*. Master's Thesis in Fisheries, Islamic Azad University of Lahojan. 52p.