

Determination of lethal concentration of mercuric chloride ($HgCl_2$), chloride lead ($PbCl_2$) and zinc chloride ($ZnCl_2$) in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Edris Rahimikia¹, Sara Vali², Paria Akbary³,
Abdolreza Jahanbakhshi⁴

1. Assistant Professor of Agriculture Group, Tehran Payamnoor University, Tehran, Iran
 2. Former M.Sc. Student of Fisheries Group, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
 3. Assistant Professor of Fisheries Group, Marine Sciences Faculty, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran
 4. Ph.D. Student of Fisheries Group, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural, Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
- (Received: Sep. 20, 2012 - Accepted: Aug. 14, 2016)

Abstract

Heavy metals are the important pollution which there is in the aquatic ecosystems. Today, with advances in technology have increased the pollution therefore it is important to assessment the risks. The aim of this study was acute toxicity effects of mercury chloride, lead chloride and zinc chloride in silver carp fish. In this study there were 5 treatments for lead chloride and mercury chloride and 6 treatments for zinc chloride. The average lethal concentration (LC50) of these insecticides on fish within 96 hours was determined using probit analysis. Toxicity tests at 96 hours, 100% mortality shown at 1 mg per liter concentration for mercuric chloride and 60 mg per liter concentration for lead chloride and zinc chloride. LC50 96h was for mercuric chloride 0.55 ± 0.63 , Lead chloride 39.9 ± 0.76 and Zinc chloride on 41.1 ± 0.20 . Based on this it was concluded that mercury chloride more toxic to silver carp fish compare to lead and zinc chloride so we should prevent the entrance of such substances, specific mercury, to the aquatic ecosystems.

Keywords: mercury chloride, lead chloride, zinc chloride, LC50 96h, Silver Carp

تعیین غلظت کشنده کلرید جیوه ($HgCl_2$)، کلرید سرب ($PbCl_2$) و کلرید روی ($ZnCl_2$) در کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)

ادریس رحیمی کیا^{۱*}، سارا والی^۲، پریا اکبری^۳،
عبدالرضا جهانبخشی^۴

۱. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
 ۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست
 ۳. استادیار گروه شیلات، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی
 ۴. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده شیلات و محیط زیست
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۳۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۵/۲۴)

چکیده

فلزات سنگین از مهمترین آلودگی‌های موجود اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی این آلودگی‌ها افزایش یافته‌اند به همین جهت ارزیابی خطرات آنها ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات حاد سموم کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی در ماهی کپور نقره‌ای بوده است. در این بررسی ۵ تیمار برای کلریدهای جیوه و سرب و ۶ تیمار برای کلرید روی در نظر گرفته شد. میزان متوسط غلظت کشنده LC_{50} این سموم بر روی بچه ماهیان مورد آزمایش طی ۹۶ ساعت با روش آنالیز آماری پروبیت تعیین گردید. تست‌های سمیت در مدت ۹۶ ساعت، ۱۰۰ درصد تلفات را برای کلرید جیوه در غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر، کلرید سرب و کلرید روی در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر را نشان دادند. LC_{50} 96h برای کلرید جیوه 0.55 ± 0.63 ، کلرید سرب 39.9 ± 0.76 و برای کلرید روی 41.1 ± 0.20 می‌باشد. که از ارقام به دست آمده این نتیجه گرفته شد که کلرید جیوه سمیت بیشتری برای کپور ماهیان نقره‌ای نسبت به کلرید سرب و کلرید روی دارد و می‌بایست از ورود فلزات سنگین به‌ویژه کلرید جیوه به محیط‌های طبیعی جلوگیری شود.

واژه‌های کلیدی: کلرید جیوه، کلرید سرب، کلرید روی، LC_{50} 96h، کپور نقره‌ای.

مقدمه

امروزه با توسعه صنایع و کارخانجات و افزایش بی‌رویه جمعیت در شهرها و همچنین توسعه مناطق کشاورزی مقادیر زیادی از پساب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی که حاوی ترکیبات شیمیایی به‌ویژه عناصر سنگین هستند وارد محیط‌های آبی می‌گردد (Plaskett and Wicker and Gantt, 1994; Potter, 1979). پس از ورود این عناصر به محیط‌های آبی، در اندام‌ها و بافت‌های جانداران آبی انباشته می‌شوند و در نهایت وارد زنجیره غذایی می‌گردند. میزان انباشتگی و همچنین جذب فلزات سنگین در آبزیان تحت تأثیر شرایط فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک و اکولوژیک محیط آبی قرار دارد (Jaffar et al., 1998; Wicker and Gantt, 1994; Forstner and Wittman, 1979; Plaskett and Potter, 1979). فلزات سنگین مس (Cu)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، سرب (Pb) و نیکل (Ni) بیشترین فلزات سنگین موجود در اکوسیستم‌های آبی هستند که در مقادیر بیش از حد آستانه سمی می‌باشند. روی و مس در غلظت‌های پایین ضروری می‌باشند (Jalali and Aghazadeh Meshki, 2006). اگر فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط‌های آبی وجود داشته باشند سبب رخ دادن بسیاری از مسائل و مشکلات زیست محیطی در اکوسیستم‌ها می‌گردند. این فلزات باعث تغییراتی در پارامترهای خونی می‌گردند و همچنین مانع سنتز DNA شده و در فرایند تولید اسپرم در ماهی‌ها اختلال ایجاد می‌کنند (Jalali and Aghazadeh Meshki, 2006).

در زمینه آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی تحقیقات متعددی صورت گرفته است که از نظر سلامت انسان و بهداشت عمومی بسیار با اهمیت می‌باشند. از سوی دیگر هدف ثانویه این تحقیقات نگهداری حالت تعادل اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (Dadallahi et al., 2009). ماهی کپور نقره‌ای در

چین و آب‌های معتدل مشاهده می‌شود. در صنعت آبی‌پروری به‌عنوان یک ماهی پرورشی به آب‌های معتدل آسیا، اروپا و آمریکا معرفی شده است. در ایران ماهی فیتوفاگ در سیستم کشت توأم ۵۰ درصد از ترکیب گونه‌های کشت توأم را به‌خود اختصاص می‌دهد. ماهی کپور نقره‌ای با اسم علمی (*Hypophthalmichthys molitrix*) بسیار شبیه ماهی کپور سرگنده می‌باشد اما در اندازه کیل شکمی که تا باله مخرجی توسعه یافته است با بیگ هد اختلاف دارد و فاقد لکه‌های سیاه رنگی است که در بیگ هد مشاهده می‌شود (Robinson and Buchanan, 1988). اشکال بالغ این ماهیان فیتوپلانکتون و دتريت مصرف می‌کنند و به‌دلیل عدم رقابت غذایی بیگ هد با ماهی کپور علف‌خوار با این ماهیان پرورش داده می‌شود به‌طوری‌که در مدیریت پرورش برای بهبود و اصلاح کیفیت آب از آن استفاده می‌نمایند (Herodek et al., 1989; Smith, 1989).

با توجه به اهمیت این ماهیان که از منابع غذایی مهم برای انسان می‌باشند و با توجه به آلودگی محیط زیست این ماهیان به‌ویژه افزایش روز افزون فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی که حاوی آلاینده‌های فلزات سنگین و سموم کشاورزی می‌باشند، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه فلزات سنگین صورت گرفته است. برای تعیین میزان خطرات این فلزات باید مشخص شود چه غلظتی از این فلزات برای این ماهیان خطرناک است لذا در این تحقیق سمیت حاد فلزات سنگین جیوه، سرب و روی به‌دلیل این که مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها در فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی وجود دارد با هدف تعیین غلظت کشنده (LC50 96h) و همچنین تعیین حداکثر غلظت مجاز این سموم محاسبه گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز آبی‌پروری شهید ناصر فضلی برآبادی گروه شیلات انجام شد. در این تحقیق از بچه

غلظت‌ها در محور X و مقادیر پروبیت درصد تلفات در محور Y قرار می‌گیرد. مقادیر LC₁₀، LC₃₀، LC₅₀، LC₇₀، LC₉₀، LC₉₉ توسط جدول‌های پروبیت، تلفات پروبیت و رگرسیون محاسبه گردید.

نتایج

تأثیر غلظت‌های مختلف کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی در طی زمان‌های مختلف در معرض‌گذاری به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است و براساس روش آماری پروبیت آنالیز میزان LC₅₀ در طی مدت ۹۶ ساعت محاسبه شد (Soltani and Khosbavar Rostami, 2002).

در پایان این پروژه بر اساس نتایج حاصل از جدول‌های ۱، ۲ و ۳ و همچنین استفاده از نرم افزار پروبیت آنالیز مقادیر LC₁₀، LC₃₀، LC₅₀، LC₇₀، LC₉₀، LC₉₉ کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی در طی مدت زمان ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت محاسبه شد که به ترتیب در جدول‌های ۴، ۵ و ۶ آورده شده است.

جدول ۱. تعداد تلفات کپور نقره‌ای در مدت در معرض‌گذاری حاد در برابر کلرید جیوه (HgCl₂) (n=۲۱ برای هر غلظت)

غلظت (mg/L)	تعداد تلفات			
	۲۴ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۹۶ (ساعت)
شاهد	۰	۰	۰	۰
۰/۰۵	۰	۰	۰	۰
۰/۲۰	۰	۱	۱	۴
۰/۵۰	۰	۳	۶	۷
۱/۰۰	۱۵	۱۷	۲۰	۲۱

بر اساس این جدول‌ها میزان غلظت کشنده سموم کلرید جیوه، کلرید سرب و سولفات روی در مدت ۴ روز متوالی (۹۶ ساعت) برای ۵۰ درصد از ماهیان کپور نقره‌ای به ترتیب ۰/۵۵، ۳۹/۹ و ۴۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر غلظت مجاز این سموم به ترتیب ۰/۰۵۵، ۳/۹۹ و ۴/۱۱ محاسبه شد.

ماهیان کپور نقره‌ای با میانگین وزنی 30 ± 1 گرم برای مشخص کردن آثار سمیت حاد فلزات سنگین کلرید جیوه، سرب و روی استفاده شد. بچه ماهیان از یک مزرعه پرورش ماهیان گرمابی در شهر گنبد خریداری و به بخش ونیرو این مرکز انتقال داده شدند تا برای انجام آزمایشات مربوطه مورد استفاده قرار گیرند. به‌منظور آدپتاسیون بچه ماهیان با شرایط جدید آن‌ها به‌مدت یک هفته در داخل تانک‌های فایبرگلاس ۴۰۰ لیتری نگهداری شدند. در مدت آدپتاسیون ماهیان روزانه غذا-دهی شدند. ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایشات از دادن غذا به بچه ماهیان خودداری شد تا از آلودگی محیط جلوگیری شود (Javadi, 1999). برای دست‌یابی به نتیجه بهتر می‌بایست حتی‌المقدور شرایط فیزیکی و شیمیایی را کنترل نموده تا در طول آزمایش ثابت باشد و تنها غلظت‌های مختلف این سموم عامل متغیر و تعیین کننده باشد (Di Gilio et al., 2008). میانگین دما، pH، اکسیژن محلول و سختی آب به ترتیب برابر با 28 ± 1 درجه سانتی‌گراد، ۷/۷۵، ۸/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و $295 \pm 2/7$ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بود. پس از تعیین محدوده کشندگی و تعیین غلظت‌های کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی، آزمایش LC₅₀ در این محدوده صورت گرفت. ماهیان در ۵ تیمار برای کلرید جیوه (صفر، ۰/۰۵، ۰/۲۰، ۰/۵۰، ۱/۰۰) و کلرید سرب (صفر، ۳، ۱۵، ۶۰، ۱۲۰) و ۶ تیمار برای کلرید روی (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰) میلی‌گرم بر لیتر در غلظت‌های مختلف این سموم قرار داده شدند. این آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد و یک تیمار شاهد نیز در نظر گرفته شد. تمامی ماهیان به‌مدت ۴ شبانه‌روز (۹۶ ساعت) تحت تأثیر غلظت‌های مورد نظر قرار گرفتند. در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت میزان تلفات آن‌ها محاسبه شد (Hedayati et al., 2010). در پایان آزمایش پس از محاسبه تعداد تلفات، داده‌های آزمایش با استفاده از روش آماری پروبیت (probit analysis) و نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Finney, 1990). در روش پروبیت لگاریتم

جدول ۲. تعداد تلفات کپور نقره‌ای در مدت در معرض گذاری حاد در برابر کلرید سرب (PbCl₂) (n=۲۱) برای هر غلظت)

غلظت (mg/L)	تعداد تلفات			
	۹۶ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۲۴ (ساعت)
شاهد	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰
۱۵	۱	۱	۰	۰
۶۰	۲۱	۱۶	۷	۳
۱۲۰	۲۱	۲۱	۱۹	۱۷

جدول ۳. تعداد تلفات کپور نقره‌ای در مدت در معرض گذاری حاد در برابر کلرید روی (n=۲۱) برای هر غلظت)

غلظت (mg/L)	تعداد تلفات			
	۹۶ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۲۴ (ساعت)
شاهد	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰
۲۰	۱	۰	۰	۰
۴۰	۱۰	۷	۴	۱
۶۰	۲۱	۱۶	۹	۴

جدول ۴. غلظت‌های کشنده (LC₁₋₉₉) کلرید جیوه (HgCl₂) (انحراف معیار ± میانگین) در فاصله زمانی (۲۴-۹۶ ساعت) در کپور نقره‌ای

	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)		فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
	۲۴ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۹۶ (ساعت)
LC ₁	۰/۶۴±۰/۷۴	۰/۲۳±۰/۸۷	۰/۳۱±۰/۲۲	۰/۰۳±۰/۶۳
LC ₁₀	۰/۷۷±۰/۷۴	۰/۴۷±۰/۸۷	۰/۴۲±۰/۲۲	۰/۲۶±۰/۶۳
LC ₃₀	۰/۸۶±۰/۷۴	۰/۶۳±۰/۸۷	۰/۵۰±۰/۲۲	۰/۴۳±۰/۶۳
LC ₅₀	۰/۹۳±۰/۷۴	۰/۷۵±۰/۸۷	۰/۵۵±۰/۲۲	۰/۵۵±۰/۶۳
LC ₇₀	۰/۹۹±۰/۷۴	۰/۸۷±۰/۸۷	۰/۶۱±۰/۲۲	۰/۶۷±۰/۶۳
LC ₉₀	۱/۰۸±۰/۷۴	۰/۰۳±۰/۸۷	۰/۶۹±۰/۲۲	۰/۸۴±۰/۶۳
LC ₉₉	۱/۲۱±۰/۷۴	۱/۲۷±۰/۸۷	۰/۸۰±۰/۲۲	۱/۰۸±۰/۶۳

جدول ۵. غلظت‌های کشنده (LC₁₋₉₉) کلرید سرب (PbCl₂) (انحراف معیار ± میانگین) در فاصله زمانی (۲۴-۹۶ ساعت) در کپور نقره‌ای

	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)		فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
	۲۴ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۹۶ (ساعت)
LC ₁	۲۷/۳±۱/۱۴	۱۱/۷±۰/۸۱	۳۰/۶±۰/۲۸	۲۶/۶±۰/۷۶
LC ₁₀	۵۵/۶±۱/۱۴	۴۳/۹±۰/۸۱	۴۱/۲±۰/۲۸	۳۲/۶±۰/۷۶
LC ₃₀	۷۶/۱±۱/۱۴	۶۷/۲±۰/۸۱	۶۷/۲±۰/۲۸	۳۶/۹±۰/۷۶
LC ₅₀	۹۰/۴±۱/۱۴	۸۳/۳±۰/۸۱	۴۸/۹±۰/۲۸	۳۹/۹±۰/۷۶
LC ₇₀	۱۰۴/۶±۱/۱۴	۹۹/۵±۰/۸۱	۵۴/۲±۰/۲۸	۴۲/۹±۰/۷۶
LC ₉₀	۱۲۵/۱±۱/۱۴	۱۲۲/۸±۰/۸۱	۵۹/۶±۰/۲۸	۴۷/۲±۰/۷۶
LC ₉₉	۱۵۳/۴±۱/۱۴	۱۵۵/۰±۰/۸۱	۷۷/۹±۰/۲۸	۵۳/۱±۰/۷۶

جدول ۶. غلظت‌های کشنده (LC₁₋₉₉) کلرید روی (ZnCl₂) (انحراف معیار ± میانگین) در فاصله زمانی (۲۴-۹۶ ساعت) در کپور نقره‌ای

	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)		فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
	۲۴ (ساعت)	۴۸ (ساعت)	۷۲ (ساعت)	۹۶ (ساعت)
LC ₁	۴۸/۹±۰/۲۶	۲۰/۸±۰/۰۲	۱۷/۷±۰/۰۲	۲۷/۶±۰/۲۰
LC ₁₀	۵۸/۱±۰/۲۶	۳۹/۳±۰/۰۲	۳۲/۴±۰/۰۲	۳۳/۷±۰/۲۰
LC ₃₀	۶۴/۷±۰/۲۶	۵۲/۸±۰/۰۲	۴۳/۲±۰/۰۲	۳۸/۱±۰/۲۰
LC ₅₀	۶۹/۳±۰/۲۶	۶۲/۱±۰/۰۲	۵۰/۶±۰/۰۲	۴۱/۱±۰/۲۰
LC ₇₀	۷۳/۹±۰/۲۶	۷۷/۰±۰/۰۲	۵۸/۰±۰/۰۲	۴۴/۱±۰/۲۰
LC ₉₀	۸۰/۶±۰/۲۶	۸۴/۸±۰/۰۲	۶۸/۷±۰/۰۲	۴۸/۵±۰/۲۰
LC ₉₉	۸۹/۸±۰/۲۶	۱۰۳/۴±۰/۰۲	۸۳/۵±۰/۰۲	۵۴/۶±۰/۲۰

بحث و نتیجه گیری

در سال‌های اخیر آلودگی محیط‌های طبیعی و آبی از عمده‌ترین مشکلات دنیای رو به پیشرفت می‌باشد سیستم‌های آبی همواره با مشکلات ناشی از آلودگی مواجه هستند که از منابع متفاوتی مانند فاضلاب‌های صنعتی، پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری وارد آن‌ها می‌شوند (Yacub and Gad, 2012). مطالعات آزمایشگاهی می‌تواند بیان‌گر خطر بالای سموم در محیط‌های آبی باشند. داده‌ها و اطلاعات حاصل از آزمایشات سم‌شناسی در علم اکوتوکسیکولوژی نمایان‌گر تأثیرات وارد شده از سوی این سموم بر جمعیت ماهیان آب شیرین است (Francisco et al., 1994). به‌طور کلی عوامل متعددی بر نتایج آزمایشات سمیت تأثیرگذار می‌باشد که از این عوامل می‌توان به خصوصیات آب و ویژگی‌های زیستی گونه‌های آزمایشی اشاره کرد. بنابراین در زمان انجام تست‌های سمیت حاد لازم است که با استفاده از روش‌های آزمایش استاندارد متغیرهای خارجی و تصادفی را به‌حداقل برسانیم. همچنین باید از سالم بودن گونه‌های مورد آزمایش اطمینان کسب کنیم و آن‌ها را به‌طور تصادفی توزیع نماییم (Sharyaati Feizabadi, 2001).

طی مدت ۹۶ ساعت در کلیه آزمایشات سمیت حاد هیچ گونه تلفاتی در ماهیان گروه شاهد مشاهده نشد. نتایج حاصل از آزمایشات تأثیر انفرادی فلزات سنگین جیوه، سرب و روی بر بدن بچه کپور ماهیان نقره‌ای نشان‌دهنده مؤثر بودن غلظت‌های ۰/۲ تا ۱ میلی‌گرم بر لیتر برای کلرید جیوه، غلظت‌های ۱۵ تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر برای کلرید سرب و غلظت‌های ۲۰ تا ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر برای کلرید روی بر میزان تلفات کپور ماهیان نقره‌ای می‌باشد. کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی به‌ترتیب در غلظت‌های ۰/۵۵، ۳۹/۹ و ۴۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر سبب مرگ و میر ۵۰ درصد در مدت زمان ۹۶ ساعت شدند. بر

اساس نتایج به‌دست آمده در مدت ۹۶ ساعت، با افزایش ساعات آزمایش مقدار دوز پایین‌تری از این سموم سبب تلفات ۵۰ درصد در ماهیان می‌گردد، یعنی همواره میزان LC₅₀ در ۲۴ ساعت نخست آزمایش بیشتر از این میزان در ۹۶ ساعت پایان آزمایش است زیرا به مرور زمان مقاومت بدن ماهی کم می‌شود و سم فرصت تأثیرگذاری بیشتری دارد (Sharifpour et al., 2003).

تحقیقات مشابهی بر روی سم کلرید جیوه در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، لامپری (WHO, 1989)، سرچرب مینو (*Pimephale promelas*) (Snarski & Olson 1982) صورت گرفته است و میزان LC₅₀ این ماهیان در مدت ۹۶ ساعت به‌ترتیب ۰/۰۴۲، ۰/۰۴۸، ۰/۰۷۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد، همچنین مقدار LC₅₀ 96h برای کپور نقره‌ای ۰/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد. این مقادیر دامنه مشابهی از سمیت را در ماهیان آب شیرین نشان می‌دهند. از مقایسه مقادیر به‌دست آمده این نتیجه گرفته شد که ماهیان مذکور از لحاظ حساسیت به‌ترتیب زیر می‌باشند:

قزل‌آلای رنگین‌کمان < لامپری < ماهی سرچرب مینو < کپور نقره‌ای.

تحقیقات مشابه دیگری در مورد تعیین مقدار LC₅₀ فلز سرب در مدت ۹۶ ساعت بر بچه ماهیان انگشت قد فیتوفاگ و امور صورت گرفته است و مقادیر LC₅₀ در این ماهیان به‌ترتیب ۵۰/۴۸ و ۷۲/۲ میلی‌گرم بر لیتر در ۹۶ ساعت تعیین شد (Zamini, 1996). در حالی‌که میزان LC₅₀ این فلز در قزل‌آلای رنگین‌کمان ۹ تا ۱۶ ماهه، ۰/۸۲۵ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است (Mance, 1990). با توجه به این‌که این مقدار برای کپور نقره‌ای ۳۹/۹ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شده است، می‌توان گفت کپور ماهیان مقاومت بیشتری در برابر فلز سرب در مقایسه با آزادماهیان دارند.

کلرید سرب و کلرید روی است. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق توصیه می‌گردد که تا حد امکان باید از ورود فلزات سنگین به‌خصوص جیوه و مشتقات آن به محیط‌های آبی طبیعی جلوگیری شود.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم مرکز تحقیقات آبی‌پروری شهید ناصر فضلی برآبادی گروه شیلات به‌دلیل در اختیار قرار دادن امکانات لازم، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد میزان LC_{50} 96h کلرید جیوه، کلرید سرب و کلرید روی به‌ترتیب $۰/۵۵ \pm ۰/۶۳$ ، $۳۹/۹ \pm ۰/۷۶$ ، $۴۱/۱ \pm ۰/۲۰$ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶) و میزان حداکثر غلظت مجاز این سموم به‌ترتیب $۰/۰۵۵$ ، $۳/۹۹$ و $۴/۱۱$ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد. بر طبق این مقادیر کلرید جیوه سمیت بیشتری برای کپور ماهیان نقره‌ای دارد، زیرا مقدار LC_{50} آن در طی ۹۶ ساعت کمتر از مقادیر به‌دست آمده برای

REFERENCES

- Dadallahi, S.A.; Nabavi, M.; Khirvar, N.; (2009). Biometric characteristics associated with the accumulation of heavy metals in muscle tissue and shirbut (*Barbus grypus*) in Arvand River. Iranian Journal of Fisheries Sciences; 4: 27-33. (In Farsi)
- Di Giulio, RT.; Hinton, DE.; (2008). The Toxicology of Fishes. Taylor & Francis, 319-884.
- Finney, D.; (1990). Probit Analysis Cambridge Univ, Press; pp. 1-222.
- Forstner, U.; Wittman, G.T.W.; (1979). Metal pollution in the aquatic environmental. Spring Verlag, New York, USA. 486P.
- Francisco, A.A.; Eugenio, L.; Megdalena, D.A.; (1994). Acute toxicity of the herbicide glyphosate to fish. Chemospher; 28: 735-745.
- Hedayati, A.; Safahieh, A.; Savari, A.; 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.
- Herodek, S.; Tatrai, I.; Olah, J.; Voros, L.; (1989). Feeding experiments with Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val) fry. Aquacult; 83: 331- 344.
- Jaffar, M.; Ashraf, M.; Rasool, A.; (1998). Heavy metal contents in some selected local freshwater fish and relevant waters. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research; 31(3): 189-193.
- Jalali, B.; Aghazadeh Meshki, M.; (2006). Fish poisoning by heavy metals in water and its importance in public health. Man Book, Tehran, 140p. (In Farsi)
- Javadi, M.; (1999). Bactericidal concentration (LC_{50}) and damages due to pesticide Endosulfan in beluga (*Huso Huso*), Master's thesis fishery. Department of Natural Resources and Marine Sciences. Tarbiat Modarres University, 67 p. (In Farsi)
- Mance, G.; (1990). Pollution threat of heavy metals in aquatic environments, Elsevier Science Publishers LTD; pp. 32-123.
- Plaskett, D.; Potter, I.; (1979). Heavy metal concentrations in the muscle tissue of 12 species of teleosts from cockburn sound, Western Australia. Australian Journal of Marine and Freshwater Research; 30(5): 607P.
- Robinson, HW.; Buchanan, TM.; (1988). Fishes of Arkansas. The University of Arkansas Prsss, Fayetteville. 535 pps.
- Sharifpour, A.; Soltani, M.; Javadi, M.; (2003). Bactericidal concentration (LC_{50}) and damages due to pesticide indosulfan in beluga (*Huso Huso*), Iranian Journal of Fisheries Sciences; 4: 69-84. (In Farsi).
- Sharyati Feizabadi, F.; (2001).

- Determination of phenol, 1-naphthol and fungicides Hinosan on bream, white and silver carp, M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, North Unit of Tehran, Faculty of Marine Science and Technology. 160 pp. (In Farsi)
- Snarski, V.M.; Olson, G.F.; (1982). Chronic toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in the Fathead Minnow (*Pimephales promelas*). *Aqua. Toxicol*; 2: 143-156.
- Soltani, M.; Khoshbavar Rostami, H.A.; (2002). Study the effects of diazinon on some hematological and biochemical indices of *Acipenser guldenstadti*. *Journal of Marine Sciences*; 4: 64-75.
- Wicker, A.M.; Gantt, L.K.; (1994). Contaminant assessment of fish *Rangia* clams and sediments in the Lower Pamlico River, North Carolina. U.S. Fish and Wildlife Service, Ecological services. 16P.
- World Health Organization (WHO); (1989). Mercury environmental aspects. WHO, Geneva, Switzerland. pp. 25-64.
- Yacoub, A.M.; Gad, N.S.; (2012). Accumulation of some heavy metals and biochemical alterations in muscles of *Oreochromis niloticus* from the River Nile in Upper Egypt. *International Journal of Environmental Science and Engineering*; 3: 1-10.
- Zamini, A.; (1996). LC50 lethal concentrations of heavy metals lead and cadmium on two types of Chinese grass carp. M.Sc. thesis. Lahijan Islamic Azad University. 52 p.