

Evaluation of Lethal Concentration (LC₅₀) of Zinc Chloride (ZnCl₂) and its Effects on Behavioral Responses of Gray Mullet (*Mugil cephalus*)

Parvin Sadeghi^{1*}, Naghimeh Kesalkhe²

1. Assistant Professor of Marine Biology Department, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

2. M. A., Marine Biology Department, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

(Received: Dec. 11, 2015 - Accepted: Oct. 23, 2017)

بررسی غلظت کشندگی متوسط کلرید روی (ZnCl₂) و اثرات رفتاری آن در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*)

پروین صادقی^{۱*}، نغمه کسلخه^۲

۱. استادیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه

دریانوردی و علوم دریایی چابهار

۲. کارشناس ارشد، زیست‌شناسی جانوران دریا، گروه زیست‌شناسی دریا،

دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۱)

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی غلظت کشندگی متوسط کلرید روی (ZnCl₂) و اثرات رفتاری ناشی از سمیت حاد آن در ماهی کفال خاکستری بود. برای انجام این آزمایش، ماهی کفال خاکستری با میانگین وزنی ۷/۴۲ گرم و طول کل ۶/۵۱ سانتی‌متر از خلیج چابهار صید شد. برای پیدا کردن محدوده کشندگی کلرید روی (Rang Finding Test) ماهیان در معرض دوزهای انتخابی از کلرید روی (۰/۵، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار گرفتند. براساس آزمون محدوده کشندگی، برای تعیین LC₅₀-96h ماهیان به مدت ۹۶ ساعت در معرض ۴ دوز ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ میلی‌گرم بر لیتر کلرید روی قرار گرفتند. آزمایش با سه تکرار و ۲۱ قطعه ماهی در هر تیمار انجام پذیرفت. در طول آزمایش، خصوصیات فیزیوشیمیایی آب اندازه‌گیری شد که میانگین دما، pH، اکسیژن محلول و شوری به ترتیب برابر با ۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۷/۷۵، ۸/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و ۳۸ ppt بود. تعداد مرگ و میر ماهیان در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از در معرض‌گذاری و همچنین تغییرات رفتاری ماهیان ثبت شد. تغییرات رفتاری مشاهده شده در ماهیان طی دوره آزمایش شامل واژگونی، شنا در سطح آب، تظاهرات عصبی، بلعیدن هوا از سطح آب، باز و بسته شدن سریع سرپوش‌های آبششی، پرخونی و خونریزی ناحیه دهان، آبشش‌ها و باله‌های ماهی، حرکت آهسته، تغییر رنگ بدن و افزایش ترشح موکوس بود. مقدار LC₅₀ کلرید روی برای ماهی کفال خاکستری در شرایط ایستا و آزمایشگاهی با استفاده از برنامه SPSS Probit Analysis محاسبه و میزان آن ۱۷/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد.

Abstract

The present study aimed to investigate the Median Lethal Concentration (LC₅₀) Toxicity of Zinc Chloride (ZnCl₂) and its effect on behavioral responses of gray mullet (*Mugil cephalus*). To do so, healthy gray mullet with mean weight 7.42 g and mean length 6.51cm were caught from Chabahar Bay. At first, the fish were exposed to ZnCl₂ at several selected concentrations of 0.25, 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40 ppm for rang finding test, then the fish were exposed to four concentrations of 16, 17, 18 and 19 mg/L of ZnCl₂ for LC₅₀-96h. The experiment was carried out in triplicate and 21 fish per each treatment. Physicochemical properties of water were measured continuously throughout the experiment. The temperature, pH, dissolved oxygen and salinity were 30 °C, 7.75, 8.25 mgO₂ L⁻¹ and 38 ppt respectively. Mortality and behavioral responses of the fish were recorded after 24, 48, 72 and 96 h. The behavioral changes observed in the fish at the experiment period included reversal, swimming on water surface, nervous manifestations, swallowing air, rapid opening and closing of the operculum, congestion and bleeding of mouth, gills and fish fins, slow movement, change of body color and increased mucus secretion. LC₅₀ of zinc chloride value was calculated with SPSS and Probit Analysis and was determined to be 17.33 mg/L in a static bioassay test system.

Keywords: Behavior, Gray Mullet, LC₅₀, Zinc Chloride.

واژه‌های کلیدی: کلرید روی، کفال خاکستری، رفتار، LC₅₀.

مقدمه

آلودگی منابع آبی طبیعی به‌وسیله فلزات سنگین آزادشده توسط ضایعات صنعتی، خانگی و دیگر فعالیت‌های انسانی باعث نگرانی در دهه‌های گذشته شده است (Waqar *et al.*, 2013). فلزات سنگین به صورت گسترده‌ای وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند و حتی در سال‌های اخیر، باعث ایجاد خطراتی در آب‌های شهری شده‌اند (Di Giulio & Hinton, 2008). آلودگی آب‌ها به‌وسیله پساب‌های صنعتی حاوی مواد آلی و فلزات سنگین، یک خطر جدی برای موجودات زنده آبی و بهداشت عمومی محسوب می‌شود (Velma *et al.*, 2009). اثرات این نوع آلاینده‌ها را می‌توان به سه دسته حاد (تغییرات مورفولوژیکی)، تحت‌حاد (تغییرات هیستوپاتولوژیک) و مزمن (تغییرات ژنتیکی) دسته‌بندی کرد (Shojaei & Dorafshan, 2012). موجودات آبی به علت تنوع زیاد و مجاورت بسیار با آلاینده‌های فلزات سنگین و همچنین شباهت ساختار فیزیولوژیکی با دیگر مهره‌داران، به عنوان بهترین نشانگرهای زیستی برای بررسی تأثیرات آلودگی به فلزات سنگین محسوب می‌شوند (Shojaei & Dorafshan, 2012). اثرات مخرب فلزات سنگین بر ارگانیسم‌های آبی با استفاده از آزمون سمیت کشنده تعیین می‌شود که یک رابطه بین دوز سم و مرگ و میر را نشان می‌دهد و به ما در پیش‌بینی اثرات مخرب و حاد مواد شیمیایی تخلیه شده در پیکره‌های آبی کمک می‌کند (APHA, 2005). زیست‌سنجی‌های سمیت (غلظت‌های کشنده و تحت کشنده) برای ارزیابی سمیت فلزات سنگین و ارزیابی پتانسیل گونه‌های مختلف ماهی در پاسخ به سمیت فلزات استفاده می‌شود (Abdullah *et al.*, 2007). آزمون سمیت حاد، امکان ارزیابی سریع اثرات سموم مختلف بر روی موجودات زنده را فراهم می‌کند. روی (Zn) به‌ندرت در طبیعت به صورت یون‌های آزاد وجود دارد و معمولاً در ترکیب با سایر عناصر معدنی یافت می‌شود. این عنصر در مقادیر بالاتر از نیاز

زیستی برای آبزیان سمی است (Yim & Kim, 2006). افزایش سطوح روی در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند بر اثر تخلیه پساب‌های صنعتی، تخلیه و رسوب روی از طریق اتمسفر، شستشوی فاضلاب‌های محلی و مواد زائد فعالیت‌های معدنی، آفت‌کش‌ها و فرایندهای گالوانیزاسیون باشد (Yim & Kim, 2006). عنصر روی به عنوان یک فلز نادر در فرایندهای متابولیسمی ماهی شناخته شده است و به عنوان کاتالیزور در ساختار اکثر آنزیم‌های فعال در سوخت‌وساز انرژی، فعالانه نقش دارد (Jalali & Aghazadeh Meshgi, 2008). با این وجود، غلظت روی ممکن است باعث صدمه رساندن به بافت‌های داخل سلولی و محدود شدن فرایندهای سوخت و ساز شود. همچنین افزایش بیش از حد عنصر روی در محیط‌های آبی سبب مسمومیت شدید ماهی با آن می‌شود که علائم ظاهری مسمومیت با این فلز در آزمایشات، به صورت پرخونی رشته‌های آبششی، سعی در بیرون پریدن ماهی از تشت‌های آزمایش، بلعیدن هوا از سطح و تظاهرات عصبی است (Farhangi *et al.*, 2014).

معیار سمیت کشنده، مرگ و میر است که پاسخ نهایی یک ارگانیسم است. هر چند در آب‌های طبیعی، ماهی عمدتاً تحت تأثیر طولانی مدت غلظت آلاینده و یا مخلوطی از آلاینده‌ها قرار می‌گیرد (Boudou & Ribeyre, 1997). در واقع LC_{50} فعالیت شیمیایی در آب محیط است که باعث مرگ و میر ۵۰ درصد از جمعیت در معرض می‌شود. مقدار بالاتر LC_{50} سمیت کمتری دارد؛ زیرا غلظت‌های بالاتری برای کشتن ۵۰ درصد از موجودات نیاز دارد (Di Giulio *et al.*, 1993).

کفال خاکستری (*Mugil Cephalus*) یک گونه مهم در صنعت آبی‌پروری ایران است و از جمله ماهیان با ارزش اقتصادی محسوب می‌شود که در هر سه حوزه آبی کشور وجود دارد (FAO, 2007). همچنین دارای پتانسیل بالای فروش و پرورش در اروپا، شرق و جنوب آسیا است و تقاضای مصرف‌کنندگان منجر به توسعه

تعیین‌کننده باشند. در ابتدا به دلیل وجود نداشتن اطلاعات در مورد فلز روی و اثرات آن در ماهی مورد آزمایش نیاز به انجام آزمایش برای پیدا کردن محدوده کشندگی فلز سنگین روی بود که برای پیدا کردن محدوده کشندگی (Rang Finding Test) ماهیان، در معرض دوزهای انتخابی (۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) کلرید روی قرار گرفتند. به منظور تهیه محلول ذخیره روی، در آزمون سمیت کشنده از نمک کلرید روی مرک آلمان ($ZnCl_2$) و آب دو بار تقطیر استفاده شد. برای انجام این کار، گروه‌های ۴ عددی ماهی برای مدت ۹۶ ساعت در تانک‌های فایبرگلاس ۴۰ لیتری در معرض کلرید روی قرار گرفتند و در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت میزان تلفات آنها محاسبه شد. پس از تعیین محدوده کشندگی و تعیین غلظت‌های کلرید روی، آزمایش LC_{50} صورت گرفت. ماهیان در ۴ تیمار در غلظت‌های مختلف کلرید روی (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داده شدند. این آزمایشات در ۳ تکرار و ۷ ماهی در هر تیمار انجام و یک تیمار شاهد نیز در نظر گرفته شد. تمامی ماهیان به مدت ۴ شبانه روز (۹۶ ساعت) تحت تأثیر غلظت‌های مورد نظر قرار گرفتند. شرایط انجام آزمایش، ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی، میانگین دما ۳۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین pH ۷/۷۵ و میانگین اکسیژن محلول ۸/۲۵ میلی‌گرم اکسیژن بر لیتر بود. ماهیان در طول دوره آزمایش غذاهای نشدند. در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت میزان تلفات آنها محاسبه شد. در پایان آزمایش پس از محاسبه تعداد تلفات، داده‌های آزمایش با استفاده از روش آماری آنالیز پروبیت (probit analysis) و نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این روش، لگاریتم غلظت‌های آلاینده در محور X و مقادیر درصد تلفات ماهی در محور Y قرار می‌گیرد. مقادیر LC_1 ، LC_{10} ، LC_{30} ، LC_{50} ، LC_{70} ، LC_{80} ، LC_{90} ، LC_{99} به وسیله جداول پروبیت، تلفات پروبیت و

پرورش فشرده این‌گونه در کشورهای آسیایی شده است. با توجه به بررسی پیشینه تحقیق، مشخص شد که تا به حال تحقیقات چندانی در مورد تعیین غلظت کشندگی متوسط فلز سنگین روی در کفال ماهیان دریای عمان و خلیج چابهار انجام نشده است؛ لذا اطلاعات در خصوص سمیت با روی در ماهی کفال خاکستری در دریای عمان و خلیج چابهار ناچیز است در نتیجه انجام این مطالعه ضروری و مهم به نظر می‌رسد. همچنین این ماهی بخشی از رژیم غذایی مردم را تشکیل می‌دهد و به علت تجمع فلزات سنگین در بدن ماهیان و اثرات مخرب این آلاینده‌ها در بدن انسان و با توجه به اینکه روی از عناصر ضروری بدن انسان است و در مقادیر بالا سمیت ایجاد می‌کند، مطالعه بر روی این موجود لازم است. از سوی دیگر، مقادیر فلز روی در منطقه خلیج چابهار و دریای عمان بالا گزارش شده است (Loghmani, 2015). هدف از انجام این مطالعه تعیین غلظت کشندگی متوسط کلرید روی ($ZnCl_2$) و اثرات رفتاری آن، بر گونه ارزشمند و قابل پرورش کفال خاکستری بود.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط آزمایشگاهی

برای انجام این آزمایش ۱۳۷ قطعه ماهی کفال خاکستری با میانگین وزنی ۷/۴۲ گرم و طول کل ۶/۵۱ سانتی‌متر از آب‌های ساحلی چابهار صید و به مرکز تحقیقات آبی‌پروری آب‌های دور چابهار منتقل شد. به منظور سازگاری بچه ماهیان با شرایط جدید آنها به مدت یک هفته در تانک‌های فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری نگهداری شدند. در مدت سازگاری، ماهیان روزانه غذاهای نشدند. ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایشات از دادن غذا به بچه ماهیان خودداری شد تا از آلودگی محیط جلوگیری شود. برای دستیابی به نتیجه بهتر، حتی‌المقدور شرایط فیزیکی‌وشیمیایی کنترل شد تا با ثابت بودن آنها در طول آزمایش، تنها غلظت‌های مختلف این سموم عامل متغیر و

میزان LC_{50} با افزایش زمان در معرض‌گذاری کاهش می‌یابد و این بیانگر افزایش میزان سمیت با افزایش مدت زمان در معرض‌گذاری است. به عبارت دیگر، با افزایش ساعات آزمایش میزان غلظت کمتری از فلز لازم است تا ۵۰ درصد از جمعیت ماهیان تلف شوند و مقدار LC_{50} در ۲۴ ساعت اولیه آزمایش همواره بیشتر از LC_{50} در پایان ۹۶ ساعت است. میزان فلز سنگین روی برای ماهی کفال خاکستری ۱۷/۳۳ تعیین شد (شکل ۱).



شکل ۱. مقدار غلظت کشنده (LC_{1-99}) کلرید روی برای ماهی کفال خاکستری

در ساعات اولیه آزمایش، در تمامی غلظت‌ها حرکات سریع پرشی ماهیان به سطح بیرون مشاهده شد و در سطح آب تجمع کردند. پس از گذشت زمان، به حالت اولیه برگشتند ولی تندتر از حالت عادی تنفس می‌کردند. در نهایت، فعالیت آنها کاهش یافته و در کف تانک‌ها به حالت وارونه قرار گرفتند. در ماهیان مرده، ریختن فلس‌ها، بیرون‌زدگی چشم و خونریزی خفیف زیر جلدی در سر، شکم و کناره باله‌ها مشاهده شد. تغییرات رفتاری متنوعی در ماهی‌های موجود در غلظت‌های مختلف کلرید روی مشاهده شد. تعدادی از ماهی‌های موجود در تیمار 16 mg/L نزدیک به سطح آب شنا می‌کردند و دچار اختلالات تنفسی شدند؛ به طوری که سرپوش‌های آبششی را تندتر باز و بسته کرده و اطراف سنگ هوا و حباب‌های هوا شنا می‌کردند.

در غلظت 17 mg/L کلرید روی تعداد بیشتری ماهی نسبت به غلظت 16 mg/L به سطح آب آمدند.

رگرسیون محاسبه شد (Finney, 1971) و تغییرات رفتاری و ظاهری ماهی در طی آزمایش به طور مرتب بررسی شده و اطلاعات ثبت شد.

نتایج

جدول ۱ ارتباط بین غلظت کلرید روی و درصد مرگ و میر ماهی کفال خاکستری را نشان می‌دهد. تعداد مرگ و میر ماهی کفال خاکستری طی ۹۶ ساعت مواجهه با کلرید روی در جدول ۲ آورده شده است. هیچ‌گونه مرگ و میری در گروه شاهد در طی آزمایش مشخص نشد. تلفات ماهیان با بالا رفتن غلظت‌های کلرید روی و با افزایش زمان بیشتر به صورت معنی‌داری بالا رفت.

جدول ۱. درصد مرگ و میر ماهی کفال خاکستری طی ۹۶ ساعت مواجهه با کلرید روی

غلظت کلرید روی (mg/L)	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۰/۲۵	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰
۲۰	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۳۰	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
۴۰	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪

جدول ۲. میزان مرگ و میر کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) برای تعیین غلظت کشندگی حاد (LC_{50-96h}) در غلظت‌های مختلف کلرید روی ($n=21$ برای هر غلظت)

غلظت کلرید روی (mg/L)	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
شاهد	۰	۰	۰	۰
۱۶	۴	۶	۷	۹
۱۷	۵	۷	۸	۱۰
۱۸	۶	۸	۱۰	۱۰
۱۹	۱۴	۱۴	۱۵	۱۵

بحث و نتیجه گیری

فلز روی از عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی است که به صورت همواستاتیک تنظیم می‌شود و غذاهای دریایی منبع اصلی این عنصر هستند (Wagemann & Muir, 1984). این عنصر، در مقادیر اندک برای ماهی ضروری است و به عنوان کاتالیزور در ساختار اکثر آنزیم‌های فعال در سوخت‌وساز انرژی نقش فعالانه دارد (Jalali & Widianarko *et al.*, 2008). اعلام داشتند که روی یک عنصر بیولوژیکی ضروری است که در بدن ماهی در تراکم معینی تنظیم و نگهداری می‌شود و به عنوان ماده تنظیم کننده بدن شناخته شده است.

مطالعات آزمایشگاهی نشان‌دهنده خطر بالقوه سموم در محیط‌های آبی است. داده‌ها و اطلاعات حاصل از آزمایشات سم‌شناسی در علم اکوتوکسیکولوژی نمایانگر تأثیرات وارد شده از سوی این سموم بر جمعیت ماهیان است (Francisco *et al.*, 1994). به طور کلی عوامل متعددی بر نتایج آزمایشات سمیت تأثیرگذار است که از این عوامل می‌توان به خصوصیات آب و ویژگی‌های زیستی گونه‌های آزمایشی اشاره کرد. بنابراین، در زمان انجام آزمون‌های سمیت حاد لازم است که با استفاده از روش‌های آزمایش استاندارد، متغیرهای خارجی و تصادفی به حداقل رسانده شود. همچنین گونه‌های مورد آزمایش باید سالم بوده و به طور تصادفی توزیع شوند (Shariati Feyzabadi, 2000). پژوهش حاضر با هدف بررسی آزمون سمیت حاد کلرید روی (ZnCl₂) در ماهی کفال خاکستری (*Mugil Cephalus*) صورت گرفت. آزمون سمیت حاد ممکن است اطلاعات جدیدی نسبت به حساسیت ماهی کفال به کلرید روی و همچنین داده‌های مناسبی در مورد تأثیر کلرید روی در محیط‌های آبی فراهم آورد. سمیت حتی در مورد یک گونه خاص و با همان

اضطراب ماهیان به صورت افزایش عکس‌العمل در مقابل محرک‌های بیرونی و تنفس ناموزون و غیر عادی نمود یافت. در این غلظت، حرکات فعال ماهی‌ها افزایش یافت و مرگ و میر در آنها در زمان ۹۶ ساعت مشاهده شد.

در غلظت ۱۸ mg/L ماهی‌ها تلاش زیادی برای فرار از مخزن از خود نشان دادند. تنفس در آنها به سختی انجام می‌شد. کاهش حفظ شناوری و افزایش ترشح موکوس در این غلظت در ماهی‌ها ثبت شد. تنفس در آنها به سختی انجام می‌شد. کاهش حفظ شناوری و افزایش ترشح موکوس در این غلظت در ماهی‌ها ثبت شد. تغییرات رفتاری در غلظت ۱۹ mg/L نسبت به غلظت‌های قبلی مشخص‌تر بود. در این غلظت، برخی ماهی‌ها در آب به صورت واژگون قرار داشتند و برخی دیگر در اطراف پمپ هوا تجمع یافته و به سختی تنفس می‌کردند. کاهش شناوری به وضوح در ماهی‌ها دیده می‌شد و سطح بدن آنها پوشیده از موکوس بود. در باله‌های دمی، مخرجی و پشتی خونریزی مشاهده شد. رنگ بدن ماهی‌ها کمرنگ شد و ناحیه سر ماهی‌ها به رنگ سفید تغییر یافت. اطراف دهان، مخرج، چشم‌ها و باله‌های ماهی خونریزی مشاهده شد. بیرون زدگی چشم‌ها، وجود مخاط فراوان روی سطح بدن و ایجاد لکه‌های خونی در اطراف چشم از عوارض ظاهری قرار گرفتن ماهیان در معرض این فلز بود. اولین تلفات در این غلظت در ۲۴ ساعت اولیه ثبت شد. با تشریح ماهی، موکوس شدیدی در اطراف اندام‌های درونی ماهی و همچنین آبشش‌ها مشاهده شد. کلیه ماهی به رنگ سیاه و کبد، به رنگ قهوه‌ای تیره درآمده بود. آبشش، خونی شده و به قهوه‌ای تغییر رنگ داد. تغییرات رفتاری متنوعی در ماهی‌های موجود در غلظت‌های مختلف کلرید روی مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داد که تغییرات رفتاری و ریخت‌شناختی ماهی کفال خاکستری با افزایش غلظت کلرید روی افزایش می‌یابد.

مشاهدات حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که کلرید روی، اثرات رفتاری و تغییرات ریخت‌شناسی بسیار شدیدی در ماهی کفال خاکستری ایجاد می‌کند. نتایج نشان داد که تغییرات رفتاری و ریخت‌شناختی ماهی کفال خاکستری با افزایش غلظت کلرید روی افزایش می‌یابد. در مطالعه دیگر هم‌راستا با مطالعه حاضر (Sadeghi et al., 2014) اثر فلز سنگین کروم را در هامورماهی لکه زیتونی منقوط مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که درصد مرگ و میر با افزایش مدت زمان مواجهه ماهی با کروم و افزایش غلظت آن افزایش یافت. همچنین اعلام کردند که تغییرات رفتاری مشاهده شده در هامورماهی لکه زیتونی منقوط، طی دوره آزمایش شامل تنفس مشکل، حرکت آهسته، کاهش شناوری، واژگونی، شنا در سطح آب، تجمع در اطراف پمپ هوا، افزایش ترشح موکوس، خونریزی ناحیه آبشش‌ها، دهان و باله‌های ماهی و تغییر رنگ بدن بود. اثرات سمیت کروم با افزایش غلظت آن افزایش یافت که نتایج بدست آمده موافق و مشابه نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر است. (Naji et al., 2008) با مطالعه بر روی ماهیان کپور با وزن ۱۵۰-۱۲۰ گرم نشان دادند که غلظت نیمه‌کشنده سولفات روی در ۹۶ ساعت برابر با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است.

Gul et al. (2014) با مطالعه بر روی ماهی گویی اظهار داشتند LC_{50-96h} برابر با ۳۰/۸۲ میلی‌گرم در لیتر است. آنها تغییر رفتار ماهیانی را که در معرض انواع غلظت‌های سولفات روی قرار داشتند به صورت شنای عمودی، حرکت به پشت، تظاهرات عصبی، حرکات ناگهانی و فرو رفتن به عمق بیان داشتند. تمام مشاهدات نشان داد که سمیت کلرید روی باعث ایجاد تغییرات رفتاری ماهیان می‌شود که بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان گفت که اختلالات فیزیولوژیکی ناشی از سمیت کلرید روی باعث مرگ و میر ماهیان می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که بین میزان مرگ و میر و نرخ بقای

غلظت، بستگی به سایز، سن و همچنین شرایط آزمایشی دارد. تفاوت در سمیت حاد حتی می‌تواند به علت تغییرات در کیفیت آب و گونه‌های مورد آزمایش باشد (Rathore & Khangarot, 2002). در مطالعه اخیر، مقدار LC_{50} کلرید روی نشان داد که این فلز یک فلز سمی برای گونه مورد آزمایش است. میزان LC_{50} فلز سنگین روی برای ماهی کفال خاکستری $17/33 \text{ mg/L}$ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد. یک افزایش معنی‌داری در مرگ‌ومیر ماهیان کفال خاکستری در زمان در معرض قرارگیری از 16 mg/L از کلرید روی به بالا مشاهده شد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، هم‌راستا و موافق با نتایج به دست آمده از سایر محققان در مطالعه فلزات سنگین در جانوران آبی بود. بسیاری از گونه‌های آبی طیف گسترده‌ای از LC_{50} برای کلرید روی را نشان می‌دهند که برای ماهیان آب شور می‌توان به 1500 میکروگرم بر لیتر برای فلگ فیش (*Jordanella floridae*) (Spehar, 1976) و 815 میکروگرم بر لیتر برای سالمون چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) (Chapman, 1978) اشاره کرد. همچنین در مطالعه دیگر Karuppasamy & Ganesan (2015) میزان LC_{50} فلز سنگین روی را برای ماهی دریایی *Channa punctatus* (Bloch) $35/37$ میلی‌گرم بر لیتر اعلام کردند که در مقایسه با ماهی کفال خاکستری در تحقیق صورت گرفته، ماهی مقاوم‌تری در برابر فلز سنگین روی بوده است. هر چند نتایج به دست آمده و نتایج حاصل از سایر مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کلرید روی دارای سمیت برای آبزیان است، اما سمیت این فلز در مقایسه با فلزاتی همچون جیوه بسیار پایین‌تر است. همچنین سمیت حاد فلزات در بین گونه‌های مختلف متفاوت است و برخی ماهیان که به یک فلز خاص بسیار حساس هستند، ممکن است در برابر فلزات دیگر در همان غلظت‌ها از خود مقاومت نشان دهند (Amrollahi, 2010).

صیادان محلی و کارخانجات صنعتی محسوب می‌شود تا استفاده از فلزات سنگین سمی به حداقل رسانده شود.

ماهیان در معرض کلرید روی رابطه وجود دارد (Farihangi *et al.*, 2008). بنابراین، مطالعاتی از این دست، ابزار مفیدی برای ایجاد آگاهی در میان

REFERENCES

- Amrollahi Biuki, N.; Savari, A.; Mortazavi, M.S.; Zolgharnein, H.; (2010). Acute toxicity of cadmium chloride on *Chanos chanos* and their behavior responses. *World Journal Fish Marine Sciences*; 2(6): 481-486.
- APHA.; (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Boudou, A.; Ribeyre, F.; (1997). Aquatic ecotoxicology: from the ecosystem to the cellular and molecular levels. *Environmental Health Perspectives*; 105(1): 21-35.
- Chapman, G.A.; (1978). Toxicities of Cadmium, Copper, and Zinc to Four Juvenile Stages of Chinook salmon and Steelhead. *Transactions of the American Fisheries Society*; 107(6): 841-847.
- Di Giulio, R.T.; Habig, C.; Gallagher, E.P.; (1993). Effect of black rock harbor sediments on indices of biotransformation, oxidative stress, and DNA integrity in channel catfish. *Aquatic Toxicology*; 26: 1-22.
- Di Giulio, R.T.; Hinton, D.E.; (2008). *The Toxicology of Fishes*. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis; 319-884.
- FAO.; (2007). *FAO Species Catalogue, Rutilus frisii kutum and Liza aurata*, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Farhangi, M.; Hajimoradloo, AM.; Rostami Charati, F.; (2014). Determination of lethal concentration 50, 96h of Zinc (LC₅₀96h, ZnSO₄) on Common carp (*Cyprinus carpio*) under experimental condition. *Journal of Animal Researches*; 27(1): 119-125.
- Finney, D.J.; (1971). *Probit Analysis*. Univ. Press, MAF001. Marine and Freshwater Resources Cambridge, pp: 333. Final Report DRDC Project No. Institute, Snobs Creek; 84.
- Francisco, A.A.; Eugenio, L.; Megdalena, D.A.; (1994). Acute toxicity of the herbicide glyphosate to fish. *Chemospher*; 28: 735-745.
- Ganesan, J.; Karuppasamy, R.; (2015). Pattern of zinc accumulation in different tissue of freshwater fish, chana punctatus, under long term exposure. *International journal of modern research and review*; 3(1): 595-598.
- Gary, A.; (1978). Chapman, Toxicities of Cadmium, Copper, and Zinc to Four Juvenile Stages of Chinook salmon and Steelhead. *Transactions of the American Fisheries Society*; 107(6).
- Gul, A.; Yilmaz, M.; Isilak, Z.; (2009). Acute Toxicity of Zinc Sulphate (ZnSO₄.H₂O) to Guppies (*Poecilia reticulata*). *Journal of Science*; 22(2): 59-65.
- Hedayati, A.; Safahieh, A.; (2012). Serum hormone and biochemical activity as biomarkers of mercury toxicity in the yellowfin seabream *Acanthopagrus latus*. *Toxicology and Industrial Health*; 28: 306-319.
- Hotos, G.N.; Vlahos, N.; (1998). Salinity tolerance of *Mugil cephalus* and *Chelon labrosus*, Pisces: Mugilidae fries in experimental conditions. *Aquaculture*; 167: 329-338.
- Javed, M.; (2013). Chronic effects of nickel and cobalt on fish growth. *International Journal of Agriculture and Biology*; 15(3): 575-579.
- Jalali, B.; Aghazadeh Meshgi, M.; (2008). Fish intoxication by heavy metals its significance on public health. *Maan Ketab Press*, ed1, Tehran, Iran; 134.

- Lawrence, A.; Hemingway, K.; (2003). Effects of pollution on fish, molecular effects and population responses. Black-well Science Ltd; 376.
- Loghmani, M.; (2015). Study of metallothionein induction and polychaeta diversity in Chabahar Bay subtidal zone with effects mansoon and heavy metals, using GIS.; PhD. Thesis in Marine biology. Khoramshahr University of marine science and technology; 189 P.
- Naji, T.; Safaeyan, S.H.; Rostami, M.; Sabrjo, M.; (2008). Effects of zinc on gill tissues in common carp (*Cyprinus carpio*). Journal Environmental Science and Technolog; 9(2): 36-29. (Abstract in English)
- Rathore, R.S.; Khangarot, B.S.; (2002). Effect of temperature on the sensitivity of sludge worm *Tubifex tubifex* (Muller) to selected heavy metals. Ecotoxicology and Environmental Safety; 53(1): 27-36.
- Sadeghi, P.; Savari, A.; Movahedinya, A.; Safahieh, A.R.; Ajdari, D.; (2014). Determination the Lethal Concentration (Lc50) of Potassium Dichromate and Behavioral Responses in Epaulet Grouper (*Epinephelus Stoliczkae*). Oceanography 2-014; 3. 5(17):1-9. (Abstract in English)
- Shariati Feyzabadi, F.; (2000). Determination of phenol, 1-naphthol and fungicides Hinosan on bream, white and silver carp, master's thesis, Islamic Azad University, Tehran north. School of Marine Science and Technology; 160p. (Abstract in English)
- Shojaei, N.; Dorafshan, S.; (2012). Health effects of heavy metal pollution in aquatic environments. The National Conference of Caspian Sea fishery resources. (Abstract in English)
- Spehar, R.L.; (1976). Cadmium and Zinc Toxicity to flagfish, *Jordanella floridae*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada; 33(9): 1939-1945.
- Wagemann, R.; Muir, D.C.G.; (1984). Concentration of heavy metals and organochlorine in marine mammals of northern waters overview and evaluation. Can. Techology Rep. Fisheries Aquaculture Science; 1279: 1-90.
- Waqar, K.; Ahmad, I.; Kausar, R.; (2013). Tabassum T, Muhammad A. Use of bioremediated sewage effluent for fish survival. International Journal of Agricultural and Biological Engineering; 15: 988-992.
- Widianarko, B.; Van Gestel, C.A.M.; Verweij, R.A.; Van Straalen, N.M.; (2000). Associations between trace metals in sediment, water and guppy, *Poecilia reticulata* (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. Ecotoxicology and Environmental Safety; 46(1): 101-107.
- Yelghi, S.; Shirangi, S.A.; Ghorbani, R.; Khoshbavar Rostami, H.A.; (2012). Annual cycle of ovarian development and sex hormone of grey mullet (*Mugil cephalus*) in captivity. Iranian Journal of Fisheries Sciences; 11:693-703. (Abstract in English)
- Yim, J.H.; Kim, S.D.; (2006). Effects of hardness on acute toxicity of metal mixtures using *Daphnia magna*. Journal of Hazardous Materials; 138(1): 16-21.