

تعیین محدوده کشندگی و غلظت کشنده (LC₅₀) سولفات مس در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

صبا حسینی^۱، عبدالعلی موحدی‌نیا^{۲*}، محسن حیدری^۳، جواد مهدوی^۴، یعقوب جادی^۵،
زیبا فیضی^۶

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۹۴

تاریخ پذیرش: تیر ۹۴

چکیده

هدف از این مطالعه تعیین غلظت کشنده (LC₅₀ 96h)، سولفات مس بر روی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (با میانگین وزن ۱۰/۰±۰/۳۹ گرم) است. آزمایش سمیت حاد به روش ساکن (Static) و بر اساس دستورالعمل استاندارد O.E.C.D. به مدت ۹۶ ساعت روی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. در آزمایش محدوده کشندگی سولفات مس روی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ۱-۱۰۰۰ mg/L تعیین شد. در طی مدت زمان ۲۴ الی ۹۶ ساعت با افزایش غلظت سولفات مس مرگ و میر بچه ماهیان افزایش پیدا کرد. میزان LC₅₀ 48h نسبت به میزان LC₅₀ 24h کاهش داشت. همچنین غلظت کشنده در مدت زمان ۷۲ ساعت نسبت به ۲۴ و ۴۸ ساعت کاهش واضحی را نشان داد. میزان غلظت کشنده ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته به ترتیب برابر با ۱۰، ۸/۳۷، ۴/۷۹ و ۰/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. با توجه به این که درجه‌بندی سمیت مواد با استفاده از میزان LC₅₀ 96h مشخص می‌شود، از این نظر سولفات مس از نظر سمیت برای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان «خیلی سمی» محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: سمیت، سولفات مس، غلظت کشنده، *Oncorhynchus mykiss*.

- ۱- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران.
- ۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران.
- ۳- دانشجوی دکتری بهداشت آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، ایران.
- ۴- کارشناس ارشد شیلات، مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی شهید مطهری، یاسوج، ایران.
- ۵- کارشناس ارشد آلودگی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران.
- ۶- کارشناس ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: amovahedinia@yahoo.com

مقدمه

مواد آلاینده همانند مس باعث تجمع آن در بافت آبزیان می‌شود. یکی از خطرات ناشی از آن در بافت آلوده، تغییر در ساختار و عملکرد دستگاه‌های حیاتی مثل پوست است. فرمالین و سولفات مس از دسته ترکیباتی هستند که دائماً در مزارع پرورش ماهی جهت درمان عفونت‌های انگلی، قارچی و باکتریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (ستاری، ۱۳۸۱). جستجو و استفاده از داروی مناسب که ضمن کارایی مطلوب، دارای کم‌ترین اثرات سمی باشد، همواره برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از اهمیت بالایی برخوردار بوده است (ابطحی و همکاران، ۱۳۸۴).

حضور مداوم املاح سنگین چنانچه بیش از اندازه باشد منجر به انباشته شدن این عنصر در بافت‌های بدن به ویژه کبد خواهد شد. مس نقش‌های ساختاری و عملکردی فراوانی را در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی از قبیل تولید هموگلوبین و نقش حیاتی در متابولیسم اکسیژن و بسیاری از سیستم‌های آنزیمی دارد (کیابی و همکاران، ۱۳۷۸). با توجه به آن که امروزه مس کاربردهای فراوانی در محیط طبیعی به عنوان آفت‌کش و ماده ضدجلبک دارد، که به راحتی می‌تواند در محیط پرورشی

ماهیان به خاطر اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی به عنوان یک گونه مناسب در ارزیابی سمیت آبزیان مورد توجه هستند. گونه‌های بسیار زیادی از ماهی‌ها برای مطالعات سم‌شناسی استفاده می‌شوند. انتخاب یک گونه برای انجام آزمایش، به در دسترس بودن آن، سهولت پرورش و سهولت حمل و نقل بستگی دارد (Clark, 2001). آبزیان که منبع غذایی انسان را تشکیل می‌دهند، عناصر سنگین شیمیایی رها شده در آب‌ها را در بدن خود جمع می‌کنند و در جریان چرخه‌های زیستی این مواد را به سطح غذایی بالاتر از خود و در نهایت به انسان انتقال می‌دهند. ورود مواد آلاینده به آب‌ها و تجمع آن‌ها در آبزیان به واسطه خطراتی که برای انسان و موجودات دیگر ایجاد می‌کنند از دیدگاه بهداشتی، اقتصادی و اکولوژیکی بسیار حائز اهمیت است. بسیاری از این فلزات به طور طبیعی از اجزای تشکیل دهنده اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند و حتی تعدادی از آن‌ها در بقای موجودات زنده نقش مهمی را ایفا می‌کنند. چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگون از حدود معین فراتر رود باعث به مخاطره انداختن حیات آبزیان می‌شود. افزایش غلظت بعضی از

کلومناریس، بیماری باکتریایی آبشش و کپک‌های آبی در آب‌های سرد موثر بوده، ضد جلبک است. مس برای آبشش‌ها سمی بوده، سرکوب کننده سیستم ایمنی است (ابراهیم‌زاده موسوی و همکاران، ۱۳۸۸).

سولفات مس و فرمالین اکسید کننده‌هایی هستند که می‌توانند برای ضد عفونی سطوح خارجی ماهیان به کار روند. سولفات مس برای ماهیان بسیار سمی است و غلظت کشنده آن به قلیائیت آب بستگی دارد. مشخص شده است که این ترکیب سبب نکروز کلیه، تخریب بافت خون‌ساز، افزایش چربی کبد و مهار برخی از آنزیم‌های گوارشی می‌شود (ستاری، ۱۳۷۸). وجود مس در فاضلاب‌های صنعتی و خانگی یکی از منابع ورود مس به اکوسیستم‌های آبی است که اغلب به صورت نمک‌های سولفات و کلرید محلول به عنوان پساب تخلیه می‌شوند. منبع بالقوه دیگر در مراکز تکثیر، مس آزاد شده از مواد برنجی و مسی است که در ساخت شیرآلات، توری‌ها و لوله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. وارد شدن مس به منابع آبی از این طریق در مناطقی که دارای آب‌های نرم هستند بیش‌تر است. استفاده از برخی ترکیبات حاوی مس، مانند اسپری‌های سولفات مس تحت عنوان جلبک‌کش و قارچ‌کش، از راه‌های دیگر

اثرگذار باشد، از این رو در مطالعه حاضر اثر سمیت حاد فلز مس بر روی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با هدف تعیین غلظت کشنده مورد بررسی قرار گرفته است.

فلز مس اهمیت شایانی برای موجودات زنده دارد و در ساختار آنزیم‌هایی همچون دوپامین بتا هیدروکسیلاز و سوپراکسید دیسموتاز مس-روی وجود دارد (Aaseth and Norseth, 1986) همچنین این فلز، کاربردهای قابل توجهی در محیط‌های آبی و صنعت آبی‌پروری به عنوان ماده درمانی، جلبک‌کش و غیره، دارد (MacKenzie, 1961; Havens, 1994). با این وجود، مس در غلظت‌های فراتر از حد نیاز، اختلالات متعددی را در سطوح مختلف بدن ماهیان ایجاد می‌کند. مس به عنوان آنتاگونیست عنصر حیاتی سدیم، بر فعالیت آنزیم‌های تنظیم کننده یونی مثل پمپ $\text{Na}^+/\text{K}^+ \text{-ATPase}$ اثر می‌گذارد و در نتیجه غلظت یونی بافت‌ها به ویژه بافت‌های دخیل در امر تنظیم اسمزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Pelgrom et al., 1995; Li et al., 1998). همچنین مس تغییرات بیوشیمیایی و هورمونی پلازما را موجب می‌شود (Gravel et al., 2005). از مس برای درمان انگل‌های خارجی و مونوزنها استفاده می‌شود. مس علیه

شد (Inyang et al., 2010) و محدوده کشندگی سولفات مس برای این بچه ماهیان ۱-۱۰۰۰ mg/L به دست آمد.

آزمایش سمیت حاد به روش ساکن (Static) و بر اساس دستورالعمل استاندارد (TRC, 1984) Ò.E.C.D. به مدت ۹۶ ساعت بر روی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. تغذیه بچه ماهیان ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش سمیت حاد متوقف شد (Banaee et al., 2008).

پارامترهای موثر فیزیوشیمیایی آب شامل pH، با استفاده از pH متر دیجیتال (مدل HI-98128، شرکت Hanna، ساخت ایتالیا)، اکسیژن محلول توسط دستگاه اکسیژن‌سنج (مدل WTW، ساخت آلمان) و دما به طور روزانه ثبت شد (جدول ۱).

بعد از تعیین محدوده کشندگی، آزمایش نهایی سمیت حاد سولفات مس روی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در چهار تیمار (غلظت‌های ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر) به همراه یک تیمار شاهد انجام شد. در هر تیمار ۳۰ عدد ماهی درون آکواریوم‌های ۶۰ لیتری محتوی ۴۰ لیتر آب که از قبل

ورود این فلز به صنایع پرورشی عنوان شده است (جلالی جعفری و ورشویی، ۱۳۸۷؛ مشایی، ۱۳۸۸).

هدف از انجام این مطالعه، مشخص کردن محدوده کشندگی و تعیین غلظت کشنده LC₅₀ 96h سولفات مس بر بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در بهمن ماه سال ۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سرد آبی شهید مطهری یاسوج، روی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. برای این منظور ۵۰ قطعه بچه ماهی (با میانگین وزن ۱۰/۰ ± ۰/۳۹ گرم) جهت سازگار شدن با شرایط آزمایش به مدت یک هفته در وان‌های ۶۰ لیتری سالن ونیرو این مرکز نگهداری شد. در این مدت ضمن هوادهی مناسب، غذادهی توسط پلت (روزانه به ازای ۰/۰۲ درصد وزن بدن) صورت گرفت. از آنجایی که غلظت کشنده (LC₅₀ 96h) سولفات مس روی این ماهی معلوم نبود، برای یافتن محدوده کشندگی سولفات مس برای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، ابتدا یک آزمایش اولیه (Range Finding Test) انجام

هوادهی شده بود قرار داده شد. ماهیان تلف شده به محض مشاهده از محیط آکواریوم جمع‌آوری شد و تعداد تلفات ماهی‌ها در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت ثبت و محاسبه شد.

نتایج

پس از اتمام آزمایش داده‌های حاصل از آزمایش سمیت حاد با روش آماری Probit Analysis با سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میزان LC_{5.95} به دست آمد. برای بررسی میزان همبستگی بین

داده‌ها از ضریب همبستگی پیرسون بین مدت زمان قرارگیری در معرض سولفات مس (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) و میزان LC₅₀ در طی زمان‌های ذکر شده استفاده شد.

تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل pH، دما و اکسیژن محلول در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مورد استفاده طی انجام آزمایش‌ها (میانگین ± انحراف معیار)

پارامتر	مقدار
دما (°C)	۱۳/۰۶ ± ۰/۷۷
pH	۶/۷۵ ± ۰/۹۶
اکسیژن محلول (mg/L)	۷/۱۶ ± ۰/۰۹

جدول ۲: میزان مرگ و میر بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در آزمایش سمیت حاد سولفات مس (۱۰ قطعه بچه ماهی در هر تیمار)

غلظت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
شاهد (۰ mg/L)	۰	۰	۰	۰
۱ mg/L	۰	۰	۱	۳
۱۰ mg/L	۰	۰	۳	۵
۱۰۰ mg/L	۵	۸	۹	۹
۱۰۰۰ mg/L	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

میزان مرگ و میر در غلظت‌های ۰، ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پس از ۲۴ ساعت به ترتیب ۰، ۰، ۵ و ۱۰ عدد به دست آمد. بر اساس این نتایج میزان غلظت کشنده (LC₅₋₉₅) سولفات مس برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی زمان ۲۴ ساعت به دست آمد. غلظت کشنده (LC₅₀) سولفات مس روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است.

میزان مرگ و میر پس از ۴۸ ساعت در غلظت‌های ۰، ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۰، ۰، ۰، ۸ و ۱۰ عدد به دست آمد. بر این اساس میزان غلظت کشنده ۴۸ ساعته (LC₅₀ 48h) سولفات مس، ۸/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر است که میزان LC₅₀ 48h نسبت به میزان LC₅₀ 24h کاهش داشته است. سایر مقادیر LC (LC₅₋₉₅) در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: غلظت کشنده (LC₅₋₉₅) سولفات مس بر روی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی زمان‌های ۲۴، ۴۶، ۷۲ و ۹۶ ساعت

LC	غلظت کشنده			
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
LC ₅	۶/۰۰	۵/۲۳	-۱/۵۲	-۴/۳۰
LC ₁₀	۷/۰۷	۵/۹۲	-۰/۱۲	-۰/۱۲
LC ₂₀	۸/۰۸	۶/۷۶	۱/۵۶	۰/۲۵
LC ₃₀	۸/۸۰	۷/۳۷	۲/۷۸	۰/۵۲
LC ₄₀	۹/۴۲	۷/۸۹	۳/۸۲	۰/۷۵
LC ₅₀	۱۰/۰۰	۸/۳۷	۴/۷۹	۰/۹۶
LC ₆₀	۱۰/۵۸	۸/۸۶	۵/۷۶	۱/۱۷
LC ₇₀	۱۱/۲۰	۹/۳۸	۶/۸۰	۱/۴۰
LC ₈₀	۱۱/۹۲	۹/۹۸	۸/۰۲	۱/۶۷
LC ₉₀	۱۲/۹۳	۱۰/۸۲	۹/۷۱	۲/۰۵
LC ₉₅	۱۳/۷۶	۱۱/۵۲	۱۱/۱۰	۲/۳۵

سولفات مس و میزان LC₅₀ در طی زمان‌های ذکر شده معادله خط $Y = -0.0782X + 8.74$ به دست آمد. از آنجا که میزان R² در این معادله بالا و برابر با ۹۸ درصد است می‌توان با این معادله میزان LC₅₀ را در طی زمان‌های مختلف محاسبه کرد (شکل ۱).

جدول ۴: دسته‌بندی سطوح سمیت آفت‌کش‌ها (Louis et al., 1996)

درجه سمیت	LC ₅₀ (mg/L)
نسبتاً سمی	۱۰۰
کمی سمی	۱۰۰-۱۰
متوسط سمی	۱۰-۱
خیلی سمی	۰/۱-۱
شدیداً سمی	۰/۱

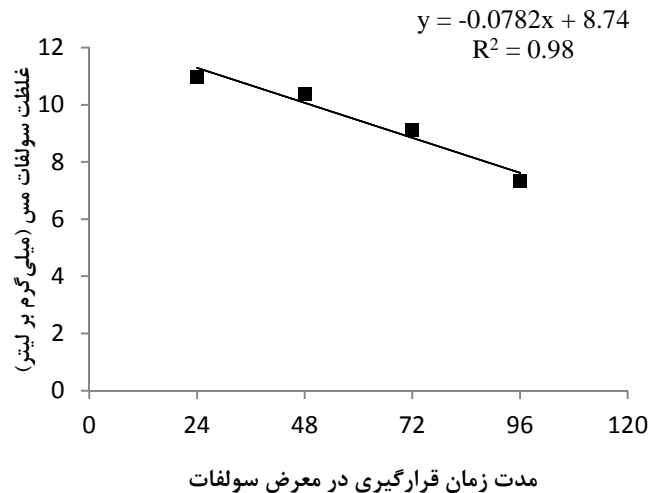
در ۲۴ ساعت اولیه و در تیمار با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با ورود سولفات مس به آب، ماهی‌ها حرکات و شنای سریعی را درون وان از خود نشان دادند و همه بچه ماهی‌های این وان بعد از گذشت ۱۲ ساعت تلف شدند. از علائم دیگر حالت خفگی شدید شنا از کف وان به سطح و شنا به سمت هواده بود.

میزان مرگ و میر پس از ۷۲ ساعت در غلظت‌های ۰، ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۰، ۱، ۳، ۹ و ۱۰ عدد به دست آمد. بر این اساس میزان غلظت کشنده ۷۲ ساعته (LC₅₀ 72h) سولفات مس، ۲/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود کلیه غلظت‌های کشنده در مدت زمان ۷۲ ساعت نسبت به ۲۴ و ۴۸ ساعت کاهش واضحی را نشان می‌دهند.

میزان مرگ و میر پس از ۹۶ ساعت در غلظت‌های ۰، ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۰، ۳، ۵، ۹ و ۱۰ عدد به دست آمد. میزان غلظت کشنده ۹۶ ساعته (LC₅₀ 96h) سولفات مس، ۰/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر است.

با توجه به جدول ۴، و با توجه به این که درجه‌بندی سمیت مواد با استفاده از میزان LC₅₀ 96h مشخص می‌شود، سولفات مس از نظر سمیت برای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان «خیلی سمی» محسوب می‌شود (Louis et al., 1996).

با انجام آزمون همبستگی بین زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت قرارگیری در معرض



شکل ۱: نمودار همبستگی بین مدت زمان قرارگیری در معرض سولفات مس و غلظت‌های مختلف آن

انجام آزمایش همه موجودات مورد آزمایش از یک گروه سالم بوده و توزیع آن‌ها به صورت تصادفی است، نکته‌ای مهم است. یکی از عوامل تاثیرگذار در مسمومیت آبزیان عامل زمان است. هنگامی که ماهی در معرض غلظت ثابتی از سم باشد، به مرور زمان هم مقاومت ماهی تحلیل می‌رود و هم سم فرصت بیش‌تری برای تاثیرگذاری روی ماهی دارد. علاوه بر این در مواردی تجمع سم در بافت‌های ماهی نیز باعث افزایش تاثیر سو آن بر بدن ماهی می‌شود به طوری که در مدت ۹۶ ساعت انجام آزمایش مقدار LC_{50} را پایین می‌آورد. بر اساس جدول ۳، میزان غلظت کشنده سولفات مس در طی

بحث

در هنگام انجام آزمایش سمیت حاد، کنترل کردن شرایط آزمایش از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. عوامل متعددی در نتایج آزمایش‌های سمیت بر روی آبزیان تاثیر دارند که از این میان می‌توان به ویژگی‌های آب و ویژگی‌های زیستی گونه‌های مورد آزمایش اشاره کرد. هنگام اجرای آزمایش‌های سمیت، برای به حداقل رساندن متغیرهای خارجی و تصادفی می‌توان از روش‌های آزمایشی استاندارد شده استفاده کرد و باید شرایط آزمایش را تحت کنترل قرار داد (Abel and Axiak, 1990). اطمینان از این که در هنگام

چهار روز متوالی (۹۶ ساعت) برای ۵۰ درصد از بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (LC₅₀) ۰/۹۶ mg/L (96h) به دست آمد. پس از ۷۲ ساعت از شروع آزمایش در بچه ماهیان وان با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر حالت شنای کند و کم تحرکی مشاهده شد. در وان با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر و وان شاهد بچه ماهیان حالت شنای عادی داشتند و رنگ پوست و حرکات آبشش حالت عادی و طبیعی خود را داشت. وجود علائم آسیب‌شناسی به علت پایین بودن کیفیت آب و یا وجود انگل‌های آبششی، تاثیر سموم را تشدید کرده، تشخیص را مشکل می‌کند. به طور کلی در تیمارها با کاهش pH افزایش اسیدی بیش‌تری داشتند. همچنین میزان اکسیژن وان‌ها کاهش پیدا کرد و بچه ماهی‌ها حالت خفگی را نشان دادند که این حالت با افزایش غلظت سولفات مس افزایش می‌یافت (David et al., 2003).

سطح ۰/۰۱ درصد را برای LC₅₀ 96h سطح ایمن و مطمئن برای آبزیان توصیه می‌کنند (CWQC, 1972) که در این مطالعه (طبق جدول ۳، سطح ۰/۰۱ درصد را برای LC₅₀ 96h برابر با ۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر لیتر است.

با توجه به این که حرکات بچه ماهی‌ها قبل از تلف شدن به نظر می‌رسید شبیه حرکاتی باشد که هنگام کمبود اکسیژن رخ می‌دهد. با توجه به درجه‌بندی سمیت مواد با استفاده از میزان LC₅₀ 96h، سولفات مس از نظر سمیت برای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان «خیلی سمی» محسوب می‌شود.

منابع

- ابراهیم‌زاده موسوی ح. ذبیحی محمود آبادی ع.، قره باغی م. و منصوری دانشی م. ۱۳۸۸. بیماری‌های ماهی‌های زینتی. چاپ دوم. انتشارات علمی آبزیان. ۳۸۴ص.
- ابطحی ب.، نظری ر.، رسولی ع. و شفیعی زاده پ. ۱۳۸۴. مقایسه شاخص درمانی داروهای ضد قارچی فرمالین، سبز مالاشیت و پرمنگنات پتاسیم در تاسماهی ایرانی. مجله پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، (۶۷): ۴۹-۴۲.
- جلالی جعفری ب. و ورشوویی ع. ۱۳۸۷. اطلس بافت‌شناسی ماهی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۸ص.
- Aaseth J. and Norseth T. 1986.** Copper. P: 233–254. In: Friberg L., Nordberg G.F. and Vouk V.B. (Eds.). Handbook on the Toxicology of Metals, Vol. II: Specific Metals. Elsevier, New York.
- Abel P. and Axiak V. 1990.** Ecotoxicology and the marine environment. Old University Building, Malta. 269P.
- Banaee M., Mirvagefei R., Rafei G. and Majazi Amiri B. 2008.** Effect of sub-lethal diazinon concentrations on blood plasma biochemistry. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2(2): 189–198.
- Clark R.B. 2001.** Marine pollution. Oxford University Press. London. 398P.
- CWQC, Committee on Water Quality Criteria. 1972.** A report of the committee on water Quality Criteria. Environmental Studies Board, National Academy of Science, Washington, D.C. USA. 604P.
- David M., Mushigeri S.B., Shivakumar R. and Philip G.H. 2003.** Response of *Cyprinus carpio* (Linn) to sublethal concentration of cypermethrin: alterations in protein metabolism profiles. Chemosphere, 56: 347–352.
- Gravel A., Campbell P.G.C. and Hontela A. 2005.** Disruption the hypothalamo-pituitary-interrenal
- ستاری م. ۱۳۸۱. ماهی شناسی. انتشارات نقش مهر. ۶۵۹ص.
- ستاری م. ۱۳۷۸. بیماری‌های ماهی ۲. انتشارات حق شناس. ۳۰۴ص.
- کیایی ب. قائمی ر. و عبدلی ا. ۱۳۷۸. اکوسیستم‌های تالابی و رودخانه‌های استان گلستان. اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان. ۵۸ص.
- مشایی، م.ع. ۱۳۸۸. فیزیولوژی ماهی در سیستم‌های پرورش متراکم (ترجمه). انتشارات دریاسر. ۳۰۲ص.

- axis in 1+ yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(5): 982–990.
- Havens K.E. 1994.** An experimental comparison of the effects of two chemical stressors on a freshwater zooplankton assemblage. *Environmental Pollution*, 84: 245–251.
- Inyang I., Daka E. and Ogamba E. 2010.** Changes in electrolyte activities of *Clarias gariepinus* exposed to diazinon. *Biological and Environmental Sciences Journal for the Tropics*, 198–200.
- Li J., Quabius E.S., Wendelaar Bonga S.E., Flik G. and Lock R.A.C. 1998.** Effect of water borne copper on branchial chloride cells and Na⁺/K⁺-ATPase activities in Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquatic Toxicology*, 43: 1–11.
- Louis A.H. Diana L.W., Patricia H. and Elizabeth R.S. 1996.** Pesticides and aquatic animals. Virginia Cooperation Extension, Virginia State University, Virginia. 24P.
- MacKenzie C.L. 1961.** A practical chemical method for killing mussels and other oyster competitors. *Commercial Fisheries Review*, 23(3): 15–19.
- Pelgrom S.M.G.J., Lock R.A.C., Balm P.H.M. and Wendelaar Bonga S.E. 1995.** Integrated physiological responses of tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to sub-lethal copper exposure. *Aquatic Toxicology*, 32: 303–320.
- TRC. 1984.** OECD Guideline for testing if chemical, Section 2, Effects on biotic systems. OECD. 39P.



Determination of the lethal range and lethal concentration (LC₅₀) of copper sulfate in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*

Saba Hosseini¹, Abdol Ali Movahedinia^{2*}, Mohsen Heydari³, Javad Mahdavi⁴,
Yaghub Jaddi⁵, Ziba Feizi⁶

Received: May 2015

Accepted: July 2015

Abstract

The purpose of this study was to determine the lethal concentration (LC₅₀ 96h) of copper sulfate in rainbow trout fingerlings (10.0±0.39 g). Acute static toxicity test was performed based on the standard O.E.C.D. using rainbow trout fingerlings in 96 hours. In experiments the toxicity range of copper sulfate on fish, was 1 up to 1000 mg.L⁻¹. Within 24 to 96 hours, mortality was increased with increasing concentrations of copper sulfate. LC₅₀ 48h has decreased in compare with LC₅₀ 24h. Lethal concentration at 72 hours showed a significant reduction compared to both 24h and 48h. Lethal concentrations of 24, 48, 72 and 96 hours were 10, 8.37, 4.79 and 0.96 mg.mL⁻¹, respectively. Since the toxicity is determined according to the LC₅₀ 96h, copper sulfate is very toxic for rainbow trout.

Key words: *Toxicity, Copper Sulfate, LC₅₀, Oncorhynchus mykiss.*

1- M.Sc. in Marine Biotechnology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

2- Associated Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

3- Ph.D. Student in Department of Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

4- M.Sc. of Fisheries, Genetic and Breeding Research Center for Cold Water Fishes, Shahid Motahari, Yasooj, Iran.

5- M.Sc. in Marine Pollution, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

6- M.Sc. of Fisheries, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*Corresponding Author: amovahedinia@yahoo.com