JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2025; 17(1): 30-42 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Journal of Marin Biology

Islamic Azad university
Ahvaz Branch

Original Article

A review of the pathological effects and mortality rates fish species exposed to copper toxicity by toxicity tests

Mohammad Farhangi[1*]

1. Faculty Member, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Article history:

Received: 4 February 2025
Revised: 18 April 2025
Accepted: 21 April 2025
ePublished: 27 April 2025

***Corresponding author:**
Mohammad Farhangi, Faculty Member, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

E-mail: s.farhangi@yahoo.com

Abstract

Cu is an essential micronutrient which is found in either water environment or fish diet. In addition, copper sulfate is an effective algaecide for algal control in fish pond. Therefore, toxicity test seems to be necessary to predict the safe concentrations of chemicals in the environment. The experiments were conducted to compare pathology and mortality rate of fishes (*Cyprinus carpio*,*Rutilus caspicus*, *Onchorhynchus mykiss)* exposed to copper toxicity by toxicity tests. The total experiments were done by Water Static Method during 96 hours (4 days). Sulphate Copper salt was used as source of Cu ion. In total experiments, threr was a group of fish as control (without Cu).The samples were derived from the kidney, liver, and gill of the fish for histopathological evaluation.
Various experiments revealed, the mortality rates of fish species exposed to copper toxicity are diffrent based on the species, type of test (acute, chronic), duration of exposure, and type of toxicant. Rainbow trout are the most sensitive and common carp are the least sensitive to copper toxicity.In different experiments, histopathological findings showed that major lesions were hemorrhage, hyperemia, hyperplasia and epithelial cells necrosis, degenerated, expansion of Bowman's capsule and hepatocytes necrosis. It has been determined in all the studies, the pathological symptoms in the sampled tissues will increase with the increase in the concentration and exposure time to copper sulfate. Generally, the results have shown that the presence of toxic metals in water will cause behavioral and textural manifestations. By using toxicity tests, it is possible to determine the exact lethal dose of each species, to improve farm management and ecological studies.

Keywords: Pathology, Acute Toxicity, Copper Toxicity, Mortality Rate

Please cite this article as follows: Farhangi M. A review of the pathological effects and mortality rates fish species exposed to copper toxicity by toxicity tests. J Mar Biol, 2025; 17(1): 30–42. DOI:

Copyright © 2025 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله اصلی

مروری بر اثرات آسیب‌شناسی و نرخ مرگ و میر گونه‌های مختلف ماهی در مواجهه با سمیت سولفات‌مس تحت آزمون‌های سمیت

محمد فرهنگی[1*]

۱. عضو هیات علمی گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

چکیده

مس به‌عنوان یک ریزمغذی میکروالمنت برای ماهیان ضروری است که می‌توانند آن را از محیط آبی یا جیره غذایی به‌دست بیاورند. از طرف دیگر سولفات‌مس یک جلبک‌کش موثر برای کنترل جلبک در مزارع پرورش ماهی است. به‌همین منظور آزمایش سمیت برای پیش‌بینی غلظت‌های ایمن از مواد شیمیایی محیط‌زیست ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر بررسی مقایسه آسیب‌شناسی و نرخ مرگ و میر گونه‌های مختلف ماهی (کپورمعمولی *Cyprinus carpio*؛ کلمه خزری *Rutilus caspicus*؛ قزل آلای رنگین کمان *Onchorhynchus mykiss*)، در مواجهه با سمیت مس تحت آزمون‌های سمیت بود. تمامی آزمایشات به روش آب‌ساکن و به‌مدت ۹۶ ساعت اجرا شده است. از نمک سولفات‌مس در آزمایشات استفاده شده است. در تمامی آزمایشات یک گروه به‌عنوان شاهد (بدون نظر گرفتن ماده سمی) در نظر گرفته شده است. جهت بررسی ضایعات ناشی از مسمومیت از بافت‌های کبد، کلیه و آبشش مقاطع بافتی تهیه شده است.

آزمایشات گوناگون نشان داد، نرخ مرگ و میر گونه‌های مختلف ماهی در مواجهه با سمیت‌مس، براساس گونه، نوع آزمایش (حاد، مزمن)، مدت زمان در معرض قرارگیری، نوع ماده سمی متفاوت می‌باشد. ماهی قزل آلای رنگین‌کمان بیشترین میزان حساسیت و ماهی کپورمعمولی کمترین حساسیت را درمواجهه به سمیت مس دارند. در آزمایش‌های مختلف، یافته‌های هیستوپاتولوژیک نشان داد که ضایعات عمده در بافتها شامل خونریزی، پرخونی، هیپرپلازی و نکروز سلول‌های اپیتلیال، دژنره شدن و نکروز سلول‌های کبدی است. در تمامی مطالعات مشخص شده است که با افزایش غلظت و زمان قرارگرفتن در معرض سولفات‌مس، علائم پاتولوژیک در بافت‌های نمونه‌برداری شده افزایش می‌یابد. بطورکلی نتایج نشان داده است، حضور فلزات سمی در آب سبب بروز تظاهرات رفتاری و بافتی خواهد شد. با استفاده از آزمون‌های سمیت، می‌توان ضمن تعیین دوز دقیق مرگ‌آور هر گونه، جهت اصلاح مدیریت مزارع و مطالعات اکولوژیکی بهره‌مند شد.

واژگان کلیدی: آسیب‌شناسی، مسمومیت حاد، سمیت‌مس، نرخ مرگ و میر

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۱/۲۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۲/۱
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۲/۷

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: محمد فرهنگی، عضو هیات علمی گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

ایمیل: s.farhangi@yahoo.com

استناد: فرهنگی، محمد. مروری بر اثرات آسیب‌شناسی و نرخ مرگ و میر گونه‌های مختلف ماهی در مواجهه با سمیت سولفات‌مس تحت آزمون‌های سمیت. مجله زیست شناسی دریا، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۷(۱):۳۰-۴۲

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

مهمترین عامل که امروزه بیشترین توجه محافل علمی را به خود جلب نموده آلودگی محیطزیست بهویژه افزایش روزافزون فاضلاب‌های صنعتی می‌باشد. به‌طورکلی ماهیان در تماس مستقیم با آب پیرامون خود می‌باشند. از مهمترین پارامترهای متغیر آب در شرایط پرورشی عوامل شوری، دما، pH، نیترات و سولفات‌ها می‌باشند (هدایتی و همکاران، ۱۳۸۷). عناصر فلزی موجود در آب، در غلظت‌های بالا می‌توانند، مسمومیت‌های کشنده را در ماهی بوجود آورند. فلزات کمتر از یک درصد وزن بدن موجودات زنده را تشکیل می‌دهند، به‌طوریکه نوسانات غلظت آن سبب ناپایداری محیط و ایجاد اختلال درماهی می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۸۸). حضور مداوم املاح سنگین چنانچه بیش از اندازه باشد منجر به انباشته شدن این عنصردر بافت‌های بدن به‌خصوص کبد خواهد شد. مس نقش ساختاری و عملکردی فراوانی را در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی از قبیل تولید هموگلوبین و نقش حیاتی در متابولیسم اکسیژن و بسیاری ازسیستم‌های آنزیمی دارد (قنبری و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اهمیت پرورش ماهیان گوناگون به لحاظ تامین پروتیین مورد نیاز هر منطقه و به‌منظور بالا بردن سطح زیرکشت همراه با کاهش در تلفات، و همچنین استفاده بیش از حد سموم کشاورزی، آفت‌کش‌های مختلف و مواد ضد جلبکی در کشور و افزایش درصد احتمال حضور در محیط‌های آبی از این طریق، لازم است تا دامنه و آستانه تحمل و مرگ‌آور بودن سموم برای انواع ماهیان مشخص شود. از این طریق می‌توان برنامه‌های مدیریتی مختلف را اعمال کرد. لذا دراین تحقیق سعی شده است که به‌ویژه سمیت حاد فلز مس بر روی انواع گونه‌های ماهی مورد ارزیابی قرار داد.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش

جهت انجام آزمایش‌های مسمومیت پس از تعیین سلامت ماهی از نظر ظاهری و رفتاری و سازگای ماهی با شرایط محیط، گونه‌های مختلف مورد استفاده (کپورمعمولی *Cyprinus carpio*؛ کلمه خزری *Rutilus caspicus*؛ قزل آلای رنگین کمان *Onchorhynchus mykiss*)، در تمامی تحقیقات به‌صورت تصادفی در تشت‌های آزمایشی جایابی شدند. مدت زمان آزمایش برای هرگروه ۹۶ ساعت (حاد) و بیش از ۹۶ ساعت (مزمن) بوده است. در این مدت درصد تلفات و علائم مسمومیت ثبت گردید. در پایان آزمایش غلظت‌های بی‌اثر (NOEC= No Observed Effect Concentration)، کم‌اثر (LOEC= Lowest Observed Effect Concentration) و حداکثر غلظت مجاز (MATC= Maximum Allowable Toxicant) تعیین شدند (Sadeghi and Imanpour, 2015). آزمایش‌ها با استفاده از روش آب‌ساکن (W.S.M= Water Static Method) و بر اساس دستورالعمل استاندارد O.E.C.D صورت گرفت (TRC, 1984). در کلیه آزمایشات، تراکم ماهی (۱۱ الی ۱۳ عدد در هر تیمار) در ظروف آزمایشی به‌صورت فرد و بر اساس تراکم در واحد سطح بوده است. همواره یک گروه به‌عنوان شاهد و بدون در نظر گرفتن ماده سمی موردنظر بوده است. برای پیداکردن محدوده کشندگی ترکیبات سمی علاوه بر مطالعات مقدماتی حاصل از تجربه سایر محققان، از یکسری غلظت‌های فرضی برای هر گروه به‌طور جداگانه، جهت برآورد میزان تلفات ماهی و شدت اثرپذیری ماهی در غلظت‌های نزدیک به آزمایش صورت گرفت. سپس جهت انجام آزمایش، پس ازتعیین حجم آب و به ازای واحد حجمی، ماده سمی توزین و به آب اضافه شدند. جهت بررسی آسیب‌شناسی بافتی، از هر تیمار و تکرارهای آن ۳ عدد ماهی (در مجموع ۹ ماهی) انتخاب و نمونه‌هایی از کبد، کلیه و آبشش به‌صورت تصادفی به‌دست آمد. نمونه‌ها به‌طور جداگانه در ظرف‌های حاوی فرمالین ۱۰٪ فیکس و به آزمایشگاه بافت‌شناسی (پاتوبیولوژی-گرگان) انتقال و به‌روش مرسوم مقاطع بافتی توسط آزمایشگاه تهیه شد. از هر نمونه بافتی، سه نمونه لام به‌صورت مجزا تهیه شد. مقاطع‌بافتی تهیه شده به کمک رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین–ائوزین (H&E)، آماده شدند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). در نهایت تصاویر مقاطع تهیه شده توسط دوربین متصل به میکروسکوپ-نوری و نرم‌افزار مربوطه به کامپیوتر انتقال یافته و مورد مطالعه قرار گرفتند. (Ramírez-Duarte et al., 2008). براساس کلیدهای شناسایی موجود آسیب‌های بافتی مورد مطالعه قرار گرفتند (Martoja and Martoja–Pierson, 1967;). آزمایش‌ها در طرح کاملا تصادفی متعادل ۳×۶ اجرا گردید. جهت تعیین غلظت‌های کشنده از منحنی شیب درصدتلفات در غلظت‌های مختلف و بر اساس مدل میکاییل-منتن (Green et al., 2018) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS, 15 استفاده شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

نتایج

۱- نتایج حاصل از بررسی میزان سمیت و مرگ و میر ناشی از مس در انواع ماهیان

مطالعات مختلف صورت گرفته بر روی گونه‌های مختلف اثرپذیری متفاوتی از سولفات‌مس را نشان داده است. فرهنگی (۱۳۹۲) به بررسی میزان سمیت سولفات‌مس در ماهی کلمه خزری پرداخت. وی بیان داشت، تحت شرایط ثابت و هوادهی، غلظت کشنده سولفات مس برابر۰/۴ میلی گرم در لیتر بدست آمده است. درصد تلفات ماهی با افزایش غلظت‌های مس بطور معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی افزایش یافت ($P<0.05$). غلظت نیمه‌کشنده مس برای ماهی کلمه در آزمایشات فرهنگی (۱۳۹۲) برابر ۰/۲۰۸ میلی‌گرم در لیتر در مدت ۹۶ ساعت به‌دست آمد. براساس مطالعات مختلف مشخص شده است که غظت کشنده مس برای ماهیان از ۰/۲ تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر براساس سختی، pH ، گونه و سن ماهی می‌تواند متفاوت باشد (Kazlauskiene, 200). Bello- Olusoji و Adebola (۲۰۰۶) در آزمایشات خود بر میگوی آب‌شیرین غلظت نیمه‌کشنده مس را در مدت ۹۶ ساعت برابر ۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آوردند. Bagdonas و Vosylienė (۲۰۰۶) غلظت نیمه‌کشنده مس را برای ماهی قزل آلای رنگین‌کمان در مدت ۹۶ ساعت برابر ۰/۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آورند. Wong و همکاران (۱۹۹۷) اثرات سمیت دو عنصر روی و مس را بر روی دو گونه ازکپورماهیان (کپورمعمولی و کپورعلفخوار) مورد مطالعه قرار دادند. آنها در مطالعات خود نشان دادند، ماهی کپور در مقابل مس حساس‌تر بوده درحالیکه ماهی علفخوار به روی حساسیت بیشتری نشان داد. البته سمیت‌مس نسبت به روی به‌مراتب بیشتر است.

مطالعات نشان می‌دهد، ماهیانی که به یک ماده حساسیت بیشتری نشان می‌دهند، نسبت به مواد دیگر حساسیت کمتری را ای یکسان نشان می‌هند. Sajid و Javed (۲۰۰۶) اثر ۵ عنصر سمی روی، آهن، منیزیم، نیکل و سرب را بر روی ماهی *Catla catla* با سنین ۹۰و ۶۰، ۳۰ روزه بررسی کردند. آنها ضمن تعیین غلظت‌های نیمه‌کشنده فلزات مورد آزمایش بیان کردند، ماهیان جوان حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. به‌طوریکه در بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شد، ماهیان ۳۰ روزه حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. Sajid و Javed (۲۰۰۶) آزمایشات خود را تحت شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد و pH برابر ۷/۱ اجرا نمودند.

فرهنگی و جعفریان (۱۳۹۹) با مطالعه سمیت روی در ماهی کپورمعمولی تحت شرایط ۹۶ ساعته بیان کردند غلظت کشنده‌مس برای ماهی کپورمعمولی پس از ۹۶ ساعت برابر ۰/۴۵ میلی‌گرم در لیتر است. حسینی و همکاران (۱۳۹۴) محدوده کشندگی سولفات‌مس را برای بچه ماهی قزل آلای رنگین‌کمان برابر ۱۰۰۰-۱ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آورند. Hoseini و Nodeh (۲۰۱۲) با مطالعه اثرات سمیت‌مس و جیوه بر روی ماهی کلمه دریای‌خزر نشان دادند که کمترین غلظت موثر برای مس در مدت۹۶ ساعت برابر ۰/۲ میلی‌گرم درلیتر بود. Arunai و Balambiga (۲۰۱۱) میزان غلظت نیمه‌کشنده سولفات‌مس را در مدت ۷۲ ساعت در ماهی کپورمعمولی ۸ میلی‌گرم در لیتر گزارش دادند. فرهنگی و همکاران (۲۰۲۲) اثرات حفاظتی و ایمنی عصاره سیر را در ماهی قزل آلای رنگین‌کمان مواجهه شده با سمیت مس، مورد ارزیابی قرار دادند. آنها غلظت کشنده مس را برابر ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آوردند (جدول ۱).

جدول ۱: علائم مختلف مواجهه با سولفات مس در گونه های مختلف ماهیان

گونه ماهی	غلظت کشنده LC96h	غلظت نیمه کشنده LC5096h	علایم مسمومیت
		میلی‌گرم بر لیتر	

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

کپورمعمولی	۰/۴۵	۰/۲۰۸	فرهنگی و جعفریان (۱۳۹۹)	آنی گیجی و کاهش شدت تنفس، پرش از آب و در مرحله تاخیری بی‌رنگی پوست و نهایتا مرگ
کلمه خزری	۰/۴	۰/۲۰۸	فرهنگی (۱۳۹۲) (Farhangi et al.,2014)	اتصال رشته‌های آبششی، سعی دربیرون پریدن ماهی از تشت‌های آزمایش، بلعیدن هوا از سطح و تشنجات عصبی
قزل آلای رنگین‌کمان	–	۰/۱۲۵	Bagdonas and Vosylienė (2006)	ادم، هیپرپلازی (Hyperplasia) و نکروزسلولی بخصوص در سلول‌های کبدی
ماهی کاتلا	–	–	Sajid and Javed (2006)	حرکات سریع شنا، افزایش حرکات سریع سرپوش‌های آبششی و اکسیژن¬گیری از سطح آب
میگوی آب‌شیرین	–	۰/۱۵	Bello- Olusoji and Adebola	حرکات سریع شنا، افزایش حرکات سریع سرپوش‌های آبششی و اکسیژن‌گیری از سطح آب
گونه‌های مختلف	–	۰/۱۰-۲	Kazlauskiene,(2002)	هایپرپلازی رشته‌ها آبششی، اتساع کپسول بومن، و نکروز سلول‌های پوششی
کپور علفخوار	–	–	Wong et al. (1997)	هایپرپلازی رشته‌های آبششی، اتساع کپسول بومن، و نکروز سلول‌های پوششی
کلمه خزری	–	–	Hoseini and Nodeh (2012)	حرکات سریع شنا، اکسیژن‌گیری از سطح آب
کپور معمولی	۸		Arunai and Balambiga (2011)	افزایش حرکات سریع سرپوش‌های آبششی هایپرپلازی رشته‌ها آبششی، اتساع کپسول بومن، و نکروز سلول‌های پوششی

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

قزل آلای رنگین‌کمان	۰/۴	–	Farhangi et al. (2022)	هایپرپلازی رشته‌ها آبششی، اتساع کپسول بومن، و نکروز سلول‌های پوششی
کپور معمولی	۵	–	عتباتی و همکاران (۱۳۸۸)	
کپور معمولی	–	۰/۱	پیکارپرسان و همکاران (۱۳۸۸)	ادم، هایپرپلازی، چسبندگی لاملاهای ثانویه و نکروز سلول‌های پوششی آبشش

۲- نتایج حاصل از بررسی اثرات آسیب‌شناسی مس در انواع ماهیان تحت سمیت

مطالعات بافت‌شناسی یکی از راه‌های موثر در بررسی آسیب‌های وارد شده در مسمومیت‌هاست. مطالعات نشان داده است با افزایش عناصر سمی در آب ضمن اثرات مستقیم سمیت مواد بر روی اندام‌های ماهی، این مواد به‌طور غیرمستقیم می‌توانند اثرات سمیت را تشدید کنند. این امر از طریق افزایش دفع آمونیاک توسط ماهی و کاهش شدید اکسیژنی، نتیجه استرس وارده به ماهی و تشدید مصرف اکسیژن توسط ماهی صورت می‌گیرد (Sajid and Javed, 2006). عواملی همچون کمبود اکسیژن، درجه حرارت و افزایش اسیدیته معمولا حساسیت ماهی را به مواد سمی افزایش می‌دهد، در حالیکه مواد معدنی همچون سختی و شوری سبب کاهش سمیت مواد می‌شود (Witeska and Jezierska, 2003). غلظت‌های تاثیر گذار مواد سمی می‌توانند بر متابولیسم ماهی و کارآیی بافت‌های ماهی تاثیر به‌سزایی بگذارند.

فرهنگی و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند، اثر مسمومیت شدید در شکل ظاهری، در دو مرحله آنی و تاخیری اتفاق می‌افتد. در مرحله آنی گیجی و کاهش شدت‌تنفس، پرش از آب و در مرحله تاخیری بی‌رنگی پوست و نهایتا مرگ می باشد. فرهنگی (۱۳۹۲) با مطالعه بر روی آسیب‌شناسی مسمومیت با مس در ماهی کلمه‌خزری بیان کردند، علائم ظاهری مسمومیت با فلز مس در آزمایشات بصورت اتصال رشته‌های آبششی، سعی در بیرون پریدن ماهی از تشت‌های آزمایش، بلعیدن هوا از سطح و تشنجات عصبی بود. رنگ‌پریدگی در ماهی به‌وضوح مشخص بود و ماهیان در غلظت‌های بالا به‌شدت در اطراف سنگ‌های هوا تجمع کرده و سعی در بیرون پریدن از تشت‌ها را داشتند. عتباتی و همکاران (۱۳۸۸) اثرات سمیت‌مس را بر روی بافت کبد و آبشش ماهی کپور بررسی نمودند. آنها بیان داشتند، در غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر سولفات‌مس افزایش ترشح موکوس بر اثر رسوب مس مشاهده شد و بعد از ۹۶ ساعت درمعرض قرارگرفتن تیمارها در مجاورت سولفات‌مس ۵ میلی‌گرم بر لیتر نمونه‌ها همه تلف شدند. در مطالعات کشتکارلنگرودی و تهرانی‌فرد (۱۳۹۷) و همچنین رزاقی‌قاضیانی و همکاران (۱۳۹۶) بر آبشش ماهیان قره¬برون و استرلیاد در مواجهه با سم دیازینون بیان شد که علایم رفتاری ناشی از مواجهه شدن در برابر سم شامل انحنای ستون فقرات (فلج عصبی)، قرمزی روی سطح زیرین بدن و آبشش، شنای چرخشی، باز و بسته شدن سریع آبشش‌ها و خوابیدن به پشت از جمله علایم بالینی سم دیازینون بود. این امر حاکی از عملکرد مشابه سموم و فلزات بر رفتارهای ظاهری ماهی در مواجهه با سمیت است. این امر با یافته‌های ناجی و همکاران (۱۳۸۶)؛ همچنین Gul و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

فرهنگی و جعفریان (۱۳۹۹) با مطالعه سمیت روی در ماهی کپورمعمولی تحت شرایط ۹۶ ساعته بیان کردند، بیشترین ضایعات ناشی از مسمومیت‌حاد مس شامل پرخونی، خون‌ریزی، هیپرپلازی، تخریب مجاری‌کلیوی و نکروز سلول‌های کبدی در تیمارهای با غلظت بالای مس مشاهده شد. آنها همچنین بیان کردند، در گروه شاهد ضایعه‌ای مشاهده نشد. آنها بیان کردند، پس از شروع آزمایش و تشدید مسمومیت، ماهیان اضطراب اولیه خود را با حرکات سریع شنا، افزایش حرکات سریع سرپوش‌های آبششی و اکسیژن‌گیری از سطح آب نشان دادند. در نهایت بدن‌شان به‌طور کامل بی‌حرکت گشته و تمایل استقرار در کف را از خود نشان دادند. این تغییرات رفتاری با آزمایشات صورت گرفته توسط Bello- Olusoji

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

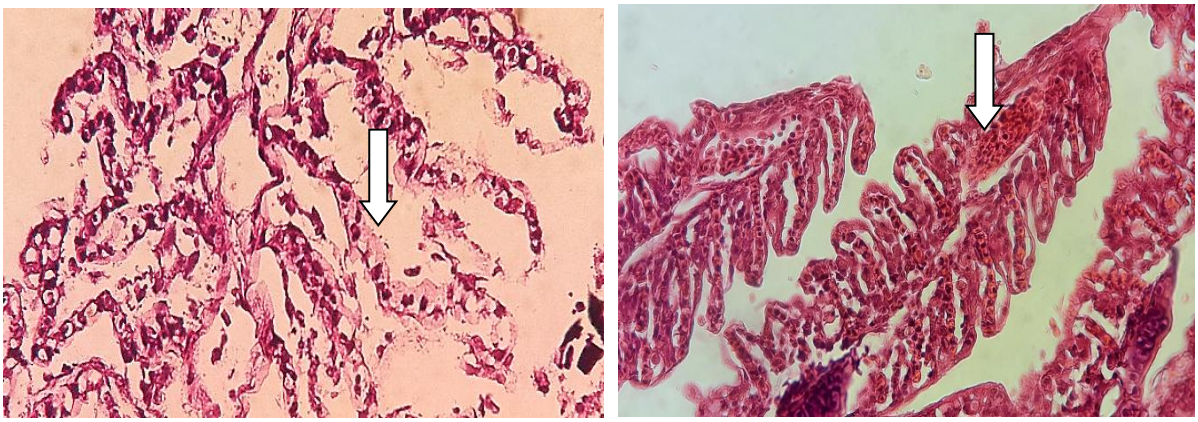
and Adebola (۲۰۰۶) بر روی میگوی آب‌شیرین (*Caridina Africana*)، گربه‌ماهی آفریقایی *Clarias gariepinus* توسط Olaifa و همکاران (۲۰۱۰) و ماهی کاراس *Carassius auratus gibelio* توسط Boeck (۲۰۱۰)کاملا مطابقت داشت.

پیکارپرسان و همکاران (۱۴۰۳) کارایی عصاره هیدروالکلی زنیان (*Trachyspermum ammi*) را بر میزان ایمنی و مقاومت ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در مواجه با سولفات‌مس مورد ارزیابی قرار دادند. آنها پس از تغذیه ماهیان با زنیان طی دوره ۶۰ روزه، ماهیان را تحت استرس سم سولفات‌مس به‌مدت ۹۶ ساعت قرار گرفتند (۰/۱ میلی‌گرم در لیتر). آنها با بررسی مقاطع بافت آبشش نشان دادند، بیشترین ضایعات شامل ادم، هایپرپلازی، چسبندگی لاملاهای ثانویه و نکروز سلول‌های پوششی آبشش بود. البته ضایعات ایجاد شده گرچه درگروه شاهد هم قابل مشاهده بود لکن درجات ضایعات ایجاد شده در ماهیان تغذیه شده با زنیان بسیار کمتر بود و در مجموع، آنها بیان کردندکه افزودن مکمل زنیان در رژیم غذایی می‌تواند ضمن بهبود عملکرد رشد، به‌عنوان یک استراتژی دفاعی در کاهش اثرات سمیت مس در بچه ماهی کپورمعمولی مورد استفاده قرار گیرد. عملکرد مشابهی از کاربرد مکمل‌های گیاهی درکاهش سمیت‌مس در ماهی گزارش شده است. به‌عنوان مثال قاسمی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی اثرات تغذیه‌ای زردچوبه بر کاهش آسیب‌های کبدی و کلیوی ناشی از مواجهه با سولفات‌مس در ماهی کپور پرداختند. آنها بیان کردند، استفاده از مقادیر ۰/۵ تا ۲ درصد زردچوبه خوراکی در تغذیه ماهی، می‌تواند سبب کاهش محسوسی در بافت کبد در مواجهه با سولفات‌مس شود.

Bagdonas و Vosylienė (۲۰۰۶) با تعیین غلظت نیمه‌کشنده مس برای ماهی قزل آلای رنگین‌کمان در مدت ۹۶ ساعت ، بیان کردند، بیشترین ضایعه رخ داده شده در آبشش ماهی شامل ادم، هیپرپلازی (Hyperplasia) و نکروز سلولی به‌خصوص در سلول‌های کبدی بود. Khunyakari و همکاران (۲۰۰۱) سمیت عناصر مس، روی و نیکل را بر روی ماهی *Poecilia reticulata* مورد مطالعه قرار دادند. آنها بیان کردند در ماهیانی که در معرض مواد سمی قرار گرفتند، ترشح موکوس افزایش یافته و دفع بیش از اندازه صورت می‌گیرد. Bagdonas و Vosylienė (۲۰۰۶) سمیت نیمه‌کشنده دو عنصر مس و روی و اثر متقابل این دو فلز را بر فاکتورهای خونی ماهی قزل آلای رنگین‌کمان بررسی کردند. آنها بیان کردند، اگرچه غلظت‌های نیمه‌کشنده مس و روی بر تعداد اریتروسیت خون ماهی قزل آلای رنگین‌کمان اختلاف معنی‌داری را نسبت به گروه شاهد نشان نداد، اما غلظت مخلوط نیمه‌کشنده روی و مس اختلاف معنی‌داری را در کاهش میزان اریتروسیت‌ها نسبت به گروه شاهد نشان می‌دهد. همچنین بیان کردند، اگرچه دو عنصر روی و مس سبب کاهش میزان گلبول‌های سفید در ماهی می‌شود، غلظت مخلوط این دو عنصر تا ۶۰٪ سبب کاهش گلبول‌های سفید مورد مطالعه می‌شود. فرهنگی و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند، ماهیان قزل آلای تغذیه شده با عصاره سیر پس از مواجهه به سولفات‌مس از نظر بافت‌شناسی و خون‌شناسی علایم متفاوت‌تری نسبت به ماهیان شاهد بودند. براساس نتایج، اختلاف معنی‌داری بین فاکتورهای هماتوکریت، مقادیر MCV و MCHC در بین تیمارها مشاهده شد ($p<0.05$). مطالعه آسیب‌شناسی بافتی آنها نیز نشان داد، ضایعات اصلی شامل هایپرپلازی رشته‌ها آبششی، اتساع کپسول بومن، و نکروز سلول‌های پوششی در تمام ماهیان بود. در هر صورت نتایج ثابت کرد، استفاده از عصاره‌سیر در جیره غذایی می‌تواند جهت افزایش نرخ مقاومت ماهی در مواجهه با سمیت‌مس سودمند باشد (شکل های ۱ الی ۶).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir



الف ب

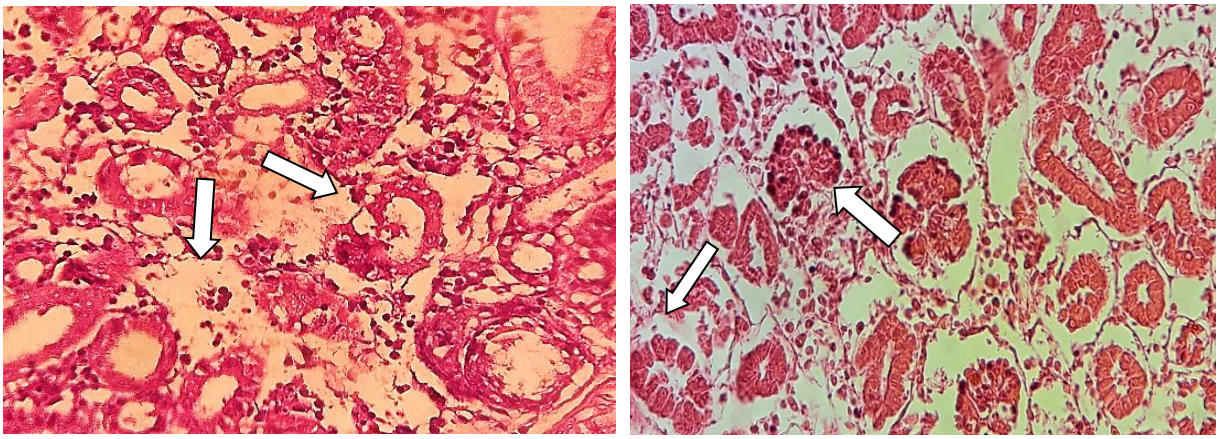
شکل ۱: مقطع عرضی تهیه شده از آبشش ماهیان در معرض غلظت کشنده‌مس (فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹؛ فرهنگی و همکاران، ۱۴۰۳). الف: ماهی کلمه‌خزری، نوک پیکان پرخونی را نشان می‌دهد. ب: ماهی قزل آلای رنگین‌کمان، نوک پیکان نکروز کامل رشته‌های آبشش را نشان می‌دهد

الف ب

شکل ۲: مقطع عرضی تهیه شده از آبشش ماهیان(فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹؛ فرهنگی و همکاران، ۱۴۰۳). الف: ماهی کپورمعمولی پس از قرارگیری در معرض غلظت کشنده سولفات‌مس. نوک پیکان چماغی‌شدن راس رشته‌های آبشش را نشان می‌دهد ب: ماهی قزل آلای رنگین‌کمان گروه شاهد، نوک پیکان لاملای اولیه و ثانویه سالم را نشان می‌دهد

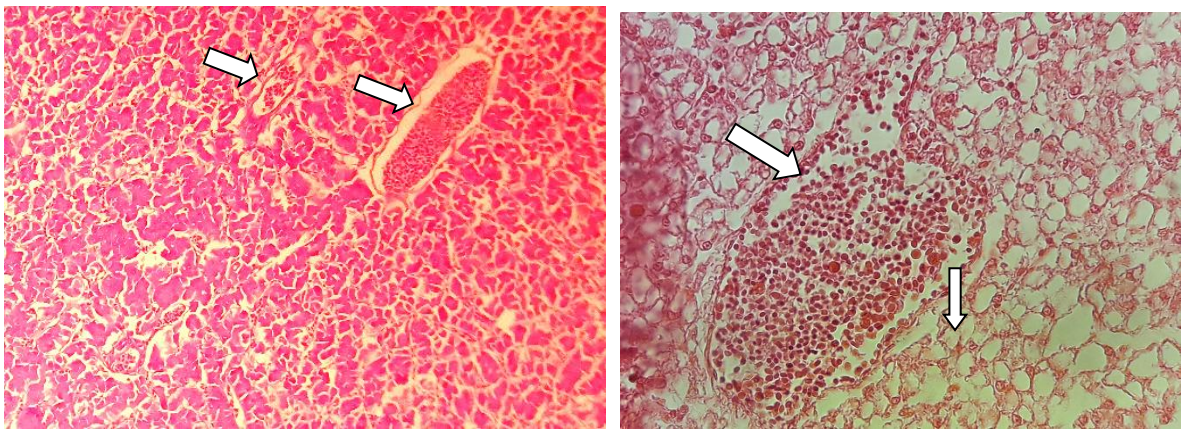
[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir



الف ب

شکل ۳: مقطع عرضی تهیه شده از کلیه ماهیان کلمه‌خزری پس از قرارگیری در معرض غلظت نیمه‌کشنده مس(فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹؛ فرهنگی و همکاران، ۱۴۰۳). **الف:** ماهی کلمه‌خزری، نوک پیکان تخریب مجاری کلیوی و گلومرول‌ها را نشان می‌دهد **ب:** ماهی قزل آلای رنگین‌کمان (سولفات‌مس)، نوک پیکان منطقه تخریب مجاری کلیوی و حضور سلول‌های آماسی را نشان می‌دهد

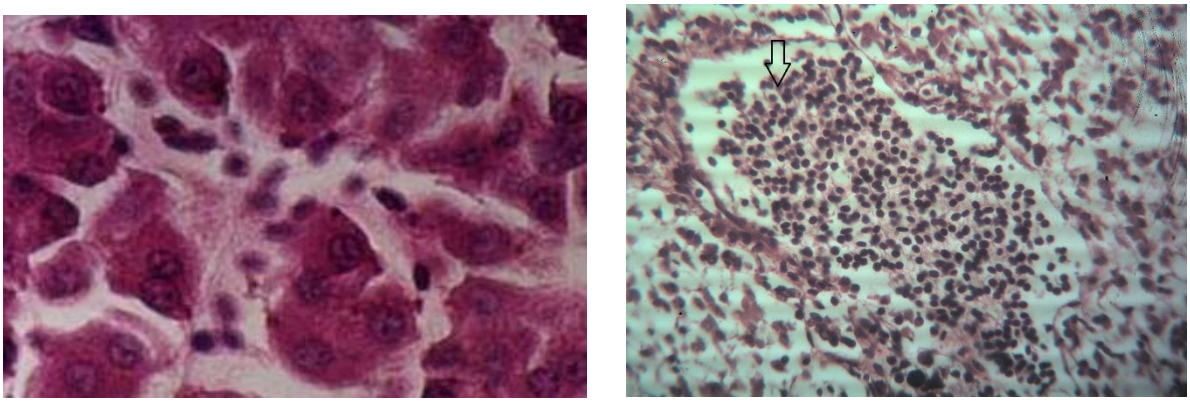


الف ب

شکل ٤: مقطع عرضی تهیه شده از کبد ماهیان پس از قرارگیری در معرض غلظت‌کشنده (فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹؛ فرهنگی و همکاران، ۱۴۰۳). **الف:** ماهی کلمه‌خزری، نوک پیکان مرزنشینی هسته را نشان می‌دهد. **ب:** قزل آلای رنگین‌کمان (سولفات‌مس)، نوک پیکان رکود صفرا و خون‌ریزی را نشان می‌دهد

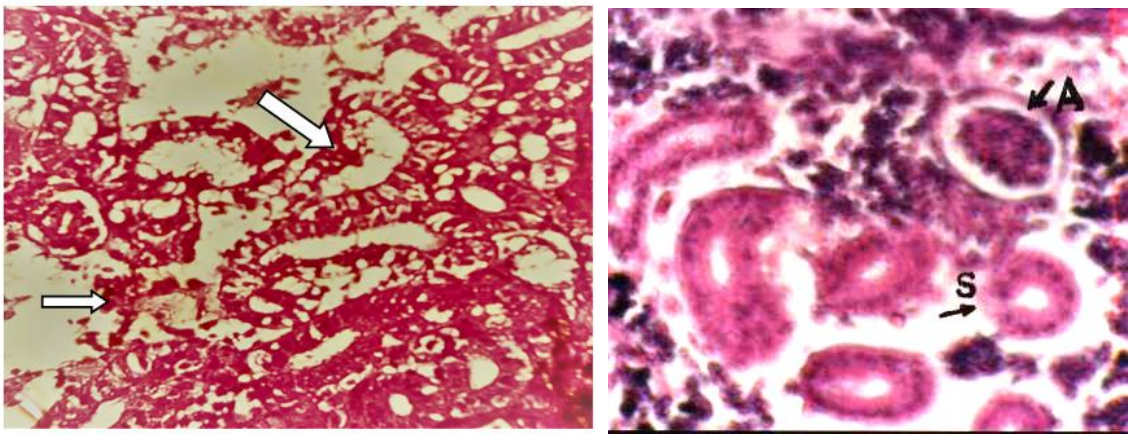
[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir



b a

شکل ٥-a: مقطع تهیه شده از کبد ماهیان کلمه‌خزری که درمعرض غلظت کشنده مس (٠/٤ میلی‌گرم در لیتر) قرار دادشتند (فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹؛ فرهنگی و همکاران، ۱٤۰۳). نوک پیکان‌ها تجمع سلول‌های آماسی را در بین سلول‌های کبدی را نشان می‌دهد (بزرگنمایی ۲۰۰×). b: بافت کبد ماهی در غلظت‌کشنده سولفات‌مس بدون عصاره‌سیر. نوک پیکان‌ها تخریب سلول‌های کبدی و نفوذ سلول‌های آماسی را نشان می‌هد (رنگ‌آمیزی به روش هماتوکسیلین – ائوزین، بزرگنمایی ٤۰۰×)



ب الف

شکل ٦: بافت کلیه ماهی شاهد(الف)؛ بافت ماهی در معرض غلظت‌کشنده سولفات‌مس (ب) (فرهنگی و همکاران، ۱٤۰۳؛ Farhangi *et al., 2021*). الف- A: نمایش گلومرول سالم s: نمایش مجاری کلیوی سالم؛ ب: نمایش تخریب مجاری کلیوی (رنگ‌آمیزی به‌روش هماتوکسیلین – ائوزین، بزرگنمایی ٤۰۰×)

بحث و نتیجه‌گیری

در تعیین دامنه کشندگی، تحت‌کشندگی و اثرات آسیب‌شناسی سمیت‌های سولفات‌مس در ماهیان مختلف هدف مورد مطالعه حاضر بود. در اکثر مطالعات صورت گرفته نشانه‌های ظاهری مسمومیت با فلز مس در آزمایشات به‌شکل رنگ‌پریدگی، تجمع در اطراف سنگ‌های هوا، پرخونی رشته‌های آبششی، سعی در بیرون پریدن ماهی از تشت‌های آزمایش و بلعیدن هوا از سطح بود. مطالعات مختلف این امر را تایید می‌کند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Besser و همکاران (۲۰۰۹) حساسیت دو گونه ماهی قزل آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) و ماهی کوتوس (*Cottus bairdi*) را نسبت به مس، روی و کادمیوم مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج حساسیت گروه‌های تازه هچ‌شده در سمیت‌حاد و نیمه‌حاد بیشتر بود تا مراحل بالاتر. ضمن اینکه ماهی قزل آلای رنگین‌کمان حساسیت بیشتری نسبت به گونه کوتوس نشان داد. Calfee و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی سمیت‌حاد مس، روی و کادمیوم در مراحل مختلف رشدی دو گونه ماهی قزل الای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) و استروژن سفید (*Acipenser transmontanus*) پرداختند. آنها بیان کردند که قزل آلای رنگین‌کمان نسبت به کادمیوم در تمامی مراحل زندگی حساس‌تر از ماهی خاویاری سفید بود. ماهی خاویاری در مراحل ۵ و ۷ رشدی از حساسیت بیشتری در برابر فلز مس در مقایسه با قزل آلا داشت، با این حال در ادامه مراحل رشدی ماهی قزل آلای رنگین‌کمان مسن‌تر حساسیت بیشتری را نسبت به مس نشان دادند.

Zeng و همکاران (۲۰۱۸) سمیت نیمه‌کشنده روی را طی ۹۶ ساعت برای ماهی آب‌شیرین *Percocypris pingi* برابر ۲/۸۵۲ میلی‌گرم در لیتر بدست آوردند. این در حالی است که آنها سمیت فلز مس را در مقایسه با فلز روی برای گونه موردنظر برابر ۱/۳۴۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آورند. این بدان معناست که سمیت‌مس در مقایسه با روی بیشتر و کشنده‌تر است. Farhangi و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه سمیت فلز مس در ماهی قزل الای کمان، غلظت نیمه‌کشنده مس را در مدت ۹۶ ساعت برابر ۰/۱۸۶ میلی‌گرم در لیتر بدست آوردند. با مقایسه سمیت دو فلز روی و مس بر ماهی کلمه‌خزری و قزل آلای رنگین‌کمان با شرایط برابر می‌توان به سمیت بسیار بالای مس در مقابل روی اشاره کرد.

مطالعات مختلف بیانگر آن است که با افزایش غلظت یک ماده سمی و طول زمان در معرض قرارگیری نرخ بقاء کاهش می‌یابد. یکی از دلایل عمده می‌تولند به‌دلیل عملکرد فلزات سنگین بر افزایش واکنش‌پذیری انواع گروه‌های اکسیژنی باشد (ROS, Reactive Oxygen Species) همچون پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های سوپراکسید و هیدروکسیل که سبب آسیب‌زنی به متابولیسم طبیعی فرایند اکسیداتیو و درنهایت استرس اکسیداتیو در ماهی‌ها می‌شود (Lushchak, 2011). با مطالعه تحقیقات مختلف، تفاوت‌هایی در غلظت کشنده فلز مس بر روی گونه‌های ماهی به‌دست آمده است که هر کدام تحت شرایط متفاوتی بوده است. به‌بیان دیگر، تفاوت در فاکتورهای آزمایشی (دما، سختی و pH) و تفاوت های گونه‌ای (جنس، گونه، سایز) در این امر دخیل بوده است. باشد.

مطالعات نشان داده است با افزایش فلزات سمی در آب ضمن اثرات مستقیم سمیت‌مواد بر روی اندام‌های ماهی،گاهی حضور متعدد عناصر با غلظت‌های پایین که توانایی کشندگی ماهی را ندارند، می‌توانند با تاثیر غیرمستقیم (سینرژتیک) باعث شدت اثرآن ماده شود، به‌طوریکه قادر به تلفات در ماهی شود. هرچند عوامل محیطی همچون کمبود اکسیژن، درجه‌حرارت و افزایش اسیدیته معمولا حساسیت ماهی را به مواد سمی افزایش داده، درحالیکه مواد معدنی همچون سختی و شوری سبب کاهش سمیت مواد می‌شود (فرهنگی و جعفریان، ۱۳۹۹).

Naddy و همکاران (۲۰۱۴) اثرات سمیت چند فلز کادمیوم، مس و روی را بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و دافنی مورد مطالعه قرار دادند. آنها بیان کردند محیط‌های آبی تحت تاثیر غلظت‌های مخلوطی از سموم هستند که اثرات سینرژیکی آنها به‌شکل سمیت بالا بروز می‌کند. Kumara و همکاران (۲۰۲۱) اثر سینرژیتیک درجه‌حرارت و نانوذره روی را در ماهی *Pangasianodon hypophthalmus* بررسی کردند. آنها ثابت کردند که اثرات درجه‌حرارت بر سمیت فلز نانوذره روی به‌شکل افزایشی است، به‌طوریکه غلظت نیمه‌کشنده نانوذره روی در مدت ۹۶ ساعت به تنهایی برابر ۲۱/۸۹ میلی‌گرم در لیتر است ولی در دمای بالاتر (۳۰ درجه) برابر ۱۹/۷۴ میلی‌گرم در لیتر است. این امر سبب استرس اکسیداتیو بیشتر در ماهیان مورد آزمایش شد.

در شرایط آزمایشگاهی به کمک آلاینده‌های مختلف که سبب آسیب‌های بافتی مشخصی در اندام‌های ماهی می‌شوند، می‌توان از آنها به‌عنوان نشانگر زیستی به‌منظور بررسی وجود آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی استفاده کرد. آلاینده‌های شیمیایی اندام‌های مختلفی از جمله آبشش‌ها، کلیه و کبد را تحریک می‌کنند و این بافت‌ها ارائه دهنده یک ابزار مفید جهت سنجش تاثیرات آلاینده‌های خارجی هستند. بنابراین مطالعات آسیب‌شناسی منعکس‌کننده شرایط زیستی، محیطی و سلامت ماهی می‌باشد. مطالعات صورت گرفته توسط محقق (فرهنگی و همکاران

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات:۳۰-۴۲
https://jmb.ahvaz.iau.ir

طی سال‌های مختلف) مشخص شد، واکنش گونه‌های مختلف ماهی در شرایط متفاوت به سولفات‌مس کاملا متفاوت است که این تفاوت وابستگی کامل به حساسیت گونه‌ها (کپور به‌عنوان گونه مقاوم، قزل آلای رنگین‌کمان به‌عنوان گونه حساس) و شرایط محیطی (پارامترهای محیط و کیفی آب به‌ویژه سختی آب) دارد. همچنین مشخص است رفتارهای ظاهری مسمومیت با عناصر سمی می‌تواند نتیجه تغییرات ساختاری اندام‌های داخلی ماهی باشد.

References

۱- **احمدی، ن.، نعیمی، ا.س.، نظرحقیقی، ف.، و غفوری، ح.، ۱۳۹۵.** اثرات نیمه‌مزمن نانوذرهی اکسیدمس بر برخی پارامترهای خونی و بافت آبشش (*Cyprinus carpio*) بچه‌ماهی کپورمعمولی، نشریه توسعه‌آبزی پروری، ۱۰ (۴)، ۱۴-۱.

۲- **پیکارپرسان، ا.، فرهنگی م.، آدینه، ح.، مازندرانی، م. و علیزاده، م.، ۱۴۰۳.** کارآیی عصاره هیدروالکلی زنیان (*Trachyspermum ammi*) بر میزان ایمنی و مقاومت ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در مواجهه با سولفات‌مس. پژوهش‌های جانوری، ۳۷ (۱):۳۱-۱۶.

۳- **عتباتی، آ.، کیخسروی، ع. و وطن‌دوست، ج.، ۱۳۸۸.** بررسی اثرات سمی غلظت‌های مختلف فلزات روی و مس بر بافت کبد و آبشش ماهی کپورمعمولی. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، آبان‌ماه ۱۳۸۸ .

٤- **رزاقی‌قاضیانی، م.، ایمانپورنمین، ج. و پژند، ذ.، ۱۳۹٦.** غلظت کشندگی حشره‌کش دیازینون و اثرات آن روی پارامترهای خونی، بافت کبد و آبشش بچه ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenu*). نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۱۱(۲)، ۶۰-۴۹.

٥- **کشتکارلنگرودی، ا. و تهرانی‌فرد، ا.، ۱۳۹۷.** تاثیر زیر حدکشندگی سم دیازینون بر پارامترهای خونی و بافت‌های آبشش و عضله بچه ماهی قره‌برون، نشریه توسعه آبزی‌پرروی، ۱۲(۳)، ۱۲۹-۱۱۹.

٦- **فرهنگی، م.، ۱۳۹۲.** مطالعات رفتاری وآسیب‌شناسی مسمومیت‌حاد با مس در ماهی‌کلمه *Rutilus rutilus caspicus* محیطزیست جانوری، ۵ (۱): ۱۵۴-۱۴۵.

۷- **فرهنگی، م.، جعفریان، ح.، ۱۳۹۹.** ارزیابی تغییرات بافتی ماهی‌کپور *Cyprinus carpio* و کلمه *Rutilus caspicus* تحت سمیت‌حاد با سولفات‌مس. توسعه آبزی‌پروری، ۱۴ (۴): ۸۵-۷۳.

۸- **فرهنگی، م.، جعفریان، ج.، آدینه، ح. و کردجزی، ض.،۱۴۰۳.** تغییرات رفتاری و آسیب‌شناسی بافتی ماهی کلمه‌خزری (Rutilus rutilus caspicus) و قزل آلای رنگین‌کمان (Oncorhynchus mykiss) در مواجهه با مسمومیت ناشی از فلز روی. مجله زیست‌شناسی دریا، ۱۶(۱): ۵۵-۴۱.

۹- **قاسمی، ا.، مازندرانی، م.، سوداگر، م. و حسینی، س.م.، ۱۳۹٦.** اثرات تغذیه‌ای زرچوبه (*Curcuma longa*) بر کاهش آسیب‌های کبدی و کلیوی ناشی از مواجهه با مس در ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*). شیلات، منابع‌طبیعی ایران، ۷۰ (۲): ۱۴۷-۱۳۸.

۱۰- **قنبری، م.، جامی، م.، نقدی، م. و شهریاری، م.، ۱۳۸۸.** تاثیرات دراز مدت تغییرات pH آب برشاخص‌های خونی بچه ماهیان کپور. مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۲ (۱): ۱۴۳-۱۵۰.

۱۱- **ناجی، ط.، صفائیان، ش.، رستمی، م. و صبرجو م. ۱۳۸٦.** بررسی اثرات سولفات‌روی بر بافت آبشش بچه‌ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*). علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۹ (۲۵): ۳۶-۲۹.

۱۲- **هدایتی، س.ع.، باقری، ط.، یاوری، بهمنی، م. و علیزاده، م.، ۱۳۸۷.** بررسی برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خونی فیل‌ماهیان پرورشی. مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۱ (۴): ۶۵۸-۶۱. ۴-

13- **Bagdonas, E. and Vosylienė, M.Z., 2006.** A study of toxicity and genotoxicity of copper, zinc and their mixture to rainbow trout. Biologi.JA., 1: 8-13.

14- **Balambigai, N., Aruna, D., 2011.** Impact of copper sulfate, an essential micronutrient on ACh, AChE and Na+ K+ ATP ase in various tissues of the fish (*Cyprinus carpio*). Research journal of environmental toxicology, 5(2), 314- 319.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

15- **Bello- Olusoji, O.A. and Adebola, B.O., 2006.** Toxic – Effect of Aldrin and copper Sulphate on freshwater Prawn Caridina Africana. Journal of Fisheries International, 1(1-2): 12-16 .
16- **Besser, J.M., Mebane, CH. A., Mount, D.R., Ivey, CH.D., Kunz, J.L., Greer, I.E., May, T.W. and Ingersoll, CH.G., 2009.** Sensitivity of mottled sculpinus (*Cottus bairdi*) and Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) to acute and chronic toxicity of cadmium and zinc. Environmental Toxicology and Chemistry, 26 (80): 1657-1665.
17- **Boeck, G., Smolders, R. and Blust, R., 2010.** Copper toxicity in gibelio carp *Carassius auratus gibelio*: Importance of sodium and glycogen, Ecophysiology, Biochemistry and Toxicology Group, Department of Biology, University of Antwerp, Groenenborgerlaan, B-2020 Antwerp, Belgium., Pp: 171.
18- **Calfee, R.D., Little, E.L., Puglis, H.J., Scott, E., Brumbaugh, W.G. and Mebane, CH.A., 2014.** Acute sensitivity of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to copper, cadmium, or zinc water-only laboratory exposures. Environmental Toxicology and Chemistry, 33 (10): 2259–2272.
19- **Farhangi, M., Gholipour Kanani, H., Aliakbariyan, A., Kashani, M. 2014.** Effect of Copper Sulphate on behavioral and histopathological changes in roach, *Rutilus rutilus caspicus*. Caspian J. Env. Sci., 12(1): 73-79.
20- **Farhangi, M, Adineh, H., and Harsij, M., 2022.** Protective, immunity and histopathological effect of garlic extract (*Allium sativum*) on exposed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to acute toxicity of copper (Cu2+). Iranian journal of Veterinary Science and Technology, 3(11); 31-42.
21- **Green, J.W., Speinger, T.M. and Holbech, H., 2018.** Statical analysis of ecotoxicity studies. John Wiley & Sons, USA. 392P.
22- **Gul, A.; Yilmaz, M. and Isilak, Z., 2009.** Acute Toxicity of Zinc Sulphate (ZnSO4.H2O) to Guppies (Poecilia reticulate). Journal of Science, 22(2), 59-65 .
23- **Hosseini, S.A. Nodeh, A.J., 2012.** Toxicity of Copper and Mercury to Caspian Roach Rutilus rutilus caspicus. Journal of the Persian Gulf, 3 (9), 9-14
24- **Kazlauskiene, N., 2002.** Long- term effect of copper on sea trout (*Salmo trutta trutta*) in early ontogenesis. Ecologi JA., Nr. 2: 65-69 .
25- **Khunyakari, R.P., Vrushali, T., Sharma, R.N. and Tare, V., 2001.** Effects of some trace heavy metals on Poecilia reticulate". J.Environ. Biol., 22 (2): 141- 144.
26- **Kumara, N., Kumar Chandan, N., Wakchaure, G.C. and Singha, N.P., 2020.** Synergistic effect of zinc nanoparticles and temperature on acute toxicity with response to biochemical markers and histopathological attributes in fish. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology, 229: Abstract.
27- Lushchak, V.I., 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. Aquat Toxicol, 101: 13-30.
28- **Martoja, R. and Martoja–Pierson, M., 1974.** Initiation Aux Techniques de l histology animale. 1rd ed. Paris: Masson et Cie; 345 p.
29- **Naddy, R.B., Cohen, A.S. and Stubblefield, W.A., 2014.** The interactive toxicity of cadmium, copper, and zinc to Ceriodaphnia dubia and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environmental Toxicologyand Chemistry, 34 (4): 809-815.
30- **Olaifa, F.E., Olaifa, A.K., Onmude, T.E., 2004.** Lethal and sub-lethal effects of copper to the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. African Journal of Biomedical Research, 7, 65 -70.
31- **Ramírez-Duarte, W.F., Rondón-Barragán, I.S., Pedro, R. and Eslava-Mocha, P.R., 2008.** Acute toxicity and histopathological alterations of Roundup herbicide on cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Pesquisa Veterinária Brasileira, 28(11), 1001-1007.
32- **Roberts, R.J., 2012.** Fish pathology. 4th edition. Wiley-Blackwell, UK. 590 p.
33- **Sadeghi, A. and Imanpour, M.R., 2015.** Investigation of LC50, NOEC, and LOEC of Oxadiazon, Deltamethrin and Malathion on Platy Fish (*Xiphophorus Maculatus*). Iranian Journal of Toxicology, 9 (28): 1271-1276.
34- **Sajid,A. and Javed, M., 2006.** Studies on acute toxicity of metals to the fish catla catla. Pakistan journal of biological sciences, 9(9): 1807-1811.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

35- TRC., 1984. OECD Guideline for testing of chemical, Section 2, Effects on biotic systems. OECD. 39P.

36- Witeska, M. and Jezierska, B., 2003. The effecte of environmental factors on metal toxicity to fish. Fresenius Environ.vBull., pp: 824- 829 .

37- Wong, M.H., Luk, K.C. and Choi, K.Y., 1977. The effects of zinc and copper salts on *Cyprinus carpio and Ctenopharyngodon idellus*. Acta Anatomica, 99 (4): 450-454.

38- Zeng, L., Huang, L., Zhao, M., Liu, SH., He, ZH., Feng, J., Qin, CH. and Yuan, D., 2018. Acute toxicity of zinc sulfate heptahydrate (ZnSO4.7H2O) and copper (II) sulfate pent hydrate (CuSO4.5H2O) on freshwater fish, Percocypris pingi. Fisheries and Aquaculture Journal, 9 (1): 1-5.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]