

## ارزیابی LC50 فلزات سنگین روی، مس و جیوه در ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*)

واحد کیانی\*<sup>1</sup>، مهرداد فرهنگی<sup>2</sup>، نعمت‌الله خراسانی<sup>3</sup>، زنده یاد محمد ابراهیم پور کاسمانی<sup>4</sup>

1 دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشگاه تهران

2 استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

3 استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

4 استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: 1389/10/14؛ تاریخ تصویب: 1391/10/4)

### چکیده

برخی از فلزات سنگین در غلظت‌های پایین ضروری‌اند؛ اما در اغلب موارد دارای آثار سمی هستند و با تجمع در اندام‌های مختلف موجودات آبرزی باعث آسیب دیدن بافت‌ها و اختلال در رشد و تکثیر آنها می‌شوند. هدف از این پژوهش بررسی میزان سمی بودن فلزات سنگین روی، مس و جیوه در محیط آبی با سختی 350 میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم در ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*) است. آزمایش‌هایی در قالب طرحی کاملاً تصادفی به وسیله روی، مس و جیوه به ترتیب با 5، 5 و 6 تیمار و هر کدام در 3 تکرار انجام شدند. تحقیق در این پژوهش به شیوه آزمایشگاهی-تحلیلی صورت گرفت. افزایش غلظت کلرید مس از 0/31 به 0/62 میلی‌گرم در لیتر، افزایش غلظت سولفات روی از 100 به 120 میلی‌گرم در لیتر و افزایش غلظت کلرید جیوه از 0/25 به 0/5 میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان محدوده بحرانی تعیین و در واقع بیشترین حساسیت (از نظر سمی بودن) در این محدوده مشاهده شد. بیشترین مرگ و میر در 24 ساعت اول روی داد که این مسئله مبین آثار حاد عناصر مورد مطالعه است. مقادیر LC50 تعیین شده نشان داد که در بین فلزات روی، مس و جیوه بیشترین سمی بودن به ترتیب مربوط به جیوه، بعد از آن مس و سرانجام روی بود.

**کلید واژه‌ها:** روی، مس، جیوه، ماهی گامبوزیا، LC50، سمی بودن.

## سرآغاز

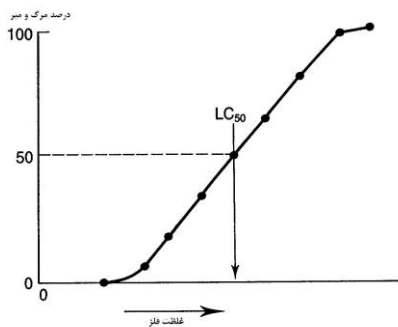
موجودات زنده به مقادیر بسیار کمی از فلزات سنگین برای ادامه رشد و بقا نیاز دارند که به اصطلاح به آنها عناصر کمیاب می‌گویند مثل مس، منگنز، مولیبدن، روی و اگر از آن حداقل مورد نیاز و ضروری افزایش یابند باعث اختلال در رشد می‌شوند (ثنایی، 1388). فلزاتی که چگالی بیشتر از 4g/lit یا وزن اتمی بیشتر از 54g/mol دارند به‌عنوان فلزات سنگین شناخته می‌شوند، بنابراین در پژوهش حاضر مس و روی فلز سنگین هستند و همچنین عنصر کمیاب ولی جیوه فقط فلز سنگین است. با این حال فلزات سنگین از جمله ترکیبات طبیعی در آب‌ها محسوب می‌شوند و برخی از آنها در غلظت‌های پایین ضروری هستند، ولی در اغلب موارد دارای آثار سمی بوده و با تجمع در اندام‌های مختلف موجودات آبی باعث آسیب رساندن به بافت‌ها و اختلال در رشد و تکثیر در آنها می‌شوند (Alkarkhi et al., 2009). فلزات سنگین از منابع مختلفی وارد آب‌های طبیعی می‌شوند، اما عمده‌ترین راه ورود آنها به منابع آبی از طریق قرارگیری سنگ‌ها و خاک‌های هوازده در مسیر آب‌های طبیعی است. دیگر منابع ورود فلزات سنگین به آب‌ها را می‌توان به فعالیت‌های دامپروری، کشاورزی، معدن‌کاوی و نیز بعضی فعالیت‌های صنعتی توسط انسان نسبت داد (Ochieng et al., 2007). روی، مس و جیوه به‌عنوان منابع آلاینده محیط‌زیست گسترش زیادی به‌صورت‌های مختلف در آب‌های شیرین و بوم‌سازگان‌های آبی دارند، زیرا از این ترکیبات افزون‌بر تولید وسایل فلزی، در تولید حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حتی از بین بردن جلبک‌ها استفاده به‌عمل می‌آید. افزایش این فلزات در بوم‌سازگان‌های آبی به‌دلیل مصرف انسان از غذاهای دریایی به نگرانی‌هایی در مورد سلامت انسان منجر شده است، برای نمونه روی که باعث از بین رفتن بافت‌ها می‌شود اگر از راه دستگاه گوارش وارد بدن شود ممکن است باعث مرگ شود (ثنایی، 1388). با توجه به اینکه انسان در انتهای زنجیره غذایی بوم‌سازگان‌های آبی قرار دارد، بنابراین استفاده از منابع آبی سالم و ضد عفونی شده، جلوگیری از انتقال عوامل بیماری‌زا و کنترل دایم سلامت آبزیان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (شریف روحانی، 1387 به نقل از گنجور). سمی بودن آلاینده از طریق آزمایش سنجش زیستی<sup>(1)</sup> ارزیابی می‌شود که به‌وسیله آن غلظت لازم برای ایجاد تلفات نیمی از موجودات مورد آزمایش در یک

دوره زمانی مشخص (کوتاه مدت و بلندمدت) تعیین می‌شود. این آزمایش‌ها شاخه‌ای از علم سم‌شناسی زیستی<sup>(2)</sup> است و وظیفه آنها قضاوت درباره توان بالقوه مواد آلاینده و بررسی تأثیرات زیان بخش این مواد بر موجودات زنده بوم‌سازگان‌هاست (Kamrin, 2000). آزمون سمی بودن حاد، آزمون کوتاه مدت طراحی شده برای اندازه‌گیری اثر عوامل سمی بر گونه‌های آبی در طول دوره زندگی آنهاست (Dural et al., 2005). این آزمون محدوده تحمل موجودات آبی را نشان می‌دهد، پر واضح است که فلزات سنگین به دلیل سمی بودن و داشتن خاصیت تجمعی در بدن موجودات زنده از اهمیت زیادی برخوردارند. (Akan et al., 2009) یکی از راهکارهای مناسب برای بررسی تأثیرات سوء ناشی از مواجهه با فلزات سنگین استفاده از مدل‌های حیوانی و به‌ویژه گونه‌های آبی است. به همین دلیل در این مطالعه از ماهی گامبوزیا به‌عنوان مدلی بیولوژیکی استفاده به‌عمل آمد. این ماهی از ایالت‌های جنوبی آمریکا برای مبارزه با پشه مالاریا (آنوفل) به اروپا و سایر نقاط دنیا و از جمله ایران معرفی شد (کیوانی، 1387). از زمانی که ارزش ماهی گامبوزیا برای مبارزه با مالاریا شناخته شد به آب‌های شیرین داخلی بسیاری از کشورها معرفی شد و در حال حاضر یکی از ماهیان عمده در آب‌های شیرین محسوب می‌شود (Garcia & Huffaker, 1979). به طور کلی ماهی لارو خوار گامبوزیا در آب‌های بخش‌های وسیعی از کشور وجود دارد و قادر به تحمل دمای بالا، سختی زیاد، کلرورها، املاح و تعداد زیادی از آلودگی‌هاست (Leyse et al., 2005). با وجود این که مطالعات زیادی در مورد مقاومت گیاهان و جلبک‌ها نسبت به فلزات سنگین انجام شده است، با این حال تحقیقات محدودی در مورد میزان مقاومت آبزیان به فلزات سنگین و عناصر کمیاب صورت گرفته است (Newman, 2005). برای نمونه (Ebrahimpour, 2010 b) سمی بودن حاد (LC<sub>50</sub>) فلزات سنگین روی و مس را در سیاه‌ماهی (Capoeta fusca) در محیط‌های آبی با درجه سختی مختلف تعیین کردند و گنجور (1387) غلظت نیمه کشنده 96 ساعته داروی میرکن - اس بر میگوی پا سفید (Litopenaeus vannamei) را برآورد کردند. هدف این پژوهش ارزیابی LC<sub>50</sub><sup>(3)</sup> فلزات روی، مس و جیوه در ماهی گامبوزیا (Gambusia holbrooki) است.

## مواد و روش‌ها

سولفات روی به دست آمد، که به 5 غلظت شامل 80، 140، 100، 140 و 160 میلی‌گرم در لیتر تقسیم شد. همچنین دامنه‌ای با حداکثر غلظت 2/5 میلی‌گرم در لیتر و حداقل غلظت 0/16 میلی‌گرم در لیتر برای کلرید مس به دست آمد، که به 5 غلظت شامل 0/16، 0/31، 0/62، 1/25 و 2/5 میلی‌گرم در لیتر تقسیم شد. سرانجام دامنه‌ای با حداکثر غلظت 2 میلی‌گرم در لیتر و حداقل غلظت 0/062 میلی‌گرم در لیتر برای کلرید جیوه (Ebrahimpour et al., 2010 a) به دست آمد، که به 6 غلظت شامل 0/625، 0/125، 0/25، 0/5، 1 و 2 میلی‌گرم در لیتر تقسیم شد. LC<sub>50</sub> که معمولاً برای مواد محلول استفاده می‌شود (Vincent, 2010)، با روش EPA<sup>(5)</sup> در نرم‌افزار Probit analysis program محاسبه شد (EPA Probit Analysis, 2009).

(روش استاندارد EPA و برنامه نرم‌افزاری Probit analysis (1.5) program) (Vincent, 2010). این برنامه با دریافت تعداد ماهیان مورد آزمایش و غلظت عناصر استفاده شد، حد بالا و حد پایین LC<sub>50</sub> را با سطح اعتماد 95 درصد ارائه می‌دهد. شکل (1) به صورت شماتیک طریقه محاسبه LC<sub>50</sub> را نشان می‌دهد. روش تحقیق در این پژوهش به شیوه آزمایشگاهی-تحلیلی بود و رسم نمودار نیز با استفاده از نرم‌افزار (version 11) Sigmaplot انجام شد.



در فروردین ماه سال 1388 حدود 1000 قطعه ماهی گامبوزیا از رودخانه ابن حسام شهرستان خوسف (رودخانه فصلی واقع در استان خراسان جنوبی) صید شد. استان خراسان جنوبی از لحاظ اقلیمی در موقعیت خشک سرد قرار دارد و اغلب رودخانه‌های آن فصلی‌اند. آب رودخانه ابن حسام به قنات خوسف می‌پیوندد و همین موضوع موجب شده است ویژگی‌های زیستی این رودخانه با قنات خوسف مشابه باشد (کیانی و همکاران، 1389). ماهیان مذکور در ظروف حاوی آب رودخانه به آزمایشگاه منتقل و به مدت یک هفته در آزمایشگاه نگهداری شدند تا با شرایط جدید سازگار شوند. در آزمایشگاه برای تامین اکسیژن مورد نیاز ماهی‌ها از هواده با حجم هوای ثابت استفاده شد. حجم آب موجود در آکواریوم‌ها 40 لیتر بود و تعداد 10 قطعه ماهی به‌طور تصادفی به هر آکواریوم اختصاص داده شد. سختی آب مورد بررسی 350 میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و میانگین وزن ماهی‌ها  $0/4 \pm 0/1$  گرم بود. آزمایش‌ها در قالب طرحی کاملاً تصادفی به‌وسیله روی، مس و جیوه به‌ترتیب با 5، 5 و 6 تیمار (جدول 1) و هر کدام در 3 تکرار به‌صورت جداگانه برای هر فلز با حدود اعتماد 95 درصد انجام شد. تراکم ماهیان در آکواریوم‌ها در حد 1 گرم در لیتر تنظیم شد (TRC, 1984)<sup>(4)</sup>. این آزمایش در شرایطی که دما، pH، اکسیژن محلول و کدورت آب کنترل می‌شد، صورت گرفت (جدول 2). به غیر از pH، دما و اکسیژن محلول که به ترتیب با pH متر، دماسنج و اکسیژن سنج تعیین شدند، سایر شاخص‌های فیزیکی شیمیایی آب با دستگاه 5000 Palintest تحت شرایط استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند. سپس آزمایشی اولیه برای تعیین حد بالا و پایین غلظت کشنده فلزات مذکور در ماهی گامبوزیا صورت گرفت، به این صورت که به‌طور تصادفی اثر غلظت‌های مختلف فلزات مذکور در ماهیان بررسی و با استفاده از تصاعد هندسی این محدوده به غلظت‌های مختلف تقسیم شد. در ادامه دامنه‌ای با حداکثر غلظت 160 میلی‌گرم در لیتر و حداقل غلظت 80 میلی‌گرم در لیتر برای

جدول (1): تیمارها و غلظت‌های فلزات سنگین مورد استفاده در این آزمایش

غلظت (میلی‌گرم در لیتر)						تیمار
-	160	140	120	100	80	ZnSO <sub>4</sub>
-	2/5	1/25	0/62	0/31	0/16	CuCl <sub>2</sub>
2	1	0/5	0/25	0/125	0/625	HgCl <sub>2</sub>

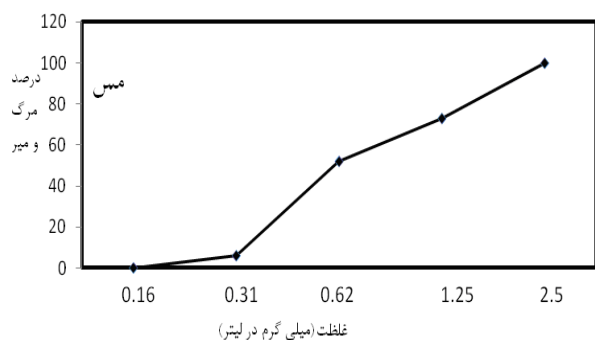
## یافته‌ها

نیتریت آن تقریباً 7 برابر آب محیط آزمایش بود. سختی کل آب رودخانه تقریباً 2/5 برابر سختی کل آب محیط آزمایش بود ولی میزان کلر آن نصف آب محیط آزمایش اندازه‌گیری شد. همچنین برای جلوگیری از ایجاد تنش در ماهی‌ها دمای آب محیط آزمایش نزدیک به دمای آب رودخانه نگه داشته شد (جدول 2).

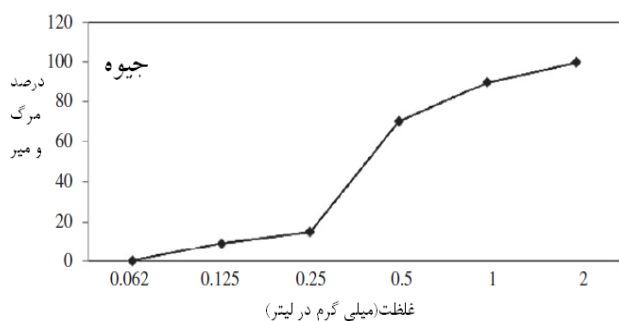
خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آب‌ها در میزان سمی بودن فلزات سنگین تأثیر به‌سزایی دارند. با توجه به جدول (2) آب رودخانه توانایی بیشتری نسبت به آب محیط آزمایش در نگهداری ترکیبات حاوی نیترژن داشته، به طوری که میزان آمونیاک و

جدول (2): خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آب‌های مورد مطالعه (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

منبع آب	آب رودخانه	آب محیط آزمایش
سختی کل (میلی‌گرم در لیتر)	1200 $\pm$ 50	10 $\pm$ 350
کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	7 $\pm$ 176	4 $\pm$ 52
منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)	5 $\pm$ 173	3 $\pm$ 45
آمونیاک (میلی‌گرم در لیتر)	0/1 $\pm$ 79/0	0/02 $\pm$ 1/0
نیتریت (میلی‌گرم در لیتر)	0/01 $\pm$ 05/0	0/001 $\pm$ 007/0
کلر $Cl_2$ (میلی‌گرم در لیتر) به صورت	0/02 $\pm$ 1/0	0/06 $\pm$ 2/0
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	0/2 $\pm$ 6/7	0/2 $\pm$ 6/8
دما (درجه سانتیگراد)	0/2 $\pm$ 9/12	0/3 $\pm$ 13/6
pH	0/1 $\pm$ 82/7	0/2 $\pm$ 75/7



شکل (3): روند مرگ و میر ماهی گامبوزیا بر اثر فلز مس

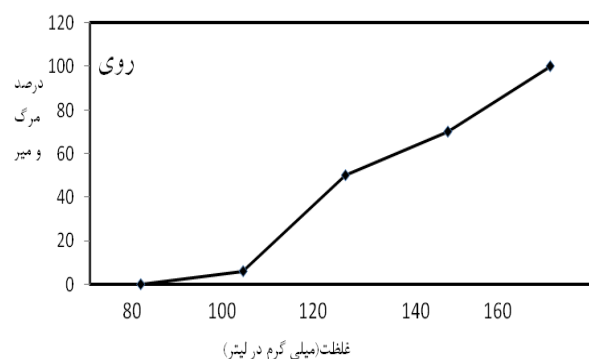


شکل (4): روند مرگ و میر ماهی گامبوزیا بر اثر فلز جیوه

با گذشت زمان میزان  $LC_{50}$  فلزات سنگین مورد مطالعه کاهش یافت. بالاترین میزان  $LC_{50}$  و در واقع کمترین سمی بودن در

مرگ و میر در 24 ساعت اول را می‌توان به علت خاصیت تجمعی زیستی فلزات مورد مطالعه در بدن ماهی نسبت داد. همچنین با افزایش غلظت سم، میزان تغییرات مرگ و میر ماهی در اثر فلزات روی (شکل 2)، مس (شکل 3) و جیوه (شکل 4) افزایش یافت.

در جدول (3)  $LC_{50}$  کلرید مس، سولفات روی و کلرید جیوه در ماهی گامبوزیا ارائه شده است. بیشترین میزان مرگ و میر در کلیه تیمارها در 24 ساعت اول روی داد که این مسئله مبین آثار حاد عناصر مورد مطالعه است.



شکل (2): روند مرگ و میر ماهی گامبوزیا بر اثر فلز روی

جدول (3): LC50 سولفات روی، کلرید مس و کلرید جیوه در ماهی گامبوزیا\*

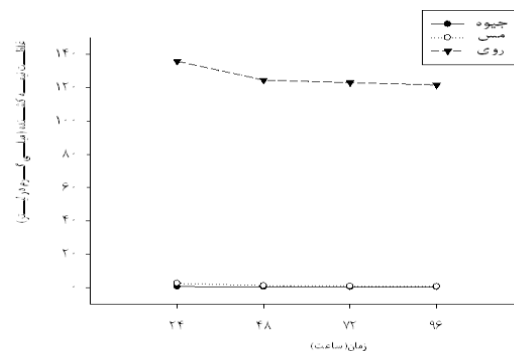
LC50 (میلی گرم در لیتر)			زمان (ساعت)
HgCl <sub>2</sub>	CuCl <sub>2</sub>	ZnSo <sub>4</sub>	
0/56 (0/2-16**)	2/54 (0/89-4/59)	135/8 (128/6-136/7)	24
0/41 (0/0-35/48)	1/13 (0/89-1/52)	126/4 (120/3-132/9)	48
0/36 (0/0-22/59)	0/84 (0/67-1/06)	(116/9-121/9) 122/95	72
0/36 (0/0-22/59)	0/65 (0/54-0/79)	(115/89-127/4) 121/6	96

\* داده‌ها با حدود اعتماد 95 درصد ارائه شده اند.

\*\* داده‌های داخل پرانتز دامنه تغییرات را نشان می دهند.

شده توسط آبزیان موجود در رودخانه) نسبت داد که منجر به تولید ترکیبات نیتروژن دار در این منابع آبی می‌شود. مطالعات نشان داده است که نوسان ترکیبات نیتروژن دار از فصل پاییز به زمستان است و با شروع فصل بهار به طور نسبی ثابت می‌شود (مه‌دوی و همکاران، 1389). بالا بودن سختی آب رودخانه را می‌توان به تبخیر بالای آب در منطقه مورد مطالعه نسبت داد. خصوصیات فیزیکی شیمیایی در میزان سمی بودن فلزات سنگین تأثیر به‌سزایی دارند. مطالعات مشابه در این زمینه نشان داده‌اند که میزان مرگ و میر ماهی گامبوزیا در آب با درجه سختی 350 میلی‌گرم در لیتر برای فلز روی با میزان مرگ و میر ماهی گامبوزیا در آب با درجه سختی 25 میلی‌گرم در لیتر برای فلز مس برابر است (Hoseinzade et al., 2010). همچنین هر چه سختی آب بیشتر باشد سمی بودن فلزات سنگین افزایش می‌یابد، یعنی سختی آب و سمی بودن فلزات سنگین رابطه معکوس نسبت به هم دارند (Hoseinzade et al., 2010). عاملی که بیشتر در ارزیابی سمی بودن مواد شیمیایی اهمیت دارد غلظت آستانه و شیب منحنی غلظت-واکنش است (Kamrin, 2000). بنابراین پایین بودن مرگ و میر در 24 ساعت اول را می‌توان به علت خاصیت تجمعی زیستی فلزات مورد مطالعه در بدن ماهی نسبت داد، چرا که با گذشت زمان مرگ و میر افزایش می‌یافت. با استناد به یافته‌های این پژوهش برای سولفات روی با افزایش غلظت از 100 به 120 میلی‌گرم در لیتر مرگ و میر از 5 درصد به 50 درصد افزایش یافت (شکل 2)؛ همچنین برای کلرید مس با افزایش غلظت از 0/31 به 0/62 میلی‌گرم در لیتر، میزان مرگ و میر از 10 درصد به 50 درصد افزایش یافت (شکل 3)؛ سرانجام برای کلرید جیوه با افزایش غلظت از 0/25 به 0/5

بین فلزات سنگین مورد مطالعه مربوط به فلز روی در 24 ساعت اول بود. همچنین کمترین میزان LC50 و در واقع بیشترین سمی بودن نیز به فلز جیوه در ساعت 96 تعلق داشت. آزمون سمی بودن حاد، محدوده تحمل موجودات آبی را نشان می‌دهد. پر واضح است که توجه به فلزات سنگین به دلیل خاصیت تجمعی آنها در بدن موجودات زنده از اهمیت بسزایی برخوردار است. در شکل (5) LC50 سولفات روی، کلرید مس و کلرید جیوه در طول زمان مقایسه شده است. این نمودار بخوبی اختلاف سمی بودن روی در مقایسه با مس و جیوه را نشان می‌دهد.



شکل (5): مقایسه LC50 سولفات روی، کلرید مس و کلرید جیوه در طول زمان در ماهی گامبوزیا

### بحث و نتیجه گیری

مقایسه شاخص‌های فیزیکی-شیمیایی رودخانه‌ها و ویژگی‌های زیستی آن منعکس کننده کیفیت آب آنهاست (Davies, 2001). بیشتر بودن غلظت نیتروژن آب رودخانه به آب محیط آزمایش را می‌توان به واکنش‌های زیستی-شیمیایی (به‌ویژه آمونیاک دفع

محیط‌زیست به وسیله فلزات سنگین پیشگیری از آلودگی منابع آبی است. برای نمونه با بازیافت فلزات سنگین از فاضلاب ناشی از صنایع و دیگر منابع آلاینده می‌توان افزودن بر جلوگیری از آلودگی آب و خاک در اثر انتشار فلزات مذکور، هزینه دفع فاضلاب را تا میزان 10 برابر کاهش داد (Sethu et al., 2005). سرانجام با توجه به اینکه این پژوهش مطالعه‌ای مقدماتی (در شرایط آزمایشگاهی) است پیشنهاد می‌شود این گونه تحقیقات در محیط‌های طبیعی به منظور دستیابی به نتایج مستندتر انجام شود.

### یادداشت‌ها

1. Bioassay
2. Ecotoxicology
3. Concentration Lethal 50%
4. Telecommunications Regulatory Commission
5. Environmental Protection Agency

### تشکر و قدر دانی

شایان ذکر است که نتایج فلز جیوه در این پژوهش مربوط به تحقیقات زنده یاد دکتر کاسمانی و همکاران است که در مجله بین‌المللی "Toxicological & Environmental Chemistry" در سال 2010 به چاپ رسید؛ همچنین نگارندگان در پایان بر خود لازم می‌دانند که از استاد ارجمند زنده یاد دکتر محمد ابراهیم‌پور کاسمانی (استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند) به پاس مساعدت‌های بی‌دریغشان در کار آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل داده‌ها تشکر و قدردانی کرده و بدین وسیله از خداوند منان برای شادی روح آن بزرگوار طلب مغفرت کنند، روحش شاد.

میلی گرم در لیتر میزان مرگ و میر در ماهی گامبوزیا از 20 درصد به 70 درصد افزایش یافت (شکل 4). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت سولفات روی از 100 به 120 میلی گرم در لیتر، افزایش غلظت کلرید مس از 0/31 به 0/62 میلی گرم در لیتر و افزایش غلظت کلرید جیوه از 0/25 به 0/5 میلی گرم در لیتر محدوده بحرانی محسوب می‌شود و در واقع بیشترین حساسیت (از نظر سمی بودن) در این محدوده مشاهده شد. در مورد فلز روی با 1/2 برابر شدن میزان غلظت، کشندگی 10 برابر، در مورد مس با 2 برابر شدن میزان غلظت، کشندگی 5 برابر شد و در مورد فلز جیوه (Ebrahimipour et al., 2010 a) نیز با 2 برابر شدن میزان غلظت، شدت کشندگی تا 3/5 برابر افزایش یافت. در این بین حساس‌ترین محدوده افزایش غلظت محدوده روی بود ولی از نظر سمی بودن (کشندگی در سطوح پایین غلظت) فلز جیوه در بین فلزهای مورد مطالعه سمی‌ترین شناخته شد. در شکل (5) کلاسه‌بندی سمی بودن به روشنی مشخص می‌شود، داده‌ها مؤید آن است که در غلظت‌های پایین فلز جیوه خاصیت سمی بیشتری دارد. با توجه به جدول (3) نیز مشاهده می‌شود که بیشترین میزان تلفات در اثر فلز جیوه رخ داد. بنابراین ترتیب سمی بودن عبارت است از:  $Hg > Cu > Zn$ . نتایج حاکی از آن است که با گذشت زمان میزان  $LC_{50}$  سیر نزولی دارد که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری ماهی مورد مطالعه در روزهای اولیه در مواجهه با فلزات مذکور است. با توجه به میزان  $LC_{50}$  کلرید مس، سولفات روی و کلرید جیوه در ماهی گامبوزیا می‌توان به سمی بودن بالای این فلزات و به طور کلی فلزات سنگین پی برد. این مطلب با توجه به تبعات و پراکنش زیاد فلزات سنگین در محیط‌زیست (طبیعی و انسانی) مبین نیاز به مطالعه بیشتر در مورد فلزات سنگین، به‌ویژه در محیط‌های حساس است. مؤثرترین راهکار برای جلوگیری از آلودگی

### فهرست منابع

- ثنايي، غ. ح. 1388. سم شناسی صنعتی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول، چاپ چهارم، 436 ص.
- شريف روحانی، م. 1374. تشخیص، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و مسمومیت‌های ماهی. معاونت تکثیر و پرورش شیلات ایران، 256 ص.
- مهدوی، م؛ بذرافشان، ا؛ جوانشیر، آ؛ موسوی ندوشنی، ر. و باباپور، م. 1389. بررسی امکان تأثیر جامعه کفزیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب. مجله منابع طبیعی ایران. 63(1): 75-91.

کیانی، و.؛ رستم‌پور، م. و رستمی، ن. 1389. ارزیابی شاخص‌های منابع اکولوژیکی استان خراسان جنوبی، مجموعه مقالات اولین همایش

کویر (فرصت‌ها و تهدیدها)، دانشگاه بیرجند با همکاری فرماندهی انتظامی استان خراسان جنوبی، 17 تیر ماه 1389.

کیوانی، ی. 1387. خلاصه رده بندی فیلوژنتیکی ماهی‌ها. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. 222 ص.

گنجور، م. س. 1387. تعیین غلظت نیمه کشنده 96 ساعته داروی میرکن - اس بر میگوی پا سفید (*Litopenaeus vannamei*). مجله علمی شیلات ایران، یافته‌های علمی کوتاه. 17(1): 149-154.

Akan, J. C.; Abdu Blrahman, F. I.; Sodipo, O. A.; & Akandu, P. I. 2009. Bioaccumulation of some heavy metal of six fresh water fishes caught from lake Chad in Doron Buhari, Maiduguri, Borno State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation* 4(2), 103-114.

Alkarkhi, A. F. M.; Norli, I.; Ahmad, A. & Easa, A. M. 2009. Analysis of heavy metal concentrations in sediments of selected estuaries of Malaysia- a statistical assessment. *Environmental Monitoring Assessment* 153, 179-185.

Davies, A. 2001. The use and limits of various methods of sampling and interpretation of benthic macro invertebrates. *Journal of Limnology* 60: 1-6.

Dural Meltem, M. Z.; Goksu, L.; Ozak, A. A. & Derici, B. 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Cicentrarchus labrax* L., 1758, *Sparus aurata* L., 158 and *Mugil cephalus* L., 1758 from the Camlik Lagoon of the Eastern Coast of Mediterranean. *Water Air and Soil Pollution* 175: 1573-2932.

Ebrahimpour, M.; Mosavisefat, M. & Mohabbati, R. 2010 a. Acute toxicity bioassay of mercuric chloride: an alien fish from a river. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 92: 169-173.

Ebrahimpour, M.; Alipour, H. & Rakhshah, S. 2010 b. Influence of water hardness on acute toxicity of copper and zinc on fish. *Toxicology and Industrial Health*, 26: 361- 365.

EPA Probit Analysis, Version 1. 5. 2009. Available at:<http://www.epa.gov/nerleerd/stat2.htm>.

Garcia, R. & Huffaker, C. B. 1979. Ecosystem management for suppression of vectors of human malaria and schistosomiasis. *Journal of Agro- Ecosystems* 5, 295- 315.

Hoseinzade, M.; Ebrahimpour, M. & Kiyani, V. 2010. Acute toxicity of zinc sulfate ( $ZnSO_4$ ) to *Gambusia holbrooki* by static bioassays. In *Proceedings of the Fourth National Seminar on Chemistry and the Environment*. Persian Gulf Ecology Institute, Bandar Abbas, 27- 29 April 2010.

Kamrin, M. A. 2000. *Pesticide profiles (Toxicity, Environmental Impact and Fate)*. Lewis Publishers. New York, 676 pp.

Leyse, K. E.; Lawler, S. P. & Strange, T. 2005. Effects of an alien fish, *Gambusia affinis*, on an endemic California fairy shrimp, *Linderiella occidentalis*: Implications for conservation of diversity in fishless waters. *Journal of Biological Conservation* 118: 57- 65.

Newman, L .A. 2005. Mercury body burdens in *Gambusia holbrooki* and *Erimyzon sucetta* in a wetland mesocosm amended with sulfate. *Journal of Chemosphere* 52(2): 227-233.

---

Ochieng, E. Z.; Lalah, J. O. & Wandiga, S. O. 2007. Analysis of heavy metals in water and surface sediment in five Rift Valley Lakes in Kenya for assessment of recent increase in anthropogenic activities. *Journal of Bull Environ Contam Toxicol* 79: 570- 576.

Sethu, V.; Aziz, A. R. & Aroua, M. K. 2005. Selective recovery of aluminium and silver from electroplating wastes. [eprints.um.edu.my/525/1/PTS3-4-4](http://eprints.um.edu.my/525/1/PTS3-4-4), 6 pp.

TRC. 1984. OECD Guideline for Testing of Chemicals, Section2: Effect on biotic systems.1-39 pp.

Vincent, K. 2010. Probit Analysis. [userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/probit/](http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/probit/) Probit Analysis, pdf. 8pp.