

بررسی محدوده و میانه غلظت کشندگی هگزافلورومون (Hexaflumuron) در بچه‌ماهی‌های کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

فروش فلاح، شیلا امیدظهير*

گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و محیطی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

*نویسنده مسئول sh.omidzahir@umz.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۳

چکیده

هگزافلورومون یک آفت‌کش است که برای کنترل حشرات در مزارع کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد همچنین به‌عنوان یک حشره‌کش جدید و کارآمد برای کنترل کرم ساقه‌خوار برنج معرفی شده است. این مطالعه برای اولین بار محدوده کشندگی و میانه غلظت کشندگی هگزافلورومون را در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مورد بررسی قرار داده است. برای تعیین محدوده کشندگی ماهی‌ها در ۶ تیمار غلظت‌های ۰، ۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر هگزافلورومون را دریافت کردند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت مرگ و میر ماهی‌ها در هر یک از تیمارها ثبت شد. سپس آزمایش تعیین میانه غلظت کشندگی صورت گرفت و ماهی‌ها در ۵ تیمار با ۳ تکرار، غلظت‌های ۰، ۶، ۷، ۸ و ۹ میلی‌گرم در لیتر هگزافلورومون را دریافت کردند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت تعداد مرگ و میر ماهی‌ها ثبت گردید. داده‌های حاصل از آزمایش تعیین میانه غلظت کشندگی به روش آنالیز آماری پروبیت بررسی شد و مقادیر (LC_{5-95}) ، حداکثر غلظت مجاز یا غلظت غیر مؤثر (NOEC) و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) محاسبه گردید. در این مطالعه میانه غلظت کشندگی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته به ترتیب ۹/۹۲۵، ۸/۳۹۵، ۸/۰۷۵ و ۷/۴۲۸ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. همچنین غلظت غیر مؤثر ۰/۷۴۲۸ و حداقل غلظت مؤثر ۲۸/۴۲ میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد. علایم رفتاری و ظاهری در ماهی‌ها به صورت بی‌حالی، پرخونی در قاعده باله‌ها، قرمزی چشم‌ها، حرکات بسیار آهسته و شنا نزدیک سطح آب، شنای عمودی، قرار گرفتن در کف و نهایتاً مرگ مشاهده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد هگزافلورومون برای ماهی‌های کپور معمولی از درجه سمیت متوسط برخوردار است و به دنبال افزایش غلظت و زمان مواجهه با هگزافلورومون مرگ و میر در ماهی‌های کپور معمولی مورد مطالعه افزایش پیدا می‌کند.

واژگان کلیدی: کپور معمولی، هگزافلورومون، مسمومیت، LC_{50} .

مقدمه

استفاده به بوم‌سازگان‌های آبی منتقل می‌شوند و به‌عنوان آلاینده‌های زیست‌محیطی عمل می‌کنند. اگرچه تمامی بوم‌سازگان‌ها در برابر اثرات سمی آفت‌کش‌ها حساس هستند، اما این حساسیت در بوم‌سامانه‌های آبی به مراتب بیشتر است و اثرات زیانبار آن، پایه‌های اصلی در زنجیره غذایی را مورد تهدید قرار می‌دهد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Menchen et al., 2017). کاربرد وسیع سموم دفع آفات نباتی در مزارع کشاورزی می‌تواند منجر به راهیابی سموم به مزارع پرورش ماهی و بوم‌سامانه‌های آبی و در نتیجه در معرض قرار گرفتن موجودات آبی با سموم و در نهایت سبب مسمومیت آن‌ها گردد (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Newman

سموم دفع آفات کشاورزی با وجود اینکه خسارت ناشی از آفات و بیماری‌ها را در مزارع کشاورزی کاهش می‌دهند، ولی سبب آلودگی محیط زیست می‌شوند (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه آلاینده‌های محیط زیستی از جمله آفت‌کش‌های کشاورزی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. با توجه به اینکه ساده‌ترین راه دفع آفات کشاورزی استفاده از سموم شیمیایی است، کاربرد بی‌رویه آفت‌کش‌ها همیشه نگرانی‌هایی را در رابطه با اثرات نامطلوب آن‌ها و آلودگی محیط زیست به همراه داشته است (حسینی کوه خیلی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Sondhia and Dixit, 2012). متأسفانه بسیاری از آفت‌کش‌ها پس از

(and Clements, 2008).

سموم کشاورزی پس از مصرف از طریق آبیاری، نشت پساب‌های کشاورزی، وزش باد، بارش‌های جوی و زهکشی مزارع به بوم‌سامانه‌های آبی وارد می‌شوند و به این ترتیب آبیان ساکن در آن‌ها به راحتی در خطر مواجهه با آن سموم مختلف قرار می‌گیرند و در نتیجه آلودگی محیط‌های آبی توسط آفت‌کش‌ها می‌تواند سبب تغییر در فعالیت سوخت و ساز و فعالیت‌های بیوشیمیایی بدن موجودات زنده می‌گردد (نجات‌خواه معنوی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Matthews, 2006). هگزافلومورون (Hexaflumuron) با فرمول شیمیایی $C_{16}H_8Cl_2F_6N_2O_3$ و نام تجاری کنسالت (Consult) حشره‌کشی از گروه بنزوئیل‌فنیل‌اوره است که در مزارع کشاورزی برای کنترل حشراتی مانند لارو پولک‌داران، سخت‌بالپوشان، دوبالان و مراحل نابالغ موربانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Doucet and Retnakaran, 2012). هگزافلومورون، همچنین برای کنترل و درمان شپش دریایی (*Lepeophtheirus salmonis*) و (*Caligus elongatus*) در ماهی‌ها کاربرد دارد (Hardardóttir et al., 2019).

این حشره‌کش تنظیم‌کننده رشد حشرات است و مانع از سنتز کیتین شده و از تشکیل کوتیکول در جریان پوست اندازی حشرات ممانعت می‌کند (Abo-Elghar et al., 2003). با توجه به اثرات نامطلوب حشره‌کش‌هایی مانند دیازینون و فیلپرونیل روی موجودات غیرهدف و محیط زیست و همچنین نگرانی در زمینه مقاوم شدن کرم ساقه‌خوار برنج (*Chilo suppressalis*) به حشره‌کش‌های پرکاربرد قبلی، آفت‌کش‌های جدید از جمله هگزافلومورون به‌عنوان یک حشره‌کش جدید و کارآمد در برنامه کنترل کرم ساقه‌خوار برنج معرفی شده است (Yao et al., 2009; Zibae et al., 2017).

ماهیان از مهمترین موجودات آبی هستند که به دلیل ارزش اقتصادی و حساسیت در برابر آلاینده‌ها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند (پاشایی و

همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین با توجه به اینکه تحقیقات بسیار محدودی روی اثرات هگزافلومورون در موجودات غیرهدف صورت گرفته است و با در نظر داشتن اهمیت ماهی‌ها به‌عنوان یکی از موجودات مهم در زنجیره غذایی، این مطالعه برای اولین بار به بررسی مقدار محدوده کشندگی و میانه غلظت کشندگی حشره‌کش هگزافلومورون در ماهی کپور معمولی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی برای انجام تحقیق: در این مطالعه بچه ماهی‌های کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزنی $28/12 \pm 5/4$ گرم از یک مرکز پرورش ماهیان گرمابی تهیه و جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاهی به مدت یک هفته در آکواریوم‌های محل آزمایش نگهداری شدند.

آزمایش تعیین محدوده کشندگی

هگزافلومورون: سم هگزافلومورون ۱۰٪ ساخت شرکت آریا شیمی، ایران به‌صورت مایع امولسیون شونده سفیدرنگ دارای ۱۰۰ گرم در لیتر ماده موثره از فروشگاه سموم کشاورزی تهیه شد. آزمایش تعیین غلظت محدوده کشندگی به صورت ساکن بر اساس روش OECD انجام شد.

بدین منظور برای جلوگیری از آلودگی آب آکواریوم‌ها، ۲۴ ساعت قبل از شروع و در مدت انجام تحقیق غذایی به ماهی‌ها متوقف گردید (OECD, 1992). آبیگری هر یک از آکواریوم‌ها با استفاده از آب شهر کلرزدایی شده انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی‌وشیمیایی آب شامل درجه حرارت 25 ± 3 درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۶-۷ میلی‌گرم در لیتر و pH ۷-۷/۵ در طول مدت مطالعه ثبت و کنترل شد.

برای تعیین غلظت محدوده کشندگی (lethal range concentration) ماهی‌های کپور معمولی به‌طور تصادفی در ۶ تیمار تقسیم شدند و در هر

تعیین محدوده کشندگی هگزافلومورون: در این مطالعه ماهی‌های کپور معمولی در غلظت‌های ۰ تا ۵ میلی‌گرم در لیتر هگزافلومورون تلفاتی نداشتند و در غلظت‌های ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر ۱۰۰ درصد مرگ و میر در ۲۴ ساعت اول آزمایش مشاهده گردید (جدول ۱).

تعیین میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون: به‌منظور تعیین میانه غلظت کشندگی، ماهی‌ها در غلظت‌های ۰، ۶، ۷، ۸ و ۹ میلی‌گرم در لیتر هگزافلومورون را دریافت کردند. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن است میزان مرگ و میر ماهی‌ها با افزایش غلظت هگزافلومورون و افزایش مدت زمان مطالعه افزایش پیدا کرد. در این مطالعه در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر هگزافلومورون در ۴۸ ساعت اولیه تلفاتی مشاهده نشد و اولین تلفات در این غلظت در مدت زمان ۷۲ ساعت ثبت شد، در حالی که سایر تیمارها که در معرض غلظت‌های بالاتر هگزافلومورون قرار داشتند، از همان ۲۴ ساعت اولیه آزمایش تلفات مشاهده گردید.

تغییرات رفتاری مختلفی در ماهی‌های در معرض غلظت‌های مختلف هگزافلومورون مشاهده گردید. علائمی نظیر بی‌حالی، حرکات بسیار آهسته و شنا نزدیک سطح آب، پرخونی در قاعده باله‌ها و قرمزی چشم‌ها در ساعات ابتدایی آزمایش مشاهده شد. با گذشت زمان و همچنین در ماهی‌هایی که در معرض غلظت‌های بالاتر قرار داشتند تغییرات رفتاری شدیدتر به‌صورت شنای عمودی و قرار گرفتن دم به سمت پایین و سر به سمت بالا مشاهده گردید که پس از زمان اندکی ماهی‌ها در کف آکواریوم قرار گرفته و تلف می‌شدند. تغییرات رفتاری در غلظت ۹ میلی‌گرم در لیتر نسبت به غلظت‌های پایین‌تر شدیدتر و سریع‌تر اتفاق افتاد و منجر به تلفات ۱۰۰ درصد ماهی‌ها در مدت زمان ۷۲ ساعت گردید. تعداد مرگ و میر ماهی‌ها در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در جدول ۲ آمده است. در این مطالعه میانه غلظت

تیمار ۵ عدد ماهی در آکواریوم‌های دارای ۱۰ لیتر آب قرار گرفتند. در هر تیمار و غلظت‌های ۰، ۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر هگزافلومورون را به مدت ۴ شبانه‌روز دریافت کردند و در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت مرگ و میر ماهی‌ها در هریک از تیمارها ثبت شد.

آزمایش تعیین میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون: پس از انجام آزمایش تعیین محدوده کشندگی و به‌دست آوردن غلظت محدوده کشندگی و آزمایش تعیین میانه غلظت کشندگی (LC_{50}) (median lethal concentrations) به‌صورت ساکن انجام شد. بدین منظور ماهی‌های کپور معمولی در ۵ تیمار با ۳ تکرار تقسیم شدند و در هر تکرار تعداد ۸ عدد ماهی در آکواریوم‌های دارای ۱۶ لیتر آب قرار گرفتند. تیمارها به ترتیب غلظت‌های ۰، ۶، ۷، ۸ و ۹ میلی‌گرم در لیتر هگزافلومورون را دریافت کردند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت تعداد مرگ و میر ماهی‌ها ثبت گردید.

بررسی آماری داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش تعیین میانه غلظت کشندگی با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه 26) به روش آنالیز آماری پروبیت بررسی شد و با استفاده از جدول پروبیت و معادله رگرسیون میانه غلظت کشندگی به‌دست آمد. همچنین مقادیر (LC_{5-95}) شامل LC_{10} ، LC_{20} ، LC_{30} ، LC_{40} ، LC_{50} ، LC_{60} ، LC_{70} ، LC_{80} ، LC_{90} و LC_{95} حداکثر غلظت مجاز یا غلظت غیر مؤثر (NOEC) که ۱۰٪ متوسط غلظت کشنده ۹۶ ساعته (LC_{50} 10% 96h) است و حداکثر غلظتی از سم است که وجود آن در آب برای آبزیان مجاز در نظر گرفته می‌شود و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) که برابر LC_{10} 96h است و می‌تواند در مدت ۹۶ ساعت سبب تلفات ۱۰٪ از موجودات آبی شود (Gray, 1995) نیز محاسبه گردید.

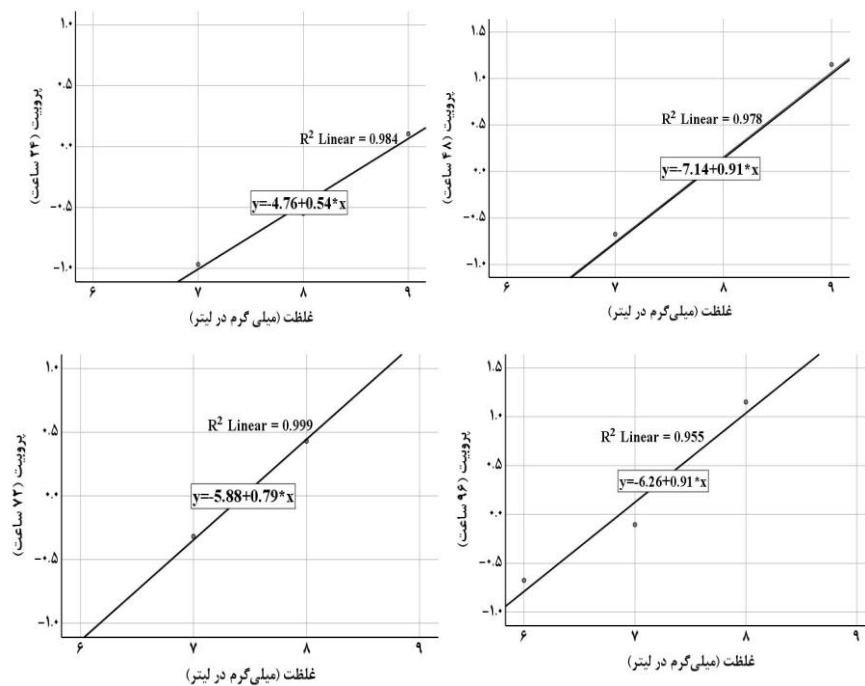
نتایج

جدول ۱- درصد مرگ و میر ماهی‌های کپور معمولی در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در غلظت‌های مختلف هگزافلومورون (میلی گرم در لیتر) جهت تعیین محدوده کشندگی.

مدت زمان (ساعت)	غلظت (میلی گرم در لیتر)					
	۰	۱/۲۵	۲/۵	۵	۱۰	۲۵
۲۴	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۴۸	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۷۲	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
۹۶	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۲- تعداد مرگ و میر ماهی‌های کپور معمولی (n=۲۴) در هر تیمار) در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در غلظت‌های مختلف هگزافلومورون (میلی گرم در لیتر) جهت تعیین میانه غلظت کشندگی.

مدت زمان (ساعت)	غلظت (میلی گرم در لیتر)					
	۰	۶	۷	۸	۹	۱۳
۲۴	۰	۰	۴	۷	۱۳	
۴۸	۰	۰	۶	۱۲	۲۱	
۷۲	۰	۳	۹	۱۸	۲۴	
۹۶	۰	۶	۱۱	۲۱	۲۴	



شکل ۱- ضریب همبستگی پروبیت با غلظت هگزافلومورون در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در ماهی‌های کپور معمولی.

ماهی‌ها گردید، به این ترتیب مقادیر میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون در مدت ۲۴ ساعت ۹/۹۲۵ میلی گرم در لیتر، در ۴۸ ساعت ۸/۳۹۵ میلی گرم در لیتر، در ۷۲ ساعت ۸/۰۷۵ میلی گرم در لیتر و در ۹۶ ساعت ۷/۴۲۸ میلی گرم در لیتر به دست آمد. حداکثر

کشندگی هگزافلومورون ۷/۴۲۸ میلی گرم در لیتر در مدت ۹۶ ساعت محاسبه شد. نتایج نشان داد میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون با افزایش مدت زمان مطالعه کاهش پیدا کرد و هرچه زمان آزمایش افزایش یافت، غلظت کمتری از هگزافلومورون سبب تلفات در

مکانیسمی مشابه هگزافلومورون است را در ماهی کپور معمولی مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق میزان میانه غلظت کشندگی ۹۶ ساعته لوفنورون ۱/۰۸۹ میلی گرم در لیتر به دست آمد و در غلظت حاد عدم تعادل، شنای نامنظم و جانبی مشاهده شد. در تحقیقی دیگر میانه غلظت کشندگی ۹۶ ساعته لوفنورون در ماهی *Colossoma macropomum* (Soares et al., 2016) ۰/۵۸ میلی گرم در لیتر گزارش گردید.

بر اساس گزارش FAO (۲۰۰۸)، میانه غلظت کشندگی ۹۶ ساعته لوفنورون در ماهی قزل آلابی رنگین کمان بیشتر از ۷۳ میلی گرم در لیتر، در ماهی آبشش آبی (*L. macrochirus*) بیشتر از ۴۵ میلی گرم در لیتر و در گربه ماهی کانال (*Ictalurus punctatus*) بیشتر از ۶۳ میلی گرم در لیتر بیان شده است. در مطالعه حاضر میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون، ۷/۴۲۸ میلی گرم در لیتر در مدت ۹۶ ساعت به دست آمد. بنابراین با توجه به درجه بندی سمیت آفت کش ها که بر اساس آن سمومی با میزان سمیت ۰/۱ میلی گرم در لیتر شدیداً سمی، ۰/۱ تا ۱ میلی گرم در لیتر خیلی سمی، ۱ تا ۱۰ میلی گرم در لیتر متوسط سمی، ۱۰ تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کمی سمی و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نسبتاً سمی هستند (Louis et al., 1996; Safahieh et al., 2018)، حشره کش هگزافلومورون برای بچه ماهی های کپور معمولی در این مطالعه از درجه سمیت متوسط برخوردار است. بنابراین با توجه به تأثیر مطلوب حشره کش هگزافلومورون در کنترل کرم ساقه خوار برنج و کاربرد آن در مزارع برنج، مصرف بیش از حد مجاز و بی رویه هگزافلومورون می تواند منجر به ورود این سم به بوم سازگان های آبی و در نتیجه در معرض قرار گرفتن موجودات آبی، مسمومیت و مرگ و میر آن ها گردد.

منابع

پاشائی چلکاسری ح.، فرخ روز م.، زمینی ع.، ابراهیمیان

غلظت مجاز یا غلظت غیر مؤثر (NOEC) ۰/۷۴۲۸ میلی گرم در لیتر و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) آن ۲۸/۴۲ میلی گرم در لیتر تعیین شد. همچنین LC-50 هگزافلومورون در مدت زمان های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت محاسبه گردید. ضریب همبستگی پروبیت و معادله خط رگرسیون سم هگزافلومورون نیز در شکل ۱ ارائه شده است.

بحث

تحقیقات بسیار محدودی در مورد اثر هگزافلومورون روی مهره داران صورت گرفته است. میزان میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون در موش، ۱۱۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن و علائم بالینی ناشی از مسمومیت حاد به صورت لرزش عضلانی، خونریزی از بینی و در نهایت فلجی گزارش شده است (Noaishi et al., 2019). در زمینه سمیت و تأثیر هگزافلومورون بر ماهی مطالعه ای به ثبت نرسیده است و تنها بر اساس گزارش Union (۲۰۱۲)، میزان سمیت هگزافلومورون در ماهی آبشش آبی (*Lepomis macrochirus*) بین ۵۰۰-۱۰۰ میکروگرم در لیتر و میانه غلظت کشندگی ۹۶ ساعته آن بیشتر از ۱۴۱/۸۶ میکروگرم در لیتر و در قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بیشتر از ۴۸۹/۷۸ میکروگرم در لیتر گزارش شده است. همچنین در این گزارش هگزافلومورون در دافنی (*Daphnia magna*) بسیار سمی و میانه غلظت کشندگی آن در مدت ۷۲ ساعت ۰/۱۱ میکروگرم در لیتر اعلام شده است. در مطالعه ای دیگر مقدار میانه غلظت کشندگی هگزافلومورون در کرم غوزه پنبه (*Helicoverpa armigera*)، ۱۰۵/۴ میکروگرم بر میلی لیتر (Vojoudi et al., 2017) و در کلادوسرا (Cladocerans) ۰/۱ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Sánchez-Bayo, 2012).

قلیچپور و همکاران (۲۰۱۹)، تأثیر سم لوفنورون که حشره کشی از گروه بنزوئیل فنیل اوره و دارای

- Gray M.R. 1995. Fundamentals of aquatic toxicology. Taylor and Francis Pub. Washington, USA.
- Ghelichpour M., Mirghaed A.T., Hoseini S.M., Jimenez, A.P. 2020. Plasma antioxidant and hepatic enzymes activity, thyroid hormones alterations and health status of liver tissue in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to lufenuron. *Aquaculture* 516, 734634.
- Harðardóttir H.M., Male R., Nilsen F., Dalvin S. 2019. Effects of chitin synthesis inhibitor treatment on *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda, Caligidae) larvae. *PLoS one* 14(9), e0222520.
- Louis A.H., Diana L.W., Patricia H., Elizabeth R.S. 1996. Pesticides and Aquatic Animals, Virginia Cooperation Extension, Virginia State University, Virginia.
- Matthews G.A. 2006. Pesticides: Health. Safety and the Environment, New York Wiley-Blackwell.
- Menchen A., De las Heras J., Alday, J.J.G. 2017. Pesticide contamination in groundwater bodies in the Jucar River European Union pilot basin. *Environmental Monitoring and Assessment* 189(4), 146-164.
- Newman M.C., Clements W.H. 2008. Ecotoxicology: A comprehensive treatment. USA: CRC Press. 852 p.
- Noaishi M.A., Abd Alhafez H.H., Abdulrahman S.A. 2019. Evaluation of the repeated exposure of hexaflumuron on liver and spleen tissues and its mutagenicity ability in male Albino rat. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine* 76(7), 4545-4552.
- OECD. 1992. Guidelines for testing chemicals. No. 203 and 204. OECD, Paris.
- Union E.J. 2012. Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. *Official Journal of European Union* 167, 1-16.
- Safahieh A., Jaddi Y., Movahedinia A. A., Hallajian A., Dajandian S. 2018. Determination Range finding and median lethal concentration range (LC50 96h) organophosphate pesticide Diazinon on the Caspian Sea Bream fish (*Abramis brama*). *Journal of Marine Science and Technology* 17(2), 70-81.
- Sánchez-Bayo F. 2012. Insecticides mode of ی. ۱۳۹۱. تعیین غلظت کشنده (LC₅₀ 96h) حشره‌کش دیازینون (Diazinon) و علف‌کش ماچتی (Butachlor) بر روی بچه‌ماهی سیاه کولی (*Vimba vimba persa*). اقیانوس‌شناسی، ۹(۳): ۶۳-۶۸.
- حسینی کوه خیلی س. ز. امیدظهیر ش.، حسینی م.، موحدی‌نیا ع. ۱۴۰۰. تعیین غلظت نیمه کشندگی (LC₅₀) قارچ‌کش ویستا (Vista) در ماهی‌آمر (*Ctenopharyngodon idella*). نشریه شیلات، ۷۴(۳): ۴۳۱-۴۴۲.
- دهقانی ر.، لیمویی م.، زرقی ا. ۱۳۹۱. بررسی تاثیرات زیانبار آفت‌کش‌ها با تاکید بر مسئله مقاومت در بندپایان حایز اهمیت بهداشتی (مقاله مروری). مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۱۷(۱): ۹۸-۸۲.
- رحمانی خانقاهی ف.، امیدظهیر ش.، موحدی‌نیا ع.، آخوندیان م. ۱۳۹۹. تعیین متوسط غلظت کشنده علف‌کش بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۹(۲): ۶۵-۷۲.
- نجات‌خواه معنوی پ.، محمدی کیادهی م. ۱۳۹۴. پایش سم لیندان در بافت عضلانی ماهیان کفال (*Liza aurata*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و سفید (*Rutilus frisii kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر. اقیانوس‌شناسی، ۶(۲۳): ۱-۷.
- Abo-Elghar G.E., ElSheikh A.E., El-Sayed F.M., ElMaghraby H.M., El-Zun, H.M. 2004. Persistence and residual activity of an organophosphate, pirimiphos-methyl, and three IGRs, hexaflumuron, teflubenzuron and pyriproxyfen, against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science* 60(1), 95-102.
- Doucet D., Retnakaran A. 2012. Insect chitin: metabolism, genomics and pest management. In *Advances in insect physiology*. Academic Press. pp: 437-511.
- FAO 2008. FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Lufenuron. Retrieved January, 15, 2019 from <http://www.fao.org/fileadmin/templates/>

- action in relation to their toxicity to non-target organisms *Journal of Environmental & Analytical Toxicology* 4, S4-002.
- Soares P. R. L., de Andrade A. L. C., Santos T. P., da Silva S. C. B. L., da Silva J. F., Dos Santos A. R., Cadena, P. G. 2016. Acute and chronic toxicity of the benzoylurea pesticide, lufenuron, in the fish, *Colossoma macropomum*. *Chemosphere* 161, 412-421.
- Sondhia S. 2014. Herbicides residues in soil, water, plants and non-targeted organisms and human health implications: an Indian perspective. *Indian Journal of Weed Science* 46(1), 66-85.
- Vojoudi S., Saber M., Gharekhani G., Esfandiari E. 2017. Toxicity and sublethal effects of hexaflumuron and indoxacarb on the biological and biochemical parameters of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Iran. *Crop Protection* 91, 100-107.
- Yao R., Zhao D. D., Zhang S., Zhou L. Q., Wang X., Gao C. F., Wu S. F. 2017. Monitoring and mechanisms of insecticide resistance in *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae), with special reference to diamides. *Pest Management Science* 73(6), 1169-1178.
- Zibae A., Jalali Sendi J., Ghadamyari M., Alinia F., Etebari K. 2009. Diazinon resistance in different selected strains of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Crambidae) in northern Iran. *Journal of Economic Entomology* 102(3), 1189-1196.

Investigation of lethal range concentration and median lethal concentration of Hexaflumuron in common carp fishes (*Cyprinus carpio*)

Farnoosh Fallah, Shila Omidzahir*

Department of Marine Biology, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

*Corresponding author: sh.omidzahir@umz.ac.ir

Received: 2022/7/4

Accepted: 2022/8/11

Abstract

Hexaflumuron is a pesticide used in farms to control insects and has been introduced as a new and effective insecticide to control rice stemborer. This study investigated lethal range concentration and median lethal concentrations of hexaflumuron in common carp (*Cyprinus carpio*) for the first time. For this purpose, the fishes in 6 treatments received concentrations of 0, 1.25, 2.5, 5, 10 and 25 mg/l hexaflumuron to determine the lethal range concentration and fish mortality was recorded in each treatment at 24, 48, 72 and 96 hours. Then, to determine the median lethal concentration the fishes received 0, 6, 7, 8 and, 9 mg/l hexaflumuron in 5 treatments with 3 replications and the fish mortality was recorded at 24, 48, 72 and 96 hours. The data obtained from the median lethal concentration were analyzed by probit statistical analysis and the (LC5-95), No Observed Effect Concentration (NOEC) and Lowest Observed Effect Concentration (LOEC) were calculated. In this study, the median lethal concentrations of hexaflumuron at 24, 48, 72 and 96 hours were obtained 9.925, 8.395, 8.075, and 7.428 mg/l respectively. Also, NOEC and LOEC were calculated as 0.7428 and 28.42 mg/l. Behavioral and physical symptoms such as lethargy, hyperemia at the base of the fins, red eyes, very slow movements and swimming, vertical swimming, lying on the floor and finally death were observed in fishes. The results of this study showed that hexaflumuron has a moderate degree of toxicity for common carp and fish mortality increases following increasing concentration and exposure to hexaflumuron consumption.

Keywords: Common carp, Hexaflumuron, Toxicity, LC₅₀.