تعیین متوسط غلظت کشنده علف‌کش بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

فاطمه رحمانی خانقاهی[۱]، شیلا امیدظهیر[*۱]، عبدالعلی موحدی‌نیا[۱]، مریم آخوندیان[۱]

*sh.omidzahir@umz.ac.ir

۱-دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۸

چکیده

بن‌سولفورون متیل یکی از سموم علف‌کش پرکاربرد است که در مزارع کشاورزی بویژه مزارع برنج مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیق حاضر برای اولین بار میزان سمیت بن‌سولفورون متیل را در ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار داده است. به این منظور، برای تعیین میزان محدوده کشندگی بن‌سولفورون متیل، ماهی‌های کپور معمولی به طور تصادفی در ۸ گروه در معرض غلظت‌های ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر بن‌سولفوروون متیل قرار گرفتند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت میزان تلفات ماهیان ثبت شد. پس از تعیین محدوده کشندگی، ماهیان به طور تصادفی در ۵ گروه در سه تکرا ر در معرض غلظت‌های ۰، ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶ و۱/۸ گرم در لیتر بن‌سولفورون متیل قرار گرفتند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت میزان تلفات ماهیان ثبت شد. داده‌های بدست آمده با استفاده از روش آنالیز آماری پروبیت با نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر (LC1-99) شامل LC1، LC10، LC30، LC50، LC70، LC90 و LC99 محاسبه گردید. نتایج نشان داد تلفات ماهیان با افزایش غلظت بن‌سولفورون متیل و افزایش زمان آزمایش افزایش یافت و میزان غلظت کشنده بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی با افزایش مدت زمان آزمایش کاهش یافت بطوریکه میزان متوسط غلظت کشنده در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بترتیب ۱/۸۶، ۱/۸۲، ۱/۷۵ و ۱/۶۲ گرم در لیتر بدست آمد. در این مطالعه میزان حداکثر غلظت مجاز، غلظت غیرموثر و حداقل غلظت موثر علف کش بن‌سولفورون متیل بترتیب ۰/۱۶۲ ، ۰/۱۶۲ و ۱/۴۱ گرم در لیتر محاسبه گردید.

لغات کلیدی: بن‌سولفورون متیل، سم شناسی، ماهی، LC50، *Cyprinus carpio*

[*] نویسنده مسئول

مقدمه

کاربرد وسیع مواد شیمیایی برای از بین بردن آفات قسمتی از فعالیت‌های کشاورزی است که سبب افزایش تولید و کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات کشاورزی می‌گردد. استفاده زیاد و بی رویه آفت‌کش‌ها همواره با نگرانی‌های فراوانی درباره اثرات سوء آنها بر محیط زیست همراه بوده است (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۱). استان‌های شمالی کشور به عنوان قطب‌های بزرگ کشاورزی محسوب می‌شوند بطوریکه بیش از ۵۳۰ هزار هکتار سطح زیر کشت برنج در کشور وجود دارد که از این میان سهم استان‌های گیلان و مازندران بیش از ۳۶۰ هزار هکتار می‌باشد (واحدی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اینکه ساده‌ترین راه پیشگیری از بروز آفات در مزارع کشاورزی، استفاده از مواد شیمیایی است و بسیاری از سموم کشاورزی که برای مقابله با آفات استفاده می‌شوند، در آب حل شده و سپس مزارع توسط آنها سمپاشی می‌شوند، قابلیت انتشار و پخش این آفت‌کش‌ها در محیط، یکی از عوامل نگران کننده در زمینه آلودگی محیط زیست است (Newman and Clements, 2008). استفاده بی‌رویه سموم توسط کشاورزان، آبیاری و زهکشی مزارع و ریزش‌های جوی عواملی هستند که سبب ورود این سموم به محیط‌های آبی می‌گردد و از این طریق موجودات آبزی از جمله ماهیان در معرض این سموم قرار می‌گیرند (Mattews, 2006). بنابراین، نکته حائز اهمیت این است که این ترکیبات شیمیایی تنها آفات را از بین نمی‌برند، بلکه می‌توانند برای سایر موجودات زنده نیز دارای تاثیرات نامطلوب باشند (دهقانی و همکاران ۱۳۹۱).

یکی از سموم آفت‌کش که در مزارع کشاورزی بویژه مزارع برنج کاربرد فراوانی دارد، بن‌سولفورون‌متیل[1] است. بن‌سولفورون‌متیل با نام تجاری لونداکس[2] علف‌کشی از خانواده سولفونیل اوره می‌باشد که برای کنترل علف‌های هرز و پهن برگ‌ها در مزارع محصولات مختلفی همچون برنج، گندم، سویا و ذرت در بسیاری از مناطق دنیا بکار می‌رود (Okamoto *et al*., 1998; Saeki *et al*., 2004). بن‌سولفورون‌متیل با مهار عملکرد آنزیم استولاکتات سینتاز[3] سبب توقف ساخت آمینواسیدهای ضروری والین، لوسین و ایزولوسین می‌گردد و بدین ترتیب از تقسیم سلولی و رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (Saeki *et al*., 2004). بن‌سولفورون‌متیل با توجه به حلالیت در آب پس از مصرف شسته می‌شود. بنابراین، مقادیر زیادی از مقدار سم مصرف شده می‌تواند وارد محیط‌های آبی گردد.

برای تعیین سمیت یک ماده شیمیایی، برآورد متوسط غلظت کشنده[4] آن ماده شیمیایی که موجود زنده آبزی در معرض آن قرار می‌گیرد، لازم است. نتایج حاصل از آزمایش‌های سم شناسی، اثرات سموم را در جمعیت آبزیان مورد ارزیابی قرار می‌دهد و نتایج حاصل توان اثرگذاری سموم مختلف و میزان مجاز مصرف آنها را برآورد می‌کند. هدف از آزمایش‌های سنجش سمیت سموم در موجودات آبزی، رسیدن به معیاری قابل اعتماد برای حفاظت از منابع آبزیان است (Milijoprojekt,1994; Di Giulio and Hinton, 2008).

حداکثر غلظت مجاز[5] یا غلظت غیرموثر[6] حداکثر غلظت سم است که وجود آن در آب برای آبزیان مجاز در نظر گرفته می‌شود و مقدار آن معادل ۱۰٪ متوسط غلظت کشنده ۹۶ ساعته[7] می‌باشد. همچنین حداقل غلظت موثر سم[8] برابر با غلظتی از سم است که می‌تواند در مدت ۹۶ ساعت سبب تلفات ۱۰٪ از موجودات آبزی شود و معادل LC10 ۹۶ ساعته می‌باشد (Gray, 1995).

با وجود کاربرد وسیع علف کش بن‌سولفورون‌متیل در مزارع کشاورزی و البته ورود آن به محیط‌های آبی، تحقیقات بسیار محدودی در مورد سمیت این علف‌کش بر موجودات آبزی انجام شده است (FAO, 2002; Sabater

1 Bensulfuron methyl
2 Londax

3 Acetolactate synthase
4 Median lethal concentration or lethal concentration 50% (LC50)
5 Maximum Allowable Toxicant Concentration (MAC)
6 No Observed Effect Concentration (NOEC)
7 10% LC50 96h
8 Lowest Observed Effect Concentration (LOEC)

et al., 2002; Singh *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2017). در ایران و بویژه در استان‌های شمالی کشور نیز به رغم استفاده فراوانی که سم بن‌سولفورون متیل در مزارع برنج دارد و به دلیل خصوصیات فیزیولوژیک برنج و روش کشت غرقابی آن که در ارتباط مستقیم با آب قرار دارد و همواره مقادیر زیادی از پساب‌های حاوی سموم به محیط‌های آبی مجاور شالیزارها وارد می‌گردند، متاسفانه هیچ تحقیقی در رابطه با برآورد میزان سمیت سم بن‌سولفورون متیل بر آبزیان صورت نگرفته است. تحقیق حاضر برای اولین بار میزان سمیت بن‌سولفورون متیل را در ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق میزان محدوده کشندگی، متوسط غلظت کشنده، حداکثر غلظت مجاز، غلظت غیرموثر و حداقل غلظت موثر سم بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی بررسی و تعیین گردید.

مواد و روش کار

در تحقیق حاضر تعداد ۲۱۴ عدد بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزنی ۱/۶±۱۲/۳ گرم که از یک مزرعه پروش ماهی گرمابی تهیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. قبل از شروع تحقیق ماهی‌ها به منظور سازگاری با شرایط محیطی جدید، به مدت یک هفته در شرایط آزمایشگاهی در آکواریوم‌ها نگهداری و در مدت سازگاری روزانه به میزان ۲ درصد وزن بدن غذادهی شدند.

علف‌کش بن‌سولفورون متیل (شرکت گیاه، ایران) با نام تجاری لونداکس به صورت پودر قابل انتشار در آب (DF 60%) از فروشگاه سموم کشاورزی خریداری گردید. قبل از انجام آزمایش تعیین متوسط غلظت کشنده، آزمایش تعیین محدوده کشندگی[1] انجام شد. این تحقیق به روش استاتیک یا ساکن و براساس روش OECD انجام شد (OECD, 1992). ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش و در مدت انجام آزمایش برای جلوگیری از آلودگی محیط غذادهی به ماهیان متوقف شد و در طول مدت آزمایش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل درجه حرارت، pH و اکسیژن محلول آب آکواریوم‌ها اندازه‌گیری و کنترل شد. برای انجام آزمایش تعیین محدوده کشندگی، ماهی ها به طور تصادفی در ۸ گروه با تعداد ۸ عدد ماهی در هر گروه تقسیم شدند. یک گروه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و غلظتی از بن‌سولفورون متیل را دریافت نکرد و ۷ گروه دیگر بترتیب در معرض غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر بن‌سولفوروون متیل قرار گرفتند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت تلفات ماهیان ثبت شد.

پس از بدست آوردن غلظت محدوده کشندگی، آزمایش تعیین متوسط غلظت کشنده صورت گرفت. به این منظور، ماهیان در ۵ گروه با تعداد ۱۰ عدد ماهی در هر گروه در سه تکرار تقسیم شدند. یک گروه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و غلظتی از بن‌سولفورون متیل دریافت نکرد و ۴ گروه دیگر در معرض غلظت‌های ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶ و ۱/۸ گرم در لیتر بن سولفوروون متیل قرار گرفتند و در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت تعداد تلفات ماهیان ثبت شد. سپس داده‌های بدست آمده با استفاده از روش آنالیز آماری پروبیت[2] با نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر (LC1-99) شامل LC30, LC10, LC1 ,LC50, LC70, LC90 و LC99 با استفاده از جدول پروبیت، تلفات پروبیت و معادله رگرسیون محاسبه گردید. همچنین حداکثر غلظت مجاز، غلظت غیرموثر و حداقل غلظت موثر علف کش بن‌سولفوروون متیل در این تحقیق تعیین شد.

نتایج

نتایج حاصل از آزمایش تعیین محدوده کشندگی نشان داد، ماهیان در غلظت‌های ۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵، ۱ گرم در لیتر بن‌سولفوروون‌متیل تلفاتی نداشتند در حالیکه در گروه‌هایی که ۲ و ۴ گرم در لیتر

1 Rang Finding Test

2 Probit analysis

بن‌سولفورورون متیل دریافت کردند، ۱۰۰درصد تلفات در ۲۴ ساعت اول آزمایش رخ داد. درصد تلفات ماهیان در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: درصد تلفات ماهی کپور معمولی (n=8) درمدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از مواجهه با غلظت‌های متفاوت بن‌سولفورون متیل (گرم در لیتر)

Table 1: Mortality percentage of *C. carpio* (n=8) at 24, 48, 72 and 96 hours after exposure to different concentrations of Bensulfuron methyl (g/l)

غلظت	درصد تلفات ماهی			
بن‌سولفورون متیل (گرم در لیتر)	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۰	۰	۰	۰	۰
۰/۰۱	۰	۰	۰	۰
۰/۰۵	۰	۰	۰	۰
۰/۱	۰	۰	۰	۰
۰/۵	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۰
۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
۴	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰

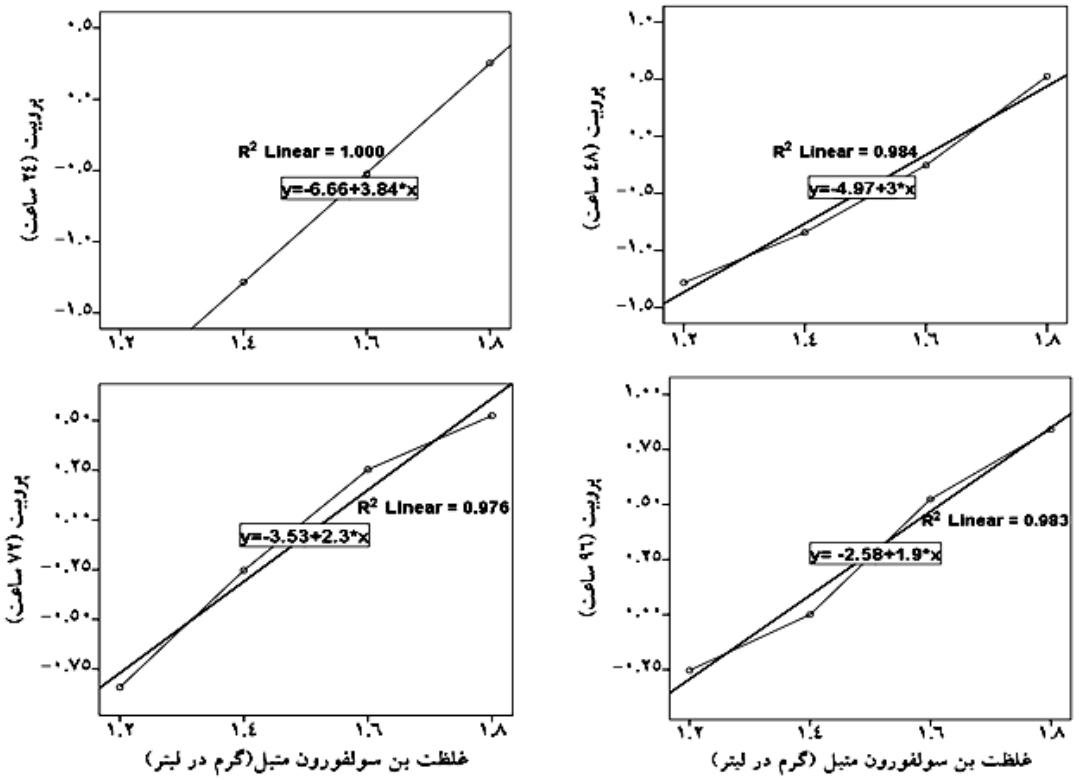
پس از تعیین محدوده کشندگی بن‌سولفورون متیل، برای تعیین متوسط غلظت کشنده، ماهیان در معرض غلظت‌های ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶ و ۱/۸ گرم در لیتر بن‌سولفورون متیل قرار گرفتند. تعداد تلفات ماهیان در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمایش نشان داد میزان تلفات ماهیان با افزایش غلظت بن‌سولفورون متیل و افزایش زمان آزمایش افزایش یافت. معادله خط رگرسیون و ضریب همبستگی پروبیت با غلظت بن‌سولفورون متیل در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲: تعداد تلفات ماهی کپور معمولی (n=۱۰) درمدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از مواجهه با غلظت‌های متفاوت بن‌سولفورون متیل (گرم در لیتر)

Table 2: Mortality number of *C. carpio* (n=10) at 24, 48, 72 and 96 hours after exposure to different concentrations of Bensulfuron methyl (g/l)

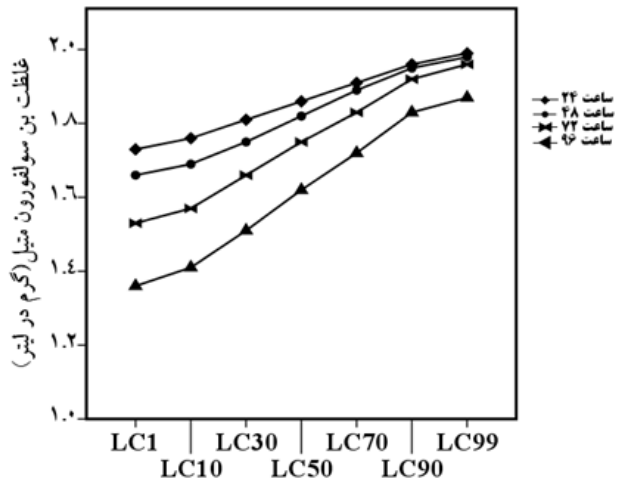
غلظت	تعداد تلفات ماهی			
بن‌سولفورون متیل (گرم در لیتر)	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۷۲ ساعت	۹۶ ساعت
۰	۰	۰	۰	۰
۱/۲	۰	۱	۲	۴
۱/۴	۱	۲	۴	۵
۱/۶	۳	۴	۶	۷
۱/۸	۶	۷	۷	۸

بر اساس نتایج حاصل از جداول ۱ و ۲ و با استفاده از روش آنالیز آماری پروبیت و معادله خط رگرسیون مقادیر LC1-99 بدست آمد که در شکل ۲ نشان داده شده است. در این تحقیق، میزان متوسط غلظت کشنده در مدت ۹۶ ساعت، ۱/۶۲ گرم در لیتر بدست آمد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد میزان غلظت کشنده بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی با افزایش مدت زمان آزمایش کاهش یافت بطوریکه میزان متوسط غلظت کشنده در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بترتیب ۱/۸۶، ۱/۸۲، ۱/۷۵ و ۱/۶۲ گرم در لیتر تعیین شد و هر چه زمان آزمایش افزایش یافت، غلظت پایینتری از بن‌سولفورون متیل سبب تلفات در ماهیان شد. بنابراین، غلظت کشنده LC1-99 بن‌سولفورون متیل در مدت ۲۴ ساعت>۴۸ ساعت>۷۲ ساعت>۹۶ ساعت بدست آمد (شکل ۲). در این تحقیق حداکثر غلظت مجاز یا غلظت غیرموثر بن‌سولفورون متیل ۰/۱۶۲ گرم در لیتر و حداقل غلظت موثر ۱/۴۱ گرم در لیتر محاسبه گردید.



شکل ۱: معادله خط رگرسیون و ضریب همبستگی پروبیت با غلظت بن‌سولفورون متیل در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

Figure 1: Regression equation and correlation coefficient of Probit with Bensulfuron methyl concentration at 24, 48, 72 and 96 hours



شکل ۲: غلظت کشنده (LC1-99) بن‌سولفورون متیل در مدت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در ماهی کپور معمولی

Figure 2: Lethal concentration (LC1-99) of Bensulfuron methyl at 24, 48, 72 and 96 hours in *C. carpio*

بحث

بن‌سولفورون متیل یکی از سموم علف‌کش پرکاربرد است که در مزارع کشاورزی بویژه مزارع برنج مورد استفاده قرار می‌گیرد و به دلیل حلالیت در آب مقادیر زیادی از سم مصرف شده وارد محیط‌های آبی می‌گردد. با وجود کاربرد وسیع علف‌کش بن‌سولفورون متیل در مزارع کشاورزی و ورود آن به محیط‌های آبی، تحقیقات بسیار محدودی در مورد سمیت این علف کش بر موجودات آبزی انجام شده است. سباتر و همکاران (۲۰۰۲) اثر بن‌سولفورون متیل ۹۹/۴٪ را در ۴ گونه از فیتوپلانکتون‌ها شامل *Chlorella vulgaris*، *Chlorella saccharophila*، *Scenedesmus acutus* و *Scenedesmus subspicatus* مورد ارزیابی قرار دادند و کاهش رشد ۵۰ درصدی این فیتوپلانکتون‌ها را در غلظت‌های ۶/۲-۰/۰۱۵ میلی‌گرم در لیتر بن‌سولفورون متیل گزارش کردند. این محققین بیان کردند بن‌سولفورون‌متیل اثر سمیت بیشتری نسبت به سایر علف‌کش‌ها مانند سینوسولفورون، کلرسولفورون، مولینات، فنیتروتیون و پیریدافنتیون بر فیتوپلانکتون‌ها دارد و خطر زیست محیطی ناشی از علف‌کش سولفونیل اوره در اکوسیستم‌های آبی حتی در غلظت‌های کم محیطی انتظار می‌رود (Sabater *et al*., 2002). در تحقیقی دیگر، کاهش رشد و فتوسنتز سیانوباکترهای *Anabaena variabillis* و *Nostoc commune* در غلظت‌های ۱۰-۸ میلی‌گرم در لیتر بن‌سولفورون متیل گزارش شد (Singh *et al*., 2016). در مطالعه Yu و همکاران (۲۰۱۷) متوسط غلظت کشنده ناشی از ترکیب علف‌کش‌های بن‌سولفورون متیل ۹۹/۶٪ و استاکلر ۹۹٪ بر خرچنگ دراز آب شیرین (*Procambarus clarkii*) در مدت ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بترتیب ۱۹۱/۲۵، ۱۶۶/۸۱، ۱۵۴/۳۰، ۱۴۵/۲۴ میلی‌گرم در لیتر تعیین شد (Yu *et al*., 2017). میزان متوسط غلظت کشنده بن‌سولفورون متیل ۹۸٪ در مدت ۹۶ ساعت در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و خورشید ماهی (*Lepomis Macrochirus*) بترتیب بیشتر از ۶۶ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردید (FAO, 2002).

بنابراین، از آنجاییکه در مورد میزان سمیت بن‌سولفورون متیل در آبزیان تحقیقات بسیار محدودی صورت گرفته و در کشورمان هیچ تحقیقی در این زمینه انجام نشده است، مطالعه حاضر برای اولین بار به بررسی میزان محدوده کشندگی و متوسط غلظت کشنده سم بن‌سولفورون متیل در ماهی کپور معمولی پرداخته است. نتایج بررسی حاضر نشان داد سمیت بن‌سولفورون متیل با افزایش زمان در معرض قرار گرفتن و افزایش غلظت سم افزایش می‌یابد بطوریکه غلظت ایجاد کننده ۵۰ درصد تلفات در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بترتیب برابر ۱/۸۶، ۱/۸۲، ۱/۷۵ و ۱/۶۲ گرم در لیتر بدست آمد.

در تحقیقات پیشین، مقدار متوسط غلظت کشنده برخی دیگر از علف‌کش‌های پرکاربرد مورد بررسی قرارگرفته است. متوسط غلظت کشنده ۹۶ ساعته علف‌کش بوتاکلر در ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)، ۰/۴۳ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (پیری و همکاران، ۱۳۷۵). نفیسی بهابادی و همکاران (۱۳۹۵) متوسط غلظت کشنده سم بوتاکلر را در بچه ماهی‌های قزل آلای رنگین کمان ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر بدست آوردند. متوسط غلظت کشنده ۹۶ ساعته علف‌کش گلایفوزیت در ماهی کپور معمولی ۲۰/۰۵ میلی گرم در لیتر گزارش شد (نقشبندی و عسکری، ۱۳۹۶). متوسط غلظت کشنده ۴۸ ساعته علف کش پروپانیل در ماهی مینو سرچربی (*Pimephnles promelas*) ۸/۹ میلی‌گرم در لیتر (Moore *et al*., 1998) و متوسط غلظت کشنده ۹۶ساعته پروپانیل در ماهی کپورمعمولی، قزل‌آلای رنگین کمان، مداکا (*Oryzias latipes*) و مارماهی (*Anguilla anguilla*) بترتیب ۸ تا ۱۱، ۲/۳، ۱۴ و ۳۱/۳۳ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Sancho *et al*., 2009).

بنابراین، با توجه به نتایج تحقیق حاضر و مقایسه آن با درجه سمیت برخی دیگر از علف کش‌های پر کاربرد در مزارع کشاورزی می‌توان نتیجه گرفت که میزان سمیت بن‌سولفورون متیل کمتر می‌باشد. البته این نکته حائز اهمیت است که با توجه به بالابودن حجم زیر کشت مزراع برنج، مصرف سم بن‌سولفورون متیل در این مزارع، حلالیت این سم در آب و راه یافتن آن به محیط‌های آبی

در صورت مصرف بی‌رویه و بیش از حد مجاز از این سم می‌توان اثرات نامطلوبی را در موجودات آبزی ناشی از سم بن‌سولفورون متیل انتظار داشت.

منابع

پیری زیرکوهی، م.، نظامی بلوچی، ش. و امینی رنجبر، غ.، ۱۳۷۵. بررسی اثرات سموم دیازینون، مالاتیون، بوتاکلر و ساترن روی مرگ و میر ماهی سفید، مرکز تحقیقات شیلات ایران، صفحات۴-۶.

دهقانی، ر.، لیمویی، م. و زرقی، ا.، ۱۳۹۱. بررسی تاثیرات زیانبار آفت کش ها با تاکید بر مساله مقاومت در بندپایان حایز اهمیت بهداشتی (مقاله مروری). مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، (۱)۱۷: ۸۴-۱۰۰.

نفیسی بهابادی، م.، دادگر، ش.، لکزائی، ف.، مهاجری برازجانی، ژ. و عبداللهی، ر.، ۱۳۹۵. تأثیر غلظتهای تحت حاد علف‌کش بوتاکلر بر برخی پارامترهای خونی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران (۲)۲۵: ۱۶۰-۱۵۱.

نقشبندی، ن. و عسکری، ح.، ۱۳۹۶. مطالعه تاثیر سم کشاورزی گلایفوزیت بر برخی فاکتورهای خونی و تغییرات رفتاری ماهی کپور معمولی. فصلنامه سلامت و محیط زیست (۲)۱۰: ۱۸۶-۱۷۵.

واحدی، ع.، یونسی الموتی، م. و شریفی مالواجردی، ا.، ۱۳۹۷. بررسی وضعیت موجود و تعیین شاخص‌های مکانیزاسیون برنج (مطالعه موردی در استان مازندران). تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی، (۲)۷۰: ۴۰-۱۹.

Di Giulio, R.T. and Hinton, D.E., 2008. The Toxicology of Fishes. Taylor & Francis. pp. 319-884.

FAO, 2002. Specification and evaluations for plant protection products: Bensulfuron-methyl. 22 P.

Gray, M.R., 1995. Fundamentals of aquatic toxicology. Taylor and Francis Pub. Washington, USA, pp. 28-29.

Mattews, G., 2006. Pesticides health, safety and the environment. Blackwell Publishing: London, UK. pp. 1-31.

Milijoprojekt, N., 1994. Ecotoxicological evolution of industrial wastewater. 254 P.

Moore, M.T., Pierce, J.R., Milam, C.D., Farris, J.L. and Winchester, E.L., 1998. Responses of non-target aquatic organisms to aqueous propanil exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 61(2): 169-74. Doi:10.1007/s001289900744.

Newman, M.C. and Clements, W.H., 2008. Ecotoxicology: A comprehensive treatment. USA: CRC, Press. 852 P.

OECD, 1992. Guidelines for testing chemicals. No. 203 and 204. OECD, Paris. 11 P.

Okamoto, Y., Fisher, R.L., Armbrust, K.L. and Peter, C.J., 1998. Surface water monitoring survey for bensulfuron-methyl applied in paddy fields. *Journal of Pesticide Science*, 23: 235–240. Doi: 10.1584/jpestics.23.235.10.1584

Sabater, C., Cuesta, A. and Carrasco, R., 2002. Effects of bensulfuron-methyl and cinosulfuron on growth of four freshwater species of phytoplankton. *Chemosphere*, 46(7): 953-960. Doi:10.1016/s0045-6535(01)00179-5.

Saeki, M. and Toyota, K., 2004. Effect of bensulfuron-methyl (a sulfonylurea herbicide) on the soil bacterial community of a paddy soil microcosm. *Biology and Fertility of Soils*, 40(2): 110-118. Doi: 10.1007/s00374-004-0747-1.

Sancho, E., Fernández-Vega, C., Andreu, E. and Ferrando, M.D., 2009. Effects of propanil on the European eel *Anguilla anguilla* and post-exposure recovery using selected biomarkers as effect criteria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72(3): 704-13. Doi:10.1016/j.ecoenv.2008.09.008.

Singh, D.P., Khattar, J.I.S., Kaur, G. and Singh, Y., 2016. Toxicological impact of herbicides on cyanobacteria. *Annual Research & Review in Biology*, 9(4): 1. Doi: 10.9734/ARRB/2016/22614.

Yu, J., Xu, E.G., Ren, Y., Jin, S., Zhang, T., Liu, J. and Li, Z., 2017. Mixture toxicity of bensulfuron-methyl and acetochlor to red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*): Behavioral, morphological and histological effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12): 1466. Doi:10.3390/ijerph14121466.

Determination of median lethal concentration of herbicide Bensulfuron methyl in common carp (*Cyprinus carpio*)

Rahmani Khanqahi F.[1]; Omidzahir Sh.[1*]; Movahedinia A.[1]; Akhoundian M.[1]

[*]sh.omidzahir@umz.ac.ir

1-Faculty of Marine and Oceanic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

Bensulfuron methyl is one of the most widely used herbicide which is used in agricultural fields, especially rice fields. The present study investigated the toxicity of Bensulfuron methyl in *Cyprinus carpio* for the first time. To this aim, in order to determine the range Finding Test of Bensulfuron methyl, the fishes were randomly divided into 8 groups including 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2 and 4 g/l Bensulfuron methyl and fish mortality was recorded at 24, 48, 72 and 96 hours. After determination of the range Finding Test, the fishes were randomly divided into 5 groups in three replicates at concentrations of 0, 1.2, 1.4, 1.6 and 1.8 g/l of Bensulfuron methyl and the fish mortality were recorded at 24, 48, 72 and 96 hours. Then, the data were analyzed using Probit analysis by SPSS software and LC1-99 including LC1, LC10 ،LC30 ، LC50 ،LC70، LC90 were calculated. The results showed that fish mortality increased with increasing concentration of Bensulfuron methyl and exposure duration, and the lethal concentration of Bensulfuron methyl decreased with increasing exposure duration. So that, the LC50 at 24, 48, 72 and 96 hours were 1.86, 1.82, 1.75 and 1.62 g /l, respectively. In this study Maximum Allowable Toxicant Concentration (MAC), No Observed Effect Concentration (NOEC) and Lowest Observed Effect Concentration (LOEC) of Bensulfuron methyl were calculated 0.162, 0.162 and 1.41 g/l, respectively.

Keywords: Bensulfuron methyl, Toxicology, Fish, LC50, *Cyprinus carpio*

[*]Corresponding author