

Determination of Lethal Concentration (LC10-90) Values of Deltamethrin and Fenvalerate and Their Effects on Clinical Signs and Behavioral Responses in Zagros Pupfish, *Aphanius vladykovi* (Coad, 1988)

Fardin Shaluei^{1*}, Mozghan Ekrami²,
Ruhollah Rahimi³, Goodarz Hashemi⁴

1. Assistant Professor, Department of Fisheries Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
 2. B. Sc., Department of Fisheries Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
 3. Assistant Professor, Department of Fisheries Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
 4. B. Sc., Department of Fisheries Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
- (Received: Dec. 25, 2015 - Accepted: Oct. 23, 2017)

تعیین غلظت‌های کشنده (۹۰- LC۱۰) سموم دلتامترین و فن‌والریت و تأثیر آنها بر علائم بالینی و تغییرات رفتاری در ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری *Aphanius vladykovi* (Coad, 1988)

فردین شالویی^{۱*}، مؤگان اکرامی^۲، روح‌الله رحیمی^۳،
گودرز هاشمی^۴

۱. استادیار، گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
 ۲. کارشناس شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
 ۳. استادیار، گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
 ۴. کارشناس شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۱)

Abstract

Synthetic pyrethroid insecticides are widely used in place of organochlorine, organophosphorus insecticides and carbamates to control various types of pests and are among the most potent insecticides known. Due to the extensive application of deltamethrin and fenvalerate in the agricultural lands of Chaharmahal and Bakhtiari province in central Iran, this investigation was conducted to determine LC₅₀, NOEC, MAC and LOEC of these pyrethroid insecticides and their effects on behavioral responses and clinical signs of Zagros pupfish, *Aphanius vladykovi*. For this, groups of seven *A. vladykovi* in three replicates were exposed to different concentrations of deltamethrin (EC 2.5%) and fenvalerate (EC 20%) for 96 h within the 20 L glass aquaria, and cumulative mortality of fish was calculated in 24-h intervals. During the experiments, the reaction and behavior of the fish exposed to toxin were observed carefully. The 96h LC₅₀, NOEC, LOEC, MAC values of deltamethrin for *A. vladykovi* were estimated at 0.015, 0.0001, 0.0005 and 0.0002 ppb, respectively. The 96h LC₅₀, NOEC, LOEC, MAC values of fenvalerate for Zagros pupfish were estimated at 0.021, 0.0005, 0.001 and 0.0007 ppb, respectively. First changes in behavior were observed 15min after exposure to the three highest deltamethrin concentrations (0.01, 0.1, and 1ppb). The changes in behavioral responses started after 3 h of exposure to fenvalerate (0.01, 0.1, 1 and 10 ppb). Based on the results, deltamethrin and fenvalerate were classified as super toxic pesticide for Zagros pupfish and this fact should be taken into consideration when these insecticides are used in agriculture. Biological methods could be used for controlling pests instead of pesticides in order to protect this valuable species.

Keywords: Acute Toxicity, *A. Vladykovi*, Behavioral Changes, Insecticide.

چکیده

حشره‌کش‌های مصنوعی پیروتروئید به‌طور گسترده به‌جای حشره‌کش‌های آلی کلره، فسفره و کاربامات‌ها برای کنترل انواع مختلف آفات استفاده می‌شوند و به‌عنوان قوی‌ترین حشره‌کش‌ها شناخته شده‌اند. به دلیل استفاده زیاد از سموم دلتامترین و فن‌والریت در مزارع استان چهارمحال و بختیاری در مرکز ایران، این مطالعه برای تعیین غلظت نیم کشنده (LC₅₀)، غلظت بی‌اثر (NOEC)، حداکثر غلظت مجاز (MAC) و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) این سموم و تأثیر آنها بر تغییرات رفتاری و علائم بالینی در ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری (*Aphanius vladykovi*) انجام گرفت. برای این منظور برای هر تیمار ۷ قطعه ماهی گورخری با سه تکرار درون آکواریوم‌های ۲۰ لیتری در معرض غلظت‌های مختلف دلتامترین (۲/۵٪) و فن‌والریت (۲۰٪) به مدت ۹۶ ساعت قرار گرفتند و میزان تلفات ماهیان هر ۲۴ ساعت جمع‌آوری و ثبت شد. در طول آزمایش واکنش و رفتار ماهیان در معرض مواد سمی به‌دقت زیر نظر قرار گرفت. مقادیر LC₅₀ ۹۶ ساعته، NOEC، LOEC و MAC سم دلتامترین برای ماهی گورخری به ترتیب ۰/۰۱۵، ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۲ میکروگرم در لیتر محاسبه شد. همچنین مقادیر LC₅₀ ۹۶ ساعته، NOEC، LOEC و MAC سم فن‌والریت برای ماهی گورخری به ترتیب ۰/۰۲۱، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۰۷ میکروگرم در لیتر بود. اولین تغییرات رفتاری بعد از ۱۵ دقیقه در معرض قرارگیری با غلظت‌های بالای سم دلتامترین (۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میکروگرم در لیتر) مشاهده شد. همچنین ماهیان بعد از ۳ ساعت در معرض غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ و ۱۰ میکروگرم در لیتر فن‌والریت رفتار غیرعادی از خود نشان دادند. بر اساس نتایج این تحقیق، سموم دلتامترین و فن‌والریت از نظر درجه سمیت در دسته سموم فوق‌العاده سمی و کشنده برای ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری قرار می‌گیرند. برای حفاظت از این گونه ارزشمند استفاده از مبارزه بیولوژیک با آفات به‌جای آفت‌کش‌ها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش، تغییرات رفتاری، سمیت حاد، ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری.

مقدمه

امروزه آفت‌کش‌ها در کشاورزی برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی، تولید محصولات باکیفیت‌تر و برای بسیاری از اهداف گوناگون همچون حفظ سلامت بشر و مبارزه با حشرات در خانه، باغ‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی نظیر جنگل‌ها استفاده می‌شوند. کاربرد بیش از حد و مداوم آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها، سلامت بشر و اکوسیستم‌های طبیعی را به مخاطره انداخته و موجب آلودگی منابع آب، خاک و هوا می‌شود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که حداکثر یک درصد آفت‌کش‌های مصرفی، صرف از بین بردن آفت شده، در نتیجه مقادیر قابل توجهی از آنها، از راه‌های مختلف همچون بارندگی و زهکشی آب‌ها وارد محیط‌زیست می‌شوند و منابع آبی و خاکی را آلوده می‌کنند (Young, 1987). این در حالی است که منابع آب، محدود و رشد جمعیت به‌طور تصاعدی در حال افزایش است و بوم سامانه‌های آبی به‌مراتب حساس‌تر هستند و آلودگی آنها باعث از بین رفتن زنجیره‌های غذایی از یک‌سو اثر مخرب بر روی ماهیان و دیگر زیست‌مندان آبی می‌شود. امروزه بیش از ۱۰۰۰ نوع آفت‌کش در کشورهای مختلف جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند و در طی دهه‌های گذشته، مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات، وارد منابع آبی شده‌اند (Koprucu & Aydin, 2004). دلتامترین و فن‌والریت در گروه حشره‌کش‌های مصنوعی پیروترئیدها دسته‌بندی می‌شوند. سموم پیروترئید به علت تأثیرات مخرب کم بر پستانداران و پرندگان و ماندگاری پایین در خاک به میزان زیادی در کشاورزی، صنعت و مصارف خانگی برای کنترل حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرند (Koprucu & Aydin, 2004). به خاطر تأثیرات مخرب سموم پیروترئید بر سیستم عصبی، ماهیان به این سموم بسیار حساس بوده و در غلظت‌های بسیار کم (۱ تا ۱۰۰۰ برابر کمتر) نسبت به پستانداران و پرندگان باعث مرگ‌ومیر در ماهیان می‌شوند (Shalvei et

al., 2012). بر اساس آمار منتشرشده مدیریت حفظ نباتات اداره کل جهاد کشاورزی چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۳، ۴۹ تن حشره‌کش در مزارع این استان استفاده شده است که فن‌والریت با ۶۰۰۰ کیلوگرم و دلتامترین با ۵۰۰۰ کیلوگرم جزو پرمصرف‌ترین سموم کشاورزی در استان چهارمحال و بختیاری بودند.

ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری (Aphanius vladkovi Coad, 1988) یک گونه بومی نادر در ایران است. ذخیره ژنتیکی و زیستگاه آن محدود به برخی زیستگاه‌های آبی در استان چهارمحال و بختیاری است. این گونه به خاطر الگوهای رنگی، رفتارهای دسته‌جمعی و سهولت نگهداری، قابلیت استفاده در آکواریوم به‌عنوان ماهی زینتی را دارد. متأسفانه جمعیت این گونه در سال‌های اخیر به‌صورت محسوسی کاهش یافته و در برخی مواقع مرگ‌ومیر دسته‌جمعی این ماهی در تالاب چقاخور مشاهده شده است (Keivany & Soofiani, 2004).

با توجه به وجود اراضی زیاد کشاورزی در مجاورت زیستگاه‌های این گونه مهم و نبود اطلاعات کافی در مورد حساسیت این ماهی ارزشمند نسبت به سموم پرکاربرد استان، این پژوهش به منظور تعیین حداقل غلظت مؤثر (LOEC)^۱، غلظت بی‌اثر (NOEC)^۲، غلظت نیم کشنده (LC₅₀)^۳ و حداکثر غلظت مجاز (MAC)^۴ سموم دلتامترین و فن‌والریت در ماهی گورخری چهارمحال و بختیاری انجام گرفت. همچنین پاسخ‌های رفتاری و علائم بالینی این گونه در مواجهه با سمیت کشنده این سموم مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش، تعداد ۵۰۰ قطعه ماهی

1. Lowest Observed Effect Concentration
2. No Observed Effect Concentration
3. Median Lethal Concentration
4. Maximum Acceptable Concentration

مختلف دلتامترین (۰، ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ میکروگرم در لیتر) و فن‌والریت (۰، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ میکروگرم در لیتر) قرار گرفتند و در دوره‌های زمانی ۲۴ ساعته تلفات در هر غلظت، جمع‌آوری و ثبت شد. تغییرات رفتاری ماهیان تیمار شده و گروه شاهد در طول ۶ ساعت اول در معرض قرارگیری در دوره‌های زمانی ۱۵ دقیقه و بعد از آن در دوره‌های زمانی ۶ ساعته ثبت و یادداشت شد. همچنین علائم بالینی ماهیان زنده بعد از ۹۶ ساعت در مواجهه با غلظت‌های مختلف سموم دلتامترین و فن‌والریت ثبت شد. میزان غلظت‌های کشنده (۹۰-۱۰۰ LC) سموم مورد مطالعه در دوره‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۴) و آزمون پروبیت (Probit) محاسبه شدند (Shaluei et al., 2013). همچنین میزان حداکثر غلظت مجاز (MAC) سموم با محاسبه میانگین هندسی مقادیر غلظت بی‌اثر (NOEC) و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) برای هر سم محاسبه شد (APHA, 1992).

نتایج

میزان مرگ‌ومیر تجمعی ماهی گورخری در معرض غلظت‌های مختلف سم دلتامترین و فن‌والریت به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. در طی آزمایش، در گروه‌های شاهد هیچ‌گونه تلفاتی مشاهده نشد و در نتیجه تلفات مشاهده شده در گروه‌های تیمار تنها به دلیل وجود سموم بوده است. نتایج نشان می‌دهد که تعداد تلفات ماهی گورخری در هر دو سم با افزایش غلظت و زمان در معرض قرارگیری، افزایش می‌یابد. با توجه به جداول ۱ و ۲، مقادیر غلظت بی‌اثر (NOEC) و حداقل غلظت مؤثر (LOEC) سم دلتامترین و فن‌والریت در ماهی گورخری به ترتیب ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۰۵، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۵ میکروگرم در لیتر بود.

گورخری با میانگین (\pm SD) وزنی $2/1 \pm 0/3$ گرم و میانگین طولی $3/45 \pm 1/02$ سانتی‌متر از دریاچه شلمزار (واقع در ۴۰ کیلومتری مرکز استان چهارمحال و بختیاری) در اوایل فصل پاییز ۱۳۹۴ صید و به آزمایشگاه شیلات دانشگاه شهرکرد منتقل شدند. ماهیان به مدت دو هفته در مخازن ۵۰۰ لیتری فایبرگلاس و با تراکم ۱۰۰ قطعه در هر تانک با هوادهی مداوم با شرایط آزمایشگاه سازگار شدند. منبع آب مورد استفاده در این تحقیق، آب شهری دکلرینه شده بود. در طی دوره آدپتاسیون آب مخازن روزانه ۶ ساعت بعد از غذادهی با ناپلی آرتمیا، به میزان ۳۰ درصد تعویض می‌شد، درحالی‌که ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش، غذادهی قطع شد. پارامترهای مؤثر فیزیکی‌وشیمیایی آب شامل درجه حرارت (19 ± 1 درجه سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول ($7/8 \pm 0/23$ میلی‌گرم در لیتر)، پی‌اچ ($7/6 \pm 0/2$)، سختی کل (312 ± 11 میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم) در طول دوره نگهداری و آزمایش بدون تغییر ثبت شد.

سموم مورد استفاده در این تحقیق، شامل حشره‌کش‌های دلتامترین (۲/۵ درصد) و فن‌والریت (۲۰ درصد) بود که به صورت متداول در مزارع کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه، غلظت‌ها براساس درصد خلوص سموم تجاری مورد استفاده محاسبه شد. برای یافتن محدوده کشندگی سموم نامبرده، ۷ قطعه ماهی درون آکواریوم‌های ۲۰ لیتری با هوادهی مستمر به مدت ۲۴ ساعت در معرض غلظت‌های لگاریتمی (۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۰۱، ۰/۰۰۱، ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر) دلتامترین و فن‌والریت در شرایط ساکن بر اساس دستورالعمل OECD قرار گرفتند (OECD, 2002). غلظت‌هایی نهایی برای تعیین سمیت حاد در محدوده بیشترین غلظت بدون کشندگی و کمترین غلظت با ۱۰۰ درصد کشندگی، انتخاب شدند. برای این منظور ۷ قطعه ماهی با سه تکرار درون آکواریوم‌های ۲۰ لیتری به مدت ۹۶ ساعت در معرض غلظت‌های

جدول ۱. میزان مرگ‌ومیر تجمعی ماهی گورخری در معرض غلظت‌های مختلف سم دلتامترین در مدت ۴ روز (n=۲۱)

غلظت				
تعداد تلفات				
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	میکروگرم بر لیتر (ppb)
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	۱
ساعت	ساعت	ساعت	ساعت	ساعت
۰	۰	۰	۰	شاهد
۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۱
۲	۲	۱	۱	۰/۰۰۰۵
۵	۴	۲	۲	۰/۰۰۱
۷	۵	۵	۴	۰/۰۱
۱۵	۱۴	۱۲	۱۱	۰/۱
۲۱	۲۱	۱۸	۱۳	۱

جدول ۲. میزان مرگ‌ومیر تجمعی ماهی گورخری در معرض غلظت‌های مختلف سم فن‌والریت در مدت ۴ روز (n=۲۱)

غلظت				
تعداد تلفات				
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	میکروگرم بر لیتر (ppb)
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	۱
ساعت	ساعت	ساعت	ساعت	ساعت
۰	۰	۰	۰	شاهد
۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۵
۷	۵	۴	۳	۰/۰۰۱
۹	۷	۷	۵	۰/۰۱
۱۲	۱۱	۱۱	۶	۰/۱
۱۹	۱۵	۱۳	۸	۱
۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۱۰

جدول ۳. مقادیر غلظت‌های کشنده (LC_{۱۰-۹۰}) سم دلتامترین برای ماهی گورخری در دوره‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

غلظت‌های کشنده (ppb)				
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	ساعت
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱۰LC
۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۲۰LC
۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۳۰LC
۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۰/۰۲۹	۰/۰۷۴	۴۰LC
۰/۰۱۵	۰/۰۲۲	۰/۰۵۸	۰/۱۸۳	۵۰LC
۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۱۱۶	۰/۴۵۷	۶۰LC
۰/۰۵۷	۰/۰۸۲	۰/۲۴۵	۱/۲۱۵	۷۰LC
۰/۱۲۶	۰/۱۸۲	۰/۵۸۵	۳/۸۱۴	۸۰LC
۰/۳۷۹	۰/۵۴۷	۱/۹۵۹	۱۸/۶۳۲	۹۰LC

جدول ۴. مقادیر غلظت‌های کشنده (LC_{۱۰-۹۰}) سم فن‌والریت برای ماهی گورخری در دوره‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت

غلظت‌های کشنده (ppb)				
۹۶	۷۲	۴۸	۲۴	ساعت
-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۱۰LC
۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۲۰LC
۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۰۱۰	۰/۰۴۷	۳۰LC
۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲	۰/۱۲۹	۴۰LC
۰/۰۲۱	۰/۰۵۵	۰/۰۷۷	۰/۳۳۲	۵۰LC
۰/۰۴۶	۰/۱۳۰	۰/۱۸۶	۰/۱۸۵۸	۶۰LC
۰/۱۰۷	۰/۳۲۶	۰/۴۷۹	۲/۳۴۱	۷۰LC
۰/۲۸۷	۰/۹۵۸	۱/۴۴۴	۷/۶۲۴	۸۰LC
۱/۱۳۰	۴/۲۷۰	۶/۶۷۹	۳۹/۲۰۹	۹۰LC

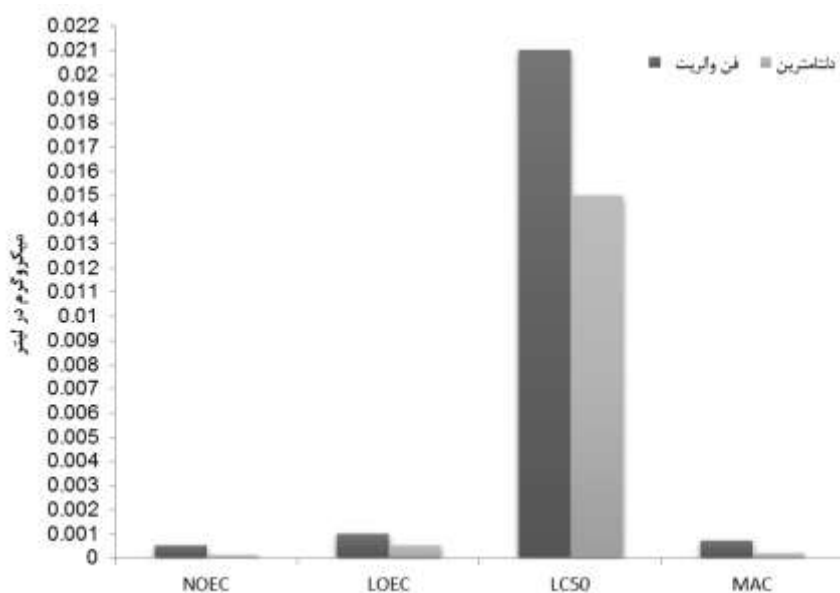
- غیر قابل محاسبه

از لحاظ رفتارشناسی ماهیان، گروه شاهد در طول دوره آزمایش دارای رفتاری عادی بودند. به این صورت که این ماهیان به صورت دسته‌جمعی در تمام محیط آکواریوم شنای عادی داشتند. اولین تغییرات رفتاری در ماهیان، ۱۵ دقیقه بعد از در معرض قرارگیری با سم دلتامترین در غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میکروگرم در لیتر مشاهده شد. همچنین ماهیان گورخری ۳ ساعت بعد از مواجهه با غلظت‌های بالای سم فن‌والریت (۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میکروگرم در لیتر) رفتار غیرعادی از خود نشان دادند. این تغییرات در زمان‌های اولیه شامل تجمع ماهیان در محل هوادهی بود. با افزایش زمان، ماهیان

نتایج به دست آمده از مقادیر غلظت‌های کشنده (LC_{۱۰-۹۰}) سم دلتامترین و فن‌والریت در ماهی گورخری به ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. میزان غلظت نیم‌کشنده (LC_{۵۰}) سم دلتامترین در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب ۰/۱۸۳، ۰/۰۵۸، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۱۵ میکروگرم در لیتر بود (جدول ۳). همچنین میزان غلظت نیم‌کشنده (LC_{۵۰}) سم فن‌والریت در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت به ترتیب ۰/۳۳۲، ۰/۰۷۷، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۲۱ میکروگرم در لیتر بود (جدول ۴). با توجه به نتایج آزمایش سمیت حاد میزان حداکثر غلظت مجاز (MAC) سموم دلتامترین و فن‌والریت در ماهی گورخری به ترتیب ۰/۰۰۰۲ و ۰/۰۰۰۷ میکروگرم در لیتر محاسبه شد (شکل ۱).

مشابه با گروه شاهد بود. بعد از ۹۶ ساعت علائم بالینی مشاهده شده در ماهیان زنده در معرض دلتامترین، شامل خمیدگی ستون فقرات و تیرگی رنگ با افزایش ترشحات موکوس بود. درحالی‌که در ماهیان در معرض سم فن‌والریت، خوردگی باله‌ها و خون‌مردگی در سر ماهیان، مشاهده شد.

گورخری به ترتیب دارای شنای انفرادی در سطح آب با افزایش حرکات سرپوش آبششی، حرکات عصبی و شنای نامنظم و دایره‌ای و عدم تعادل و شنا به پهلو بود. شدت این رفتار غیرعادی با افزایش غلظت سم و افزایش زمان در معرض قرارگیری افزایش می‌یافت. در کمترین غلظت‌های سم دلتامترین و فن‌والریت رفتار ماهیان،



شکل ۱. مقادیر غلظت بی اثر (NOEC)، حداقل غلظت مؤثر (LOEC)، غلظت نیم کشنده (LC₅₀) ۹۶ ساعته و حداکثر غلظت مجاز سموم دلتامترین و فن‌والریت برای ماهی گورخری

بررسی غلظت نیمه‌کشنده یا LC₅₀ مواد سمی محلول در آب می‌پردازد. LC₅₀ مفهوم آماری است که بیانگر مرگ و میر ۵۰٪ موجودات در معرض آلاینده در زمان مشخص است که بیشتر بر اساس ۹۶ ساعت بعد از در معرض قرارگیری گزارش می‌شود (Elia et al., 2003). براساس طبقه‌بندی سطوح سمیت آفت‌کش‌ها، سمومی که میزان غلظت نیمه‌کشنده آنها کمتر از ۱۰ میکروگرم در لیتر باشد، جزو آفت‌کش‌های فوق‌العاده سمی دسته‌بندی می‌شوند (Scott et al., 1987). با توجه به نتایج این تحقیق، میزان غلظت نیمه‌کشنده سموم دلتامترین و فن‌والریت در تمام دوره آزمایش (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) از ۱۰ میکروگرم

بحث و نتیجه‌گیری

گروه بزرگی از آلاینده‌های زیست‌محیطی، سموم کشاورزی هستند. نفوذ زهکش آب‌های سطحی، مزارع کشاورزی و روان آب‌های سطحی بخصوص پس از بارندگی و فصول بارانی سال باعث ورود سموم به پیکره‌های آبی نظیر رودخانه‌ها، دریاها و دریاچه‌ها شده و باعث تأثیرات مخرب و تلفات بر موجودات غیر هدف از جمله ماهیان می‌شود (Burkpile et al., 2000). در آزمون سمیت مواد شیمیایی یا آفت‌کش‌های جدید برای آبزیان، تعیین سمیت حاد^۱ اولین مرحله از مطالعات سم‌شناسی^۲ است که به

1. Acute intoxication
2. Toxicology

LC₅₀ ۹۶ ساعته دلتامترین در ماهی گورخری با مطالعات انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که این‌گونه، نسبت به سایر گونه‌ها بسیار حساس‌تر است. به‌عنوان مثال، دلتامترین برای ماهی گورخری نسبت به ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، ۲۵ برابر سمی‌تر است. با مقایسه مقادیر LC₅₀ ۹۶ ساعته سموم دلتامترین و فن‌والریت در ماهی گورخری می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دلتامترین ۱/۵ برابر نسبت به فن‌والریت برای این‌گونه سمی‌تر است. همچنین مقادیر NOEC و MAC در ماهی گورخری برای سم فن‌والریت بیشتر از دلتامترین است که تأییدکننده این موضوع است (شکل ۱). سمیت بالای پیروتروتیئید می‌تواند به خاطر خاصیت چربی‌دوست بودن این سموم باشد که باعث می‌شود در صورت وجود این سموم حتی در غلظت‌های بسیار پایین در پیکره‌های آبی به‌راحتی توسط آبشش به بدن آبزیان نفوذ کرده و باعث مرگ و میر در آنها شود (Mishra et al., 2005).

سموم پیروتروتیئید، مهارکننده فعالیت آنزیم کولین استراز هستند. این آنزیم با شکستن استیل کولین در پایانه اعصاب، باعث انتقال پیام‌های عصبی می‌شود و به عملکرد صحیح سیستم عصبی کمک می‌کند. با مهار فعالیت آنزیم کولین استراز توسط پیروتروتیئیدها، استیل کولین در محل سیناپس‌ها تجمع می‌یابد که باعث اختلال در کارکرد عصبی و حرکات عضلانی و تنفسی می‌شود (Miron et al., 2005). رفتار غیرعادی ماهیان گورخری در معرض غلظت‌های بالای سموم دلتامترین و فن‌والریت می‌تواند به علت ویژگی مهارکنندگی فعالیت آنزیم کولین استراز توسط سموم مورد مطالعه باشد. علائم ظاهری و بالینی سمیت حاد در ماهیان گورخری در مواجهه با فن‌والریت و دلتامترین با نتایج دیگر محققان در ماهیان کلمه و فیتوفاگ (Shalwei et al., 2012)، ماهی گویی و گربه ماهی اروپایی (Köprücü et al., 2006; Viran et al., 2003) و ماهی کپور (Çalta & Ural, 2004) در مواجهه با سایبرمترین و دلتامترین مشابه بود.

در لیتر کمتر است. در نتیجه، این سموم برای ماهی گورخری از نظر درجه سمیت در سموم فوق‌العاده سمی و کشنده قرار می‌گیرند. Bhattacharya & Kaviraj (2009) میزان LC₅₀ ۹۶ ساعته فن‌والریت برای ماهیان *Clarias batrachus*، *Heteropneustes fossilis* و *punctatus* ترتیب ۳/۱۹، ۲/۹۳ و ۱/۷۸ میکروگرم در لیتر گزارش کردند. همچنین میزان غلظت نیمه‌کشنده ۹۶ ساعته فن‌والریت برای ماهی کاتلا و مریگال ۶ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Mushigeri & David, 2005). در گربه ماهی آب شیرین (*Clarias gariepinus*) میزان غلظت نیمه‌کشنده ۹۶ ساعته فن‌والریت برابر با ۴/۷۶ میکروگرم در لیتر بود. درحالی‌که غلظت نیمه‌کشنده ۹۶ ساعته فن‌والریت برای لارو ماهی قنات (*Pimephales promelas*) ۰/۸۵ میکروگرم در لیتر گزارش شد (Bradbury et al., 1987). با توجه به اینکه میزان غلظت نیمه‌کشنده ۹۶ ساعته فن‌واریت در ماهی گورخری ۰/۰۲۱ میکروگرم در لیتر بود، می‌توان نتیجه گرفت که این ماهی از بقیه ماهیان مطالعه شده نسبت به فن‌والریت بسیار حساس‌تر است.

گزارش‌های متعددی درباره سمیت زیاد دلتامترین در گونه‌های مختلف ماهیان وجود دارد. میزان LC₅₀ ۹۶ ساعته دلتامترین در ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) و فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) به ترتیب ۴۲ و ۳۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (Hedayati et al., 2012). همچنین میزان LC₅₀ ۴۸ ساعته دلتامترین برای ماهی گویی (*Poecilia reticulata*) و گربه‌ماهی اروپایی (*Silurus glanis*) ۵/۱۳ و ۱/۲۱ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Köprücü et al., 2006; Viran et al., 2003). در مطالعه دیگر، محققان میزان LC₅₀ ۹۶ ساعته دلتامترین برای ماهی قزل‌آلا و کپور را به ترتیب ۰/۳۹ و ۱/۸۴ میکروگرم در لیتر گزارش کردند (Mestres, 1992). با مقایسه میزان

گونه شود. لذا برای حفظ این گونه ارزشمند باید از کاربرد این سموم در مزارعی که احتمال آلوده شدن زیستگاه این گونه وجود دارد، خودداری کرد. مبارزه بیولوژیکی با آفات، جایگزین مناسبی برای استفاده از این سموم است.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سموم دلتامترین و فن‌والریت برای ماهی گورخری چهارمحل و بختیاری فوق‌العاده سمی هستند. وجود این سموم در غلظت‌های بسیار پایین در محیط‌های زیست این گونه، می‌تواند باعث تلفات شدید در این

REFERENCES

- APHA.; (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition. American Public Health Association, Washington, D. C. Beachwatch. pp: 349-351.
- Bhattacharya, M.; Kaviraj, A.; (2009). Toxicity of the pyrethroid pesticide fenvalerate to freshwater catfish *Clarias gariepinus*: Lethality, biochemical effects and role of dietary ascorbic acid, Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes; 44(6): 578-583.
- Bradbury, SP.; Symonik, DM.; Coats, JR.; Atchison, GJ.; (1987). Toxicity of fenvalerate and its constituent isomers to the fathead minnow, *Pimephales promelas* and bluegill, *Lepomis macrochirus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology; 38: 727-735.
- Burkepile, DE.; Moore, MT.; Holland, MM.; (2000). Susceptibility of Five Nontarget Organisms to Aqueous Diazinon Exposure. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology; 64: 114-121.
- Calta, M.; Ural, MS.; (2004). Acute toxicity of the synthetic pyrethroid deltamethrin to young mirror carp, *Cyprinus carpio*. Fresenius Environmental Bulletin; 13: 1179-1183.
- Elia, AC.; Galarini, R.; Taticchi, MI.; Dorr, AJ.; Mantilacci, L.; (2003) Antioxidant responses and bioaccumulation in *Ictalurus melas* under mercury exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety; 55: 162-167.
- Hedayati, A.; Kolangi Miandareh, H.; Shaluei, F.; Jahanbakhshi, A.; (2012). Toxicity responses of Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and Roach (*Rutilus rutilus*) during lethal exposure to Deltamethrin. Journal of Comparative Clinical Pathology Research; 1(2): 47-51.
- Keivany, Y.; Soofiani, NM.; (2004). Contribution to the biology of Zagros toothcarp, *Aphanius vladykovi* (Cyprinodontidae) in central Iran. Environmental Biology of Fishes; 71: 165-169.
- Koprucu, K.; Aydin, R.; (2004). The toxic effects of insects pyrethroid deltamethrin on the common carp *Cyprinus carpio* embryos and larvae. Pesticide Biochemistry and Physiology; 80: 47-53.
- Köprücü, SS.; Köprücü, K.; Ural, MS.; (2006). Acute Toxicity of the Synthetic Pyrethroid Deltamethrin to Fingerling European Catfish, *Silurus glanis*, L. Environmental Contamination and Toxicology; 76: 59-65.
- Mestres, R.; (1992). Deltamethrin: uses and environmental safety, Reviews of Environmental Contamination and Toxicology; 124: 1-18.
- Miron, D.; Crestani, M.; Schetinger, MR.; Morsch, VM.; Baldisserotto, B.; Tierno, MA.; Moraes, VLP.; (2005). Effects of the herbicides clomazone, quinclorac, and metsulfuron methyl on acetylcholinesterase activity in the silver catfish (*Rhamdia quelen*) (Heptapteridae), Ecotoxicology Environmental Safety; 61: 398-403.
- Mishra, D.; Srivastava, SK.; Srivastava, AK.; (2005). Effects of the insecticide

- cypermethrin on plasma calcium and ultimobranchial gland of a teleost, *Heteropneustes fossilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*; 60: 193-197.
- Mushigeri, SB.; David, M.; (2005). Fenvalerate induced changes in the Ach and associated AchE activity in different tissues of fish *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) under lethal and sub-lethal exposure period. *Environmental Toxicology and Pharmacology*; 20: 65-72.
- OECD.; (2002). Guidelines for the testing of chemicals, Lemna sp. Growth Inhibition Test Draft Guideline, Paris, pp: 221.
- Scott, GI.; Baughman, DS.; Trim, AH.; Dee, JC.; (1987). Lethal and sublethal effects of insecticides commonly found in nonpoint source agricultural runoff to estuarine fish and shellfish. In *Pollution Physiology of Estuarine Organisms*; Vernberg WB., Calabrese A., Thurberg FP., Vernberg FJ., Eds.; University of South Carolina Press: Columbia, SC, pp: 251-273.
- Shaluei, F.; Hedayati, A.; Kolangi, H.; Jahanbakhshi, A.; Baghfalaki, M.; (2012). Evaluation of the Acute Toxicity of Cypermethrin and its Effect on Behavioral Responses of Caspian Roach (*Rutilus rutilus caspicus*) and Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Global Veterinaria*; 9(2): 215-219.
- Shaluei, F.; Hedayati, A.; Jahanbakhshi, A.; Kolangi, H.; Fotovat, M.; (2013). Effect of subacute exposure to silver nanoparticle on some hematological and plasma biochemical indices in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Human & Experimental Toxicology*; 32(12): 12170-1277.
- Viran, R.; UnlüErkoç F.; Polat, H.; Koçak, O.; (2003). Investigation of acute toxicity of deltamethrin on guppies (*Poecilia reticulata*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*; 55: 82- 85.
- Young, AL.; (1987). Minimising the risk associated with pesticides use on overview in pesticides-minimizing the risks. ragsdale R J. Kuhr (Eds). ACS symp. ser. 336 American Chemical Societies, pp: 37-67.