

بررسی اثرات دما و دفعات غذایی بر تأثیر سایپرترین در بافت آبشش ماهی آفانیوس صوفیا (*Aphanius sophiae*)

- مریم نصراله پورمقدم: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: ۴۱۱۱
- هادی پورباقر*: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: ۴۱۱۱
- سهیل ایگدری: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: ۴۱۱۱

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۳

چکیده

سایپرترین یکی از حشره کش‌های پر کاربرد است. باقی مانده این سم در محیط زیست ممکن است آسیب‌های جدی به اکوسیستم به‌ویژه جمعیت ماهی‌ها و بی‌مهرگان آبی وارد سازد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر متقابل استرس‌زاهای طبیعی نظیر دما و دفعات غذایی با حشره کش سایپرترین بر بافت آبشش ماهی آفانیوس صوفیا (*Aphanius sophiae*) انجام شد. ماهیان در غلظت صفر (شاهد) و ۰/۰۲ میکروگرم بر لیتر سایپرترین و در متغیرهای محیطی درجه‌حرارت (16 ± 1 و 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد) و غذا (دو مرتبه در روز و هر سه روز یک‌بار) برای مدت چهارده روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. هایپرپلازی سلول‌های اپیتلیوم راسی لاملائی ثانویه، هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملائی اولیه، اپیتلیال لیفتینگ، خمیدگی لاملائی ثانویه، پوسته پوسته شدن اپیتلیال لاملائی ثانویه، هایپرتروفی سلول‌های پیلار، فیوژن، کوتاه‌شدگی لاملائی ثانویه و آنوریسم بیش‌ترین تغییرات هیستوپاتولوژیک مشاهده شده بود. نتایج نشان داد که سه فاکتور سم، دما و دفعات غذایی دارای تأثیر معنی‌داری بر تخریب بافت آبشش هستند ($p < 0/05$). سم و دفعات غذایی تأثیر مستقیم و درجه‌حرارت تأثیر معکوس بر تخریب بافت آبشش از خود نشان دادند ($p < 0/05$). استفاده از این گونه برای ارزیابی سایپرترین در اکوسیستم‌های آبی متأثر از دما و وضعیت تغذیه‌ای است و باید مد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: سایپرترین، آبشش، دما، دفعات غذایی، ماهی آفانیوس صوفیا



مقدمه

استفاده از آفت کش‌های مختلف سبب آسیب‌های زیادی در ارگانسیم‌های غیرهدف می‌شود. مشخص شده است که آفت‌کش‌ها در غلظت بالا سبب کاهش بقا، رشد، تولیدمثل و اثرات قابل رویت بسیاری در ماهیان می‌شوند (Rahman و همکاران، ۲۰۰۲). هم‌چنین این مواد را به‌عنوان عوامل سرطان‌زا در ماهی و سایر موجودات آبی در نظر گرفته‌اند (GESAMP، ۱۹۹۰). باقی‌مانده این مواد شیمیایی در آب، رسوبات، ماهی و دیگر موجودات زنده آبی می‌تواند برای شکارچیان و انسان ایجاد خطر نماید (Biney، ۱۹۸۷). از پائرتروبیدهای مصنوعی برای کنترل آفات مختلف استفاده می‌شود. استفاده از این سموم دفع آفات سبب مشکلات مختلف بر رشد آبزیان (Chinni، ۲۰۰۱) و تغییرات هیستوپاتولوژیک و فیزیولوژیک در ماهی می‌شود (Holden، ۱۹۷۳). افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها نه تنها در کنترل حشرات و آفات کمک نکرده بلکه سبب ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی به‌خصوص در جامعه آبی شده است (Bradbury و Coast، ۱۹۸۹). سایپرمتترین یکی از شایع‌ترین آلاینده‌ها در سیستم‌های آب شیرین است (Carriquiriborde و همکاران، ۲۰۰۷). پس از این‌که سایپرمتترین به‌طور مستقیم به محیط زیست منتشر شد، عمدتاً به‌عنوان رواناب به حوزه آبخیز وارد می‌شود (Marino و Ronco، ۲۰۰۵). غلظت سایپرمتترین در بیش‌تر موارد در آب‌های سطحی کم‌تر از یک میکروگرم بر لیتر است (House و همکاران، ۱۹۹۷)، اما تا ۲/۸ میکروگرم بر لیتر نیز گزارش شده است (Jaensson و همکاران، ۲۰۰۷). حذف و متابولیزه شدن سایپرمتترین در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌طور قابل توجهی آهسته‌تر از پستانداران و پرندگان است که این ممکن است سمیت بالاتر این ترکیب را در ماهی نسبت به سایر موجودات توضیح دهد (Bradbury و Coast، ۱۹۸۹).

در چند دهه اخیر یکی از روش‌های ارزیابی آلاینده‌ها، ارزیابی زیستی (Bioassessment) می‌باشد (Davis و همکاران، ۱۹۹۷). در مطالعات سم‌شناسی موجودات مورد آزمون برای بهینه‌سازی عملکرد گروه شاهد تقریباً همیشه در شرایط اپتیمم (درجه حرارت، رطوبت، موادغذایی و ...) قرار می‌گیرند (Walker و همکاران، ۲۰۰۱)، این در حالی است که موجودات زنده در محیط طبیعی خود به‌ندرت شرایط مطلوب را تجربه می‌کنند و در بیش‌تر طول عمر خود مجبور به کنار آمدن با شرایط زیر حد مطلوب و گاهی اوقات استرس‌های شدید هستند. اثر متقابل یک

عامل استرس‌زا طبیعی و یک ماده سمی می‌تواند گاهی اوقات بیش‌تر از تأثیر یک عامل استرس‌زا به تنهایی باشد (Holmstrup و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین روش‌های ارزیابی خطر به‌طور معمول باید شامل تمامی عوامل عدم قطعیت به‌منظور حصول اطمینان در تخمین غلظت مواد شیمیایی در محیط باشند تا خطر ناشی از این مواد را برای موجودات به حداقل برسانند (Chapman و همکاران، ۱۹۹۸). با توجه به اثرات باقی‌مانده از آفت‌کش‌ها، اعضای مهم بدن ممکن است آسیب ببینند (Rahman و همکاران، ۲۰۰۲). مطالعات هیستوپاتولوژیکی ابزاری حساس برای تشخیص آثار مواد شیمیایی همراه با بررسی اندام‌های ماهی در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد (Schwaiger و همکاران، ۱۹۹۶). آبشش اندامی برای تبادل گاز، تنظیم یونی، تعادل اسید و باز و دفع نیترژن و به‌عنوان اولین اندام هدف در برابر آلاینده‌ها در ماهی است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد ماهیان آفانیوس در ایران از تنوع بالایی برخوردار هستند (Blanco و همکاران، ۲۰۰۶؛ Coad، ۱۹۸۸). این ماهیان یوری‌هالین (Euryhaline) و یوری‌ترم (Eurytherm) می‌باشند (Frenkel و Goren، ۲۰۰۰). آفانیوس صوفیا بومی ایران است و در رودخانه‌ها و استخرهایی با پوشش گیاهان آبی زندگی می‌کند (عبدلی، ۱۳۷۸). آن‌ها هم‌چنین درجات مختلف آلودگی با مواد آلی و غیرآلی و کاهش سطح اکسیژن آب را تحمل کنند (Frenkel و Goren، ۲۰۰۰). این ماهیان دارای اندازه کوچک می‌باشند و این تطابق، آن‌ها را قادر به تحمل شرایط فیزیکی و شیمیایی متنوع می‌نماید. عادات غذایی آن‌ها با توجه به دسترسی به مواد غذایی در زیستگاه‌های مختلف تغییر می‌کند، آن‌ها از سخت‌پوستان، حشرات آبی و نرم‌تنان و گیاهان تغذیه می‌کنند (Alcaraz و Garcia-Berthou، ۲۰۰۷). ماهیان آفانیوس تنها جنس خانواده کپور ماهیان دندان‌دار (Cyprinodontidae) در ایران می‌باشند (Coad، ۱۹۸۸) که در تحقیقات، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به پراکنش وسیع، این گونه می‌تواند به‌عنوان اندیکاتور برای وجود آفت‌کش‌ها به‌کار رود.

درجه حرارت از عوامل مهمی است که بر میزان سمیت آلاینده‌ها تأثیرگذار است (Sprague، ۱۹۹۵)، و به‌طور خاص نشان‌دهنده شده است که سمیت پائرتروبیدها می‌تواند به درجه حرارت آب بستگی داشته باشد (Haya، ۱۹۸۹). هم‌چنین دفعات غذایی نیز ممکن است میزان سمیت آلاینده‌ها را تغییر دهد، بنابراین اثرات ترکیبی این عوامل می‌تواند بر بقا و تولیدمثل موفق این گونه موثر باشد. اگر تغییر شرایط مذکور سبب تغییر در پاسخ



شد. آزمایش با سه تکرار انجام شد به این ترتیب که خود ماهی به عنوان تکرار در نظر گرفته شد. از این رو از ۱۰ ماهی موجود در هر آکواریوم ۳ عدد مورد استفاده قرار گرفت. غلظت ۰/۰۲ میکروگرم بر لیتر سایپرمتترین با حل کردن مقدار مناسب در آب و با در نظر گرفتن درصد ماده موثره آن تهیه گردید. آزمایش در مدت ۱۴ روز انجام گردید. تناوب دوره نوری در طول دوره آزمایش مشابه شرایط بیرون آزمایشگاه یعنی ۱۰ ساعت تاریکی و ۱۴ ساعت روشنایی بود. هم چنین آب آکواریومها هر ۲۴ ساعت یکبار تعویض شد و تیمارهای آزمایشی مجدداً برقرار گردیدند.

پس از پایان مدت نگهداری، آبشش ماهیان مورد مطالعه استخراج و در محلول بوئن تثبیت شد. در مرحله بعد بافت‌های مذکور در پارافین قرار گرفت و پس از آن برش‌هایی به ضخامت ۵ میکرومتر تهیه گردید. برای رنگ آمیزی از روش هماتوکسیلین و انوزین استفاده شد (Kaneko, ۱۹۸۹) و سرانجام بافت‌های مورد نظر توسط میکروسکوپ نوری و نرم افزار ۲ Dino capture مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش همه آسیب‌های وارد شده بر آبشش مورد بررسی قرار گرفت و شدت تخریب رتبه‌دهی و به ۵ مرحله تقسیم شد، به این ترتیب که با افزایش آسیب ماهی رتبه بالاتری را به خود اختصاص داد (جدول ۱). کلیه آنالیزها با استفاده از نرم افزار R ۳,۰,۱ انجام گردید (Rahman و همکاران، ۲۰۰۲). تجزیه به روش ANOVA سه طرفه رتبه‌بندی شده (Ranked) برای ارزیابی اثر سم، غذا و درجه حرارت استفاده شد. برای این منظور از پکیج Rfit (Kloke و McKean, ۲۰۱۲) استفاده گردید. در هر یک از اثرات متقابل معنی دار، تفاوت بین هر یک از دو سطح یک فاکتور در ترکیبی از سطوح فاکتورهای دیگر (Underwood, ۱۹۹۷) با آزمون Exact Mann-Whitney یا استفاده از پکیج coin (Hothorn, ۲۰۰۶) سنجیده شد و خطای نوع اول توسط تنظیم بونفرونی (Bonferroni adjustment) (Keough و Quinn, ۲۰۰۲) تصحیح گردید.

جدول ۱: رتبه بندی تغییرات هیستوپاتولوژیکی مشاهده شده در تیمارهای مختلف

رتبه تخریب بافت	تغییرات هیستوپاتولوژیکی
۱	آبشش دارای حالت طبیعی می‌باشد
۲	هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملائی ثانویه، اپیتلیال لیفتینگ لاملائی ثانویه
۳	هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملائی ثانویه، اپیتلیال لیفتینگ لاملائی ثانویه، هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملائی اولیه، انحنا لاملائی ثانویه
۴	اپیتلیال لیفتینگ لاملائی ثانویه، خمیدگی لاملائی ثانویه، هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملائی اولیه، پوسته پوسته شدن اپیتلیال لاملائی ثانویه، هایپرتروفی سلول‌های پیلار، واکنش شدن در پایه لاملائی اولیه و فیوژن
۵	خمیدگی، فیوژن، کوتاه شدگی لاملائی ثانویه، آنوریکسم و تخریب وسیع بافت آبشش

این ماهی در معرض سایپرمتترین گردد در هنگام ارزیابی مواد آلاینده توسط این موجود، باید شرایط دمایی و دفعات غذایی نیز حتماً مورد توجه قرار گیرند. تمرکز مطالعه حاضر بر تعامل بین عوامل استرس‌زای طبیعی مثل دما و دفعات غذایی با حشره‌کش سایپرمتترین در ماهی *آفانیوس صوفیا* (*A. sophiae*) با تاکید بر تغییرات هیستوپاتولوژیکی در بافت آبشش می‌باشد. در صورتی که بررسی نتایج نشان دهد این ماهی در شرایط مختلف، دارای پاسخ متفاوت به سم می‌باشد استفاده از آن به عنوان اندیکاتور سبب ایجاد خطا در مطالعات می‌گردد.

مواد و روش‌ها

۱۰۰ عدد ماهی *آفانیوس صوفیا* (*A. sophiae*) از رودخانه شور اشتهارد (۳۵°۵۰' N و ۵۱°۹' E) تهیه گردید. این ماهیان در دو آکواریوم ۲۰ لیتری حاوی آب کلرزدايي شده با دمای ۲۳±۱ درجه سانتی‌گراد برای مدت یک هفته در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. ماهیان در طول دوره سازگاری با استفاده از آرتمیا و غذای بایومار مورد تغذیه قرار گرفتند. ۸۰ عدد ماهی سالم جهت معرفی به آکواریوم‌های آزمایش انتخاب گردیدند. برای این مطالعه ۸ آکواریوم شیشه‌ای ۱۰ لیتری مجهز به سیستم هوادهی و بخاری‌های برقی مورد استفاده قرار گرفت. به هر آکواریوم ۱۰ ماهی به‌طور تصادفی تخصیص داده شد. سه فاکتور در آزمایش وجود داشت: (۱) دما با دو سطح ۱۶±۱ و ۲۵±۱ درجه سانتی‌گراد، (۲) نوبت‌های غذایی که سطح اول غذای بایومار دانه ریز هر روز در دو نوبت صبح و عصر و سطح دوم غذای بایومار دانه ریز هر سه روز یکبار فقط در نوبت صبح و (۳) سم سایپرمتترین با دو سطح ۰ (شاهد) و ۰/۰۲ میکروگرم بر لیتر (۲ دما × ۲ نوبت غذایی × ۲ غلظت سم). سطح صفر میکروگرم بر لیتر سم سایپرمتترین، باتوجه به طرح آزمایش، در نیمی از آکواریوم‌ها وجود داشت و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته



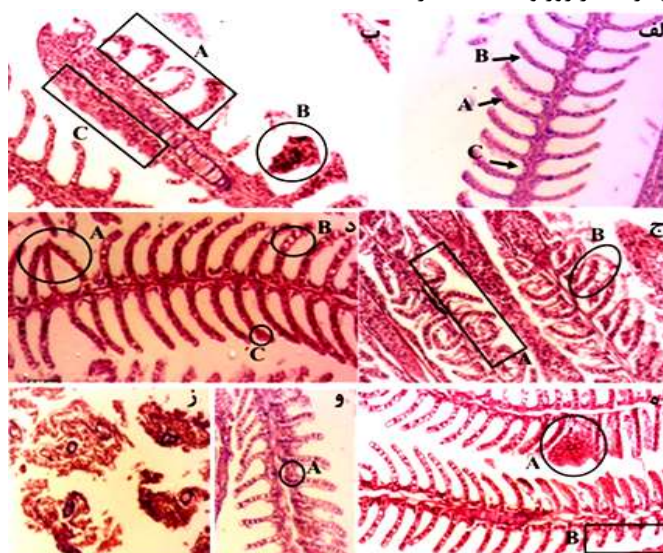
نتیجه

آبشش ماهیان در شرایط عدم حضور سم، غذایی دو مرتبه در روز و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای حالت طبیعی بود و سلول‌های اپیتلیال، لاملاهای ثانویه و لاملاهای اولیه تغییراتی را نشان ندادند (شکل ۱-الف). بیش‌ترین تغییرات در زمان عدم حضور سم، غذایی دو مرتبه در روز و دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد پس از گذشت چهارده روز شامل هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ب) و اپیتلیال لیفتینگ (شکل ۱-ج) بود. تغییرات در زمان عدم حضور سم، غذایی هر سه روز یک‌بار و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پس از چهارده روز شامل هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ب) و اپیتلیال لیفتینگ (شکل ۱-ج) بود. در زمان عدم حضور سم، غذایی هر سه روز یک‌بار و دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد، هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ب)، اپیتلیال لیفتینگ (شکل ۱-ج) و انحنای لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ج) مشاهده شد.

تغییرات بافت آبشش در شرایط حضور سم، غذایی دو مرتبه در روز و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شامل هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملاهای اولیه (شکل ۱-ب)، پوسته پوسته شدن اپیتلیال ثانویه (شکل ۱-د)، هایپرتروفی سلول‌های پیلار (شکل ۱-د)، فیوژن (شکل ۱-د)، آنوریسم (شکل ۱-ه) و تخریب وسیع بافت آبشش (شکل ۱-ز) بود. تغییرات مشاهده شده در آبشش در حضور سم، غذایی دو مرتبه در روز و دمای ۱۶ درجه

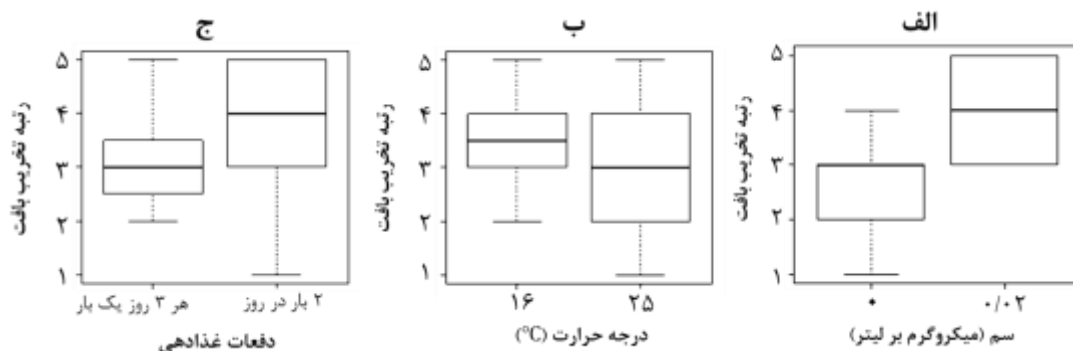
سانتی‌گراد شامل هایپرپلازی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ب)، خمیدگی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ج)، فیوژن (شکل ۱-د)، پوسته پوسته شدن اپیتلیال لاملاهای ثانویه (شکل ۱-د) و هایپرتروفی سلول‌های پیلار (شکل ۱-د) بود. آبشش ماهی گورخری صوفیا در شرایط سمی، غذایی هر سه روز یک‌بار و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پس از چهارده روز هایپرپلازی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ب)، اپیتلیال لیفتینگ در لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ج)، خمیدگی (شکل ۱-ج) و هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملاهای اولیه (شکل ۱-ب) از خود نشان داد. تغییرات آبشش در شرایط سمی، غذایی هر سه روز یک‌بار و دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد شامل اپیتلیال لیفتینگ لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ج) و خمیدگی لاملاهای ثانویه (شکل ۱-ج) بود.

تجزیه واریانس سه طرفه رتبه‌بندی شده نیز برای ارزیابی اثر سم، دفعات غذایی و درجه حرارت بر روی رتبه تخریب آبشش انجام شد. آنالیز آماری نشان داد که این سه فاکتور، دارای تاثیر معنی‌داری بر تخریب بافت آبشش هستند (جدول ۲). سم و دفعات غذایی تاثیر مستقیم و درجه حرارت تاثیر معکوس بر تخریب بافت آبشش از خود نشان دادند (شکل ۲). آنالیز بیش‌تر اثر مقابل معنی‌دار شده (جدول ۲) با استفاده از Exact Mann-Whitney به همراه تصحیح بونفرونی برای یافتن تفاوت بین سطوح یک فاکتور در ترکیبی از سطوح فاکتورهای دیگر منتج به یافتن اختلاف معنی‌داری نشد.



شکل ۱: تغییرات بافت آبشش در ماهی گورخری صوفیا. شکل الف. سلول‌های اپیتلیال، B: لاملاهای ثانویه و C: لاملاهای اولیه. شکل ب. A: خمیدگی لاملاهای ثانویه، B: هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملاهای ثانویه، C: هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملاهای اولیه. شکل ج. A: خمیدگی لاملاهای ثانویه، B: اپیتلیال لیفتینگ. شکل د. A: فیوژن، B: پوسته پوسته شدن اپیتلیال لاملاهای ثانویه، C: هایپرتروفی سلول‌های پیلار. شکل ه. A: آنوریسم، B: کوتاه شدگی لاملاهای ثانویه. شکل و. A: واکنش شدن در پایه لاملاهای اولیه. شکل ز. تخریب وسیع بافت آبشش





شکل ۲: نمودار تخریب بافت آبشش در الف) غلظت‌های سم صفر و ۰/۰۲ میکروگرم بر لیتر، ب) سطوح درجه حرارت ۱۶ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ج) سطوح غذایی هر سه روز یک‌بار و روزی دو مرتبه

جدول ۲: تجزیه واریانس سه طرفه رتبه‌بندی شده برای ارزیابی غلظت سم، دفعات غذایی و درجه حرارت آب بر رتبه تخریب بافت آبشش در سطح $\alpha = 0.05$

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین ^۱ RD	آماره (F)	احتمال معنی‌داری
سم	۱	۱۶/۳۳	۱۱۲/۳۰	$3/53 \times 10^{-13}^*$
غذا	۱	۱/۱۷	۸/۰۲	$7/19 \times 10^{-3}^*$
درجه حرارت	۱	۱/۱۷	۸/۰۲	$7/19 \times 10^{-3}^*$
سم × غذا	۱	۰/۲۹	۲/۰۰	۰/۱۶
سم × درجه حرارت	۱	۰/۲۹	۲/۰۰	۰/۱۶
غذا × درجه حرارت	۱	۰/۲۹	۲/۰۰	۰/۱۶
سم × غذا × درجه حرارت	۱	۱/۱۷	۸/۰۳	$7/17 \times 10^{-3}^*$

علامت * در ستون آخر نشان‌دهنده وجود تأثیر معنی‌دار می‌باشد. ^۱ Rank-based distance

بحث

ثانویه، اپیتلیال لیفتینگ، هایپرپلازی سلول‌های موکوسی در لاملای اولیه، خمیدگی لاملای ثانویه، هایپرتروفی سلول‌های پیلار، پوسته‌پوسته شدن لاملای ثانویه، فیوژن، کوتاه شدگی لاملای ثانویه و آنوریکس بود. یافته‌های مشابهی در آبشش ماهیان مختلف در معرض سموم پائرتروئید مشاهده شده است. از این مطالعات می‌توان به آلودگی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با دلتامترین (Cengiz, ۲۰۰۶) و تغییرات هیستوپاتولوژیکی آبشش در ماهی گویی (*Lebistes reticulatus*) در معرض سایپرترین (Caliskan و همکاران، ۲۰۰۳) را نام برد. در این مطالعه هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملای ثانویه، شایع‌ترین ناهنجاری مورفولوژیکی بود. هایپرپلازی ممکن است به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی منجر به کاهش سطح تنفسی و افزایش فاصله انتشار سم در خون شود (Cengiz, ۲۰۰۶).

تأثیر عوامل استرس‌زای طبیعی و سموم شیمیایی برهم می‌تواند در سطوح مختلف رخ دهد. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، آب و هوا بر دسترسی زیستی سموم تأثیرگذار است، به این معنی که یک ماده سمی در شرایط مختلف اثرات متفاوت خواهد داشت (Newman و Unger, ۲۰۰۳). به‌همین ترتیب، شرایط فیزیکی (به‌عنوان مثال دما) و یا وضعیت تغذیه ممکن است سمیت آلاینده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. در مطالعه حاضر بررسی ارزیابی اثر سم، دفعات غذایی و درجه حرارت بر روی رتبه تخریب آبشش ماهی آفانیوس نشان داد که این سه فاکتور، دارای تأثیر معنی‌داری بر تخریب این بافت هستند. آسیب‌های مشاهده شده در بافت آبشش شامل هایپرپلازی سلول‌های راسی لاملای



درجه حرارت‌های بالاتر از حد بهینه در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است، Baer و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که LC_{۵۰} پروفنوفوس در ۹۶ ساعت برای ماهی مینو (*Pimephales promelas*) با افزایش دما کاهش می‌یابد. این نتیجه توسط Howe و همکاران (۱۹۹۴) برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نیز تکرار شد. این در حالی است که Scheil و Kohler (۲۰۰۹) رابطه‌ای بین افزایش دما و سمیت کلروپریفوس و ایمیداکلوپرید در مراحل جنینی ماهی گورخری (*Danio rerio*) نیافتند (Scheil و Kohler، ۲۰۰۹). در مقابل نتایج بالا، Talent (۲۰۰۵) گزارش کرد سمیت پایروترین برای مارمولک آبی (*Anolis carolinensis*) در دمای بالا کم‌تر است. وی برای توضیح یافته‌های خود دلیل اصلی تنوع سمیت سموم پایروئید برای موجودات خونسرد را، حساسیت زیاد سلول‌های عصبی به تحریک در دمای کم‌تر در نتیجه افزایش انتقال سدیم در کانال‌های سدیمی دانست (Talent، ۲۰۰۵). طبق نتایج به‌دست آمده حاصل از مقایسه میزان تخریب بافت‌های آبشش در این مطالعه، افزایش درجه حرارت در زمان حضور سایپرمتترین در آب سبب افزایش سمیت آن برای ماهی آفانیوس صوفیا (*A. sophia*) می‌شود.

از طرف دیگر کاهش اکسیژن محلول در آب به دلیل افزایش دما و دفعات غذایی می‌تواند دلیلی بر افزایش آسیب‌های وارد شده بر آبشش باشد، سوخت و ساز موجودات خونسرد مثل ماهی با افزایش دما بیش‌تر می‌شود، بنابراین نیاز به اکسیژن در آن‌ها افزایش یافته و از سوی دیگر در دماهای بالا حلالیت اکسیژن در آب کاهش می‌یابد (Mortimer، ۱۹۷۱). هم‌چنین در این حالت جذب مواد سمی توسط ارگانسیم به دلیل حلالیت بهتر، افزایش انتشار و یا جذب فعال این مواد از طریق آبشش‌ها و یا سطح بدن (Heugens و همکاران، ۲۰۰۱) بهتر صورت می‌گیرد و در این شرایط مسلماً بافت آبشش دچار آسیب خواهد شد. به این ترتیب اثر سمی یک ماده در موجود زنده ممکن است با افزایش دما و کاهش اکسیژن شدت یابد. Ferreira و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر اکسیژن محلول و سمیت کاربندازیم را در کلادوسر دافنی (*Daphnia magna*) مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد سمیت این آفت‌کش با کاهش سطوح اکسیژن افزایش می‌یابد. نتیجه مشابه نیز توسط Hanazato و Dadson (۱۹۹۵) با قرار دادن کلادوسر (*Daphnia pulex*) در معرض کارباریل و کاهش سطح اکسیژن محلول به‌دست آمد. به این ترتیب کاهش اکسیژن می‌تواند سمیت سایپرمتترین را افزایش دهد.

در مطالعه حاضر در زمان عدم حضور سم بررسی بافت‌ها نشان داد که بیش‌ترین آسیب‌ها برای گروهی از ماهیان بود که در دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. این در حالی است که به‌طور معمول، افزایش دما سبب کاهش ویسکوزیته آب می‌گردد و این موضوع کاهش مقاومت آبشش و عمل تهویه را به دنبال دارد، به این ترتیب در این زمان افزایش میزان تهویه برای جبران کاهش انحلال اکسیژن در آب ضروری است (Hughes، ۱۹۶۳). با این حال نتایج این مطالعه بیان‌گر آن است که دمای پایین سبب آسیب بیش‌تر به ماهی آفانیوس صوفیا می‌گردد و این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر این ماهی به افزایش دما و نگهداری در محیط‌های گرم باشد. در درجه حرارت پایین‌های پیلاری سلول‌های راسی لاملائی ثانویه و اپیتلیال لیفتینگ از آسیب‌های اصلی بودند. سلول‌های آبشش عمدتاً از لاملائی اولیه به‌وجود آمده‌اند، این سلول‌ها می‌توانند در لبه لاملائی ثانویه تجمع کرده و حالت چماقی شکل به تیغه‌ها دهند (Roberts، ۲۰۰۱). در نتیجه این تغییرات می‌تواند سبب افزایش فاصله انتشار از آب به مویرگ‌ها و اختلال در انتشار اکسیژن شود (Bhagwant و Elahee، ۲۰۰۲).

بررسی نتایج نشان داد که دو نوبت غذایی در روز برای ماهی آفانیوس صوفیا سبب تخریب بافت آبشش این ماهی شد. میزان تخریب در این زمان، با کاهش دما افزایش یافت. احتمالاً به دلیل این‌که با کاهش دما سرعت سوخت و ساز موجود کم می‌شود (Buentello، ۲۰۰۰) و در این حالت افزایش غذا و تجمع آن در آکواریوم سبب آلودگی آب و تشدید شرایط کاهش اکسیژن می‌گردد (Koskela و همکاران، ۱۹۹۷) و در نهایت آبشش دچار آسیب خواهد شد. با توجه به این نتایج، حضور این ماهی در محیط‌های یوتروفیک می‌تواند تخریب بیش‌تری را برای سم سایپرمتترین نشان دهد.

در پژوهش حاضر بررسی آسیب‌های وارد شده بر بافت آبشش نشان داد در زمان حضور سم در صورتی‌که غذایی ماهیان دو مرتبه در روز باشد، افزایش دما سبب افزایش سمیت سایپرمتترین می‌گردد. در رابطه با تاثیر متقابل فاکتورهای محیطی با سموم شیمیایی، پژوهش‌گران متعددی از این فرضیه که افزایش دما بیش از محدوده قابل تحمل ارگانسیم مورد نظر به‌طور بالقوه سبب افزایش سمیت مواد مضر می‌شود حمایت می‌کنند (Heugens و همکاران، ۲۰۰۱؛ Jonker و Van Wezel، ۱۹۹۸). به دلیل الگوی فصلی مصرف آفت‌کش‌ها در طول ماه‌های تابستان و قرارگیری در معرض استرس حرارتی، سمیت آفت‌کش‌ها در



- ۹- Caliskan, M.; Erkmen, B. and Yerli, S.V., ۲۰۰۴. The effects of zeta cypermethrin on the gills of common guppy *Lebistes reticulatus*. Environmental Toxicology and Pharmacology. Vol. ۱۴, pp: ۱۱۷-۱۲۰.
- ۱۰- Carriquiriborde, P.; Diaz, J.; Mugni, H.; Bonetto, C. and Ronco, A.E., ۲۰۰۷. Impact of cypermethrin on stream fish populations under field-use in biotech soybean production. Chemosphere. Vol. ۶۸, pp: ۶۱۳-۶۲۱.
- ۱۱- Cengiz, E.I., ۲۰۰۶. Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. Environmental Toxicology and Pharmacology. Vol. ۲۲, pp: ۲۰۰-۲۰۴.
- ۱۲- Chapman, P.M.; Fairbrothers, A. and Browns, D., ۱۹۹۸. A critical evaluation of safety (uncertainty) factors for ecological risk assessment. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. ۱۷, pp: ۹۹-۱۰۸.
- ۱۳- Chinni, C.S.; Khan, R.N. and Yalpragada, P.R., ۲۰۰۱. Larval growth in post larval of paenusindicus an exposure to lead, Bulletin Environmental Contamination and Toxicology. Vol. ۶۷, pp: ۲۴-۳۴.
- ۱۴- Coad, B.W., ۱۹۸۸. *Aphanius vladykovi*, a new species of tooth-carp from the zagros mountains of Iran (osteichthyes: cyprinodontidae). Environmental Biology of fishes. Vol. ۲۳, pp: ۱۱۵-۱۲۵.
- ۱۵- Coad, B.W., ۲۰۰۰. Distribution of *Aphanius* species in Iran. J. Am. Killi fish Assoc. Vol. ۳۳, No ۶, pp: ۱۸۳-۱۹۱.
- ۱۶- Davis, G.; Fort, D.; Hansen, B.; Irwin, F.; Jones, B.; Jones, S.; Socha, A.; Wilson, R.; Haaf, B.; Gray, G. and Hoffman, B., ۱۹۹۷. Framework for chemical ranking and scoring systems. In: Swanson, M.B., and Socha, A.C. (Eds.), Chemical ranking and scoring: Guidelines for relative assessments of chemical: Proceedings of the Pellston Workshop on Chemical Ranking and Scoring, ۱۱-۱۶ February ۱۹۹۵, Sandestin, Florida: Pensacola, Fla., SETAC Press, SETAC special publication series. pp: ۱-۳۰.
- ۱۷- Ferreira, A.L.G.; Loureiro, S. and Soares, A.M.V. M., ۲۰۰۸. Toxicity prediction of binary combinations of cadmium, carbendazim and low dissolved oxygen on *Daphnia magna*. Aquatic Toxicology. Vol. ۸۹, pp: ۲۸-۳۹.
- ۱۸- Frenkel, V. and Goren, M., ۲۰۰۰. Factors affecting growth of killifish, *Aphanius dispar*, a potential biological control of mosquitoes. Aquaculture. Vol. ۱۸۴, pp: ۲۵۵-۲۶۵.
- ۱۹- GESAMP (INO/FAO/UNESCO/WHO/IAEA/UN/UNDP). Joint group of experts in the scientific aspects of marine pollution, ۱۹۹۱. Review of potential harmful substance carcinogen. Report study. GESAMP. Vol. ۴۰, ۵۶ p.
- ۲۰- Hanazato, T. and Dodson, S.I., ۱۹۹۵. Synergistic effects of low-oxygen concentration, predator kairomone, and a pesticide on the cladoceran *Daphnia pulex*. Limnology and Oceanography. Vol. ۴۰, pp: ۷۰۰-۷۰۹.
- ۲۱- Haya, K., ۱۹۸۹. Toxicity of pyrethroid insecticides to fish. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. ۸, pp: ۳۸۱-۳۹۱.
- ۲۲- Heugens, E.H.W.; Hendriks, A.J.; Dekker, T.; Van Straalen, N.M. and Admiraal, W., ۲۰۰۱. A review of the effects of multiple stressors on aquatic organisms and با توجه به نتایج حاصل از اثرات متقابل سایپرمترین، دما و دفعات غذایی بر تغییرات بافت آبشش در ماهی آفانیوس صوفیا می‌توان بیان کرد، در هنگام حضور سم در آب افزایش دما و دفعات غذایی می‌تواند برای این ماهی مضر باشد، با ذکر این که عوامل محیطی دیگر نیز ممکن است در این رابطه موثر باشند. از این رو در مطالعاتی که اثر سایپرمترین در اکوسیستم‌های مختلف با استفاده از اثرات هیستوپاتولوژیک آفانیوس صوفیا مورد بررسی قرار می‌گیرد، دما و وضعیت تغذیه‌ای این گونه بر سمیت سایپرمترین و ارزیابی زیستی به عمل آمده تاثیرگذار خواهد بود و باید مد نظر قرار گیرد. استفاده از بافت‌های دیگر نظیر کبد برای ارزیابی این سم با استفاده از آفانیوس صوفیا برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

منابع

- ۱- عبدلی، ا.، ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران. موزه طبیعت و حیات وحش ایران. ۳۷۸ صفحه.
- ۲- Alcaraz, C. and Garcia-Berthou, E., ۲۰۰۷. Life history variation of an invasive fish (*Gambusia holbrooki*) along a salinity gradient. Biological Conservation. Vol. ۱۳۹, pp: ۸۳-۹۲.
- ۳- Baer, K.N.; Olivier, K. and Pope, C.N., ۲۰۰۲. Influence of temperature and dissolved oxygen on the acute toxicity of profenofos to fathead minnows (*Pimephales promelas*). Drug and Chemical Toxicology. Vol. ۲۵, pp: ۲۳۱-۲۴۵.
- ۴- Bhagwant, S. and Elahee, K.B., ۲۰۰۲. Pathologic gill lesions in two edible lagoon fish species, *Mulloidichthys flavolineatus* and *Mugil cephalus*, from the bay of poudre d'or, Mauritius. Western Indian Ocean. Journal of Marine. Sciences. Vol. ۱, No ۱, pp: ۲۵-۴۲.
- ۵- Biney, C.; Calamari, D.; Membe, T.W.; Naeve, H.; Nyakageni, B. and Saad, M.A.H., ۱۹۸۷. Scientific bases for pollution control in African inland waters. FAO Fisheries Report. Vol. ۳۶۹, pp: ۹-۲۳.
- ۶- Blanco, J.L.; Hrbek, T. and Doadrio, I., ۲۰۰۶. A new species of genus *Aphanius* (Nardo, ۱۸۳۲) (Actinopteri, Cyprinodontidae) from Algeria. Zootaxa. Vol. ۱۱۵۸, pp: ۳۹-۵۳.
- ۷- Bradbury, S.P. and Coast, J.R., ۱۹۸۹. Toxicological and toxicodynamics of pyrethroids insecticides in fish. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. ۸, pp: ۳۷۳-۳۸۶.
- ۸- Buentello, J.A.; Gatlin, D.M. and Neill, W.H., ۲۰۰۰. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture. Vol. ۱۸۲, pp: ۳۳۹-۳۵۲.



- ۳۶- Quinn, G.P. and Keough, M.J., ۲۰۰۲. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. Cambridge. ۵۳۷ p.
- ۳۷- Robert, C.T., ۲۰۱۳. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- ۳۸- Rahman, M.Z.; Hossain, Z.; Mellah, M.F.A. and Ahmed, G.U., ۲۰۰۲. Effect of diazinon ۶۰EC on *Anabrus testudineus*, *Channa punctatus* and *Barbades gomnotus* Naga. The ICLARM Quarterly. Vol. ۲۵, pp: ۸-۱۱.
- ۳۹- Roberts, R.J., ۲۰۰۱. Fish Pathology. The anatomy and physiology of teleosts. China, ۳rd edn. pp: ۶۵-۶۹.
- ۴۰- Scheil, V. and Kohler, H.R., ۲۰۰۹. Influence of nickel chloride, chlorpyrifos, and imidacloprid in combination with different temperatures on the embryogenesis of the zebrafish (*Danio rerio*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. ۵۶, pp: ۳۳۸-۳۴۳.
- ۴۱- Schwaiger, J.; Fent, K.; Stecher, H.; Ferling, H. and Negele, R.D., ۱۹۹۶. Effects of sublethal concentrations of triphenyltinacetate on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. ۳۰, pp: ۳۲۷-۳۳۴.
- ۴۲- Sprague, J.B., ۱۹۹۵. Factors that modify toxicity. In: Rand, G.M. (Ed.), Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate and Risk Assessment, second ed. Taylor and Francis, Bristol, PA. pp: ۱۰۱۲-۱۰۵۱.
- ۴۳- Talent, L.G., ۲۰۰۵. Effect of temperature on toxicity of a natural pyrethrin pesticide to green anole lizards (*Anolis carolinensis*). Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. ۲۴, pp: ۳۱۱۳-۳۱۱۶.
- ۴۴- Underwood, A.J., ۱۹۹۷. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge. ۲۶۱ p.
- ۴۵- Van Wezel, A.P. and Jonker, M.T.O., ۱۹۹۸. Use of the lethal body burden in the risk quantification of field sediments; influence of temperature and salinity. Aquatic Toxicology. Vol. ۴۲, pp: ۲۸۷-۳۰۰.
- ۴۶- Walker, C.H.; Hopkin, S.P.; Sibly, R.M. and Peakall, D.B., ۲۰۰۱. Principles of ecotoxicology. Second Edition. London: Taylor and Francis. ۳۰۹ p.
- analysis of uncertainty factors for use in risk assessment. Critical Reviews in Toxicology. Vol. ۳۱, pp: ۲۴۷-۲۸۴.
- ۲۳- Holden, A.V., ۱۹۷۳. Effect of pesticides on fishes in environmental pollution by pesticides. (Ed.). C.A Edward. Plenum press, NY. pp: ۲۱۳-۲۵۳.
- ۲۴- Holmstrup, M.; Bindesbol, A.M.; Oostingh, G.J.; Duschi, A.; Scheil, V.; Kohler, H.R.; Loureiro, S.; Soares, A.M.V.M.; Ferreira, A.L.G.; Kienle, C.; Gerhardt, A.; Laskowski, R.; Kramarz, P.E.; Bayley, M.; Svendsen, C. and Spurgeon, D.J., ۲۰۱۰. Interactions between effects of environmental chemicals and natural stressors: A review. Science of the Total Environment. Vol. ۴۰۸, pp: ۳۷۴۶-۳۷۶۲.
- ۲۵- Hothorn, T.; Hornik, K.; Van De Wiel, M.A. and Zeileis, A., ۲۰۰۶. A lego system for conditional inference. The American Statistician. Vol. ۶۰, pp: ۲۵۷-۲۶۳.
- ۲۶- House, W.; Leach, D.; Long, J.; Cranwell, P.; Smith, C.; Bharwaj, L.; Meharg, A.; Ryland, G.; Orr, D. and Wright, J., ۱۹۹۷. Micro organic compounds in the Humber River. Science of the Total Environment. Vol. ۱۹۴, No ۱۹۵, pp: ۳۵۷-۳۷۱.
- ۲۷- Howe, G.E.; Marking, L.L.; Bills, T.D.; Rach, J.J. and Mayer, F.L., ۱۹۹۴. Effects of water temperature and pH on toxicity of terbufos, trichlorfon, ۴-nitrophenol and ۲, ۴-dinitrophenol to the amphipod *Gammarus pseudolimnaeus* and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. ۱۳, pp: ۵۱-۶۶.
- ۲۸- Hughes, G.M., ۱۹۶۳. Comparative Physiology of Vertebrate Respiration. London: Heinemann. ۱۴۵ p.
- ۲۹- Jaensson, A.; Scott, A.P.; Moore, A.; Kylin, H. and Olsen, K.H., ۲۰۰۷. Effects of a pyrethroid pesticide on endocrine responses to female odours and reproductive behaviour in male parr of brown trout (*Salmo trutta L.*) Aquatic Toxicology. Vol. ۸۱, pp: ۱-۹.
- ۳۰- Kaneko, J.J., ۱۹۸۹. Clinical Biochemistry of domestic animals ۴th ed. Diego, Academic press Inc. California. ۱۳۲ p.
- ۳۱- Kloke, J.D. and McKean, J.W., ۲۰۱۲. Rfit: rank-based estimation for linear models. The R Journal. Vol. ۴, No ۲, pp: ۵۷-۶۴.
- ۳۲- Koskela, J.; Pirhonen, J. and Jobling, M., ۱۹۹۷. Effect of low temperature on feed intake, growth rate and body composition of juvenile Baltic salmon. Aquaculture International. Vol. ۵, pp: ۴۷۹-۴۸۷.
- ۳۳- Marino, D. and Ronco, A., ۲۰۰۵. Cypermethrin and chlorpyrifos concentration levels in surface water bodies of the Pampa Ondulada. Argentina. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology. Vol. ۷۵, pp: ۸۲۰-۸۲۶.
- ۳۴- Mortimer, C.H., ۱۹۷۱. Chemical exchanges between sediments and water in the Great Lakes speculation on probable regulatory mechanisms. Limnology and Oceanography. Vol. ۱۶, No ۲, pp: ۳۸۷-۴۴۰.
- ۳۵- Newman, M.C. and Unger, M.A., ۲۰۰۳. Fundamentals of ecotoxicology. Second Edition. Boca Raton: Lewis Publishers. ۴۵۸ p.

