

بررسی اثرات غلظت‌های تحت‌کشنده کلرپیریفوس بر فعالیت آنزیم‌های سرمی و برخی شاخص‌های استرس اکسیداتیو ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

فرشته اسفندیار^۱ فرید فیروزیبخش^{۲*} حسین رحمانی^۲ خسرو جانی خلیلی^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. دانشجوی دکتری شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۷/۱۳

چکیده

کلرپیریفوس یک آفت‌کش ارگانوفسفره است که بطور گسترده به عنوان کنترل‌کننده آفات در مزارع کشاورزی استفاده می‌شود. هدف از این مطالعه تعیین اثر غلظت‌های تحت‌کشنده (۰،۱، ۰،۰۵ و ۰،۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) کلرپیریفوس بر فعالیت آنزیم‌های کبدی و آنزیم‌های اکسیداتیو (سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز) ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ بعد از تماس با آفت‌کش می‌باشد. میزان LC₅₀ 96 سم کلرپیریفوس برای کپور ماهیان ۵۱۶/۱ میلی‌گرم در لیتر بدست آمده است. نتایج حاضر حاکی از آن است که ماهیان تماس یافته با سم کلرپیریفوس در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری در فعالیت آسپارات‌آمینوترانسفراز (AST) و آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT) نشان دادند ($p < 0.05$). همچنین فعالیت آلکالین فسفاتاز (ALP) در غلظت‌های بالای کلرپیریفوس (۰،۰۵ و ۰،۱ میلی‌گرم بر لیتر) افزایش یافته و در روزهای اول و هفتم آزمایش، بیشترین سطح فعالیت در این غلظت‌ها مشاهده شد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) نیز بطور معنی‌داری بیشتر بود ($p < 0.05$). علاوه بر این اثر متقابل زمان و غلظت سم بر روی فعالیت آنزیم‌های CAT، SOD و AST مشاهده شد ($p < 0.05$). بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش مدت تماس ماهی کپور معمولی با سم کلرپیریفوس در غلظت‌های ۰،۰۵ و ۰،۱ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی و آنزیم‌های اکسیداتیو ماهی می‌شود.

واژگان کلیدی: کلرپیریفوس، کپور معمولی، آنزیم‌های کبدی، آنزیم‌های اکسیداتیو، سمیت.

۱. مقدمه

شده و رادیکال‌های اکسیژن فعال با پراکسیداسیون لیپیدها باعث صدمه به غشاء سلولی و مرگ سلول می‌شوند (Rauen *et al.*, 1999). اثرات مضر احتمالی ترکیبات ROS از طریق سیستم حمایتی آنتی‌اکسیدانت سلولی شامل آنزیم‌هایی مانند سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) خنثی می‌شود (Salehi *et al.*, 2010). مجموعه آنزیمی سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز اولین خط دفاعی سلول در برابر سمیت ناشی از رادیکال‌های آزاد می‌باشد. آنزیم SOD باعث تبدیل رادیکال سوپر اکسید به H_2O_2 می‌شود (Abbasnezhad *et al.*, 2009) و خصوصیت مهم آن، قابل‌القاء بودن تحت شرایط استرس اکسیداتیو می‌باشد (Oruc and Usta, 2007).

تحقیقات محققین نشان داده است از جمله فاکتورهای موجود در سرم خون که میزان آنها در اثر سموم مختلف دچار تغییر می‌گردد آنزیم‌هایی از قبیل لاکتات دهیدروژناز، کولین‌استراز، آلکالین فسفاتاز و اسپاراتات آمینوترانسفراز می‌باشند (Purgholam *et al.*, 2001; Khosbavar Rostami *et al.*, 2006; USEPA, 1994; Ciesielski and Loomis, 1994; Banaee *et al.*, 1993). آزادسازی آنزیم‌های پلاسما می‌تواند به وسیله آسیب‌های کبد، کلیه و طحال باشد و افزایش بسیاری از آنزیم‌ها در پلاسما به دلیل نکرورز کبدی خواهد بود (Banaee *et al.*, 2008).

باید اذعان نمود که در بعضی موارد آفت‌کشها اثرات مخرب بیشتری روی موجودات غیر هدف (آبزیان) نسبت به موجودات هدف (آفات) داشته که این خود در حساسیت بالاتر و مرگ و میر سریع‌تر و بیشتر آبزیان نهفته است. طیف وسیعی از اثرات متفاوت برای ترکیبات ارگانوفسفره گزارش شده است. در مطالعه Wang و همکاران (2013) مشخص شد که با افزایش غلظت سموم کلرپیریفوس و آترازین فعالیت اسیدفسفاتاز، سوپراکسید دیسموتاز، آلکالین فسفاتاز و پمپ سدیم-پتاسیم ATPase در ماهی کپور معمولی کاهش یافته است. از طرف دیگر، در مطالعه اثر کلرپیریفوس و مالاتیون بر سیستم دفاعی و آنتی‌اکسیدانی در *Oxya chinensis*، افزایش آنزیم‌های SOD و CAT در غلظت‌های پایین‌تر و کاهش آنها در غلظت‌های بالاتر گزارش شده است

حشره‌کش‌های ارگانوفسفره گروه عمده‌ایی از حشره‌کش‌های شیمیایی هستند که امروزه در جهان به طور گسترده استفاده می‌شوند. این گروه از حشره-کش‌ها علاوه بر استفاده در مزارع کشاورزی و باغات، در مناطق مسکونی نیز برای کنترل آفات، حفاظت از بهداشت عمومی، صنعت و دامپزشکی نیز کاربرد دارد (Bonilla *et al.*, 2008; Hoffman *et al.*, 2006). سموم ارگانوفسفره به‌طور عمومی سمیت بالایی دارند و مهم‌ترین عامل بیماری و مرگ و میر ناشی از مسمومیت‌ها در کشورهای جهان سوم هستند (Peter and Cherian, 2000).

کلرپیریفوس {O,O-diethyl O-3,5,6-Trichloro-2-pyridylphosphorothioate} با نام تجاری دورسبان Dursban EC40.8%، حشره‌کش و کنه‌کش تماسی، گوارشی و تنفسی است که از طریق ریشه و برگ گیاهان جذب می‌شود. توانایی این سم در مهار آنزیم کولین‌استراز در سیستم عصبی جانوران است و سبب توقف فعالیت بیولوژیکی آنزیم کولین‌استراز شده و در نتیجه اختلال در سیستم عصبی مرکزی و مرگ آنها را به دنبال دارد (Farrell and Brauner, 2014). مکانیسم شناخته شده ارگانوفسفره‌ها مهار آنزیم استیل کولین‌استراز در پایانه‌های سیناپسی سمپاتیک و پاراسمپاتیک و در نتیجه، تجمع نوروترنسمیتر استیل کولین در سیناپس‌های عصبی و تحریک بیش از حد گیرنده‌های کولینرژیک نیکوتینی و موسکارینی است (Shadnia *et al.*, 2005; Civen *et al.*, 1997). اثرات مخرب ترکیبات ارگانوفسفره به این موارد محدود نمی‌شوند، بلکه تاثیرات غیر کولینرژیکی مانند آسیب به غشاهای سلول، تولید رادیکال آزاد و اختلال در سیستم آنتی‌اکسیدانی نیز مشاهده شده است (Zhang and Sultatos, 2005). یکی از مکانیسم‌هایی که بسیار مورد توجه قرار گرفته است، تولید رادیکال‌های آزاد توسط این ترکیبات و به دنبال آن تغییر در سیستم آنتی‌اکسیدانی سلول و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌باشد (Saulsbury *et al.*, 2009).

تحقیقات نشان داده حشره‌کش‌های ارگانوفسفره موجب افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)

$$C_2 = \text{Antilog}(\text{Log}C_1 + X)$$

$C_3 = C_2$ = غلظت در تیمار سوم

$$C_3 = \text{Antilog}(\text{Log}C_2 + X)$$

۲.۲. آزمایش سمیت تحت حاد

به منظور انجام آزمایش سمیت تحت حاد، تعداد ۱۸۰ عدد ماهی در ۱۲ آکواریوم به حجم ۷۰ لیتر آب (هر آکواریوم ۱۵ عدد)، در سه گروه تیماری بر اساس غلظت‌های ۱/۵، ۱/۱۰ و ۱/۲۰ از LC_{50} (۰,۵۱۶) = LC_{50} سم کلرپیریفوس و یک گروه شاهد با سه تکرار به مدت ۲۱ روز صورت پذیرفت و پس از گذشت ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از مواجهه ماهی‌ها با سم، ۹ ماهی از هر تیمار (۳ ماهی از هر تکرار) بطور تصادفی صید و پس از بیهوشی با پودر گل میخک، خون‌گیری از آنها صورت گرفت. لوله‌های حاوی نمونه خون سریعاً به آزمایشگاه منتقل و پس از سانتریفوژ ۳۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه، سرم آنها جدا شد. سپس سرم خون به ویال‌های ۱ میلی‌لیتری منتقل و تا زمان آزمایش در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

۳.۲. اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی

آنزیم‌های آلانین‌آمینوترانسفراز، آسپاراتات-آمینوترانسفراز با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و طبق روش Reitman-Frankel در طول موج ۵۰۵ نانومتر و آلکالین فسفاتاز با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و طبق روش DGKC (استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) و در طول موج ۴۰۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

۴.۲. اندازه‌گیری آنزیم‌های اکسیداتیو

آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز نیز با استفاده از کیت شرکت Zelbio و دستگاه ایزا در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند.

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به شرایط آزمایش که در زمان‌ها و غلظت‌های مختلف سم کلرپیریفوس انجام گردید، برای مقایسه آنزیم‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح

(Haihua et al, 2011).

لذا با توجه به مطالب ذکر شده هدف از مطالعه حاضر، بررسی سمیت تحت حاد کلرپیریفوس بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو و آنزیم‌های کبدی نظیر ALT، AST و ALP در ماهی کپور معمولی می‌باشد.

۲. مواد و روشها

در هر یک از مراحل آزمایش، ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) با میانگین وزنی 45 ± 10 گرم از یک کارگاه تکثیر و پرورش خصوصی واقع در شهرستان ساری خریداری و به سالن آکواریم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شد. پس از انتقال، ماهی‌ها جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاهی (دما $25 \pm 1^\circ C$ ، اکسیژن محلول mg/lit ۶,۰۸، سختی $393/09$ ppm، شوری ds/m ۰,۴ و pH $8 \pm 0,4$) به مدت ۷ روز در تانک‌های ونیرو با تعویض روزانه ۱۰ درصدی آب نگهداری شدند. در طی دوره سازگاری، ماهی‌ها با جیره غذایی پلت (شرکت بهداشتانه) به صورت دو بار در روز و به اندازه ۲٪ وزن بدن تغذیه شدند.

۱.۲. تعیین سمیت حاد

آزمایش تعیین سمیت حاد و مقدار عددی LC_{50} براساس روش استاندارد (OECD, 1992) و بصورت استاتیک انجام گرفت. به منظور تعیین LC_{50} 96 سم کلرپیریفوس بر روی بچه ماهی کپور، تیمار و تکرارهای مختلف در نظر گرفته شدند که بر اساس محاسبه لگاریتمی (رابطه ۱) و تکرار مجدد آزمایشات، تیمارهای نهایی برای سم ۵ تیمار و یک شاهد بدست آمدند. سپس آزمایشات نهایی با غلظت‌های ۰,۳، ۰,۳۷، ۰,۴۳، ۰,۵۱، ۰,۶ و ۰,۶ میلی‌گرم بر لیتر و گروه کنترل انجام شدند.

$$X = \frac{\log C_n - \log C_1}{n - 1} \quad \text{رابطه ۱}$$

C_1 = غلظت در تیمار اول، C_n = غلظت در تیمار آخر
 X = قدر نسبت لگاریتمی
 C_2 = غلظت در تیمار دوم

کاملاً تصادفی استفاده شد. برای مقایسه بین تیمارهای مورد آزمایش نیز از آنالیز واریانس یک طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد در نرم افزار SPSS, v16 انجام شد.

۳. نتایج

بر اساس نتایج بدست آمده LC₅₀ 96h سم کلرپیریفوس بر روی ماهیان کپور معمولی ۰,۵۱۶ میلی گرم بر لیتر محاسبه گردید. فعالیت آنزیم آلانین-آمینوترانسفراز سرم ماهیان کپور در غلظت‌ها و زمان‌های مختلف نشان داد که در روزهای اول، هفتم و چهاردهم آزمایش بیشترین میزان این آنزیم در تیمار شاهد و در روز بیست و یکم در تیمار ۰,۰۵ مشاهده

گردید ($p < 0,05$). در هر چهار دوره نمونه‌برداری بیشترین سطح آسپاراتات‌آمینوترانسفراز (AST) در تیمار ۰/۱ مشاهده شده است و بطور کلی با افزایش غلظت سم، سطح AST روند افزایشی داشته است ($p < 0,05$). در روزهای هفتم، چهاردهم و بیست و یکم آزمایش بیشترین میزان آلکالین فسفاتاز در تیمار ۰,۰۵ میلی گرم بر لیتر و در روز اول در تیمار ۰/۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده شده است. در تیمار ۰,۱ میلی گرم بر لیتر با گذشت زمان کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شده است ($p < 0,05$) به علاوه افزایش مدت زمان آزمایش نیز سبب افزایش فعالیت آنزیم AST و ALT در تیمارهای در معرض کلرپیریفوس شده است. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، میزان فعالیت

جدول ۱: تاثیرات غلظت‌های کلرپیریفوس در زمان‌های مختلف بر آنزیم‌های کبدی ماهی کپور معمولی (*C. carpio*)

تیمارهای آزمایشی	روزهای آزمایش	میانگی فعالیت آنزیم (U/L) ALT	میانگین فعالیت آنزیم (U/L) AST	میانگین فعالیت آنزیم (U/L) ALP
شاهد	۱	A۷۲/۳۲±۸/۸ ^b	A۲۰/۵۱±۳/۴۲ ^a	A۱۴۵/۱۵۰±۲۱۶/۱۲ ^a
	۷	A۷۳/۳۱±۹/۲۷ ^a	A۲۳/۱۱±۳/۶۶ ^a	A۱۲۵/۹۰±۱۲۹/۲۲ ^a
	۱۴	A۸۰/۵۰±۱۱/۳۶ ^a	A۲۱/۵۶±۲/۷۴ ^a	A۱۳۱۴±۲۲۵/۱۸ ^a
	۲۱	A۹۴/۴۱±۱۶/۸۱ ^a	A۱۹/۶۹±۳/۹۷ ^a	A۱۳۹۵/۹±۱۱۵/۱۳ ^a
۰/۰۲ mg/l	۱	A۳۳/۳۸±۴/۸۱ ^a	A۲۲/۵±۴/۰۹ ^{ab}	A۲۸۳۳/۷±۲۸۷/۹۹ ^a
	۷	AB۵۴/۵۳±۱۳/۶ ^a	B۴۵/۰۱±۶/۱۷ ^b	A۲۵۱۳/۸±۶۶۹/۲۸ ^a
	۱۴	BC۷۱/۴۷±۱۱/۵۹ ^a	AB۳۵/۹۳±۷/۳۶ ^a	A۲۲۷۱±۳۵۶/۲۳ ^a
	۲۱	C۹۷/۶۵±۲۴/۳۱ ^a	AB۳۷/۰۲±۱۱ ^{ab}	A۱۷۳۰/۴±۲۱۶۲ ^a
۰/۰۵ mg/l	۱	A۳۷/۶۲±۶/۹۶ ^a	A۳۱/۹۲±۳/۳۴ ^{bc}	AB۲۹۷۰/۱±۱۷۲۹/۲ ^a
	۷	B۶۶/۲۳±۱۱/۲۶ ^a	A۴۶/۶۹±۶/۸۳ ^b	B۶۱۰۴/۸±۱۶۶۸/۲ ^b
	۱۴	BC۷۹/۷۰±۱۸/۶۹ ^a	A۵۱/۸۴±۱۳/۵۳ ^b	A۲۴۵۰/۷±۱۰۵۷ ^a
	۲۱	C۱۰۲/۵±۱۵/۳۱ ^a	A۴۷/۴۹±۱۷/۸۴ ^b	A۳۰۲۳/۱±۸۵۵/۹۹ ^b
۰/۱ mg/l	۱	A۳۶/۶۹±۶/۴۹ ^a	A۳۶/۲۶±۹/۲۸ ^c	B۵۱۶۱/۶±۱۹۲۲/۷ ^b
	۷	B۵۷/۵۶±۳/۴۶ ^a	AB۵۲/۱۲±۱۶/۰۳ ^b	B۳۱۲۸/۵±۱۹۱۲/۵۲ ^a
	۱۴	B۷۲/۹۱±۸/۵۷ ^a	B۶۳/۸۴±۵/۵۸ ^b	A۲۰۴۶/۶±۶۱۸/۳۴ ^a
	۲۱	C۹۹/۴۵±۱۴/۳۳ ^a	AB۵۷/۳۱±۱۰/۹۲ ^b	A۲۳۲۰/۹±۳۶۷/۹۷ ^{ab}

(Mean ± SD)؛ حروف کوچک انگلیسی نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در یک روز نمونه‌برداری در غلظت‌های مختلف و حروف

بزرگ انگلیسی نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در یک تیمار در روزهای مختلف می‌باشد

متیل پاراتیون و کلرپیریفوس سطح سوپر اکسید دیسموتاز را در مغز و کبد افزایش داده است. در این راستا Zikic و همکاران (۲۰۰۱) نیز فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را در اریتروسیت‌ها و پلاسمای ماهی قرمز (*Carassius auratus gibelio*) در معرض کادمیوم بررسی کردند و نشان دادند که فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز در سلول‌های قرمز خون در ابتدا روند کاهشی و سپس افزایشی داشت. همچنین فعالیت کاتالاز در اریتروسیت‌ها به تدریج افزایش یافت که یافته‌های حاضر با نتایج آنها مطابقت دارد. با توجه به نتایج این مطالعه احتمالاً تجویز کلرپیریفوس باعث افزایش رادیکال‌های آزاد سوپراکسید در سرم ماهی کپور معمولی شده و در نتیجه منجر به استرس اکسیداتیو می‌شوند. زیرا آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یکی از خطوط دفاعی مهم بدن در مقابله با استرس اکسیداتیو می‌باشند. در میان این آنزیم‌ها سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز نقش مهمی در برداشت رادیکال‌های آزاد دارند و بطور هماهنگ عمل می‌کنند (Ceriello, 1996). هنگام بروز استرس اکسیداتیو، بدن می‌تواند با مکانیسم‌های مختلفی، از جمله افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و در نتیجه فعالیت آنزیم‌ها در بافت‌ها واکنش نشان دهد (Ceriello, 1996). مطالعات نشان داده است که افزایش میزان آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن در سلول‌ها به ترتیب باعث القای بیان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز می‌شود (Meilhac, 2010; Marrotte, 2010). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز باعث تبدیل آنیون سوپراکسید به پراکسید هیدروژن می‌شود و کاتالاز با تبدیل کردن پراکسید هیدروژن به آب اثرات سمی آن را خنثی می‌کند (Hsieh, 1998; Turrens, 1984).

۲.۴. آنزیم‌های کبدی

بین فعالیت آنزیم‌های ALT، AST و ALP و سم کلرپیریفوس ارتباط معنی‌داری وجود دارد. بطوریکه تجویز این سم باعث افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های نامبرده در سرم ماهی کپور معمولی در مقایسه با گروه‌های کنترل شده است. در حالی که اثر متقابل غلظت و زمان فقط در فعالیت آنزیم AST

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز سرم ماهیان کپور در غلظت‌ها و زمان‌های مختلف نشان داد که در روزهای اول و بیست و یکم بیشترین سطح فعالیت این آنزیم در تیمار ۰٫۱ میلی‌گرم بر لیتر و در روز چهاردهم در تیمار ۰٫۰۲ میلی‌گرم بر لیتر و در روز هفتم در تیمار شاهد مشاهده گردید ($p < 0.05$). بیشترین سطح فعالیت کاتالاز در روزهای اول و هفتم به ترتیب در تیمارهای ۰٫۱ و ۰٫۰۵ میلی‌گرم بر لیتر و در روزهای چهاردهم و بیست و یکم در تیمار ۰٫۱ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد ($p < 0.05$). گذشت زمان سبب افزایش معنی‌داری در سطح سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در تیمارهای در معرض کلرپیریفوس شده است. همچنین اثر متقابل زمان و غلظت بر روی فعالیت آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز مشاهده شده است ($p < 0.05$).

۴. بحث و نتیجه گیری

۱.۴ آنزیم‌های اکسیداتیو

نتایج نشان داد که بین فعالیت آنزیم‌های SOD، ALT، AST، CAT و ALP و سم کلرپیریفوس ارتباط معنی‌داری وجود دارد. تجویز این سم باعث افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های نامبرده در سرم ماهی کپور معمولی در مقایسه با گروه‌های کنترل گردید. همچنین اثر متقابل غلظت و زمان در فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و AST مشاهده شده است. Oruç و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که مصرف کلرپیریفوس، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز را در تیلاپیا *Oreochromis niloticus* افزایش داده ولی تغییری در فعالیت کاتالاز ایجاد نکرده که یافته‌های حاضر از نظر افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. در مقابل در پژوهشی که توسط Wang و همکاران (۲۰۱۳) انجام شده بود فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در طحال و کلیه قدامی کپور معمولی (*C. carpio*) با افزایش غلظت سم کاهش یافته که نتایج حاضر با تحقیق آنها همسو نبود. در مطالعه Archana و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شده که افزایش غلظت متیل پاراتیون سطح کاتالاز در آبشش گویی (*Poecilia reticulata*) را افزایش داده و سطح کلرپیریفوس در کبد و مغز بالا رفته و همچنین

جدول ۲: تاثیرات غلظت‌های متفاوت کلریپیریفوس در زمان‌های مختلف بر آنزیم‌های اکسیداتیو ماهی کپور معمولی (*C. carpio*)

تیمارهای آزمایشی	روزهای آزمایش	میانگین فعالیت آنزیم SOD (U/ml)	میانگین فعالیت آنزیم CAT (U/ml)
شاهد	۱	A _{12/23} ±0/11 ^a	A _{18/99} ±0/93 ^a
	۷	A _{12/87} ±0/30 ^a	A _{17/35} ±2/01 ^a
	۱۴	A _{12/57} ±0/44 ^a	A _{16/87} ±1/59 ^a
	۲۱	A _{12/70} ±0/48 ^a	A _{17/3} ±0/65 ^a
0/02 mg/l	۱	A _{12/46} ±1/02 ^a	A _{19/91} ±0/57 ^a
	۷	AB _{12/68} ±0/82 ^a	A _{18/14} ±1/39 ^a
	۱۴	B _{14/28} ±0/85 ^b	A _{24/36} ±5/27 ^{ab}
	۲۱	C _{16/6} ±0/67 ^b	A _{22/97} ±4/45 ^{ab}
0/05 mg/l	۱	A _{11/92} ±0/71 ^a	A _{22/32} ±3/11 ^a
	۷	A _{12/07} ±1/94 ^a	A _{23/14} ±4/78 ^a
	۱۴	A _{13/86} ±0/64 ^b	AB _{27/28} ±3/09 ^b
	۲۱	B _{16/48} ±1/18 ^b	B _{29/84} ±1/4 ^b
0/1 mg/l	۱	A _{12/7} ±0/26 ^a	A _{27/31} ±3/19 ^b
	۷	A _{12/74} ±0/47 ^a	A _{22/97} ±6/10 ^a
	۱۴	A _{13/79} ±0/41 ^b	A _{30/18} ±5/66 ^b
	۲۱	B _{16/62} ±1/33 ^b	B _{41/05} ±7/30 ^c

(Mean ± SD)؛ حروف کوچک انگلیسی نشان دهنده وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در یک روز نمونه‌برداری در غلظت‌های مختلف و حروف بزرگ انگلیسی نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در یک تیمار در روزهای مختلف می‌باشد.

بود، نشان داد که تماس علف‌کش با قزل‌آلای رنگین-کمان، افزایش فعالیت آنزیم‌های آسپارات‌آمینو ترانسفراز و آلانین‌آمینو ترانسفراز باعث می‌شود. از آنجایی که آفت‌کش‌ها در کبد جذب می‌شوند و ساخت و ساز تمام آنزیم‌ها مثل آلکالین فسفاتاز در داخل کبد صورت می‌گیرد، در نتیجه اندازه‌گیری فعالیت آلکالین فسفاتاز سرم به صورت عمومی می‌تواند به عنوان شاخصی برای عملکرد کبد در پاسخ به سموم، مورد استفاده قرار گیرد (Poet, 2003). آلکالین-فسفاتاز در کبد به وسیله سلول‌های پوششی و مجاری کوچک صفراوی تولید و در تمام بدن یافت می‌شود (Pagana, 1998). مقدار آلکالین فسفاتاز در بیماری‌های کبدی و استخوانی در سرم خون افزایش می‌یابد (Mohamadiha, 1998) که این افزایش احتمالاً ناشی از کولستاز و توقف ترشح اسیدهای صفراوی است (Mojabi, 2000). Jaroli and sharma (2005) اعلام کردند که کلریپیریفوس در غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و

مشاهده شد. آنزیم آسپارات‌آمینو ترانسفراز (AST) و آلانین‌آمینو ترانسفراز (ALT) نقش مهمی در مراحل نهایی تجزیه پروتئین جهت تولید ATP ایفا می‌کند (Petrovic et al., 1996). به عبارت دیگر، افزایش سطح فعالیت این آنزیم‌ها، نقش موثری در استفاده از اسیدهای آمینه در فرآیند اکسیداسیون یا گلوکوزنز بازی می‌کند (Rao, 2006).

تماس ماهیان با سموم مختلف سبب افزایش فعالیت آنزیم آسپارات‌آمینو ترانسفراز آنها می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به افزایش این آنزیم ناشی از سم دیازینون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Banaee et al., 2012)، مولدین نر ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) (Mohammadnezhad Shamoshaki et al., 2013) و ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) (Banaee et al., 2008) اشاره کرد. همچنین در پژوهشی که توسط Ali و همکاران (2014) انجام شده

۳۰ درصد LC₅₀ طی ۱۵ روز سبب افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز در *Channa punctatus* شده بود که یافته‌های حاضر همسو با آن تحقیق می‌باشد. بر اساس گزارش Kaya و همکاران (۲۰۱۴)، فعالیت آلکالین فسفاتاز ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) توسط فوزانول افزایش یافته بود که نتایج حاضر با یافته‌های آنها همخوانی دارد. Luscova و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر دیازینون را بر ماهی کپور (*C. carpio*) بررسی کرده و نشان دادند که فعالیت آلکالین فسفاتاز بدون تغییر باقی مانده است. همچنین افزایش فعالیت این آنزیم ناشی از سم دیازینون در مولدین نر ماهی سفید (*R. frisii kutum*) (Shamoshaki et al., 2013) و کپور معمولی (*C. carpio*) مشاهده شده، می‌تواند نوعی پاسخ دفاعی در مقابل استرس اکسیداتیو ایجاد شده در برابر سم باشد.

References

- Abbasnezhad, M., Jafari, M., Asgari, A., Hajihoseini, R., Hajigholamali, M., Salehi, M., 2009. The study regarding effect of paraoxon on oxidative stress index in kidney tissue of rats. *Journal of Mazandaran University of Medical Science* (in Persian) 19, 17-26.
- Ali, M., Ghiasi, F., Badakhshan, M., 2014. Acute effects of combined herbicides (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid) and (2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid) on blood factors and ALT and AST liver enzymes in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Health and Environment* 7: 95-104. (In Persian)
- Archana, A., Vimal, M., Priyanka, P., 2011. Effect of methyl parathion and chlorpyrifus on certain biomarkers in various tissues of guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 101, 132-141.
- Banaee, M., Mirvagefei, A.R., Rafei, G.R., MajaziAmiri, B., 2008. Effect of sub-lethal diazinon concentration on blood plasma biochemistry. *International Journal of Environmental Research* 2, 189-198.
- Banaee, M., Myrvaqefy, A., Anthont sorda, G., Rafeie, Q., 2012. Change in blood biochemical parameters and histopathology of the liver rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in contact with the Sublethal concentrations of diazinon. *Iranian Journal of Natural Resources* 65: 297-313. (In Persian)
- Bonilla, E., Hernandez, F., Corte, S.L., Mendoza, M., Mejla, J., Carrillo, E., 2008. Effects of the Insecticides Malathi and Diazinon on the Early Oogenesis in Mice in Vitro. *Environmental Toxicology* 23, 240-245.
- Ceriello, A., dello Russo, P., Amstad P., Cerutti, P., 1996. High glucose induces antioxidant enzymes in human endothelial cells in culture. Evidence linking hyperglycemia and oxidative stress. *Diabetology* 45, 471-7.
- Civen, M., Brown, C.B., Morin, R.J., 1977. Effects of organophosphate insecticides on adrenal cholesteryl ester and steroid metabolism. *Biochemical Pharmacology* 26, 1901-1907.
- Farrell, A., Branner, C., 2014 *Organic chemical Toxicology of Fishes* Academic Press, Santiago, USA, 543p.
- Garfitt, S.J., Jones, K., Mason, H.J., Cocker, J., 2002. Exposure to the

- organophosphate diazinon: data from a humavolunteer study with oral and dermal doses. *Toxicology Letters* 134, 105-113.
- Haihua, w., Rui, Zh., Jinyu, L., Yaping, G., Enbo, M., 2011. Effects of Malation and Chlorpyrifos on Acetylcholinesterase and antioxidant defense system in *Oxya Chinensis* (Thunberg). *Chemosphere* 83, 599-604.
- Hoffman, U., Papendorf, T., 2006. Organophosphate poisonings with parathion and diamethoate. *Intensive Care Medicine* 32, 464-468.
- Hsieh, Y., Guan, Y., T.U, C., Bratt, P.J., Angerhofer, A., Lepock, J.R., 1998. Probing the active site of human manganese superoxide dismutase: the role of glutamine 143. *Biochemistry* 37, 4731-4739.
- Jaroli, D.P., Sharma. B, L., 2005. Effect of Organophosphate Insecticide on the Organic Constituents in Liver of *Channa punctatus*. *Asian Journal of Experimental Sciences* 21,121-129.
- Kaya, H., ŞanverÇelik, E., Yılmaz, S., Tulgar, A., Akbulut, M., Demir, N., 2014. Hematological, serum biochemical, and immunological responses in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to phosalone. *Comparative Clinical Pathology* 89, 46-53.
- Khoshbavar rostami, H., Soltani, M., 2006. Study of some hematological and serum biochemical factors Beluga (*Huso huso*) after long-term exposure to the pesticide diazinon. *Journal of Fisheries of Iran* 5, 53-66.
- Luscova, V., Svoboda, M., Kolarova, J., 2002. The effect of diazinon on blood plasma biochemistry in Common carp (*Cyprinus carpio*). *Acta Veterinaria Brno* 71, 117-123.
- Marrotte, E.J., Chen, D.D., Hakim, J.S., Chen, A.F., 2010. Manganese superoxide dismutase expression in endothelial progenitor cells accelerates wound healing in diabetic mice. *Journal of Clinical Investigation* 120, 4207-19.
- Meilhac, O., Zhou, M., Santanam, N., Parthasarathy, S., 2000. Lipid peroxides induce expression of catalase in cultured vascular cells. *Journal Lipid Research* 41, 1205-1213.
- Mohamadiha, H., 1998. Clinical biochemistry. Tehran University Press, second edition, 826 p.
- Mohammadnezhad shamoshaky, M., Sultani, M., Sharif pour, A., Emanpour, M., 2012. The effect of acute organophosphate of diazinon on activity of some enzymes in the blood serum of adult males (*Rutilus frisii kutum*). *Veterinary Journal* 8, 96-97. (In Persian)
- Mojabi, A., 2000. Veterinary clinical biochemistry. Nour-Bakhsh Publication. Tehran, Iran.
- Oruc, EO., Usta, D., 2007. Evaluation of oxidative stress responses and neurotoxicity potential of diazinon in different tissues of *Cyprinus carpio*. *Environment Toxicology Pharmacology* 23, 48-55.
- Oruç, E.O., 2010. Oxidative stress, steroid hormone concentrations and acetylcholinesterase activity in *Oreochromis niloticus* exposed to chlorpyrifos. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 96, 160-166.
- Pagana, A., Deska, K., 1998. Mosby's Manual of Diagnostic and Laboratory Tests. Saint Louis: Mosby, Inc. 1166 p.
- Peter, J.V., Cherian, AM., 2000. Organic insecticides. *Anaesthesia and Intensive Care Journal* 28, 11-21.
- Purgholam, R., Esmaeili, F., Farhumand, L., Soltani, M., Yousefi, P., Mehdad, H., 2001. Evaluation of blood characteristics of grass carp (*Ctenopharygondon idella*) after exposure to organophosphate diazinon. *Journal of Fisheries of Iran* 2: 1-18.
- Rao, J.V., 2006. Toxic effects of novel organophosphorus insecticide (RPR-V) on certain biochemical parameters of euryhaline fish, *Oreochromis mossambicus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 86, 78-84.
- Rauen, U., Polzar, B., Stephan, H., Mannherz, GH., De Groot, H., 1999. Cold induced apoptosis in cultured hepatocytes and liver endothelialcells: mediation by reactive oxygen species. Federation of American Societies for

- Experimental Biology 13, 155-168.
- Salehi, M., Jafari, M., Asgari, A., SalehMoghaddam, M., Salimian, M., Abbasnejad, M., 2010. Study of Diazinon Effect on Antioxidant Enzymes and Lipid Peroxidation in Rat's Brain. *Razi Journal of Medical Sciences* 17: 15-23. (In Persian)
- Saulsbury, MD., Heyliger, SO., Wang, K., Johnson DJ., 2009. Chlorpyrifos induces oxidative stress in oligodendrocyte progenitor cells. *Toxicology* 259, 1- 9.
- Shadnia, SH., Azizi, E., Hosseini, R., Khoei, S., Fouladdel, S.H., Pajoumand, A., 2005. Evaluation of oxidative stress and genotoxicity in organophosphorus insecticide formulators. *Human and Experimental Toxicology* 24, 439-445.
- Turens, J.F., Crapo, J.D., and Freeman, B.A., 1984. Protection against oxygen toxicity by intravenous injection of liposome-entrapped catalase and superoxide dismutase. *Journal of Clinical Investigation* 73, 87-95.
- USEPA., 1993. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. 4rd Ed. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, OH. EPA, 273p.
- Wang, X., Houjuan, X., Yan, J., Hongda, W., Gang, S., Qiyu, X., Shiwen, X., 2013. Accumulation, histopathological effects and response of biochemical markers in the spleens and head kidneys of common carp exposed to atrazine and chlorpyrifos. *Food and Chemical Toxicology* 62, 148–158.
- Zhang, H.X., Sultatos L.G., 2005. Biotransformation of the organophosphorus insecticides parathion and methyl effects of black tea extract. *Clinica Chimica Acta* 358, 131-138.
- Zikic, R.V., Stajn, A.S., Pavlovic, S.Z., Ognjanovic, B.I., and Saicic, Z.S., 2001. Activities of Superoxide Dismutase and Catalase in Erythrocytes and Plasma Transaminases of Goldfish (*Carassius auratus gibelio bloch.*) Exposed to Cadmium. *Physiology Research* 50, 105-111.

