اثر آفت‌کش کارباماتهٔ کاربارایل بر رشد جمعیت روتیفر آب شیرین *Brachionus calyciflorus*

اسماء یار احمدی[۱]، مصطفی غفاری[۲]، احمد قرایی*[۳] و مصیب سیدی آب الوان[۴]

تاریخ دریافت:۹۴/۱۰/۲
تاریخ تصویب:۹۷/۴/۲۵

چکیده

در این تحقیق سطح پاسخ جمعیت روتیفر B. calyciflorus نسبت به شش غلظت مختلف از کاربارایل (۱،۰، ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکروگرم در لیتر (parts per billion)) با سه تکرار طی مدت شش روز مورد بررسی قرار گرفت. تراکم و نرخ رشد ویژهٔ روتیفرها به طور روزانه محاسبه شد. نتایج نشان داد که رشد جمعیت روتیفرها با افزایش غلظت کاربارایل به طور معنی‌داری ($P<0/05$) کاهش یافت. بیشترین تراکم (۱/۰۰۱±۳۴/۷۹ فرد در میلی‌لیتر) در روز ششم مربوط به تیمار شاهد و کمترین تراکم (۰/۱۰±۶/۲۸ فرد در میلی‌لیتر) مربوط به تیمار حاوی غلظت ۴۰۰ میکروگرم در لیتر کاربارایل به دست آمد. نرخ رشد ویژهٔ روتیفرها با افزایش غلظت کاربارایل به طور معنی‌داری ($P<0/05$) کاهش یافت و از ۰/۰۰۶±۰/۷۱ در تیمار شاهد به ۰/۰۰۳±۰/۳۷ در غلظت ۴۰۰ میکروگرم در لیتر آفت‌کش رسید. نتایج این تحقیق نشان داد که آفت‌کش کاربارایل جمعیت روتیفر B. calyciflorus را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تراکم جمعیت، روتیفر، کاربارایل، نرخ رشد ویژه.

مقدمه

موفقیت کشاورزی نوین به انواع مواد شیمیایی مصنوعی، شامل حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و سایر آفت‌کش‌ها وابسته است. آفت‌کش‌ها برای اقتصاد کشاورزی مفید هستند، اما به طرق مختلف، از جمله اسپری شدن و بارش نزولات جوی، وارد محیط‌های آبی می‌شوند (Zhou 1992). آفت‌کش‌ها و پس‌ماندهای آنها از جمله مهم‌ترین عوامل تخریب و انهدام اکوسیستم‌های آبی می‌باشند (Hanazato 2001).

حشره‌کش‌های کارباماته، به ویژه فرآوردهٔ تجارتی کاربارایل (N-naphthyl n-methyl carbamate)، به منظور از بین بردن حشرات زیان‌آور در صنعت جنگل‌داری به کار می‌روند. هم‌اکنون کاربارایل از رایج‌ترین حشره‌کش‌های مورد استفاده برای مبارزه با آفات کشاورزی است. سم کاربارایل از طریق مهار فعالیت آنزیم‌های استیل کولین استراز در ارگانیسم‌های هدف عمل می‌کند

---

۱. کارشناسی ارشد، گروه شیلات- دانشگاه زابل
۲. دکترای تخصصی دانشیار، گروه شیلات- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی جابهار
۳. دکترای تخصصی دانشیار، عضو هیئت علمی گروه شیلات و رئیس پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون- دانشگاه زابل
* (نویسنده مسئول: **agharaei551@gmail.com**)
۴. مربی کارشناسی ارشد، مسئول آزمایشگاه‌های گروه شیلات- دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان

(Shea & Nigam 1984). گیرنده‌های استیل کولین استراز در روتیفرهای مونوگونانت[1] گزارش شده است. احتمالاً کاربارىل طی این سازوکار تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر روتیفرها دارد (Nogrady & Alai 1983., Pineda-Rosas *et al*., 2005).

با عنایت به تأثیرات مخرب آفت‌کش‌ها و پس‌ماندهای آنها بر اکوسیستم‌های آبی (Hanazato 2001) و ضرورت اتخاذ راهکارهای عملی مناسب برای مقابله با این معضل ارزیابی آثار این گونه مواد بر اکوسیستم ضروری است. معمولاً ارزیابی آثار سموم بر موجودات آبزی به دو شیوهٔ مطالعهٔ آثار حاد و بررسی سمیت مزمن انجام می‌شود (Day & Kaushik 1987).

زئوپلانکتون‌ها به دلیل حساسیت زیاد به سموم و داشتن موقعیت محوری در زنجیرهٔ غذایی آب‌های راکد به کرات در آزمایش‌های سم‌شناسی محیطی به کار رفته‌اند (Havens 1994a). روتیفرها به ویژه *Brachionus calyciflorus* (P, 1766) و *B.plicatilis* به دلیل گسترش جهانی، اندازهٔ کوچک، چرخهٔ زندگی ساده، تولید مثل سریع، حساسیت زیاد در برابر اغلب سموم، سهولت پرورش و قابلیت تجاری تخم‌های خفتهٔ آنها، از زئوپلانکتوهای انتخابی برای مطالعات سم‌شناسی محسوب می‌شوند (Snell & janssen 1995., Snell & Persoone 1989., Halbach *et al*., 1983).

هدف مطالعهٔ حاضر بررسی میزان حساسیت روتیفر آب شیرین . *calyciflorus B* نسبت به آفت‌کش کاربارىل و همچنین آثار غلظت‌های مختلف این آفت‌کش بر فاکتورهای رشد جمعیت این موجود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جداسازی و کشت روتیفر . *calyciflorus B*

نمونه‌برداری از مخازن آبی چاه‌نیمه‌های سیستان (شهرستان زهک، استان سیستان و بلوچستان) با استفاده از توری پلانکتونی با قطر چشمه ۵۰ میکرون صورت گرفت. با استفاده از کلید شناسایی (Pontin 1978) گونهٔ . *calyciflorus B* شناسایی و جداسازی شد. کشت نمونهٔ جداسازی شده تحت شرایط کنترل شدهٔ آزمایشگاهی انجام شد. نمونهٔ خالص شده در محیط کشت EPA (Anonymous 1985) و تحت شرایط درجه حرارت $25 \pm 1^{\circ}c$ ، pH =۷/۵ بدون هوادهی در شرایط نوری مناسب (Lux ۳۰۰۰) با دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی تکثیر شد. غذادهی به صورت روزانه و توسط جلبک کلرولا ولگاریس انجام شد؛ سپس کشت خالص روتیفر به عنوان استوک به منظور انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. در مدت انجام آزمایش، برای تأمین تعداد روتیفر مورد نیاز، کشت روتیفر به صورت پیوسته ادامه یافت.

جلبک خالص کلرلا ولگاریس از پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی انزلی تهیه و تحت شرایط استریل در محیط کشت

1- Monogonant

زایندر (Z-8±N) (Miller *et al*., 1978., Komarek 1973) در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد، نـور ۳۰۰±۳۵۰۰ لـوکس و دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی به صورت نیمه انبوه کشت داده شد.

مواد شیمیایی آزمایش

آفت‌کش کاربـاریل ۸۵ درصد پودر و تابلت (سوین) تهیه شـده از شـرکت QADEEM (ZHE JIAN QADEEM IMPORT & EXPORT COMPANY LTD) در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. محلول استوک ۱۰۰۰ mg/L با حل کردن کاربـاریـل در اتانول ۹۹ درصد تهیه شد. سپس محلول استوک تهیه شده به روش رقیق‌سازی با استفاده از محیط کشـت EPA بـه میـزان غلظت‌های مورد نظر در تیمارها رقیق شدند.

آزمایش سمیت مزمن

بر اساس مقدار متوسط غلظت کشندگی ۴۸ ساعته (LC_{50}-48h) برای زئوپلانکتوها شش غلظـت (۰، ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکروگرم در لیتر به عنوان گروه‌های تیماری کاربـاریل انتخاب شدند. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. کلیـهٔ تیمارهـا در لوله‌های آزمایشگاهی پلاستیکی ۵۰ میلی‌لیتری مخصوص کشت روتیفر انجام شد. برای انجـام آزمـایش ۳۳ لولـهٔ آزمایشـی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت EPA به همراه جلبک با تراکم $1-1/5\times10^{6}$ cells/ml و غلظـت مـورد آزمـایش سـم اسـتفاده گردید. به هر لولهٔ آزمایش تعداد ۱۰ عدد نوزاد روتیفر (با سن تقریبی دو ساعت) معرفی گردید. لوله‌های آزمایش به مدت شش روز در تاریکی با $25 \pm 1^{\circ}c$ نگهداری شدند. نمونه‌ها روزانه (از روز دوم تا ششم) بررسی و شاخص‌های مربـوط بـه رشـد روتیفـر ثبت گردید. محیط کشت روتیفرهـا بـه صـورت یـک روز در میـان تعـویض شـد. بـرای تعیـین تـراکم جلبکـی از لام نئوبـار و استریومیکروسکوپ و برای شمارش روتیفرها از لام بوگاروف و استریومیکروسکوپ استفاده شد.

محاسبهٔ نرخ رشد جمعیت روتیفرها در تیمارهای مختلف

به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربـاریل بر رشد ویژه و تراکم روتیفر، پس از تیماردهی روتیفرها با غلظت‌های مختلف کاربـاریل و ثبت داده‌های خام، نرخ رشد جمعیت روتیفرها در هر روز برای هر یک از تیمارها با اسـتفاده از فرمـول زیـر محاسبه گردید (۷).

$$r = (\ln N_t - \ln N_0)/t$$

در این فرمول، r نرخ رشد جمعیت روتیفرها بر حسب روز، N_0 و N_t به ترتیب تراکم اولیه و نهایی روتیفرها در هر تیمـار و t تعداد روزهای آزمایش می‌باشد.

آنالیز آماری

پس از ثبت داده‌ها، ابتدا از آزمون لون و کولموگروف- اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و برای مقایسهٔ کلی بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (one way ANOVA) و برای مقایسهٔ میانگین بین تیمارها و بررسی روند معنی‌داری از آزمون دانکن تحت نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۹) استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

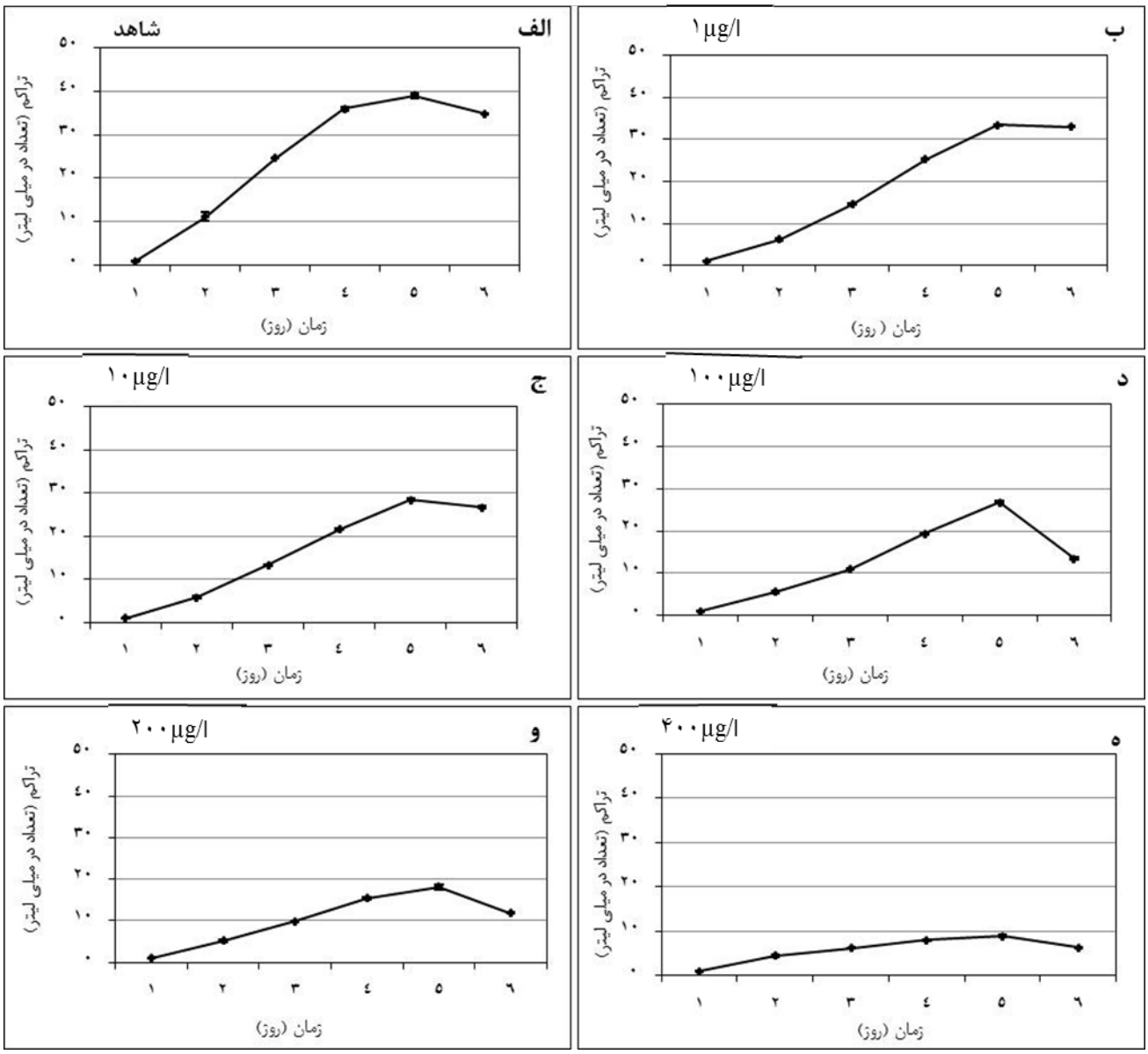
نتایج و بحث

میانگین تراکم روتیفرهای تیماردهی شده با غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربارِیل در روزهای مختلف در جدول شماره یک نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت این آفت‌کش، تراکم روتیفرها به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش می‌یابد. به طوری که در همهٔ روزهای آزمایش (از روز دوم تا ششم) بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی آفت‌کش کاربارِیل، اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) مشاهده شد. به جز در روز دوم که بین تراکم روتیفرها در تیمارهای ۱ میکروگرم در لیتر و ۱۰ میکروگرم در لیتر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در سایر روزهای آزمایش، بین تیمارهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) به دست آمد. در روز پنجم و در تیمار شاهد بیشترین تراکم (۳۹/۰۷±۰/۵۹) به دست آمد. بیشترین تراکم در روز ششم (۳۴/۷۹±۰/۰۰۱) مربوط به تیمار شاهد و کمترین تراکم (۶/۲۸±۰/۱) مربوط به تیمار ۴۰۰ میکروگرم در لیتر بود.

در همهٔ غلظت‌های آزمایشی کاربارِیل میانگین تراکم روتیفرها از روز اول به روز پنجم افزایش و سپس از روز پنجم به ششم نسبتاً کاهش یافت. (شکل ۱).

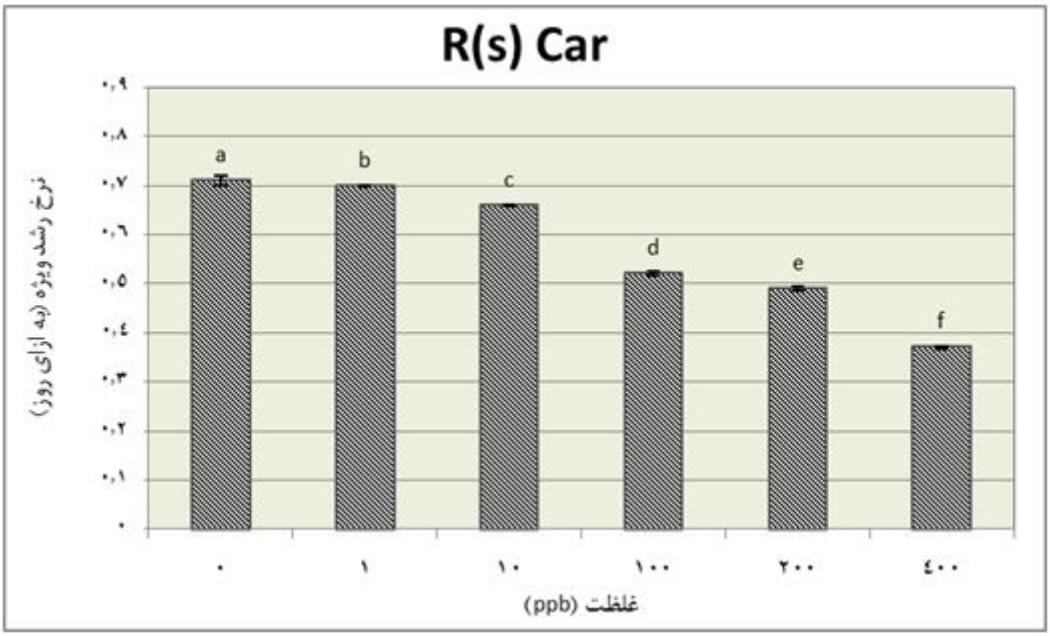
جدول ۱: تراکم روتیفرها (برحسب تعداد در میلی لیتر) در غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربارِیل در روزهای مختلف. داده‌ها نشان‌دهندهٔ میانگین ± انحراف معیار هستند. حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهندهٔ عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P>۰/۰۵$).

غلظت (ppb) / زمان (روز)	۰	۱	۱۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
۱	۱/۰±۰/۰	۱/۰±۰/۰	۱/۰±۰/۰	۱/۰±۰/۰	۱/۰±۰/۰	۱/۰±۰/۰
۲	۱۱/۱۶±۰/۹۵ a	۶/۲۰±۰/۲۰ b	۵/۸۰±۰/۳۰ b	۵/۸۰±۰/۳۰ bc	۵/۲۰±۰/۳۰ d	۴/۴۰±۰/۲۶ d
۳	۲۴/۵۹±۰/۰۱ a	۱۴/۵۶±۰/۱۹ b	۱۳/۳۴±۰/۱۲ c	۱۰/۸۹±۰/۱۱ d	۹/۸۹±۰/۰۲۱ e	۶/۱۶±۰/۰۶ f
۴	۳۶±۰/۴۸ a	۲۵/۳۳±۰/۱۸ b	۲۱/۵۹±۰/۲۱ c	۱۹/۳۳±۰/۲۱ d	۱۵/۴۵±۰/۲۲ e	۸±۰/۲۰ f
۵	۳۹/۰۷±۰/۵۹ a	۳۳/۵۵±۰/۱۵ b	۲۸/۴۶±۰/۲۲۳ c	۲۶/۶۶±۰/۲۹ d	۱۸/۱۱±۰/۴۷۳ e	۸/۸۰±۰/۳۰ f
۶	۳۴/۷۹±۱/۰۰۱ a	۳۳±۰/۰۹ b	۲۶/۷۳±۰/۱۶ c	۱۳/۴۴±۰/۲۶ d	۱۱/۸۷±۰/۱۹ e	۶/۲۸±۰/۱۰ f



شکل ۱- روند تغییر تراکم جمعیت روتیفرهای *B.calyciflorus* در غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربارل طی روزهای آزمایش.

همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده، با افزایش غلظت آفت‌کش کاربارل، نرخ رشد ویژهٔ جمعیت روتیفرها به طور معنـی‌داری ($P <۰/۰۵$) کاهش یافت و از ۰/۷۱±۰/۰۰۶ در تیمار شاهد به ۰/۳۷±۰/۰۰۳ در غلظت ۴۰۰ میکروگرم در لیتر آفت‌کش رسید (شکل ۲).



شکل ۲: نرخ رشد ویژهٔ جمعیت روتیفرها (به ازای روز) در غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربارىل. حروف مشابه روی نمودار در نشان‌دهندهٔ عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P <۰/۰۵).

نتیجه‌گیری کلی

B. calyciflorus ، *B. rubens* و *B. patulus* به طور وسیعی برای بررسی سمیت محیطی استفاده می‌شوند (Juarez-Franco *et al*., 2007). مطالعات پویایی رشد جمعیت از مهم‌ترین محورهای ارزیابی آثار سمی فلزهای سنگین و آفت‌کش‌ها در زئوپلانکتون‌ها به شمار می‌روند (Arulvasu *et al*., 2010). Halbach (1984) از جمله اولین محققینی بود که رشد جمعیت را به عنوان شاخصی برای ارزیابی اثر سموم مورد استفاده قرار داد. بعدها سایر محققین از این شاخص برای شناخت نحوهٔ اثر آفت‌کش‌ها (Rao & Sarma 1990)، فلزات سنگین (Sarma *et al*., 2001_b) و علف‌کش‌ها (Sarma *et al*., 2001_c) در بسیاری از گونه‌های روتیفرها استفاده کردند. در مطالعهٔ حاضر، روتیفر *B. calyciflorus* نسبت به غلظت‌های مختلف آفت‌کش کاربارىل حساسیت نشان داد و نتایج مربوط به رشد جمعیت این گونه روتیفر در رابطه با غلظت‌های مختلف کاربارىل نشان داد که رشد جمعیت روتیفرها با افزایش غلظت این آفت‌کش به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که می‌توان دلیل این امر را انباشتگی آفت‌کش در سلول‌های جلبکی و در نهایت تغذیهٔ روتیفرها با این جلبک‌های آلوده نسبت داد. کاهش رشد جمعیت *B. calyciflorus* تحت تنش سمی غلظت‌های بالاتر آفت‌کش می‌تواند نتیجهٔ کاهش میزان جذب غذا باشد؛ زیرا نرخ فیلتراسیون و هضم غذای *B. calyciflorus* پس از تیماردهی با مقادیر تحت کشندگی سمومی از قبیل اندوسولفان و دیازینون کاهش یافته است (Fernandez-Casalderry *et al*., 1992). علاوه بر این، کاهش رشد جمعیت *B. calyciflorus* تحت استرس غلظت‌های

بالاتر آفت‌کش را می‌توان به جذب آفت‌کش توسط جلبک‌های کلرلا نسبت داد؛ چرا که یافته‌های محققین در رابطه با مطالعهٔ اثر جلبک‌های تیماردهی شده به‌وسیلهٔ آفت‌کش تریازین بر رشد جمعیت گونه‌های مختلف براکیونوس نشان داد که جذب آفت‌کش‌ها توسط فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند مستقیماً سطوح بالاتر زنجیرهٔ غذایی را تحت تأثیر قرار دهد(Rioboo *et al*., 2007). به طوری که افزایش غلظت Terbutryn در سلول‌های جلبکی، تراکم جمعیت روتیفرها را کاهش داد. نتایج به دست آمده در مطالعهٔ حاضر با یافته‌های سایر محققین در زمینهٔ بررسی آثار آفت‌کش‌های دی کلرووس، تریازوفوس و کلرپیری فوس بر روتیفر *B. calyciflorus* مطابقت دارد(Li-Xia *et al*., 2009). همچنین محققین گزارش کردند که افزایش غلظت مواد سمی (فلزهای سنگین، آفت‌کش‌ها و غیره) تأثیر منفی شدیدی بر رشد جمعیت روتیفر *B. rubens* دارد(Sarma *et al*., 2001a). نتایج حاصل از مطالعهٔ حاضر با نتایج مطالعات مذکور نیز مطابقت دارد. علاوه بر این، نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج مطالعات مشابه بر گونه‌های مختلف *Brachionus* و *Daphnia* نیز مطابقت دارد (Sarma *et al*., 2001_{a-c}., Pickhardt *et al*., 2002). سموم می‌توانند با کاهش جذب غذا، کاهش سرعت شنا و کاهش میزان تولید تخم بر نرخ رشد جمعیت روتیفرها تأثیر بگذارند (Halbach 1984). در بررسی‌های سمیت مزمن مواد سمی در زئوپلانکتون‌ها، نرخ رشد جمعیت یکی از متغیرهای بسیار حساس نسبت به سطوح مختلف مواد سمی می‌باشد (Forbes & Calow 1999., Preston & Snell 2001). در مواقعی که استرس ناشی از مواد سمی بسیار شدید باشد، حتی اگر تراکم روتیفرها در ابتدا کمی افزایش پیدا کند، ولی روی‌هم‌رفته نرخ رشد ویژهٔ آزمایش می‌تواند منفی باشد (Roex *et al*., 2000). نتایج مطالعهٔ حاضر نیز مؤید همین امر است. چنین حالتی در برخی از جنس‌های روتیفرها از قبیل: *Asplanchna* (Sarma *et al*., 1998)، *Brachionus* (Gama-Flores *et al*., 1999., Luna-Andrade *et al*., 2002)، *Euchlanis dilatata* (Sarma *et al*., 2001a) گزارش شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، کاهش شدید تراکم و نرخ رشد روتیفر *B. calyciflorus* با افزایش غلظت آفت‌کش کاربارل، نشان‌دهندهٔ حساسیت بالای این گونه روتیفر نسبت به آفت‌کش مذکور می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه روتیفرها از جمله موجودات شاخص آلاینده‌ها در محیط‌های آبی هستند، می‌توان روتیفر آب شیرین *B. calyciflorus* را به عنوان نماینده برای بررسی و پایش کاربارل در منابع آبی سیستان و احتمالاً سایر اکوسیستم‌های آبی کشور معرفی نمود. همچنین با تعیین آستانهٔ تحمل این گونه روتیفر در برابر آفت‌کش کاربارل، می‌توان از آن به عنوان شاخص زیستی در منابع آبی و همچنین تعیین محدودهٔ مجاز برای ورودی این آفت‌کش به مخازن آبی چاه نیمه‌های سیستان سود جست.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان از مدیریت محترم پژوهشکدهٔ تالاب بین‌المللی هامون به خاطر حمایت‌های مالی و از جناب آقای پروفسور سارما (S. S. S. Sarma, National Autonomous University of Mexico,Campus Iztacala) و سرکار خانم پروفسور نانـدینی (S. Nandini, National Autonomous University of Mexico,Campus Iztacala) به خاطر متذکر شدن نکات کلیدی و در اختیار قرار دادن مقالات و دستورالعمل‌های لازم برای انجام آزمایش سمیت، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

Arulvasu, C., Padmini, K., Tangaraju, N., Dinesh, D. and Selamuthu, S. (2010) Evaluation of Cadmium toxicity on the Population growth of *Brachionus plicatilis* (O. F. Muler). Indian Journal of science and technology 3: 90-93.

Day, K. and Kaushik, N.K. (1987) An assessment of chronic toxicity of synthetic pyrethroid, fenvalerate to Daphnia galeata mendotae, using life table. Environmental Pollution 44: 13-26.

Fernandez-Casalderry, A., Ferrando, M.D. and Andrue-Moliner, E. (1992) Acute Toxicity of Several Pesticides to Rotifer (*Brachionus calyciflorus*). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 48: 14-17.

Forbes, V.E. and P. Calow. (1999) Is the per capita rate of increase a good measure of populationlevel effects in ecotoxicology. Environmental. Toxicology and Chemistry 18:1544–1556.

Gama-Flores, J.L., Sarma, S.S.S. and Araiza, M.A.F. (1999) Combined effects of Chlorella density and methyl parathion concentration on the population growth of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 62:755–769.

Halbach, U. and Halbach Keup, G. (1974) Quantitative relations between phytoplankton and the population dynamics of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. Results of laboratory experiments and a field studies. Archives of Hydrobiology 73: 273-309.

Halbach, U., Sieber, M., Westermyer, M. and Wiessel, C., (1983) Population ecology of rotifers as a bioassay tool for ecotoxicological test in aquatic environments. Ecotoxicology and Environmental Safety 7: 484-513.

Hanazato, T. (2001) Pesticide effect on freshwater zooplankton: an ecological prespective. Environmental Pollution 112: 1-10.

Juarez-Franco, F.M., Sarma, S.S.S. and Nandini, S. (2007) Effect of cadmium and zinc on the population growth of Brachionus havanaensis (Rotifera: Brachionidae). Environmental Science and Health 42: 1489-1493.

Krebs, C.J. (1985) Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row. 432pp. New York.

Li-Xia, K., Yi-Long, X., Chun-Wang, Z. and Li-Li, D. (2009) Effects of three organophosphorus pesticides on population growth and sexual reproduction of rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. Acta Ecologica Sinica 29: 182-185.

Luna-Andrade, A., Aguilar-Duran, R., Nandini, S. and Sarma, S.S.S. (2002) Combined effect of Copper and

microalgal (*Tetraselmis suecica*) concentrations on the population growth of *Brachionus plicatilis* Muller (Rotifera). Water, Air and Soil Pollution 141: 143-153.

Nogrady, T and Alai, M. (1983) Cholinergic neuro transmission in rotifers. Hydrobiologia 546: 569-575.

Pickhardt, P.C., Folt, C.L., Chen, C.Y., Klaue, B. and Blum, J.D. (2002) Algal blooms reduce the uptake of toxic methylmercury in freshwater food webs. Proceedings of the National Academy of Sciences 296: 1109-1111.

Pineda-Rosas, A., Santos-Metrano, G.E., Zavala-Reynoso, M.F. and Rico-Martinez, R. (2005) Identification of acetyl-cholinesterase receptors in rotifer. Hydrobiologia 546: 249-253.

Pontin, R.M. (1978) *A key to British freshwater planktonic rotifer*. Scientific purification freshwater biological association. 527pp.

Preston B.L. and Snell, T.W. (2001) Full life cycle toxicity assessment using rotifer resting egg production: Implication for ecological risk assessment. Environmental Pollution 114: 399–406.

Rioboo, C., Prado, R., Herrero, C. and Cid, A. (2007) Population growth study of the rotifer *Brachionus* sp. Fed with triazine- exposed microalgae. Aquatic Toxicology 83: 247- 253.

Roex, E.W.M., Van Gestel, C.A.M., VanWezel, A.P. and Van Straalen, N. (2000) Ratios between acute aquatic toxicity and effects on population growth rates in relation to toxicant mode of action. Environmental Toxicology and Chemistry 19: 685–693.

Sakamoto, M. and Hanazato, T. (2009) Impact of an Insecticide on Persistence of Inherent Antipredator Morphology of a Small Cladoceran. Bosmina. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 57: 68-76.

Sarma, S.S.S., Nandini, S. and Araiza, M.A.F. (1998) Effect of methyl parathion-treated prey (*Brachionus calyciflorus*) on the population growth of the predator *Asplanchna sieboldi* (Rotifera). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 61: 135-142.

Sarma, S.S.S., Nandini, S. and Gama-Flores, J.L.G. (2001_a) Effect of methyl parathion on the population growth of the rotifer *Brachionus patulus* under different algal food (*Chlorella vulgaris*) densities. Ecotoxicology and Environmental Safety 48: 190-195.

Sarma, S.S.S., Ramirez-Perez, T., Nandini, S. and Penalosa-Castro, I. (2001_b) Combined effect of food concentration and the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on the population dynamics of *Brachionus patulus* (Rotifera). Ecotoxicology 10: 91-99.

Sarma, S.S.S., Nandini, S., Gama-Flores, J.L. and Fernandez-Araiza, M.A. (2001c) Population growth of Euchlanis dilatata (Rotifera): Combined effects of methyl parathion and food (Chlorella vulgaris). Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contamination Agre. Wastes 36: 43-54.

Sarma, S.S.S., Nandini, S. and Ramirez-Prez, T. (2001_d) Combined Effect of Mercury and Algal food density on the population dynamics of *Brachionus patulus* (*Rotifera*). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 67: 841-847.

Shea, P.J. and Nigam, P.C. (1984) Chemical Control. In: Schmitt, D.M., Grimble, D.G., Searcy, J.L (Technical coordinators) spruce budworms handbook, managing the spruce budworm in eastern North America.

Snell, T.W, and Persoone, G. (1989_a) Acute toxicity bioassay using rotifers, I: A test for the marine environment with *Brachionus plicatilis*. Aquatic Toxicology 31:65-80.

Snell, T.W. and Persoone, G. (1989_b) Acute toxicity bioassay using rotifers, II: A freshwater test with

Brachionus rubens. Aquatic Toxicology 14: 81-92.

Snell, T.W. and Janssen, C.R. (1995) Rotifers in ecotoxicology. A review. Hydrobiologia 313/314: 231-247.

Zhou, M.Y. (1992) *Environmental Organic Pollutants and Carcinogenic Substances*. Sichuan University Press. Chengdu (in Chinese with English abstract).