

اثرات غیرکشندگی سه حشره‌کش روی حشرات کامل بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* به روش سم‌شناسی دموگرافیک

غلامرضا گل محمدی^۱✉، میرجلیل حجازی^۲، شهزاد ایرانی پور^۳ و سید ابوالقاسم محمدی شوطی^۳

۱- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی

۲- گروه گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۱، تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۱)

چکیده

در این تحقیق پرورش حشرات کامل بالتوری سبز در گلخانه با غذای مصنوعی و پرورش لاروها روی تخم‌های شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد انجام شد. اثر غیرکشندگی حشره‌کش‌های اندوسولفان، ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب با تیمار حشرات کامل بترتیب با غلظت‌های ۳۱۷، ۴۶ و ۹ میلی‌گرم ماده‌ی مؤثر در لیتر (معادل LC₂₅) به روش سم‌شناسی دموگرافیک تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شد. بنابر نتایج تجزیه‌ی واریانس به‌جز میانگین سن باروری و نرخ ناخالص تفریح، سایر فراسنجه‌های تولید مثلی تحت تاثیر قرار گرفتند. نرخ ناخالص زادآوری در شاهد، ایمیداکلوپرید، اندوسولفان و ایندوکساکارب به‌ترتیب ۶۱۸، ۴۹۲، ۳۱۳ و ۲۷۹ تخم در عمر برای هر ماده بود که از این نظر بین شاهد و حشره‌کش‌های اندوسولفان و ایندوکساکارب تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. در بررسی اثرهای غیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل بالتوری سبز، در فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارها مشاهده گردید. میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت در گروه شاهد و تیمارهای ایمیداکلوپرید، اندوسولفان و ایندوکساکارب به‌ترتیب ۰/۱۷۹، ۰/۱۶۱، ۰/۱۵۷ و ۰/۱۳۶ به‌دست آمد. در ارزیابی اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌ها روی حشرات کامل بترتیب سمیت ترکیبات به صورت: ایمیداکلوپرید > اندوسولفان > ایندوکساکارب بود. بنابر نتایج این تحقیق حشره‌کش‌های اندوسولفان و ایندوکساکارب نسبت به ایمیداکلوپرید اثر بیشتری روی حشره‌ی کامل بالتوری سبز داشتند. **واژه‌های کلیدی:** فراسنجه‌های تولید مثلی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، ایمیداکلوپرید، اندوسولفان و ایندوکساکارب.

Sublethal Effects of three insecticides on adults green lacewing *Chrysoperla carnea* Stephens with demographic toxicology method

GH. GOLMOHAMMADI¹✉, M. HEJAZI², SH. IRANIPOUR² and S. A. MOHAMMADI³

1- Department of Agricultural Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

2-Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

3-Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

In this research, adult lacewings were reared in the greenhouse on an artificial diet. The larvae were fed by the eggs of Mediterranean flour moth. Sub-lethal effects of endosulfan, imidacloprid and indoxacarb were assessed using demographic toxicology method on adult lacewings at concentrations of 317, 46 and 9 mg AI/lit (as LC₂₅), respectively. Most of the biological parameters of the lacewing, except mean age of fecundity and gross hatch rate, were significantly affected by the insecticides. The gross fecundity rate in control, imidacloprid, endosulfan and indoxacarb-treated insects were 618, 492, 313 and 279 eggs per female; indicated that the parameter was reduced significantly by imidacloprid and endosulfan treatments compared to the control. The stable population parameters were affected by the treatments. The intrinsic rates of increase (r_m) values were 0.179, 0.161, 0.157 and 0.136 female offspring per female per day in control, imidacloprid, endosulfan and indoxacarb-treated cohorts, respectively. In general, the sublethal toxicity ranking of the treatments was as follows: imidacloprid < endosulfan < indoxacarb. We concluded that the adult lacewing was sensitive to endosulfan and indoxacarb.

Key words: Reproductive parameters, intrinsic rate of increase, imidacloprid, endosulfan and indoxacarb.

مقدمه

بالتوری‌ها در برنامه‌های کنترل زیستی نقش مهمی ایفا می‌کنند. بیشترین گونه‌های مورد استفاده متعلق به خانواده‌ی Chrysopidae می‌باشند. در دنیا گونه‌های مختلف این خانواده به صورت مداوم پرورش انبوه یافته و رهاسازی می‌گردند. در این میان گونه‌ی بالتوری سبز *Chrysoperla carnea* بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است (Wang and Nordlund, 1994). لاروهای بالتوری سبز به‌طور طبیعی از بندپایان کوچک و با بدن نرم تغذیه می‌نمایند. شته‌ها، شپشک‌های بالاخانواده‌ی Coccoidea، زنجرک‌ها، سفید بالک‌ها، پسپیل‌ها، تریپس‌ها، تخم‌ها و لاروهای سنین اول و دوم بالپولکداران، تخم‌ها و لاروهای سخت‌بالپوشان (مانند سوسک کلرادوی سیب‌زمینی) و کنه‌های Eriophyidae و Tetranychidae مورد تغذیه لاروهای بالتوری قرار می‌گیرند (Carnard and Principi, 1984). این شکارگر دارای توان بالقوه‌ی قابل توجهی برای استفاده در برنامه‌های کنترل زیستی به‌صورت رهاسازی اشباعی و تلقیحی برای کنترل تعداد زیادی از آفات می‌باشد.

به دلیل وجود تشابه فیزیولوژیکی بین آفات و دشمنان طبیعی، معمولاً آفت‌کش‌ها سبب تلفات شدید در هر دو گروه می‌شوند. علاوه بر اثر مستقیم، آفت‌کش‌ها سبب برهم زدن روابط تغذیه‌ای گونه‌های موجود در بوم‌سامانه‌ها شده و در مواردی موجب افزایش جمعیت آفات ثانوی به سطحی بالاتر از سطح قبل از تیمارگشته و سبب طغیان آن‌ها می‌گردند (Metcalf, 1986; Croft, 1990). این اختلالات بوم‌شناختی سبب ازدیاد خسارت، افزایش کاربرد حشره‌کش‌ها و در نتیجه بروز سریع‌تر مقاومت به آنها و آلودگی‌های زیست محیطی می‌گردند. یک روش برای جلوگیری از بروز این مشکلات، استفاده از آفت‌کش‌هایی است که به صورت بوم‌شناختی یا فیزیولوژیکی برای دشمنان طبیعی انتخابی باشند. شناخت این ترکیبات با بررسی اثرهای نسبی حشره‌کش‌ها روی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی امکان‌پذیر می‌گردد (Saber, 2005; Metcalf, 1986; Croft, 1990). پیشگویی‌ها درباره‌ی پی‌بردن به

سازگاری یک حشره‌کش با کنترل زیستی اغلب بر مبنای مطالعات آزمایشگاهی و اندازه‌گیری سطوح مرگ و میر در برخورد مستقیم حشره با حشره‌کش پایه گذاری شده‌اند (تخمین غلظت کشنده برای ۵۰ درصد جمعیت)، در حالی که اثر غیرکشندگی حشره‌کش‌ها می‌تواند روی عوامل کنترل زیستی اثرهای زیان‌باری داشته باشند (Stapel et al. 2000). گزارش‌های مربوط به اثرهای غیرکشندگی آفت‌کش‌ها نسبتاً کم هستند و بیشتر مطالعات مربوط به محاسبه‌ی LD₅₀ جمعیت بوده و تنها بخش کمی به اثرهای غیرکشندگی اختصاص دارند. این اثرها اغلب روی فراسنجه‌های باروری و طول عمر بوده‌اند (Stark and Wennergren, 1995). در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، اثرهای غیرکشندگی آفت‌کش‌ها مهم‌ترین مسأله در ارتباط با تغییر کارایی یک موجود حشره‌خوار برای تنظیم جمعیت میزبان یا شکار است. به طور کلی اثرهای غیرکشندگی آفت‌کش‌ها به دو دسته: الف- اثرهای فیزیولوژیکی شامل تغییرات بیوشیمیایی، نور، ایمنی‌شناختی، نرخ رشد، زادآوری، طول عمر حشرات کامل و نسبت جنسی. ب- اثرهای رفتاری همانند تحرک، سمت‌یابی یا جهت‌یابی، رفتار تغذیه‌ای، تخم‌ریزی و یادگیری تقسیم می‌شود (Croft, 1990; Desneux et al. 2007).

اغلب تصور می‌شود که اگر یک آفت‌کش باعث مرگ و میر یک دشمن طبیعی نشود، برای آن بی‌ضرر است که این موضوع صحیح نیست. زیرا ممکن است اثرهایی روی دشمن طبیعی داشته باشد که در کارایی آن اختلال ایجاد نماید. بنابراین درک تفاوت اثرهای کشنده و غیرکشنده و همچنین تفاوت اثرهای مستقیم و غیر مستقیم آفت‌کش‌ها و نیز داشتن اطلاعاتی در مورد راه‌های احتمالی قرارگیری دشمنان طبیعی در معرض این ترکیبات مهم است. مطالعه اثرهای جانبی آفت‌کش‌ها روی گونه‌های جانوری موجود در سامانه‌های بوم‌شناختی تحت نام علم سم‌شناسی بوم بیان می‌شود. این علم با مطالعه‌ی اثر سموم روی این سامانه‌ها، راهکار مناسبی را جهت تعیین سازگاری آنها با طبیعت ارائه می‌کند

پرورش حشرات کامل از ظرف‌های استوانه‌ای شکل پلاستیکی سخت با قطر دهانه‌ی ۱۶ و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر استفاده شد. دهانه‌ی این ظرف‌ها با پارچه‌ی توری ارگاندی ۵۰ مش مسدود می‌گردید. تغذیه‌ی حشرات کامل با مخلوطی از چهار گرم مخمر نانوبی، چهار میلی‌لیتر آب و هفت گرم عسل انجام می‌گرفت. (Vogt *et al.* 2000). این مخلوط در یخچال نگهداری می‌شد و هر دو روز یک‌بار مقداری از آن روی نوار طلقی پلاستیکی به ابعاد ۱۰ × ۳ cm جهت تغذیه‌ی حشرات کامل داخل ظرف پرورش قرار داده می‌شد. آب مورد نیاز حشرات کامل، از اسفنج مرطوبی که روی ظرف گذاشته می‌شد، تأمین می‌گردید. ظرف‌های حشرات کامل هر ۲۴ ساعت یکبار جهت برداشت تخم‌ها تعویض می‌گردیدند. بالتوری سبز اغلب تخم‌های خود را روی پارچه‌ی توری در ظرف و دیواره‌ی آن قرار می‌داد. تخم‌ها با اسفنج نرم تراشیده شدند و به ظرف‌های پلاستیکی استوانه‌ای به قطر دهانه‌ی ۱۷/۵ و ارتفاع ۷/۵ cm که روی در آن‌ها دو سوراخ تهویه به قطر دو سانتی‌متر، با فاصله‌ی پنج سانتی‌متر از همدیگر تعبیه گردیده و با توری ارگاندی ۵۰ مش به کمک چسب حرارتی چسبانده شده بودند، منتقل می‌شدند. داخل ظرف‌ها پنج لایه حوله‌ی کاغذی قرار داده می‌شد که به‌ازای هر لایه حداکثر ۱۰ عدد تخم اضافه می‌گردید. قبل از تفریح تخم‌های بالتوری، تعدادی تخم منجمد شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد به لایه‌های کاغذی حاوی تخم‌های بالتوری سبز اضافه می‌گردید. به دلیل خودی‌خواری شدید لاروها ظرف‌های پرورش هر ۲۴ ساعت تا ظهور شفیره‌ها تعویض می‌شدند. گونه حشره توسط موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور شناسایی و تأیید گردید.

حشره‌کش‌های مورد استفاده: ایمیداکلوپرید حشره‌کش

نئونیکوتینوئیدی فرموله شده در شرکت گیاه به‌صورت 350SC • ایندوکساکارب حشره‌کش اگرادیازینی با نام تجاری آوانت ساخت شرکت دوپان فرانسه فرموله شده به‌صورت 150SC. اندوسولفان حشره‌کش کلره فرموله شده در شرکت پرتونار فرموله شده به‌صورت 35EC بود.

(Stark and Wennergren, 1995; Stark and Banks, 2003). سم‌شناسی دموگرافیک یک روش سم‌شناسی بوم است که فراسنجه‌های جداول زیستی برای جمعیت در معرض آفت‌کش و افراد شاهد را مقایسه می‌نماید. در این روش به این دلیل که فراسنجه‌های بوم‌شناختی و سم‌شناختی با هم ترکیب می‌شوند، فرض بر این است که همه اثرهای یک ماده‌ی سمی را که ممکن است روی یک جمعیت وجود داشته باشد، می‌توان پیش‌بینی نمود (Stark and Banks, 2003; Rumpf *et al.* 1998). بنا به نظر Forbes and Calow (1999) داده‌های حاصل از سم‌شناسی دموگرافیک نسبت به سایر داده‌ها ارجحیت بیشتری دارند. در روش سم‌شناسی دموگرافیک یک مرحله‌ی زیستی حشره تحت تأثیر غلظت‌های کم‌کننده‌ی LC_{۱۰} یا LC_{۲۵} یک حشره‌کش قرار داده شده و فراسنجه‌هایی مانند طول عمر حشرات کامل، طول دوره‌ی نشو و نما، لاروی و شفیرگی، طول دوره‌ی تخم‌ریزی، باروری و زادآوری و مرگ و میر در هر مرحله‌ی رشدی محاسبه شده و به روش جدول زیستی برای محاسبه‌ی نرخ رشد ذاتی افزایش جمعیت به عنوان یک فراسنجه‌ی مهم مورد استفاده قرار می‌گیرند (Biddinger and Hull, 1995; Hull *et al.* 1991). بالتوری سبز در اغلب مزارع و باغ‌ها فعال بوده و در برخی مناطق ایران از جمله خراسان رضوی، رفسنجان و گلستان به‌صورت انبوه پرورش داده شده و رهاسازی می‌گردد (Azma and Mirabzadeh, 2004). با توجه به این که در محصولاتی نظیر پنبه، چغندر قند و پسته، بالتوری سبز یکی از شکارگرهای فعال بوده و بالاترین میزان مصرف را حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید، ایندوکساکارب و اندوسولفان دارند، مطالعه اثرهای جانبی حشره‌کش‌های رایج و غالب روی این شکارگر امری ضروری به نظر می‌رسد.

روش بررسی

پرورش حشرات: حشرات کامل پس از جمع‌آوری از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی به گلخانه گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه تبریز منتقل شدند. برای

اثرهای غیرکشندگی: با توجه به کشندگی حشره‌کش‌ها در

غلظت‌های مزرعه‌ای از روش تماسی برای زیست‌سنجی حشرات کامل نر و ماده استفاده شد. پس از انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی، میزان LC_{25} برآورد شده حشره‌کش‌های اندوسولفان، ایمیداکلوپرید، ایندوکساکارب برای حشرات ماده بترتیب ۰/۳۱۷، ۰/۰۴۶ و ۰/۰۰۹ و برای حشرات نر بترتیب ۰/۲۶۷، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۰۴ میلی گرم ماده‌ی مؤثر در لیتر بدست آمدند. پس از آماده سازی غلظت‌های مورد نظر، دو میلی لیتر از هر یک از غلظت‌ها با استفاده از برج پاشش (Potter spray tower) روی سطح پتری‌هایی به قطر نه و ارتفاع ۱/۵ سانتی متر پاشیده شد. استفاده از ۲ میلی لیتر محلول سمی به این دلیل انجام گرفت که این مقدار باعث ایجاد یک پوشش مناسب و یکنواخت سمی ایجاد می‌کرد. به تمام غلظت‌ها و گروه شاهد قبل از پاشش یک قطره ماده‌ی خیس کننده‌ی Triton X-100 (قطره چکان مورد استفاده کالیبره شد و غلظت ماده‌ی خیس کننده تقریباً معادل ۵۵۵ ppm بود) اضافه گردید. نیم ساعت پس از خشک شدن پتری‌ها، تعداد ۱۰ عدد حشره کامل ۲۴ ساعته‌ی نر و ماده به صورت مجزا، به داخل هر یک از پتری‌ها انتقال یافته و پس از ۲۴ ساعت حشرات کامل زنده مانده به صورت جفت (یک حشره‌ی نر و یک حشره‌ی ماده) به داخل ظرف‌های تخم‌گیری (لیوان‌های پلاستیکی به حجم ۲۰۰ میلی لیتر) که دیواره‌ی آنها با کاغذ سیاه رنگ و دهانه‌ی آنها با توری پوشانده شده بودند، منتقل شدند (برای هر تیمار ۲۵ جفت حشره‌ی کامل در نظر گرفته شد). با شروع تخم‌ریزی ظرف‌های مزبور روزانه تعویض می‌گردیدند. تخم‌های گذاشته شده هر روز پس از شمارش به ظرف‌های پتری پلاستیکی به قطر شش سانتی متر انتقال یافته و تفریح آن‌ها ۷۲ ساعت بعد بررسی می‌گردید. این عمل تا تفریح آخرین تخم در شاهد ادامه می‌یافت. برای تعیین اثر حشره‌کش‌ها روی مراحل لاروی و شفیرگی و نسبت جنسی تعداد ۱۰۰ عدد تخم به صورت تصادفی طی سه مرحله (در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ پس از شروع تخم‌ریزی) از هر کدام از تیمارها جدا شدند و روزانه تا ظهور حشرات کامل مورد

بازدید قرار می‌گرفتند و در نهایت نسبت جنسی حشرات کامل ظاهر شده در مورد هر تیمار ثبت می‌گردید. فراسنجه‌های تولیدمثلی با تشکیل جدول‌های سنی برای شاهد و تیمارهای حشره‌کشی در بالتوری سبز مطالعه شدند. برای تشکیل جدول‌های تولید مثلی از چهار ستون سن میانی ($x \pm 0.5$)، بقا بین دو گروه سنی (L_x)، متوسط تعداد تخم گذاشته شده توسط حشرات ماده (M_x) و نرخ تفریح تخم (h_x) استفاده گردید. سپس با استفاده از فرمول‌های مربوطه فراسنجه‌های تولید مثلی شامل نرخ‌های روزانه‌ی تولید مثل (میانگین تعداد تخم گذاشته شده توسط هر ماده در روز و تعداد تخم بارور روزانه)، نرخ‌های تولید مثل در طول عمر (نرخ ناخالص زادآوری و باروری و نرخ خالص زادآوری و باروری) و میانگین‌های سنی تولید مثل (میانگین سن زادآوری و باروری ناخالص و خالص، و تفریح سنی) محاسبه گردیدند (Carey, 1993). فراسنجه‌های جمعیت پایدار شامل: نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m)، نرخ منتهای افزایش جمعیت (λ)، نرخ تولید مثل ناخالص (GRR)، نرخ خالص تولید مثل (R_0)، مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت (DT)، میانگین زمان یک نسل (T)، نرخ ذاتی تولد (b) و نرخ ذاتی مرگ (d)، از جدول زیستی باروری برآورد شدند (Carey, 1993; 2001). برای مقایسه‌ی فراسنجه‌های تولید مثلی و رشد جمعیت پایدار از روش جکنایف استفاده گردید. در این روش ابتدا مقدار هر فراسنجه برای تمام تکرارها محاسبه گردید (p_{total}). ارزش‌های دروغی (p_i) جکنایف برای هر فراسنجه از معادله‌ی زیر محاسبه گردید (Meyer et al. 1986):

$$p_i = np_{total} - (n-1)p_i \quad (1)$$

در این معادله n تعداد حشرات ماده استفاده شده برای ساخت جدول زیستی است.

تجزیه آماری: تجزیه‌ی واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (SAS, 2002). برای نرمال نمودن داده‌های حاصل از مطالعه‌ی اثرهای زیرکشندگی قبل از تجزیه‌ی واریانس از تبدیل داده‌ی لگاریتمی استفاده گردید. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند

تحت تأثیر قرار گرفتند و با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (Rafiee Dasjerdi *et al.* 2009). نرخ بقای روزانه (Lx) و تولید مثل خالص برای هر تیمار در شکل ۱ نشان داده شده است. نرخ بقا در شاهد و تیمارهای حشره‌کشی تا روز بیستم (زمان تیمار حشرات کامل تازه ظاهر شده) یکسان بود. به عبارتی حشره‌کش‌های مورد آزمایش اثری روی بقا و نشو و نما می‌نمایند. در حشرات زنده مانده پس از تیمار، اولین مرگ و میر در شاهد و اندوسولفان بعد از روز ۴۰ اتفاق افتاد و با یک روند طبیعی ادامه یافت. ولی در تیمارهای ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب اولین مرگ و میر به ترتیب در روزهای ۲۴ و ۲۵ مشاهده گردید. در مطالعه‌ای ترکیبات اسپینوساد و ایندوکساکارب سبب کاهش بقا از لارو سن اول تا حشره‌ی کامل، طولانی‌تر شدن زمان نشو و نما و کاهش زادآوری کفشدوزک شکارگر *Harmonia axyridis* Pallas شدند (Glavan *et al.* 2005). بنا بر مطالعات مزرعه‌ای، کاربرد ایندوکساکارب سبب کاهش شدید جمعیت حشرات کامل سن *Lygus lineolaris* Palisot شد (Tillman *et al.* 2002). کاهش بقا منجر به کاهش شدید ذاتی افزایش جمعیت شده و در نتیجه اثر منفی روی جمعیت خواهد داشت (Stark and Banks, 2003; Desneux *et al.* 2007; Stark and Wennergren, 1995). در این تحقیق هم ایندوکساکارب سبب کاهش بقای حشرات کامل بالتوری سبز گردید. روند تغییرات امید به زندگی بالتوری سبز در حشرات کامل تیمار شده در شکل ۲ نشان داده شده است. وقتی حشرات کامل بالتوری سبز در معرض غلظت‌های کم کشنده‌ی حشره‌کش‌های مورد آزمایش قرار گرفتند، امید زندگی در هنگام تولد در شاهد ۵۳/۷ روز و در تیمارهای ایمیداکلوپرید، اندوسولفان و ایندوکساکارب به ترتیب ۴۰/۹، ۳۷/۶ و ۳۴/۴ روز بود. در تمام تیمارها در روز ۴۰، مرگ و میر نسبتاً زیادی اتفاق افتاد که بعد از این مرحله مجدداً امید به زندگی افزایش و سپس شروع به کاهش نمود. در حالی‌که در شاهد روند کاهش امید به زندگی با افزایش سن نسبتاً یکنواخت بود.

دامنه‌ای دانکن انجام شد. از نرم‌افزار Excel برای ساخت و محاسبه‌ی فراسنجه‌های مختلف جدول زندگی و رسم نمودارها استفاده گردید.

نتیجه و بحث

فراسنجه‌های تولید مثل: بنا بر نتایج تجزیه‌ی واریانس به‌جز برای فراسنجه‌های میانگین سن باروری و نرخ ناخالص تفریح، از نظر سایر فراسنجه‌ها بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($df=3, 89, P<0.001$). مقایسه‌ی میانگین فراسنجه‌های تولید مثلی در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌اند. نرخ ناخالص زادآوری در شاهد، اندوسولفان، ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب به ترتیب ۶۱۸، ۳۱۳، ۴۹۲ و ۲۷۹ تخم در عمر هر ماده بود که از این نظر بین شاهد و حشره‌کش‌های اندوسولفان و ایندوکساکارب تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. نرخ ناخالص باروری در شاهد بالاترین (۵۴۴ عدد) و در تیمار ایندوکساکارب پایین‌ترین (۲۳۶ عدد) مقدار را داشتند. حشرات کامل در مقایسه با لاروهای سن اول و سوم به حشره‌کش‌ها حساس‌تر بودند. نکته‌ی مهم دیگر در مورد تیمار این مرحله‌ی زیستی نسبت به تیمار لاروهای سن اول و سوم این است که نرخ‌های ناخالص زادآوری و باروری که ارتباطی با میزان بقا ندارند تحت تأثیر تیمار حشره‌کشی قرار گرفتند (Golmohammadi *et al.* 2009; 2011). میانگین تعداد تخم به ازای ماده در روز از ۱۶/۱ در شاهد به ۸/۹ عدد در تیمار ایندوکساکارب کاهش یافت. بنا بر گزارش‌های سایر محققین، فراسنجه‌های زادآوری و باروری خالص در حشرات آفت و دشمنان طبیعی تحت تأثیر حشره‌کش‌ها قرار می‌گیرند. برای مثال در تیمار حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *Trissolcus grandis* با حشره‌کش‌های عصبی فینتروتیون و دلتامترین، نرخ‌های ناخالص و خالص زادآوری و باروری اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند (Saber *et al.* 2005). همچنین در تیمار حشرات کامل زنبور *Habrobracon hebetor* با حشره‌کش‌های عصبی فراسنجه‌های تولید مثلی این حشره

جدول ۱- میانگین فراسنجه های تولید مثل در حشرات کامل تیمار شده ی بالتوری سبز با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن

Table 1. Mean values of reproductive parameters of adult *C. carnea* exposed to an LC₂₅ concentration of insecticides

Parameters	Mean ± SE			
	control	imidacloprid	endosulfan	indoxacarb
Gross fecundity rate	618 ± 64.7 a*	492 ± 77.7 ab	313 ± 35.8 b	279 ± 43.1 b
Gross fertility rate	544 ± 53.9 a	446 ± 70 a	266 ± 30.3 b	236 ± 39.9 b
Net fecundity rate	505 ± 61 a	250 ± 56 b	187 ± 35 b	190 ± 41 b
Net fertility rate	454 ± 54 a	219 ± 45 ab	158 ± 30 b	106 ± 35 b
Gross hatch rate	0.88 ± 0.009 a	0.90 ± 0.002 a	0.84 ± .004 a	0.84 ± 0.003 a
Gross fecundity age	37.6 ± 1.4 a	36.8 ± 1.3 a	31.5 ± 1 b	35.3 ± 2.2 ab
Gross fertility age	28.9 ± 2.3 a	36.4 ± 1.08 a	28.8 ± 0.98 b	35.1 ± 2.3 b
Eggs/ female/ day	16.1 ± 1.4 a	13 ± 2.1 ab	10.9 ± 1.3 b	8.9 ± 1.7 b
Fertile eggs /female/ day	14.5 ± 1.3 a	10.2 ± 1.8 b	9.7 ± 1.1 b	7.6 ± 1.5 b

* میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰.۰۵ می باشد (دانکن)

*: Mean values in a row followed by the similar lowercase letters are not significantly different (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$)

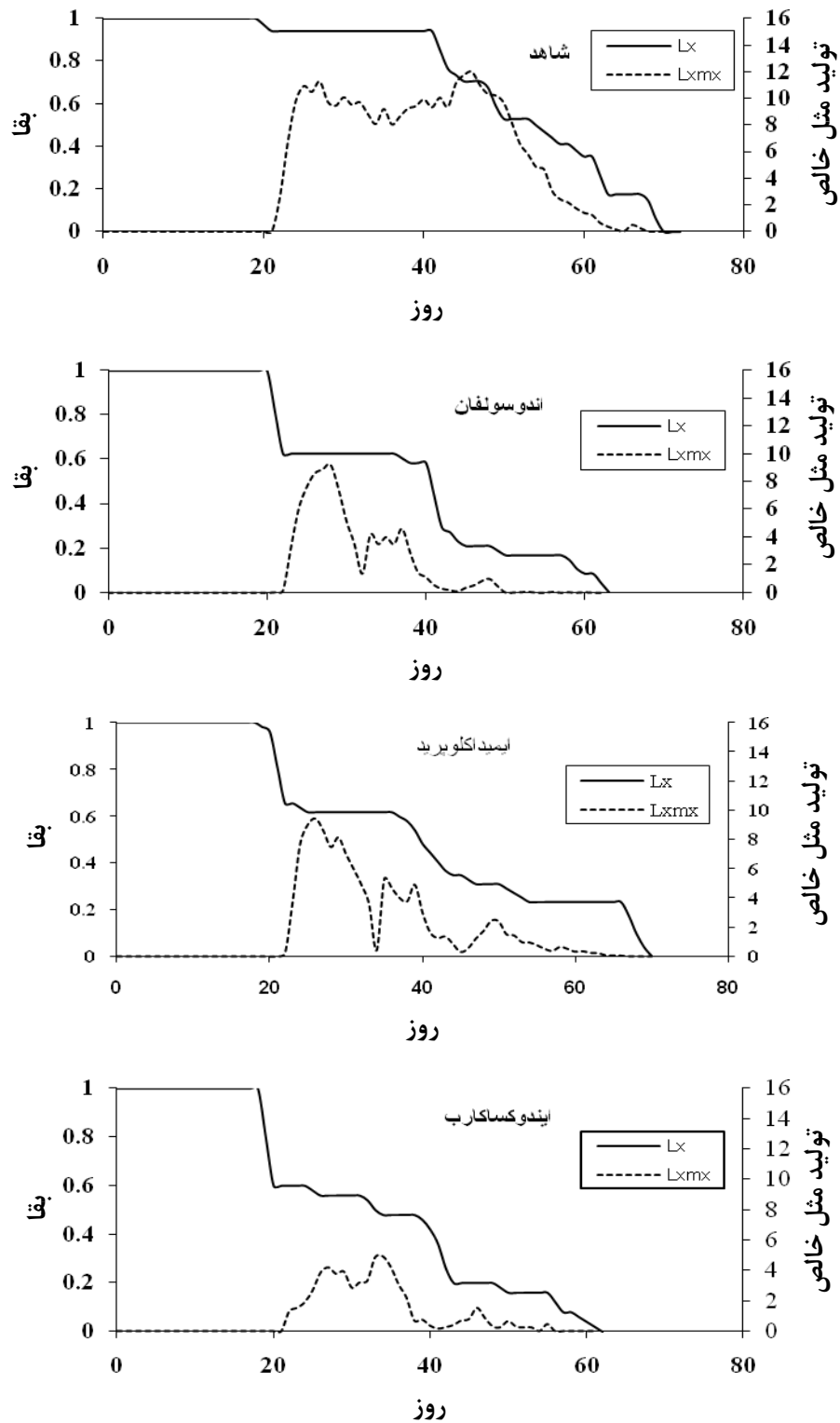
جدول ۲ - میانگین فراسنجه های رشد جمعیت در حشرات کامل تیمار شده ی بالتوری سبز با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن

Table 2. Mean values of population growth parameters of adult *C. carnea* exposed to an LC₂₅ concentration of the insecticides

Parameters	Mean ± SE			
	control	imidacloprid	endosulfan	indoxacarb
GRR1	305 ± 31 a*	246 ± 39 ab	156 ± 18 b	140 ± 21.5 b
R0	252 ± 30 a	125 ± 30 ab	93 ± 18 b	61 ± 20 b
rm	0.179 ± 0.004 a	0.161 ± 0.005 ab	0.157 ± 0.004 b	0.136 ± 0.010 b
b	0.180 ± 0.004 a	0.163 ± 0.005 ab	0.159 ± 0.004 ab	0.140 ± 0.01 b
d	0.0005 ± 0.0002 a	0.002 ± 0.0002ab	0.002 ± 0.0003 ab	0.004 ± 0.0009 b
λ	1.196 ± 0.005 a	1.174 ± .006 ab	1.169 ± 0.005ab	1/145 ± 0.02 b
T	30.7 ± 0.6 a	30.1 ± 0.4 a	29 ± 0.4 a	30.4 ± 0.8 a
DT	3.86 ± 0.1 a	4.29 ± 0.2 a	4.04 ± 0.2 a	5.01 ± 0.5 a

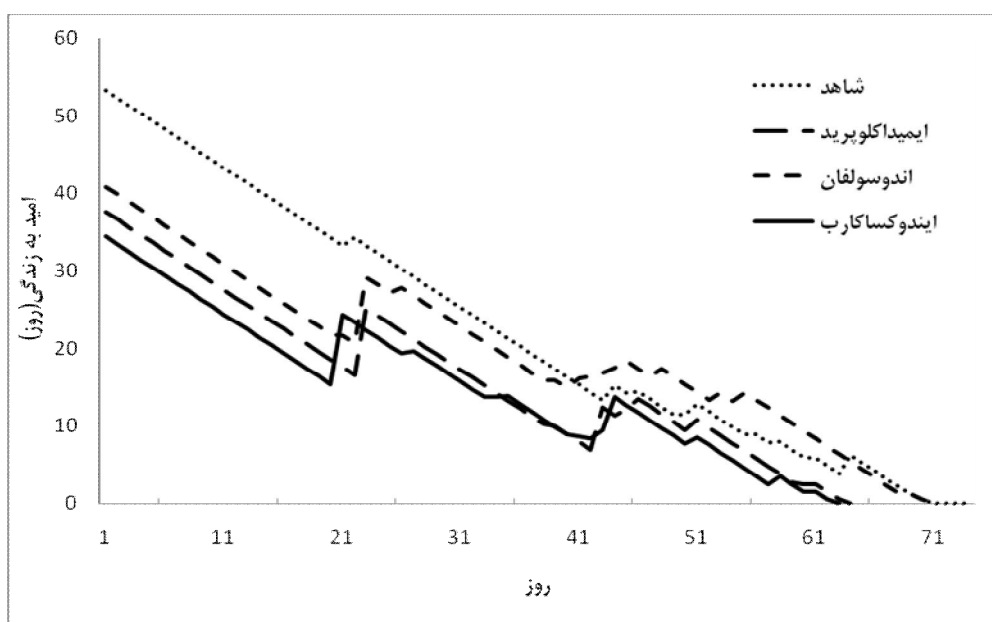
*: Mean values in a row followed by similar lowercase letters are not significantly different (duncan's multiple range test, $P < 0.01$).

1- GRR= Gross reproductive rate, R₀ = net reproduction rate r_m= intrinsic rate of natural increase, b = birth rate, d = death rate, DT= doubling time, T= mean generation time, and λ= finite rate of increase.



شکل ۱- اثر حشره‌کش‌ها روی بقا (L_x) و تولید مثل خالص روزانه ($L_x m_x$) در حشرات کامل تیمار شده با حشره‌کش‌ها و شاهد

Fig. 1. Age-specific survivorship (L_x), and net reproductive ($L_x m_x$), on adults exposed to insecticides compared with the control



شکل ۲- منحنی امید به زندگی در حشرات کامل تیمار شده با حشره کش ها و شاهد

Fig. 2. Life expectancy (e_x), on adults exposed to insecticides compared with the control

احتمالاً کاهش طول عمر حشرات زنده مانده ی پس از تیمار می باشد.

کاهش نرخ خالص و ناخالص تولید مثل حشرات کامل شته ی نخود (*Acythosiphon pisum*) تیمار شده با حشره کش ایمیداکلوپرید مشاهده شده است، اما این کاهش در نرخ های خالص و ناخالص تولید مثل در تیمار ایمیداکلوپرید با شاهد معنی داری نبوده است (Walthall and Stark, 1997). نرخ خالص تولید مثل در شاهد و تیمارهای اندوسولفان، ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب به ترتیب ۲۵۲، ۹۳، ۱۲۵ و ۶۱ بودند. به دلیل این که نرخ خالص تولید مثل، علاوه بر زادآوری شامل بقا و طول عمر نیز می شود، اختلاف بین تولید مثل ناخالص و خالص بیشتر مربوط به کاهش نرخ بقا است. نرخ ذاتی افزایش جمعیت در شاهد ۰/۱۷۹ روز بالاترین مقدار و در ایندوکساکارب ۰/۱۳۶ روز کمترین مقدار بود. دو تیمار ایندوکساکارب و اندوسولفان با شاهد اختلافات معنی دار نشان دادند. به نظر می رسد که مرگ و میر اولیه و نه کاهش تولید مثل دلیل اصلی برای معنی دار شدن نرخ ذاتی افزایش جمعیت باشد. زمانی که از نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای ارزیابی

فراسنجه های رشد جمعیت: نتایج تجزیه ی واریانس

فراسنجه های جمعیت پایدار در حشرات کامل زنده مانده ی پس از تیمار، به جز مدت زمان و زمان دوبرابر شدن یک نسل از نظر سایر فراسنجه ها بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت (F=6.18, df = 3, 89, P<0.001). جدول شماره ۲ مقایسه ی میانگین فراسنجه های جمعیتی حشرات کامل بالتوری سبزی را نشان می دهد. بالاترین نرخ ناخالص تولید مثل در گروه شاهد (۳۰۵) بود که با ایمیداکلوپرید تفاوت معنی داری نداشت. پایین ترین نرخ ناخالص تولید مثل مربوط به تیمار ایندوکساکارب (۱۴۰) و اندوسولفان (۱۵۶) بود که با هم تفاوت معنی داری نداشتند. معنی دار شدن تفاوت تیمارها از نظر نرخ ناخالص تولید مثل (با توجه به این که نرخ ناخالص تولید مثل فقط به زادآوری وابسته است) به این معنی است که قرارگیری حشرات کامل در معرض غلظت های کم کشنده ی این حشره کش ها زادآوری آنها را تحت تأثیر قرار داده است. بالاترین و پایین ترین نرخ خالص تولید مثل (R_0) به ترتیب در تیمارهای شاهد (۲۵۲) و ایندوکساکارب (۶۱) مشاهده گردید. معنی دار شدن نرخ خالص تولید مثل در اثر کاهش باروری و

References

- AZEMA, M. and A. MIRABZADEH, 2004. Issues on Different Aspects of Applying Natural Enemies for Biological Control of Insect Pests. Nashre Markaz; Tehran, Iran: 2004. 213pp.
- BANKS, J. E. and J. D. STARK, 1998. What is ecotoxicology? An ad-hoc grab bag or an interdisciplinary science? *Integrative Biology*, 5: 1-9.
- BIDDINGER, D. J. and L. A. HULL, 1995. Effects of several types of insecticides on the mite predator, *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae), including insect growth regulators and abamectin *Journal of Economic Entomology*, 88: 358-366.
- CAREY, J. R. 1993. *Applied Demography for Biologists*. Oxford University Press, 206 pp.
- CAREY, J. R. 2001. Insect biodemography. *Annual Review of Entomology*, 46: 79-110.
- CROFT, B. A. 1990, *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*, John Wiley, New York, 723 pp.
- CARNARD, M. and M. M. PRINCIPI, 1984. Life histories and behavior. In: M. Carnard, Y. Semeria, and T. R. News, (eds.). *Biology of Chrysopidae*. Series Entomologica, W. Junk Publishers, The Hauge, pp. 57-134.
- DESNEUX, N., A. DECOURTYE and J. M. DELPUECH, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- FORBES, V. E. and P. CALOW, 1999. Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 1544-1556.
- GALAVAN, T. L., R. L. KOCH and W. D. HUTCHISON, 2005. Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control*, 34: 108-114.
- GOLMOHAMMADI, GH., M. HEJAZI, SH. IRANIPOUR, and S. A. MOHAMMADI, 2009. Lethal and sublethal effects of endosulfan, imidacloprid and indoxacarb on first instars larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory. *Journal of Entomological Society of Iran*, 28: 35-47.
- خطر آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود، کاهش بقا منجر به کاهش شدید نرخ ذاتی افزایش جمعیت شده و در نتیجه اثر منفی روی جمعیت خواهد داشت (Stark and Banks, 2003; Stark and Wennergren, 1995; DesneEux et al. 2007). در مطالعه (Rezaei et al. (2007)، با تیمار لاروهای دو روزه‌ی بالتوری سبز با دوز مزرعه‌ای حشره‌کش ایمیداکلوپرید، نرخ ذاتی افزایش جمعیت برای شاهد ۰/۱۱۹ و برای تیمار ایمیداکلوپرید ۰/۱۰۷ گزارش شده است. این پژوهشگران اختلاف معنی‌داری در نرخ تولید مثل خالص، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت، و نرخ متناهی افزایش جمعیت بین شاهد و تیمار مشاهده نکردند. دانیلز و آلن (نقل از والتال و استارک، ۱۹۹۷) کاهش نرخ رشد ذاتی افزایش جمعیت گونه‌ی *Daphnia galeata* را به کاهش نرخ بقا و نه تولید مثل نسبت دادند.
- به طور کلی در تیمار حشرات کامل با LC₂₅ حشره‌کش‌ها اختلاف معنی‌داری در اغلب فراسنجه‌های زیستی، تولید مثلی، رشد جمعیت، نرخ بقا و امید زندگی مشاهده گردید. حشره‌کش ایمیداکلوپرید فاقد اثر تولید مثلی روی حشرات کامل زنده مانده از تیمار بود اما حشره‌کش‌های اندوسولفان و ایندوکساکارب اثر معنی‌داری داشتند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت به‌عنوان نرخ رشد سرانه‌ی جمعیت بوده و نتیجه‌ی بر همکنش بین باروری ویژه‌ی سنی، نرخ رشدی، طول عمر و بقا است، همچنین اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد داشت. در ارزیابی کلی ترتیب سمیت ترکیبات روی حشرات کامل به صورت: ایمیداکلوپرید > اندوسولفان > ایندوکساکارب بود. به‌طور کلی حشره‌ی کامل بالتوری سبز به حشره‌کش‌های اندوسولفان و ایندوکساکارب حساس است. بنابراین در صورت مشابه بودن نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای، کاربرد این ترکیبات در زمان بالا بودن تراکم جمعیت حشرات کامل بایستی با احتیاط بیشتری صورت گیرد.

- GOLMOHAMMADI, GH., M. HEJAZI, SH. IRANIPOUR, and S. A. MOHAMMADI, 2011. Effects of imidacloprid, indoxacarb and endosulfan on egg, third-instarlarva and pupa of green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae). Journal of Entomological Society of Iran, 31: 37-50.
- HULL, L. A., B. A. BARRETT and E. G. RAJOTTE, 1991. Foliar persistence and effects of fenoxycarb on *Platynota idaeusalis* (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology, 84: 965-970.
- METCALF, R. L. 1986. The ecology of insecticides and chemical control of insects, In: M. Kogan, (ed.). Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice. Wiley, New York. pp. 251-297. Meyer, J. S., Igersoll, C. G., Mac Donald, L. L. and Boyce, M. S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. Ecology, 67: 1156-1166.
- RAFIEE DASJERDI, H., M. J. HEJAZI, G. NOURI GHANBLANI and M. SABER, 2009. Sblethal effects of some conventional and biological insecticides on ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Entomology, 6: 82-89.
- REZAEI, M., K. TALEBI, V. H. NAVEH and A. KAVOUSI, 2007. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table. BioControl, 52: 385-398.
- RUMPF, S., C. FRAMPTON and D. R. DIETRICH, 1998. Effects of conventional insecticides and insect growth regulators on fecundity and other life-table parameters of *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). Journal of Economic Entomology, 91: 34-40
- SABER, M., M. J. HEJAZI, K. KAMALI and S. MOHARRAMIPOUR, 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). Journal of Economic Entomology, 98: 35-40.
- SAS, Institute. 2002. The SAS system for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- STAPEL, J. O., A. M. CORTESERO and W. J. LEWIS, 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: Altered foraging ability and life span of the parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. Biological Control, 17: 243-249.
- STARK, J. D. and J. E. BANKS, 2003. Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, 48: 505-19.
- STARK, J. D. and U. WENNERGREN, 1995. Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? Journal of Economic Entomology, 88: 1089-1096.
- TILLMAN, P. G., G. G. HAMMES, M. SACHER, M. CONNAIR, E. A. BRADY and K. D. WING, 2002. Toxicity of a formulation of the insecticide indoxacarb to the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae), and the big-eyed bug, *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). Pest Manag Sci. 58, 92-100.
- WALTHALL, K. W. and J. D. STARK, 1997. A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. Ecotoxicology and Environmental Safety, 37: 45-52
- WANG, R. and D. A. NORDLUND, 1994. Use of *Chrysoperla spp.* (Neuroptera: Chrysopidae) in augmentative release programs for control of arthropod pests. Biocontrol News Inf. 15: 51-57.
- VOGT, H., F. BIGLER, K. BROWN, M. P. CANDOLFI, F. KEMMETER, CH. KUHNER, M. MOLI, A. TRAVIS, A. UFER, E. VINEULA, M. WIADBURGER and A. WALTERSDORFER, 2000. Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), In: M. P. Condolfi, S. Blomel and R. Forster (eds.). Guidelines to evaluate side effects of plant protection products to non-target arthropods. IOBC, BART, and EPP0 Joint Initiative, pp: 27-44.