نامه‌ی انجمن حشره‌شناسی ایران
۱۳۹۲ – ۳۳(۳): ۱-۹

اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های دینوتفوران و تیامتوکسام روی پارامترهای رشد جمعیت بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae)، در شرایط آزمایشگاهی

مینا شکورزاده[۱و*]، هوشنگ رفیعی دستجردی[۱]، غلامرضا گل‌محمدی[۲]، مهدی حسن‌پور[۱] و علی گلی‌زاده[۱]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۲- بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی، مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mina_shakoor64@yahoo.com

Lethal and sublethal effects of dinotefuran and thiamethoxam on the population growth parameters of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae), under laboratory conditions

M. Shakoorzadeh[1&*], H. Rafiee-Dastjerdi[1], Gh. Golmohammadi[2], M. Hassanpour[1] and A. Golizadeh[1]

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, 2. Agricultural Entomology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

*Corresponding author, E-mail: mina_shakoor64@yahoo.com

چکیده

بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* (Stephens)، از مهم‌ترین دشمنان طبیعی آفات است که در بیش‌تر سامانه‌های کشاورزی فعال بوده و به‌عنوان یکی از عوامل کنترل طبیعی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی به‌کار برده می‌شود. سمیت حشره‌کش‌های دینوتفوران و تیامتوکسام روی لاروهای سن اول بالتوری سبز در آزمایشگاه با شرایط دمایی ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بررسی شد. مقادیر LC_{50} برآوردشده برای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۱۹/۳۸۲ و ۹/۸۸۰ mg ai/l بود که نشانگر سمیت بالای تیامتوکسام روی لاروهای سن اول بالتوری است. برای ارزیابی اثرات زیرکشندگی، لاروهای سن اول بالتوری با LC_{30} دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب معادل ۳/۵۳۲ و ۱/۶۹۲ mg ai/l تیمار شدند. نرخ ذاتی افزایش (r_m) جمعیت در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۰/۱۸۵، ۰/۱۸۶ و ۰/۱۴۳ بر روز بود. نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در شاهد، تیمار دینوتفوران و تیمار تیامتوکسام به‌ترتیب ۱/۲۰۴، ۱/۲۰۴ و ۱/۱۵۴ بر روز محاسبه شد. در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام میانگین طول یک نسل به‌ترتیب ۳۰/۷۷، ۳۰/۴۶ و ۳۵/۱۴ و مدت زمان دوبرابر شدن جمعیت به‌ترتیب ۳/۷۳، ۳/۷۲ و ۴/۸۲ روز بود. مقادیر نرخ خالص تولید مثل در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۲۹۸/۰۱، ۲۷۸/۴۵ و ۱۵۵/۰۳ و نرخ ناخالص تولید مثل به‌ترتیب ۴۵۹/۸۹، ۴۳۹/۰۸ و ۳۰۹/۴۲ ماده/ماده/نسل بود. تیامتوکسام اثرات منفی غیرکشندگی بالایی روی پارامترهای جمعیت پایدار بالتوری سبز داشت، اما بین تیمار دینوتفوران و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اگر این حشره‌کش‌ها در شرایط مزرعه‌ای هم نتایج مشابهی داشته باشند، می‌توان از دینوتفوران در مدیریت تلفیقی آفات استفاده نمود. باوجود اینکه همواره نتایج به‌دست آمده در آزمایشگاه با شرایط طبیعی مطابقت ندارد، اما این نتایج می‌تواند به انتخاب حشره‌کش‌ها برای مطالعه در شرایط طبیعی و کاربرد حشره‌کش‌های مناسب به‌همراه دشمنان طبیعی در مدیریت آفات کمک کند.

واژگان کلیدی: *Chrysoperla carnea*، تیامتوکسام، دینوتفوران، پارامترهای رشد جمعیت

Abstract

The green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens), is a common natural enemy of various agricultural pestsand widely used as a biocontrol agent in integrated pest management (IPM) programs. The lethal and sublethal effects of the insecticides dinotefuran and thiamethoxam on the first instar larvae of *C. carnea* was assessed in the laboratory conditions at 25 ± 1°C, 60 ± 5% RH and a photoperiod of 16: 8 (L: D). The LC_{50} values for dinotefuran and thiamethoxam were 19.382 and 9.880 mg ai/l, respectively, that showed the high toxicity of thiamethoxam on the first instar larvae of *C. carnea*. To assess the sublethal effects, the first instar larvae were treated with the LC_{30} for dinotefuran and thiamethoxam at 3.532 and 1.692 mg ai/l, respectively. The estimated r_m values in the control, dinotefuran and thiamethoxam were 0.185, 0.186 and 0.143 day^{-1}, respectively. Finite rate of increase (λ) in the control, dinotefuran and thiamethoxam were 1.204, 1.204 and 1.154 day^{-1}. Generation time and doubling time values in the control, dinotefuran and thiamethoxam were 30.77, 30.46 and 35.14 as well as 3.73, 3.72 and 4.82 days, respectively. The gross and net reproductive rates in the control, dinotefuran and thiamethoxam were 459.89, 439.08 and 309.42, and also 298.01, 278.45 and 155.03 (female/female/generation), respectively. Dinotefuran caused no significant adverse effects on the population growth parameters of *C. carnea*. If similar results are obtained for dinotefuran in the field, it might be an insecticide with low toxicity to *C. carnea* by using the reduced doses of the insecticide in IPM context. Studies under the laboratory conditions can help us to select some insecticides for additional studies under more natural conditions and for application of suitable insecticides along with natural enemies in pest management.

Key words: *Chrysoperla carnea*, thiamethoxam, dinotefuran, population growth parameters

دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۱، پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۲.

مقدمه

گستردگی مشکلات ناشی از کاربرد بی‌رویه‌ی سموم موجب گرایش به استفاده‌ی بیش‌تر از روش‌های بی‌خطر کنترل آفات، خصوصاً به‌کارگیری دشمنان طبیعی گردیده است. در این راستا، گونه‌های متعددی از شکارگرها و پارازیتوئیدها در برنامه‌های کنترل آفات مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به بالتوری سبز، *Chrysoperla carnea* Stephens، اشاره کرد (Zibai & Hatami, 2001). از مزایای استفاده از دشمنان طبیعی چندخوار در جهت کنترل بیولوژیک آفات، قدرت زنده‌مانی بالا و ادامه‌ی نشو و نما در نبود طعمه‌های مطلوب در طبیعت می‌باشد که با تغذیه از طعمه‌های جایگزین، شهد گل‌ها و یا گرده‌ی آن‌ها، ادامه‌ی حیات برای حشره امکان‌پذیر می‌شود (Fan & Petitt, 1994). بالتوری سبز یکی از مهم‌ترین شکارگرهای عمومی آفات مختلف، ازجمله شته‌ها، شپشک‌ها، تریپس‌ها و سفیدبالک‌ها، می‌باشد که در مزارع و گلخانه‌های مناطق مختلف دنیا و ایران حائز اهمیت است (Ahmadzadeh & Hatami, 2003; Golmohammadi *et al*., 2009). مهم‌ترین خصوصیتی که باعث می‌شود بالتوری سبز جزء شکارگرهای مؤثر به حساب آید، حرص و ولع زیاد و پلی‌فاژ بودن لاروهای آن و نیز مقاومت آن در مقابل تعداد زیادی از آفت‌کش‌ها است (Tasai & Wang, 2001). بیش‌ترین کاربرد بالتوری سبز در کنترل بیولوژیک علیه شته‌های آفت سبزیجات و گیاهان جالیزی از شوروی سابق گزارش شده است (Zibai & Hatami, 2001).

بررسی‌ها نشان داده است که تنها راه کنترل موفق و پایدار بسیاری از آفات، استفاده‌ی توأم از روش‌های مختلف کنترل جمعیت آفات در چارچوب برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات است، زیرا هر کدام از این روش‌ها به‌طور جداگانه دارای نواقصی هستند که تأمین‌کننده‌ی اهداف مدیریت تلفیقی آفات نیستند (Heidari *et al*., 2006)، در سال‌های اخیر استفاده‌ی توأم از دزهای کاهش‌یافته‌ی سموم کشاورزی و عوامل کنترل بیولوژیک برای کنترل آفات توصیه می‌شود، لذا بررسی اثرات سموم روی عوامل کنترل بیولوژیک لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌طور معمول، اندازه‌گیری سمیت حاد آفت‌کش‌ها روی بندپایان مفید تا حد زیادی به تعیین دز یا غلظت کشنده‌ی حاد بستگی دارد. بااین‌حال، تخمین دز کشنده در طول آزمایش‌های سمیت حاد ممکن است تنها بخشی از اندازه‌گیری اثرات مضر باشد که بایستی علاوه بر مرگ و میر مستقیم ناشی از آفت‌کش‌ها، اثرات غیرکشندگی آن‌ها روی رفتار و فیزیولوژی بندپایان با بررسی جامع‌تر اثرات آن‌ها مشخص شود (Desneux *et al*., 2007). بررسی‌های سم‌شناسی دموگرافیک که براساس نرخ‌های رشد جمعیت استوار هستند می‌توانند تشخیص دقیق‌تری از اثرات آفت‌کش‌ها روی موجودات زنده ارائه دهند. سم‌شناسی دموگرافیک روش مناسبی برای بررسی اثرات کلی سموم است، زیرا همه‌ی اثراتی را که ممکن است یک ماده‌ی شیمیایی روی جمعیت ایجاد نماید، در برمی‌گیرد و بررسی سمیت جامع را امکان‌پذیر می‌کند (Stark & Banks, 2003). استفاده از جداول زیستی و نرخ ذاتی افزایش جمیت (r_m) به‌عنوان یک پارامتر مهم اکولوژیکی برای مطالعات سم‌شناسی دموگرافیک توصیه شده‌اند (Stark & Banks, 2003; Stark *et al*., 2004; Stark *et al*., 2007).

مواد و روش‌ها

پرورش بالتوری سبز

برای تشکیل کلنی بالتوری سبز، در فروردین ماه تخم‌های این حشره از بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی تهیه شده و به آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند. پس از خروج لاروهای سن اول، این حشره یک نسل پرورش داده شد. دمای اتاقک پرورش ۱ ± ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ٦۰ درصد و دوره‌ی نوری ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. حشرات کامل بالتوری سبز در ظروف استوانه‌ای پلاستیکی به قطر ١٤ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر نگه‌داری شدند. دیواره‌ی داخلی هر ظرف استوانه‌ای با مقوای سیاه‌رنگ و دهانه‌ی آن با توری ظریفی پوشانده شده بود. برای تغذیه‌ی حشرات کامل از غذای مصنوعی با ترکیب مخمر، عسل و آب مقطر به‌ترتیب، به‌نسبت ٤:۷:۵ استفاده شد (Golmohammadi *et al.*, 2009). مخلوط غذا به‌صورت خمیر روی نوارهای پلاستیکی شفاف در داخل ظروف پرورش گذاشته شد. آب مورد نیاز حشرات کامل نیز با استفاده از قرار دادن یک تکه اسفنج اشباع‌شده با آب روی توری پلاستیکی تعبیه‌شده در قسمتی از پارچه‌ی توری پوشاننده‌ی دهانه‌ی ظرف تأمین شد. تخم‌های گذاشته‌شده روی دیواره‌ی ظروف و پارچه‌ی توری با یک تکه اسفنج جمع‌آوری می‌شدند و به ظرف‌های پلاستیکی استوانه‌ای به قطر ۱۷/۵ و ارتفاع ۷/۵ سانتی‌متر منتقل می‌شدند. روی ظروف پلاستیکی، سرپوشی با دو عدد سوراخ تهویه به قطر دو سانتی‌متر که با پارچه‌ی توری پوشانده شده بودند، قرار داده شد. برای جلوگیری از هم‌خواری، پنج لایه حوله‌ی کاغذی داخل ظروف گذاشته شد که به‌ازای هر لایه حداکثر ۲۰ عدد تخم بالتوری اضافه گردید. قبل از تفریخ تخم‌های بالتوری، تعداد کافی از تخم منجمد بید آرد، *Anagasta kuehniella* (Zell.)، به لایه‌های حوله‌ی کاغذی حاوی تخم‌های بالتوری سبز اضافه گردید. باتوجه به اینکه طول دوره‌ی لاروی سن اول معمولاً سه روز می‌باشد، پس از ٤۸ ساعت ظرف‌های پرورش لاروها تعویض‌شده و به‌ازای هر لایه حوله‌ی کاغذی، ۱۲ عدد لارو و تخم منجمد بید آرد به‌تعداد کافی اضافه گردید. با افزایش سن لاروی، در سن سوم به‌ازای هر لایه، هفت عدد و به‌ازای هر ظرف حداکثر ۱۰۰ عدد لارو قرار داده شد (Golmohammadi *et al.*, 2011). شفیره‌های تشکیل‌شده در ظرف‌ها که بیش‌تر بین لایه‌های حوله‌ی کاغذی بودند، به ظرف دیگری منتقل شدند. حشرات کامل، پس از ظهور، با استفاده از دستگاه مکنده‌ی برقی جمع‌آوری و به ظرف‌های تخم‌گیری انتقال یافتند.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

دینوتفوران (فرمولاسیون 20%SG) و تیامتوکسام (فرمولاسیون 25%WG) که جزو ترکیبات حشره‌کش سیستمیک جدید نئونیکوتینوئیدی هستند، از مؤسسه‌ی تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور تهیه شدند.

اثرات حاد حشره‌کش‌ها

از روش تماس با باقی‌مانده برای زیست‌سنجی لارو سن اول استفاده شد. ابتدا آزمایش‌های مقدماتی صورت گرفت و دامنه‌ی غلظت‌ها برای حشره‌کش‌های تیامتوکسام و دینوتفوران به‌دست آمد. پس از تهیه‌ی ۱۰۰ میلی‌لیتر از هر غلظت (پنج غلظت برای هر حشره‌کش)، به هرکدام یک قطره ماده‌ی خیس‌کننده (Tritonx-100) اضافه و به‌هم زده شد. پس از آماده‌سازی غلظت‌های مورد نظر، یک میلی‌لیتر از هر غلظت در هر دو سطح ظروف پتری شیشه‌ای به قطر ۱۰ و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر ریخته شد. ظروف پتری گروه شاهد نیز با محلول آب مقطر و ماده‌ی خیس‌کننده تیمار شدند. پس از خشک شدن ظروف پتری در محیط آزمایشگاه، تعداد ۱۵–۱۰ عدد لارو سن اول ۱۸–٦ ساعته به داخل آن‌ها

منتقل شدند (Golmohammadi *et al*., 2009, 2011). بیست و چهار ساعت پس از تیمار شدن، مرگ و میر لاروها ثبت شد. جهت تغذیه‌ی لاروها، تخم‌های منجمد بید آرد به‌میزان کافی به ظروف پتری اضافه شد. هر تیمار شامل چهار تکرار در روزهای مختلف بود.

اثرات جمعیتی حشره‌کش‌ها

برای بررسی پارامترهای جدول زیستی بالتوری سبز، ۱۲۰ عدد لارو ۱۸–٦ ساعته برای تیمارهای حشره‌کش و ٦۰ عدد لارو سن اول ۱۸–٦ ساعته برای تیمار شاهد در نظر گرفته شد. غلظت زیرکشنده‌ی LC_{30} برای تیمارهای حشره‌کش و آب مقطر برای تیمار شاهد به‌کار رفت. به همه‌ی تیمارها یک قطره ماده‌ی خیس‌کننده اضافه شد. بعد از ٢٤ ساعت، ۸۰ عدد لارو سن اول زنده‌مانده برای حشره‌کش‌ها و ۵۰ عدد لارو زنده‌مانده برای شاهد انتخاب شد. لاروها به‌صورت انفرادی به ظروف پتری پلاستیکی به قطر شش سانتی‌متر که یک سوراخ دایره‌ای به قطر یک سانتی‌متر روی درپوش آن‌ها ایجاد و با پارچه‌ی توری پوشانده شده بود، منتقل و با تخم‌های منجمد بید آرد تغذیه شدند. بررسی‌ها به‌صورت روزانه انجام گرفت و تعداد لاروهای شفیره شده، طول دوره‌ی لاروی و شفیرگی و میزان بقا آن‌ها ثبت شد. این بررسی‌ها تا زمان ظهور حشرات کامل و یا اطمینان از مرگ شفیره‌ها ادامه یافت. پس از ظهور حشرات کامل جنسیت آن‌ها با استفاده از شکل استرنیت انتهایی شکم تشخیص داده شده و تعداد ۲۰ جفت حشره‌ی کامل نر و ماده برای هر تیمار و شاهد انتخاب شد. هر جفت حشره‌ی نر و ماده به داخل هر ظرف تخم‌گیری (لیوان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۱۰ و قطر دهانه‌ی ۸ سانتی‌متر) که دیواره‌ی آن‌ها با کاغذ سیاه‌رنگ و دهانه‌ی آن‌ها با توری پوشانده شد، منتقل شد (Golmohammadi *et al*., 2009, 2011). برای تغذیه‌ی این حشرات، نوار طلقی پلاستیکی حاوی ماده‌ی غذایی مورد استفاده در تغذیه‌ی حشرات کامل، داخل ظرف قرار داده شد. با شروع تخم‌ریزی، حشرات کامل در ظروف مزبور به‌طور روزانه به ظروف جدید به کمک آسپیراتور دستی منتقل شدند. تخم‌های گذاشته‌شده هر روز پس از شمارش به پتری‌های پلاستیکی به قطر نه سانتی‌متر انتقال یافتند و تفریخ آن‌ها ۷۲ ساعت بعد بررسی گردید. این عمل تا مرگ آخرین فرد ادامه یافت.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) با استفاده از معادله‌ی لوتکا، $\sum_{x=\alpha}^{\beta} e^{-r_x} l_x m_x=1$، محاسبه گردید (Andrewartha & Birch, 1954). علاوه بر r_m، سایر پارامترهای جمعیت پایدار، شامل نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولید مثل (*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*)، با محاسبه‌ی تعداد نتاج ماده به‌ازای هر حشره‌ی ماده (m_x) و نقطه‌ی میانی بقا (L_x) برآورد شدند. محاسبات بر اساس روش مرسوم انجام گردید (Carey, 1993). برای محاسبه‌ی مقادیر کاذب پارامترهای جدول زندگی از روش جکنایف استفاده شد.

تجزیه‌ی آماری

تجزیه‌ی آماری داده‌های حاصل از زیست‌سنجی مراحل مختلف رشدی با استفاده از رگرسیون پروبیت و نرم‌افزار SPSS انجام گرفت (SPSS, 2004). از نرم‌افزار Excel برای تشکیل جداول و محاسبه‌ی پارامترهای مختلف جدول زندگی استفاده شد. همچنین، برای تعیین معنی‌دار بودن از روش هم‌پوشانی حد بالا و پایین استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثرات کشندگی حشره‌کش‌ها روی لارو سن اول بالتوری سبز

نتایج مربوط به برآورد مقادیر LC_{30}، LC_{50} و LC_{90} حشره‌کش‌های تیامتوکسام و دینوتفوران و شیب خطوط دز- اثر در جدول ۱ آورده شده‌اند. مقایسه‌ی LC_{50} حشره‌کش‌ها نشان داد که تیامتوکسام LC_{50} کم‌تری نسبت به دینوتفوران دارد، ولی باتوجه به هم‌پوشانی حدود اطمینان LC_{50} دو حشره‌کش، تفاوت معنی‌داری بین سمیت آن‌ها برای لارو سن اول بالتوری سبز وجود ندارد. به‌طورکلی، باتوجه به جدول ۱ می‌توان گفت که این دو سم برای لاروهای سن یک بالتوری سبز سمیت بالایی دارند و نمی توان از آن‌ها با غلظت‌های بالا در کنار بالتوری استفاده نمود. در صورت نبود اثرات زیرکشندگی منفی در جمعیت بالتوری سبز می‌توان از غلظت‌های کاهش‌یافته‌ی آن‌ها در کنار بالتوری سبز استفاده کرد.

پارامترهای جدول زندگی

نرخ ناخالص تولید مثل در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۴۵۹/۸۹، ۴۳۹/۰۸ و ۳۰۹/۴۲ ماده/ماده/نسل بود. هرچند، هر دو تیمار دینوتفوران و تیامتوکسام سبب کاهش نرخ ناخالص تولید مثل در مقایسه با شاهد شده‌اند، مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بین دو تیمار حشره‌کش و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

مقادیر مربوط به نرخ‌های خالص تولید مثل (R_0) به‌علت دخالت دادن پارامتر بقا (L_x) تفاوت زیادی با نرخ‌های ناخالص داشت. مقادیر این پارامتر در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۲۹۸/۰۱، ۲۷۸/۴۵ و ۱۵۵/۰۳ ماده/ماده/نسل بود. هرچند، هر دو تیمار دینوتفوران و تیامتوکسام سبب کاهش نرخ خالص تولید مثل در مقایسه با شاهد شدند، مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بین تیمار تیامتوکسام با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، ولی اختلاف بین تیمار دینوتفوران و شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۲). نرخ خالص تولید مثل نشان‌دهنده‌ی تعداد کل ماده‌های تولیدشده توسط یک ماده در طول عمر است. باتوجه به اینکه در محاسبه‌ی آن L_x دخالت داده می‌شود، به‌نظر می‌رسد که نرخ بقای پایین‌تر در تیمار حشره‌کش تیامتوکسام سبب معنی‌دار شدن این پارامتر شده باشد.

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) مهم‌ترین پارامتر در تعیین نوع و میزان رشد جمعیت‌ها می‌باشد که می‌تواند رشد مثبت، منفی یا ثابت جمعیت را نشان دهد (Stark & Banks, 2003). نرخ ذاتی افزایش جمعیت در تیمار دینوتفوران (۰/۱۸۶ بر روز) بیش‌تر از تیمار شاهد و تیامتوکسام (به‌ترتیب ۰/۱۸۵ و ۰/۱۴۳ بر روز) بود. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بین شاهد و تیمار دینوتفوران اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی بین تیمار تیامتوکسام و شاهد اختلاف معنی‌دار بود. در بین تیمارها، تیامتوکسام باعث کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت شده بود که سبب اثر منفی در سطح جمعیت می‌شود (جدول ۲).

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) در تیمار تیامتوکسام ۱/۱۵۴۳ بر روز به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد و تیمار دینوتفوران (به‌ترتیب ۱/۲۰۴۱ و ۱/۲۰۴۶ بر روز) بود. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمار دینوتفوران وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت زیرکشنده‌ی تیامتوکسام در مقایسه با تیمار دینوتفوران سرعت رشد جمعیت را کاهش داده است. در بین حشره‌کش‌ها تأثیر منفی روی نرخ متناهی افزایش جمعیت مربوط به تیمار تیامتوکسام بود (جدول ۲).

جدول ۱- سمیت حشره‌کش‌های مورد آزمایش روی لاروهای سن اول *Chrysoperla carnea*.

Table 1. Toxicity of the insecticides tested on first instar larvae of *Chrysoperla carnea*.

Insecticide (Category)	df	N	Slope ± SE	LC_{30} (mg ai/l) (95% CL)	LC_{50} (mg ai/l) (95% CL)	LC_{90} (mg ai/l) (95% CL)	X^2
Thiamethoxam (Neonicotinoid)	3	360	0.684 ± 0.098	1.692 (0.626-3.214)	9.880 (5.658-16.435)	736.747 (272.680-3992.656)	1.111
Dinotefuran (Neonicotinoid)	3	360	0.710 ± 0.102	3.532 (1.407-6.446)	19.382 (11.5-31.832)	1240.475 (464.196-6634.977)	0.930

جدول ۲- تأثیر حشره‌کش‌های دینوتفوران و تیامتوکسام روی پارامترهای جمعیت پایدار *Chrysoperla carnea*.

Table 2. Effects of dinotefuran and thiamethoxam on the population growth parameters of *Chrysoperla carnea*.

Parameter	Mean (lower limit-upper limit)		
	Control	Dinotefuran	Thiamethoxam
Gross reproductive rate (*GRR*)	459.89 (367.06-552.71)[a]	439.08 (365.4-512.69)[a]	309.42 (263.05-355.83)[a]
Net reproductive rate (R_0)	298.01 (198.97-397.95)[a]	278.45 (194.52-362.7)[a]	155.03 (100.17-209.9)[b]
Intrinsic rate of increase (r_m)	0.185 (0.177-0.193)[a]	0.186 (0.174-0.197)[a]	0.143 (0.131-0.155)[b]
Finite rate of increase (λ)	1.204 (1.194-1.240)[a]	1.204 (1.190-1.217)[a]	1.154 (1.140-1.680)[b]
Intrinsic rate of birth (*b*)	0.198 (0.188-0.209)[ab]	0.210 (0.194-0.225)[b]	0.176 (0.162-0.189)[a]
Intrinsic rate of death (*d*)	0.012 (0.001-0.025)[a]	0.024 (0.004-0.043)[a]	0.032 (.012-0.052)[a]
Mean generation time (*T*)	30.77 (29.77-31.77)[a]	30.46 (29.22-31-69)[a]	35.14 (33.65-36.55)[b]
Doubling time (*DT*)	3.73 (3.55-3.91)[a]	3.72 (3.48-3.95)[a]	4.82 (4.43-5.21)[b]

Mean values within each row followed by the similar letter are not significantly different (confidence limit %95).

نرخ ذاتی تولد (*b*) عبارت از نرخ سرانه‌ی تولد در یک جمعیت بسته و پایدار است که در آن جمعیت ماده‌ها در معرض نرخ ثابت تولد و مرگ ویژه‌ی سن قرار دارند. نرخ ذاتی تولد در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۰/۱۹، ۰/۲۱ و ۰/۱۷ بر روز به‌دست آمد، یعنی مقدار آن در تیمار تیامتوکسام کم‌تر از تیمار دینوتفوران و شاهد بود. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای حشره‌کش با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی بین دو تیمار دینوتفوران و تیامتوکسام اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

نرخ ذاتی مرگ (*d*) عبارت از نرخ سرانه‌ی مرگ در جمعیت است. این پارامتر در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۳ بر روز بود. میانگین نرخ مرگ و میر در تیمارهای حشره‌کش بیش‌تر از شاهد بود، بااین‌وجود مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام و شاهد وجود نداشت (جدول ۲).

نرخ ذاتی افزایش جمعیت، تفاوت بین نرخ تولد و مرگ است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که غلظت‌های زیرکشنده‌ی تیامتوکسام علاوه بر اینکه نرخ ذاتی تولد را کاهش داده، بااین‌حال تاحدودی نرخ ذاتی مرگ را نیز افزایش داده است. بنابراین، تیامتوکسام موجب اثرات منفی در سطح جمعیت خواهد شد، درحالی‌که دینوتفوران تأثیر چندانی در سطح جمعیت نخواهد داشت، زیرا غلظت‌های زیرکشنده‌ی آن، باوجود افزایش نرخ ذاتی تولد، سبب افزایش نرخ ذاتی مرگ نیز شده است.

میانگین طول یک نسل (*T*)، مدت زمانی است که جمعیت نیاز دارد تا به‌اندازه‌ی نرخ خالص تولید مثل افزایش یابد و هرچه مقدار آن کم‌تر باشد یک مزیت محسوب می‌شود. مقدار این پارامتر در شاهد و تیمارهای دینوتفوران و تیامتوکسام به‌ترتیب ۳۰/۷۷،

۳۰/٤٦ و ۳۵/۱٤ روز بود، یعنی میانگین طول یک نسل در تیمار تیامتوکسام بیش‌تر از تیمار دینوتفوران و شاهد بود. مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که تیمار دینوتفوران و شاهد اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند، درحالی‌که بین تیمار تیامتوکسام با تیمار دینوتفوران و شاهد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

زمان لازم برای یک نسل، یک پارامتر بسیار مهم جدول زیستی است که ممکن است روی نرخ ذاتی افزایش جمعیت اثر بیش‌تری در مقایسه با باروری داشته باشد (Mackaauer, 1986). ازآنجایی‌که حشره‌کش تیامتوکسام بیش‌ترین تأثیر را در افزایش طول نسل نسبت به دینوتفوران داشت، پس می‌توان گفت که این حشره‌کش با افزایش طول نسل می‌تواند سبب کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت نسبت به تیمار دینوتفوران و شاهد گردد.

میانگین مدت زمان لازم برای دوبرابر شدن جمعیت (*DT*) در تیمار تیامتوکسام بیش‌تر از شاهد و تیمار دینوتفوران (به‌ترتیب ٤/۸۲، ۳/۷۳ و ۳/۷۲ روز) بود. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین تیمار دینوتفوران و شاهد وجود نداشت، درحالی‌که بین تیمار تیامتوکسام با تیمار دینوتفوران و شاهد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲).

در تحقیقات Rezaei *et al*. (2007)، به‌منظور بررسی تأثیر دز زیرکشنده‌ی ایمیداکلوپرید روی لاروهای سن اول بالتوری سبز، این لاروها با دز مزرعه‌ای ایمیداکلوپرید تیمار شدند. بررسی‌های این محققین نشان داد که حشره‌کش مزبور تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی هیچ یک از پارامترهای جمعیت پایدار، از جمله R_0، r_m، λ، T و *DT* نداشته است. نتایج فوق با یافته‌های Golmohammadi *et al*. (2009)، که با دز زیرکشنده‌ی ایمیداکلوپرید (LC_{25}) روی لاروهای سن اول بالتوری سبز انجام شده، مطابقت دارد. در تحقیقات صورت‌گرفته توسط Huerta *et al*. (2003)، مشخص شد که ایمیداکلوپرید برای لاروهای سن سوم بالتوری سبز بسیار سمی بوده و مانع از ظهور حشرات کامل شده است. Kumar & Santharam (1999) نیز تأثیرات منفی ایمیداکلوپرید را روی طول عمر مراحل لاروی و حشره‌ی کامل بالتوری سبز گزارش کرده‌اند. Mizell & Sconyers (1992) بیان کردند که غلظت‌های کشنده‌ی ایمیداکلوپرید می‌تواند سبب مرگ و میر بالایی در بالتوری سبز شود، درحالی‌که این سم تأثیر غیرکشندگی قابل ملاحظه‌ای روی این شکارگر ندارد.

با بررسی تأثیر استامی‌پراید روی سن شکارگر *Deraeocoris brevis* (Uhler) نشان داده شد که دز کشنده‌ی استامی‌پراید سبب مرگ و میر بالایی در این شکارگر شده، درحالی‌که دز زیرکشنده‌ی این سم تأثیری روی نرخ‌های رشد و نمو و تولید مثل این حشره نداشته است (Dong-Soon *et al*., 2006). کاربرد دز توصیه‌شده‌ی مزرعه‌ای سه حشره‌کش نئونیکوتینوئیدی استامی‌پراید، کلوتیانیدین و دینوتفوران روی کفشدوزک شکارگر *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant و زنبور پارازیتوئید *Leptomastix dactylopii* Howard، تأثیرات منفی بالایی داشت، به‌طوری‌که بعد از گذشت ٤۸ ساعت پس از تیمار، سبب مرگ و میر ۱۰۰ درصد جمعیت شد (Cloyd & Dickinson, 2006).

نتایج تحقیق حاضر هم نشان داد که حشره‌کش تیامتوکسام اثرات منفی بالایی روی لارو سن اول و نیز پارامترهای جمعیت پایدار بالتوری سبز داشت، درحالی‌که حشره‌کش دینوتفوران باوجود داشتن اثرات منفی روی لارو سن اول، روی پارامترهای جمعیت پایدار بالتوری سبز اثرات سوء نشان نداد.

منابع

Ahmadzadeh, Z. & Hatami, B. (2003) Comparison of the effects of three insecticides and release of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.), against nymphal stages of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* West. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 7(3), 225-234.

Andrewartha, H. G. & Birch, L. C. (1954) *The distribution and abundance of animals*. 827 pp. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Carey, J. R. (1993) *Applied demography for biologists with special emphasis on insects*. 206 pp. Oxford University Press, New York.

Cloyd, A. R. & Dickinson, A. (2006) Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Peseudococcidae). *Journal of Economic Entomology* 99(5), 1596-1604.

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J. (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81-106.

Dong-Soon, K., Brooks, J. D. & Riedl, H. (2006) Lethal and sublethal effects of abamectin, spinosad, methoxyfenozide and acetamiprid on the predaceous plant bug *Deraeocoris brevis* in the laboratory. *Biocontrol* 51(4), 465-484.

Fan, Y. & Petitt, F. L. (1994) Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two spotted spider mite (Acari: Tetranychide). *Experimental and Applied Acarology* 18, 613-621.

Golmohammadi, Gh., Hejazi, M., Iranipour, Sh. & Mohammadi, A. (2009) Lethal and sublethal effects of endosolfan, imidiochloprid and indoxacarb on first instar larvae of *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 28(2), 37-47.

Golmohammadi, Gh., Hejazi, M., Iranipour, Sh., Mohammadi, S. A. (2011). Effects of imidacloprid, indoxacarb and endosulfan on egg, third-instar larva and pupa of green lace wing *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 31(1), 37-50.

Heidari, A., Moharramipour, S., Poormirza, A. A. & Talebi, A. A. (2006) Effects of buprofezin, pyriproxyfen and fenpropathrin on the reproductive parameters of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 25(2), 17-34.

Huerta, A., Medina, P., Castanera, P. &Vinuela, E. (2003) Residual effects of some modern pesticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) adults under laboratory conditions. *International Organization for Biological Control*/*West Palaearctic Regional Section* (*IOBC/WPRS*) *Bulletin* 26, 165-170.

Kumar, K. & Santharam, G. (1999) Laboratory evaluation of imidacloprid against *Trichogramma chilonis* Ishii and *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Journal of Biological Control* 13, 73-78.

Mackaauer, M. (1986) Fecundity and host utilization of the aphid parasite *Aphelinus semiflarus* (Hymenoptera: Aphelinidae) at two host densities. *Canadian Entomology* 114, 721-726.

Mizell, R. F. & Sconyers, M. C. (1992) Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. *Florida Entomologist* 75, 277-280.

Rezaei, K., Talebi, K., Naveh, V. H. & Kavousi, K. (2007) Impacts of the pesticides imidacloprid, propargit and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae); IOBC and life table assays. *Biocontrol* 25, 385-398.

SPSS (2004) *SPSS for Windows.* SPSS Inc., Chicago, Illinois.

Stark, J. D. & Banks, J. E. (2003) Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48, 505-519.

Stark, J. D., Banks, J. E. & Acheampong, S. (2004) Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. *Biological control* 29, 392-398.

Stark, J. D., Sugayama, R. L. & Kovaleski, A. (2007) Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *Biological Control* 52, 365-374.

Tasai, J. H. & Wang, J. J. (2001) Effect of host plant on biology and life table parameters of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 30, 44-50.

Zibai, K. & Hatami, B. (2001) Singular and joint usage of third larval instars of *Hippodamia Variegata* (Goeze) and *Chrysoperla carnea* (Steph.) in biological control of *Aphis gossypii* Glover in greenhouse. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 4, 119-128.