

Efecto de Insecticidas Sobre la Mortalidad y Depredación de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)

Author(s): Carlos Enrique Ail-Catzim, Ernesto Cerna-Chávez, Jerónimo Landeros-Flores, Yisa Ochoa-Fuentes, Alejandro Manelik García-López y Rosario Esmeralda Rodríguez González

Source: Southwestern Entomologist, 40(3):565-574.

Published By: Society of Southwestern Entomologists

DOI: <http://dx.doi.org/10.3958/059.040.0315>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3958/059.040.0315>

BioOne (www.bioone.org) is a nonprofit, online aggregation of core research in the biological, ecological, and environmental sciences. BioOne provides a sustainable online platform for over 170 journals and books published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Web site, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/page/terms_of_use.

Usage of BioOne content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Efecto de Insecticidas sobre la Mortalidad y Depredación de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)

Effect of Insecticides on the Mortality and Predation of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)

Carlos Enrique Ail-Catzim¹, Ernesto Cerna-Chávez², Jerónimo Landeros-Flores², Yisa Ochoa-Fuentes², Alejandro Manelik García-López¹, y Rosario Esmeralda Rodríguez González¹

Resumen. Los agentes de control biológico, juegan un papel sustancial en la disminución del número poblacional de muchas especies de insectos plaga. Sin embargo, el método químico es el más usado en los diferentes esquemas de producción. Por lo que la combinación del control biológico con el uso de plaguicidas es la piedra angular para el control integrado de plagas. Por lo tanto es esencial conocer los efectos letales y subletales de los insecticidas sobre los enemigos naturales para maximizar la compatibilidad entre estas dos tácticas. Para ello se determinó la CL_{50} de los insecticidas abamectina, bifentrina, endosulfan, imidacloprid, y profenofos sobre *Chrysoperla carnea* (Stephens) y se estimó su efecto sobre el consumo de ninfas de *Bactericera cockerelli*. Los resultados muestran que abamectina, bifentrina y endosulfan fueron menos tóxicos para *C. carnea* y no afectaron el consumo promedio de ninfas de la plaga. En contraste profenofos e imidacloprid resultaron altamente tóxicos para este depredador y además redujeron el consumo promedio de ninfas de *B. cockerelli*. Por consiguiente los insecticidas abamectina y bifentrina, se recomiendan para uso junto con liberaciones de *Chrysoperla carnea* en sistemas de manejo integrado de plagas.

Abstract. The integration of chemical and biological control can be part of sustainable pest management; therefore, it is essential to know the lethal and sublethal effects of insecticides on natural enemies to maximize the compatibility between these two tactics. The LC_{50} values of abamectin, bifenthrin, endosulfan, imidacloprid, and profenofos were determined on *Chrysoperla carnea* (Stephens) and the effect of these insecticides on the consumption of *Bactericera cockerelli* nymphs by *C. carnea*. The results showed that abamectin, bifenthrin, and endosulfan were less toxic to *C. carnea* and did not affect the average consumption of nymphs of the pest. In contrast, profenofos and imidacloprid were highly toxic to the predator, reducing the average consumption of *B. cockerelli* nymphs. Abamectin and bifenthrin are recommended for the simultaneous release of *C. carnea* in integrated pest management systems.

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera a Delta s/n C. P 21705. Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México.

²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP, 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Introducción

Chrysoperla carnea (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) es un depredador generalista y voraz, comúnmente encontrado en sistemas agrícolas (Tauber et al. 2000), presenta amplio rango de presas (McEwen et al. 2001) y su efectividad como agente de control biológico en cultivos a campo abierto e invernadero ha sido demostrado (Hagley y Miles 1987). Sin embargo el uso de insecticidas puede impedir el éxito del control biológico debido a sus efectos tóxicos directos e indirectos en los enemigos naturales. La integración del control biológico con el químico es uno de los principales objetivos del manejo integrado de plagas (MIP), pero la combinación de estos dos métodos de control es una tarea difícil, debido principalmente a que la exposición a los insecticidas causan tanto efectos letales como subletales en los enemigos naturales, los cuales minan grandemente al control biológico (Stark et al. 2007).

Los efectos de los insecticidas sobre artrópodos benéficos pueden ser medidos mediante bioensayos con insecticidas, con el objetivo de estimar su letalidad a través de la determinación de la dosis-respuesta (CL₅₀ o DL₅₀) (Desneux et al. 2007). La estimación de la dosis letal durante las pruebas de toxicidad aguda es solo una medida parcial del efecto total de los insecticidas sobre estos organismos benéficos, además de la mortalidad directa inducida por ellos. Los efectos subletales sobre la reducción en el ciclo de vida (Liu y Stansly 2004), tasa de desarrollo (Schneider et al. 2004), fecundidad (Corrales y Campos 2004), cambio en su capacidad de alimentación (Wiles y Jeppson 1994) y búsqueda (Longley y Jepson 1996), deben ser considerados para un análisis completo de su impacto (Desneux et al. 2007). Debido a lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los insecticidas abamectina, bifentrina, endosulfan, profenofos, e imidacloprid en la mortalidad de *C. carnea* y en su depredación sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Trioziidae).

Materiales y Métodos

Material Biológico. Las larvas de *Chrysoperla carnea* se obtuvieron a partir de huevos proporcionados por el Centro de Reproducción de Organismos Benéficos (CROB) del Estado de Coahuila, éstos se individualizaron en vasos de plástico de 3 cm de diámetro por 3 cm de alto y después de su emergencia, las larvas se alimentaron con huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechidae) y se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura 25 ± 2°C y humedad relativa de 70 ± 10%. La colonia de *B. cockerelli*, se obtuvo de psílicos recolectados en lotes comerciales de papa en el municipio de Arteaga, Coahuila, México, los cuales se mantuvieron en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad alpha y en una jaula bajo condiciones de campo.

Concentración Letal Media (CL₅₀). Se estimaron los valores de CL₅₀ para larvas de primer estadio de *C. carnea* empleando de 5 a 9 concentraciones para cada insecticida y cada concentración fue repetida 10 veces. El rango de concentraciones (ppm de ingrediente activo) de abamectina (Agrimec 1.8% CE; Syngenta, Coahuila, México), bifentrina (Capture 100 12.15% CE, FMC Agroquímica, Coahuila, México), endosulfan (Thiodan 33% CE; Bayer, Coahuila, México), imidacloprid (Confidor 70% PH, Bayer), y profenofos (Curacrón 73% CE; Syngenta,) fueron 0.5-18, 18-560, 120-2100, 40-1300, y 1.4-140, respectivamente.

Se utilizó el método de bioensayo de película residual en caja Petri (Dennehy et al. 1987). Las concentraciones se realizaron utilizando como solvente etanol al 95%, en el testigo se aplicó solo etanol, una repetición consistió de 8 larvas, contenidas en forma individual en una caja. Se depositó 500 μ L de la solución insecticida en cada caja Petri, dos horas después, cuando el exceso de solvente se evaporó, se transfirieron los insectos. Se cuantificó la mortalidad a las 24 h y se tomó como criterio de mortalidad cuando los insectos manifestarán un desplazamiento menor de una vez el largo de su cuerpo después de estimularlos con un pincel fino. Todos los bioensayos se llevaron a cabo bajo condiciones controladas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de $70 \pm 10\%$. La mortalidad no fue corregida debido a que en el testigo la mortalidad fue menor del 5%.

Depredación de *Chrysoperla carnea*. Se seleccionó la CL_{50} de cada uno de los insecticidas que se obtuvo del bioensayo anterior, y el testigo (solo etanol), con las cuales se dio tratamiento a 50 cajas Petri para exponer 50 larvas de primer estadio de *C. carnea* por cada tratamiento. Las condiciones de este experimento fueron similares a las descritas en la sección anterior. Después de 24 h de exposición se seleccionaron 10 larvas vivas, que se emplearon para evaluar el efecto de estos productos sobre la capacidad de depredación de *C. carnea*. Para esto se empleó el método de hoja arena, el cual consistió de una caja Petri (6 cm de diámetro) conteniendo un disco de tela de fieltro húmedo en el fondo, sobre éste se colocó un disco de hoja de papa de 5 cm de diámetro (Legaspi et al. 1994), en el que se depositaron 30 ninfas (n_4 - n_5) de *B. cockerelli* para exponerlas a las larvas de crisopa que se obtuvieron después del tratamiento insecticida y el testigo. Después de 24 h se contabilizó el número de ninfas consumidas.

Análisis Estadístico. Los resultados del experimento concentración-mortalidad, se analizaron por regresión probit usando el procedimiento Proc Probit de SAS/STAT (SAS 2001), para obtener los valores de CL_{50} y CL_{95} , y sus límites fiduciales (95%). El efecto de los insecticidas en el consumo de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli*, se analizaron con un Andeva mediante el procedimiento Proc Anova de SAS/STAT (SAS 2001), y además las medias se compararon a través de la prueba de Tukey con nivel de significancia 0.05

Resultados y Discusión

Concentración Letal. El insecticida endosulfan obtuvo mayor CL_{50} (1523 ppm) en comparación con abamectina, bifentrina, imidacloprid, y profenofos (Cuadro 1), lo que indica baja toxicidad para *C. carnea*. Esta concentración fue superior a la reportada por Golmohammadi et al. (2009) quienes obtuvieron CL_{50} de 251 ppm sobre larvas de primer estadio. La CL_{50} obtenida en este estudio fue 1.27 veces mayor que la concentración de campo recomendada (1,200 ppm) para control de *B. cockerelli* en el cultivo de la papa (Garzón et al. 2007). Sugiriendo tolerancia del depredador en comparación a esta plaga.

La baja toxicidad de endosulfan ha sido reportada en otras especies de crisopa (Silva et al. 2005) y en otros insectos depredadores (Elzen et al. 1998), se ha reportado también que este insecticida no afecta el periodo de ovoposición, fecundidad y fertilidad de adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (Silva et al. 2006). Sin embargo este insecticida ha sido prohibido en muchos países del mundo incluido México

En relación a bifentrina, su CL_{50} fue 6.81 veces menor que la CL_{50} de endosulfan, lo que sugiere que bifentrina fue más tóxico en comparación con este

insecticida (Cuadro 1). Sin embargo bifentrina presenta alta eficiencia sobre plagas de cultivos, se recomienda 180 ppm de bifentrina para el control de *B. cockerelli* a nivel de campo (Garzón et al. 2007), la cual es 1.24 veces menor que la CL₅₀ obtenida para *C. carnea* en este estudio, lo que nos sugiere tolerancia a bifentrina.

En general las larvas *C. carnea* presentan tolerancia natural a los insecticidas piretroides (Shour y Crawder 1980, Grafton-Cardwell y Hoy 1985), similar comportamiento se ha observado en *C. externa* y *Micromus tamaritiae* Walker (Neuroptera: Hemerobiidae) (Carvalho et al. 2003, Booth et al. 2007), lo que añade información adicional a nuestros resultados. Sin embargo existe evidencia que los piretroides demuestran un efecto nocivo sobre diferentes insectos depredadores (Tillman y Mullinix 2004, Godoy et al. 2004, Ahmad et al. 2011). Para el caso de abamectina su CL₅₀ fue 138, 20, y 15 veces menor que la CL₅₀ de endosulfan, bifentrina e imidacloprid respectivamente, resultado que indica que abamectina fue más tóxico para el depredador (Cuadro 1).

Los resultados de este estudio difieren con Giolo et al. (2009) quienes reportan baja toxicidad de abamectina sobre todos los estadios de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto) de *C. carnea*. Bueno y Freitas (2004) reportan resultados similares para los tres estadios larvales de *C. externa* expuestos a este insecticida, por lo que se ha considerado compatible con MIP (Bacci et al. 2007).

El valor de la CL₅₀ de imidacloprid, fue 9.2 y 1.3 veces menor que la CL₅₀ de endosulfan y bifentrina, resultado que indica que imidacloprid fue más tóxico para *C. carnea* en comparación con estos insecticidas (Cuadro 1). Este valor de CL₅₀ fue 7.8 veces menor que la concentración recomendada (1,300 ppm) para el control de *B. cockerelli* en el cultivo de la papa (Garzón et al. 2007), lo que sugiere que este depredador es más susceptible a imidacloprid que la plaga. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Kumar y Santharam (1999) quienes obtuvieron 60% de mortalidad en larvas de *C. carnea* después de consumir huevos contaminados con imidacloprid. Elzen et al. (1998) reportan 83% de mortalidad de adultos de *C. carnea* expuestos a este insecticida.

En general los neonicotinoides tienen actividad de amplio espectro y minimizan su impacto sobre organismos no blanco debido a su actividad sistémica y translaminar (Mizell y Sconyers 1992), sin embargo los efectos de los neonicotinoides en organismos no blanco se ha enfocado sobre imidacloprid para métodos de exposición foliar y sistémico, donde se ha mostrado tóxico a varios insectos depredadores y parasitoides en bioensayos en laboratorio y campo (Elzen 2001, Walker et al. 2007, Prabhaker et al. 2011). Mizell y Sconyers (1992) reportan

Cuadro 1. Concentración Letal Media de *Chrysoperla carnea*, Expuesta a Residuos de Cinco Insecticidas

Table 1. Lethal Concentration of *Chrysoperla carnea*, Exposed to Residues of Five Insecticides

Insecticida	CL ₅₀	Limite fiduciales		CL ₉₅	Limite fiduciales	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
		ppm			ppm	
Abamectina	10.96	8.83	14.28	251.9	138.2	584.1
Bifentrina	223.50	123.56	482.05	1574.0	638.2	50557.0
Endosulfan	1523.00	1100.60	2614.00	16699.0	6787.0	146433.0
Imidacloprid	165.40	80.09	307.21	934.2	453.2	6178.0
Profenos	1.60	0.71	2.58	22.3	13.6	57.3

que imidacloprid presenta efecto tóxico sobre insectos benéficos, similar a los insecticidas convencionales cuando es aplicado en forma foliar, tal como sucedió en este estudio.

El valor de CL_{50} de profenofos fue 952, 166, 106, y 6 veces menor que la CL_{50} de endosulfan, bifentrina, imidacloprid, y abamectina, respectivamente. Estos resultados indican que fue altamente tóxico para *C. carnea*. La alta toxicidad de profenofos sobre *C. carnea* fue similar a lo reportado por Nasreen et al. (2003), quienes obtuvieron 100% de mortalidad en larvas de segundo estadio de este depredador. En general los insecticidas organofosforados son altamente tóxicos a las especies de Chrysopidae y otros insectos depredadores (Tillman y Mullinix 2004, Silva et al. 2005, Giolo et al. 2009, Ahmad et al. 2011).

Depredación de *Chrysoperla carnea*. El consumo promedio de larvas de primer estadio de *C. carnea* expuestas a la CL_{50} de abamectina, bifentrina, y endosulfan no fue diferente al consumo promedio de larvas del testigo ($F = 16.32$, $gl = 5$, $p = 0.0001$), lo que indica que estos insecticidas no influyeron sobre la depredación de las larvas de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli* (Fig. 1).

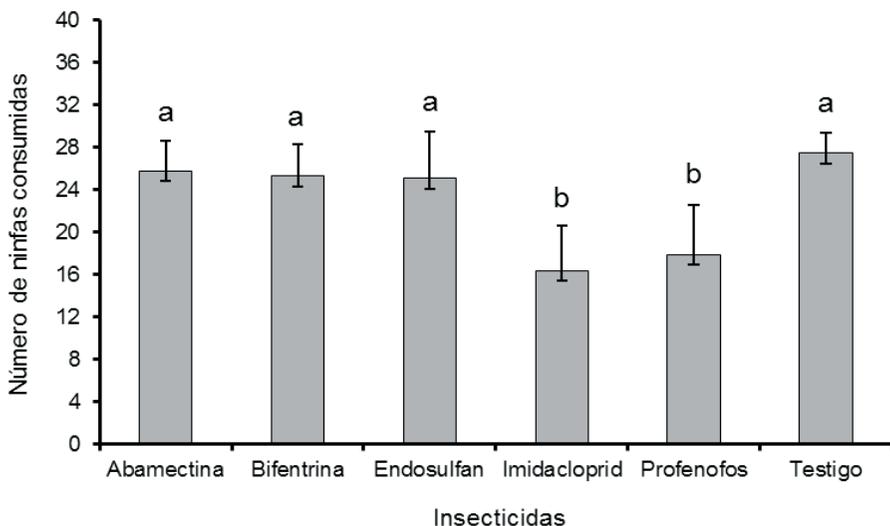


Fig. 1. Comparación del promedio de ninfas de *Bactericera cockerelli* consumidas por larvas de *Chrysoperla carnea* expuestas a la CL_{50} de cinco insecticidas.

Fig. 1. Comparison of the average *Bactericera cockerelli* nymphs consumed by *Chrysoperla carnea* larvae exposed to the LC_{50} effect of five insecticides.

El consumo promedio de larvas de *C. carnea* expuestas a la CL_{50} de imidacloprid y profenofos resultó significativamente menor en comparación al consumo promedio de larvas tratadas con abamectina, bifentrina, endosulfan y el testigo ($F = 16.32$, $gl = 5$, $p = 0.0001$), lo que indica que estos insecticidas tuvieron un efecto negativo en la depredación de larvas de *C. carnea* sobre ninfas de *B.*

cockerelli. Estos resultados coinciden con los estudios de He et al. (2012), quienes obtuvieron una reducción de 60% en la voracidad de *Serangium japonicum* Chapin (Coleoptera: Coccinellidae) sobre huevos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) tratados con 5 ppm de imidacloprid. En nuestro estudio la voracidad de *C. carnea* expuesta a 165 ppm de imidacloprid se redujo 40% en comparación con el testigo, lo que pudiera estar relacionado con efectos del insecticida en el comportamiento locomotor de la larva. Vincent et al. (2000) indican que imidacloprid provoca un incremento en el número de paradas y en la velocidad angular del depredador; estos cambios en el comportamiento locomotor ocurren rápidamente y probablemente precedidos por un efecto de derribo y persisten al menos 24 h, lo que explicaría el efecto negativo de imidacloprid sobre la depredación de *C. carnea*. Una baja selectividad de los insecticidas organofosforados a los depredadores pudiera estar asociada a la hiperestimulación colinérgica y desarrollo de síntomas de envenenamiento tal como hiperexcitación, incoordinación, y parálisis, provocada por la acumulación del neurotransmisor acetilcolina en la sinapsis colinérgica periférica o central (Fernandes et al. 2010), lo que pudo haber afectado el comportamiento alimenticio de *C. carnea*, reduciendo el consumo de ninfas en comparación al testigo.

La evaluación precisa de los efectos letales y subletales de los insecticidas sobre los enemigos naturales es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo integrado de plagas (Desneux et al. 2006). El presente estudio sugiere que *C. carnea* presentó tolerancia a los insecticidas abamectina, bifentrina y endosulfan. Y estos mismos no tuvieron efecto sobre el consumo promedio de ninfas del psílido de la papa. Por consiguiente abamectina y bifentrina y pueden considerarse para su uso junto con liberaciones de *C. carnea* en sistemas de manejo integrado de plagas. En el caso de endosulfan se descartan para su uso con liberaciones de crisopas en programas de manejo integrado de plagas (MIP), debido a efectos nocivos en el ambiente y en la salud humana.

Referencias Citadas

- Ahmad, M., M. Rafiq, M. I. Arif, and A. H. Sayyed. 2011. Toxicity of some commonly used insecticides against *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Pak. J. Zool. 43: 1161-1165.
- Bacci, L., A. L. B. Crespo, T. L. Galvan, E. J. G. Pereira, M. C. Picanço, G. A. Silva, and M. Chediak. 2007. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. Pest Manag. Sci. 63: 699-706.
- Bashir, N. H. H., and L. A. Crowder. 1983. Mechanisms of permethrin tolerance in the common green lacewing. J. Econ. Entomol. 76: 407-409.
- Booth, L. H., S. D. Wratten, and P. Kehrli. 2007. Effects of reduced rates of two insecticides on enzyme activity and mortality of an aphid and its lacewing predator. J. Econ. Entomol. 100: 11-19.
- Bueno, A. F., and S. Freitas. 2004. Effect of the insecticides abamectin and lufenuron on eggs and larvae of *Chrysoperla externa* under laboratory conditions. Biocontrol 49: 277-283.
- Carvalho, G. A., D. Bezerra, B. Souza, e C. F. Carvalho. 2003. Efeitos de insecticidas usados na cultura do algodoeiro sobre *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Neotrop. Entomol. 32: 699-706.

- Corrales, N., and M. Campos. 2004. Population, longevity, mortality and fecundity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) from olive orchards with different agricultural management systems. *Chemosphere* 57: 1613-1619.
- Dennehy, T. J., E. E. Grafton-Cardwell, J. Granett, and K. Barbour. 1987. Practitioner assessable bioassay for detection of dicofol resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 80: 998-1103.
- Desneux, N., R. Ramirez-Romero, and L. Kaiser. 2006. Multi-step bioassay to predict recolonization potential of emerging parasitoids after a pesticide treatment. *Environ. Toxicol. Chem.* 25: 2675-2682.
- Desneux, N., A. Decourtye, and J. M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Elzen, G. W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthracoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 55-59.
- Elzen, G. W., P. J. Elzen, and E. G. King. 1998. Laboratory toxicity of insecticides residues to *Orius insidiosus*, *Geocoris punctipes*, *Hippodamia convergens* and *Chrysoperla carnea*. *Southwest. Entomol.* 23: 335-342.
- Fernandes, F. L., L. Bacci, and M. S. Fernandes. 2010. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *EntomoBrasilis* 3: 1-10.
- Garzón, T. J. A., M. R. Bujarnos, y J. Marín. 2007. Manejo integrado de la paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulc. INIFAP, Campo Experimental Valle de Culiacán, Culiacán, México, folleto para productores. Núm. 54. <http://www.conpapa.org.mx/files/pages/0010/ManualParatrioza.pdf>
- Giolo, F. B., P. Medina, A. D. Grutzmacher, and E. Viñuela. 2009. Effects of pesticides commonly used in peach orchards in Brasil on predatory lacewing *Chrysoperla carnea* under laboratory conditions. *Biocontrol* 54: 625-635.
- Godoy, M. S., G. A. Carvalho, M. G. Junior, A. A. Morais, e L. V. Cosme. 2004. Seletividade de insecticidas utilizados na cultura dos citros para ovos e larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 639-646.
- Golmohammadi, Gh., M. Hezoi, Sh. Iranipour, and S. A. Mohammadi. 2009. Lethal and sublethal effects of endosulfan imidacloprid and indoxacarb, on first instar larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *J. Entomol. Soc. Iran* 28: 37-47.
- Grafton-Cardwell, E. E., and M. A. Hoy. 1985. Intraspecific variability in response to pesticides in the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). *Hilgardia* 53: 1-31.
- Hagley, E. A. C., and N. Miles. 1987. Release of *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera:Chrysopidae) for control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) on peach grown in a protected environment structure. *Can. Entomol.* 119: 119-205.
- Haramboure, M., N. Francesena, G. R. Reboredo, G. Smagghe, R. A. Alzogaray, and M. I. Schneider. 2013. Toxicity of cypermethrin on the neotropical lacewing *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 78: 339-344.
- He, Y., J. Zhao, Y. Zheng, N. Desneux, and K. Wu. 2012. Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. *Ecotoxicology* 21: 1291-1300.

- Ishaaya, I., and J. E. Casida. 1981. Pyrethroid esterase(s) may contribute to natural pyrethroid tolerance of larvae of the common green lacewing. *Environ. Entomol.* 10: 681-684.
- Kumar, K., and G. Santharam. 1999. Laboratory evaluation of imidacloprid against *Trichogramma chilonis* Ishii and *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Biol. Control* 13: 73-78.
- Legaspi, J. C., R. I. Carruthers, and D. A. Nordlund. 1994. Life history of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) provided sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and other food. *Biol. Control* 4: 178-184.
- Liu, T. X., and P. A. Stansly. 2004. Lethal and sublethal effects of two insect growth regulators on adult *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol. Control* 30: 298-305.
- Longley, M., and P. C. Jepson. 1996. The influence of insecticide residues on primary parasitoid and hyperparasitoid foraging behavior in the laboratory. *Entomol. Exp. Appl.* 81: 259-69.
- McEwen, P. K., T. R. R. New, and A. Whittington. 2001. *Lacewing in the Crop Management*. Cambridge University Press.
- Mizell, R. F., and M. Sconyers. 1992. Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. *Fla. Entomol.* 75: 277-280.
- Nasreen, A., G. Mustafa, and M. Ashfaq. 2003. Selectivity of some insecticides to *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory. *Pak. J. Biol. Sci.* 6: 536-538.
- Prabhaker, N., S. J. Castle, S. E. Naranjo, N. C. Toscano, and J. G. Morse. 2011. Compatibility of two systemic neonicotinoids, imidacloprid and thiamethoxam, with various natural enemies of agricultural pests. *J. Econ. Entomol.* 104: 773-781.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schneider, M. I., G. Smagghe, S. Pineda, and E. Vinuela. 2004. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. *Biol. Control* 31: 189-198.
- Shour, M. H., and L. A. Crowder. 1980. Effects of pyrethroid insecticides on the common green lacewing. *J. Econ. Entomol.* 73: 306-309.
- Silva, R. A. S., G. A. Carvalho, C. F. Carvalho, P. R. Reis, A. M. A. R. Pereira, e L. V. Cosme. 2005. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do caféiro a larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) e efeitos sobre as fases subsequentes do desenvolvimento do predador. *Neotrop. Entomol.* 34: 951-959.
- Silva, R. A. S., G. A. Carvalho, C. F. Carvalho, P. R. Reis, B. Souza, e A. M. A. R. Pereira. 2006. Ação de produtos fitossanitários utilizados em caféiros sobre pupas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Cienc. Rural* 36: 8-14.
- Stark, J. D., R. Vargas, and J. E. Vargas. 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. *J. Econ. Entomol.* 104: 1027-1032.
- Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, and K. S. Hagen. 2000. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). *Am. Entomol.* 46: 26-38.

- Thornham, D. G., C. Stamp, K. F. A. Walters, J. J. Mathers, M. Wakefield, A. Blackwell, and K. A. Evans. 2007. Feeding response of adult seven-spotted ladybirds, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), to insecticides contaminated prey in laboratory arenas. *Biocontrol Sci. Techn.* 17: 983-994.
- Tillman, P. G., and B. G. Mullinix Jr. 2004. Comparison of susceptibility of pest *Euschistus servus* and predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) to selected insecticides. *J. Econ. Entomol.* 97: 800-806.
- Vincent, C., A. Ferran, L. Guide, J. Gambier, and J. Brun. 2000. Effects of imidacloprid on *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) larval biology and locomotory behavior. *Eur. J. Entomol.* 97: 501-506.
- Walker, M. K., M. A. W. Stufkens, and A. R. Wallace. 2007. Indirect non-target effects of insecticides on Tasmanian brown lacewing (*Micromus tasmaniae*) from feeding on lettuce aphid (*Nasonovia ribisnigri*). *Biol. Control* 43: 31-40.
- Wiles, J. A., and P. C. Jepson. 1994. Sub-lethal effects of deltamethrin residues on the within crop behavior and distribution of *Coccinella septempunctata*. *Entomol. Exp. Appl.* 72: 33-45.

