

***Scarites anthracinus* (COLEOPTERA: CARABIDAE): EFECTO TÓXICO DE CLORPIRIFOS Y DE CIPERMETRINA EN BIOENSAYOS DE LABORATORIO**

CARLA SALVIO*; PABLO LUIS MANETTI; NATALIA LILIANA CLEMENTE & ALICIA NOEMÍ LÓPEZ

Recibido: 13-11-14

Recibido con revisiones: 30-03-15

Aceptado: 30-03-15

RESUMEN

Los carábidos predadores se concentran en la superficie del suelo y se encuentran expuestos a los efectos adversos a la aplicación de los insecticidas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de Clorpirifos y de Cipermetrina sobre *Scarites anthracinus* (Coleoptera: Carabidae). Se realizaron dos bioensayos por separado en donde se evaluaron distintas dosis de Clorpirifos (concentrado emulsionable (CE), 48% de ingrediente activo (i.a.) y de Cipermetrina (CE, 25% de i.a.). La unidad experimental consistió en colocar un *S. anthracinus* en un recipiente con 500 g de suelo húmedo y 24 g de residuo vegetal. Para el bioensayo con Clorpirifos los tratamientos fueron 0; 24; 48; 120; 240; 480; 960 y 1440 g de i.a. ha⁻¹ y para Cipermetrina: 0; 12,5; 25; 50; 75 y 100 g de i.a. ha⁻¹. El diseño fue completamente aleatorizado con 12 repeticiones y los recipientes se colocaron en una cámara a 20 ± 2 °C y 14L:10O. La proporción de individuos muertos aumentó a medida que las dosis de ambos insecticidas fueron mayores. A partir de 120 g de Clorpirifos ha⁻¹ se alcanzó el 100% de mortalidad a las 120 horas después de la aplicación y su dosis letal media (DL₅₀) fue 60,44 g de i.a. ha⁻¹. Con 100 g de Cipermetrina ha⁻¹ se obtuvo la proporción mayor de muertos 0,6 y su DL₅₀ fue 99,52 g de i.a. ha⁻¹. Clorpirifos fue muy tóxico para *S. anthracinus* ya que con una dosis 8 veces menor que la recomendada a campo se redujo la población a la mitad, mientras que Cipermetrina fue menos perjudicial debido a que su DL₅₀ fue el doble de la dosis recomendada.

Palabras clave. Carábido; organofosforado; piretroide.

***Scarites anthracinus* (COLEOPTERA: CARABIDAE): TOXIC EFFECT OF CHLORPYRIFOS AND CYPERMETHRIN IN LABORATORY BIOASSAYS**

ABSTRACT

Carabid predators are mainly located on the soil surface and they are exposed to the negative effects of insecticides. The aim of this study was to evaluate the effect of Chlorpyrifos and Cypermethrin on *Scarites anthracinus* (Coleoptera: Carabidae). Two bioassays were conducted separately using different doses of Chlorpyrifos (emulsifiable concentrate (EC), 48% active ingredient (a.i.)) and Cypermethrin (CE, 25% a.i.). Each experimental unit consisted of a container filled with 500 g of wet soil and 24 g of vegetal residue where one individual of *S. anthracinus* was placed. In the Chlorpyrifos bioassay treatments were 0; 24; 48; 120; 240; 480; 960 and 1440 g of a.i. ha⁻¹ while in the Cypermethrin bioassay rates were 0; 12.5; 25; 50; 75 and 100 g of a.i. ha⁻¹. A complete randomized experimental design with 12 replicates was set up. Containers were placed in a chamber at 20 ± 2 °C and 14L: 10O. The proportion of dead individuals increased as doses of both insecticides raised. Using a rate of 120 g Chlorpyrifos ha⁻¹ 100% mortality at 120 hours after application was achieved and its median lethal dose (LD₅₀) was 60.44 g a.i. ha⁻¹. On the other hand, the highest proportion of dead individuals (i.e. 0.6) was achieved using a rate of Cypermethrin of 100 g of a.i. ha⁻¹ and LD₅₀ was 99.52 g of a.i. ha⁻¹. Chlorpyrifos was very toxic to *S. anthracinus* because population was reduced to a half by using a dose less than 8 times the recommended for production. Cypermethrin was less harmful since LD₅₀ was only twice the recommended dose.

Key words. Carabid; organophosphate; pyrethroid.

INTRODUCCIÓN

Los coleópteros son un grupo numeroso dentro de la macrofauna, con una considerable riqueza y diversidad, que junto con los dípteros e himenópteros, constituyen más de los dos tercios de la artropodofauna existente en los agroecosistemas (Marasas, 2001). Los coleópteros se encuentran en todos los niveles tróficos y comprenden más de 100 familias, siendo Carabidae la más numerosa (Lövei & Sunderland, 1996; Marasas, 2002). Esta familia tiene hábitos fundamentalmente ligados al suelo y por esta razón, son ampliamente conocidos como "escarabajos del suelo" (Richards & Davies, 1984; Hatteland *et al.*, 2010). Asimismo, los coleópteros se comportan como predadores específicos o inespecíficos de organismos considerados plagas en los cultivos, consumiendo por día aproximadamente su propio peso en masa de alimento (Krooss & Schaefer, 1998; Marasas, 2001). Además, son mejoradores de la estructura y fertilidad del suelo, ya que a través de sus secreciones y deyecciones promueven la creación de un microhábitat edáfico propicio para el desarrollo de aquellas comunidades de microorganismos directamente involucrados en la degradación de la materia orgánica. El conjunto de estas actividades favorecen la aireación e infiltración del agua creando condiciones favorables para un crecimiento adecuado de las raíces de los cultivos (Gassen, 2000).

Por otro lado, los carábidos reaccionan sensiblemente a los cambios antropogénicos que afectan a la calidad del hábitat y por lo tanto, pueden ser considerados como bioindicadores (Kromp, 1989; Rainio & Niemelä, 2003; Holland, 2004; Koivula, 2011; Schwerk & Szyszko, 2011). Entendiéndose como bioindicadores a aquellos organismos que cambian sus características fisiológicas y/o metabólicas al modificarse las condiciones ambientales (Ratte *et al.*, 2003).

Dentro de Carabidae, se encuentra *Scarites anthracinus* (Dejean, 1831) un predador muy voraz cuya alimentación consiste principalmente en orugas de lepidópteros. La presa es consumida sobre la superficie o dentro de los túneles donde pasa la mayor parte del tiempo este predador. Es una especie primaveral que hiberna en estado adulto y larval. Paulatinamente, a partir de septiembre comienza a aumentar su actividad, siendo máxima durante octubre-noviembre y declina notoriamente hacia el verano (Marasas, 2001).

Entre las prácticas agrícolas que afectan a las poblaciones de carábidos se encuentran el uso continuo de

plaguicidas y fertilizantes como así también, los distintos tipos de labranzas (Huusela- Veistola, 1996; van Toor, 2006). Tanto en la Argentina como en otras regiones del mundo, Clorpirifos y Cipermetrina son los insecticidas más utilizados en sistemas de cultivos bajo siembra directa (Jergentz *et al.*, 2005; Casabé *et al.*, 2007). La aplicación foliar de estos plaguicidas causa efectos sobre la supervivencia de estos predadores ya que se concentran cerca o en la superficie del suelo (Stinner & House, 1990). A su vez, los insecticidas ocasionan efectos indirectos debido a que su aplicación disminuye el número de presas disponibles para los carábidos alterando de este modo su alimentación (Fountain *et al.*, 2007; Frampton & van den Brink, 2007). De acuerdo a lo expuesto, se hipotetiza que Clorpirifos y Cipermetrina a las dosis recomendadas en el campo disminuyen la supervivencia de *Scarites anthracinus* en consecuencia, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto letal de ambos insecticidas sobre este predador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los dos bioensayos se recolectaron adultos de *S. anthracinus* mediante trampas de caída (Spence & Niemelä, 1994). Cada trampa de caída consistió en un recipiente de plástico de 1000 cc enterrado con la boca a nivel de la superficie del suelo. Cada una fue colocada en lotes bajo siembra directa ubicados en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina (37°45' S; 58°18' O, 120 m snm.). Las trampas se revisaron diariamente y los individuos capturados se colocaron individualmente en recipientes de plástico con tapa de 20 cm x 20 cm con 500 g de suelo y 24 g de residuos vegetales. Los carábidos se alimentaron con pulgones vivos y se llevaron a una cámara a 20 ± 2 °C y con un fotoperíodo de 14L: 10O. Los ejemplares se mantuvieron una semana para su aclimatación y luego se utilizaron para los diferentes bioensayos.

La unidad experimental (UE) de cada bioensayo consistió en colocar un adulto de *S. anthracinus* dentro de un recipiente de plástico con tapa, de 20 cm x 20 cm, con 500 g de suelo húmedo y 24 g de residuo vegetal (trigo). Las propiedades físicas y químicas del suelo utilizado fueron las siguientes: 5,1% de materia orgánica; 20,9% de arcilla; 34,9% de limo; 44,2% de arena; pH=7,7; conductividad 0,6 mmhos cm⁻¹ y capacidad de intercambio catiónica (C.I.C.) 29,3 meq 100 g⁻¹. Se probaron dos insecticidas por separado Clorpirifos (concentrado emulsionable (CE), 48% de ingrediente activo (i.a.)) y Cipermetrina (CE, 25 de i. a.). Los tratamientos fueron: 0; 24; 48; 120; 240; 480; 960 y 1440 g de Clorpirifos ha⁻¹ y 0; 12,5; 25; 50; 75 y 100 g de

Cipermetrina ha^{-1} . Para cada bioensayo se realizaron diluciones en agua destilada para lograr las dosis adecuadas de g de i.a. por kg de suelo de peso seco, teniendo en cuenta que el peso de una hectárea equivale a 600.000 kg con una densidad aparente de $1,2 \text{ M m}^{-3}$ y una profundidad de 5 cm. La aplicación de los diferentes tratamientos de cada insecticida se realizó sobre la superficie mediante un asperjador manual, manteniendo el mismo volumen final de aplicación en cada UE.

El diseño para ambos bioensayos fue completamente aleatorizado con 12 repeticiones y los recipientes se colocaron en la cámara de cría mencionada con anterioridad. Las observaciones se realizaron a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de la aplicación (HDA) y se determinaron el número de individuos vivos y muertos así como, los síntomas de intoxicación.

Para determinar la relación entre la proporción de *S. anthracinus* muertos y la dosis de cada uno de los plaguicidas a las 120 horas después de la aplicación se ajustó un modelo no lineal con una función logística de dos parámetros. La función es simétrica en su punto de inflexión y tiene un límite inferior igual a 0 (donde no se encuentran individuos muertos cuando la dosis es igual a 0) y un límite superior igual a 1 (donde se encuentran todos los individuos muertos con la dosis mayor). La función se expresa de la siguiente manera:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$$

x: es la dosis de cada insecticida (g de i.a. ha^{-1}); b: pendiente y e: es la dosis letal media (DL_{50}) o punto de inflexión.

El ajuste se realizó a través del paquete *drm* (dose-response models) del programa R 2.15.2 (R Development Core Team, 2012) y para cada uno de los insecticidas se estimaron las DL_{50} en g de i.a. ha^{-1} y sus respectivos intervalos del 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La proporción de individuos muertos de *S. anthracinus* aumentó a medida que la dosis de Clorpirifos fue mayor. Con 120, 480, 960 y 1440 g de i.a. ha^{-1} se alcanzó el 100 % de mortalidad a las 120 HDA (Fig. 1). Por lo tanto, con la dosis recomendada en el campo que es de 480 g de i.a. ha^{-1} se observó el efecto letal sobre *S. anthracinus* a las 120 HDA (Fig. 1).

La dosis de Clorpirifos necesaria para matar el 50 % de la población de *S. anthracinus*, es decir, su DL_{50} fue 60,44 g de i.a. ha^{-1} (Tabla 1). En consecuencia, este insecticida fue muy tóxico para *S. anthracinus* ya que con una dosis 8 veces menor que la recomendada, Clorpirifos redujo la población a la mitad.

En coincidencia con estos resultados y en condiciones controladas, Floate *et al.* (1989) determinaron que 480 g de Clorpirifos ha^{-1} es muy tóxico sobre los carábidos predadores *Bembidion obscurellum* y *B. quadrimaculatum* debido a que causa una mortalidad de 83 a 100% y además, su toxicidad residual se mantiene elevada después de una

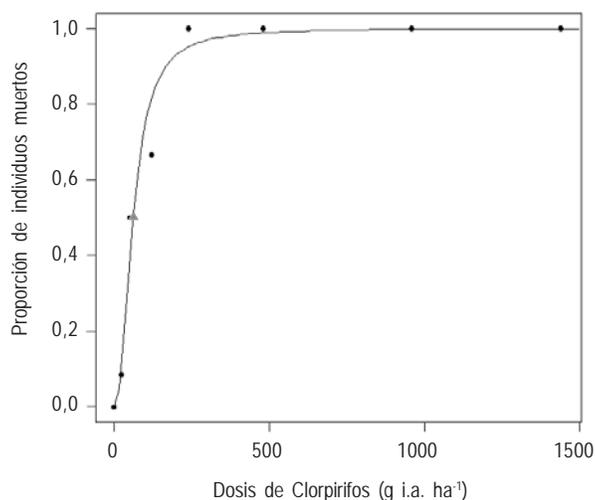


Figura 1. Curva dosis respuesta de la proporción de individuos muertos de *Scarites anthracinus* a las distintas dosis de Clorpirifos (g de i.a. ha^{-1}) a las 120 horas después de la aplicación. ● Promedio ▲ Dosis letal 50 (DL_{50}).

Figure 1. Dose response curve of the proportion of death individuals *Scarites anthracinus* as related to different doses of Chlorpyrifos (g a.i. ha^{-1}) 120 hours after insecticide application. ● Mean ▲ Lethal dose 50 (LD_{50}).

Tabla 1. Dosis letal media (DL_{50}), desvío estándar e intervalo de confianza de Clorpirifos y de Cipermetrina para *Scarites anthracinus*.

Table 1. Mean lethal dose (LD_{50}), standard deviation and confidence interval of Chlorpyrifos and Cypermethrin for *Scarites anthracinus*.

Ingrediente activo	Dosis letal media (DL_{50}) (g de i.a. ha^{-1})	Desvío estándar	Intervalo de confianza (95%)	
Clorpirifos	60,44	10,90	39,07	81,81
Cipermetrina	99,52	46,89	7,62	191,43

semana. Asimismo, en varios ensayos a campo se observó que 720 g de Clorpirifos ha^{-1} disminuye la densidad activa de los carábidos (Clements *et al.*, 1988; Asteraki *et al.*, 1992). De igual manera, Curtis & Horne (1995) estudiaron los efectos de Clorpirifos sobre los carábidos predadores y encuentran que se reduce su densidad activa luego de los 6 días de su aplicación. Comparando dichos resultados con la dosis de aplicación recomendada del insecticida y la utilizada en este bioensayo 480 g de i.a. ha^{-1} , se determinó que el insecticida es letal para *S. anthracinus*.

A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, Turner *et al.* (1990) confirmaron que la dosis recomendada de Clorpirifos para su utilización en el campo no causa mortalidad sobre *Pterostichus melanarius*, en cambio con una dosis 4 veces mayor se observó un aumento de su mortalidad.

Por otra parte, los plaguicidas pueden ocasionar efectos indirectos sobre los carábidos debido a que su aplica-

ción disminuye el número de presas disponibles para los organismos alterando de este modo su alimentación (Asteraki *et al.*, 1992). Aunque en este estudio no se evaluaron aquellos efectos indirectos hay varios trabajos que demuestran que tanto la diversidad como la riqueza de los colémbolos, que sirven de alimento a *P. oblongopunctatus*, se reducen con la aplicación de Clorpirifos (Fountain *et al.*, 2007; Frampton & van den Brink, 2007). A su vez, los carábidos pueden consumir presas intoxicadas con los plaguicidas causándoles efectos letales. En efecto, Mauchline *et al.* (2004) observaron mortalidad significativa en las especies *P. madidus*, *P. melanarius* y *Nebria brevicollis* cuando ingirieron áfidos intoxicados con el insecticida Dimetoato.

Se han realizado varios estudios con otros insecticidas organofosforados que producen efectos tóxicos sobre los carábidos. Por ejemplo, Lee *et al.* (2001) encontraron que la aplicación de Terbufos reduce la densidad activa de estos

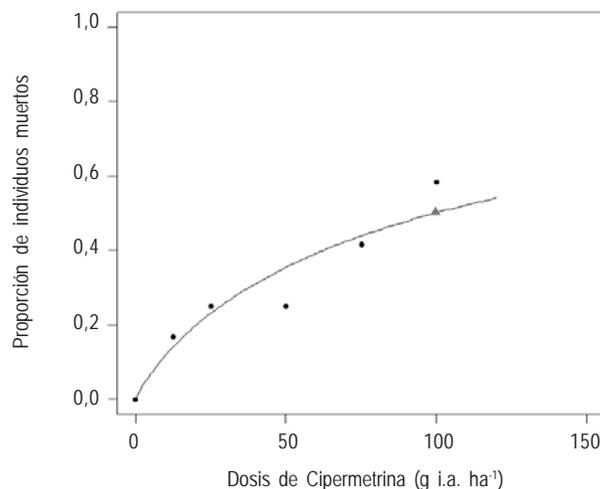


Figura 2. Curva dosis respuesta de la proporción de individuos muertos de *Scarites anthracinus* a las distintas dosis de Cipermetrina (g de i.a. ha^{-1}) a las 120 horas después de la aplicación. ● Promedio ▲ Dosis letal 50 (DL_{50}).

Figure 2. Dose response curve of the proportion of death individuals *Scarites anthracinus* as related to different doses of Cypermethrin (g a.i. ha^{-1}) 120 hours after application. ● Mean ▲ Lethal dose 50 (LD_{50}).

organismos. Holland & Luff (2000) y Kennedy *et al.* (2001) observaron que Dimetoato produce el mismo efecto. A su vez, Freuler *et al.* (2003) detectaron que Fonofos y Dime-toato reducen la densidad de los carábidos pero no produce cambios en la composición de las especies. Por lo tanto, se evidencia que los insecticidas organofosforados poseen un efecto letal sobre los carábidos predadores.

Con respecto a Cipermetrina se observó que la proporción de individuos muertos aumentó a medida que la dosis del plaguicida fue mayor, si bien no se alcanzó el 100% de mortalidad de los individuos con las dosis utilizadas (Fig. 2). Con la dosis mayor 100 g de i. a. ha⁻¹ se obtuvo la proporción mayor de muertos 0,6 y con la dosis utilizada habitualmente en el campo 50 g de i. a. ha⁻¹ una proporción de 0,25 individuos muertos (Fig. 2).

La DL₅₀ de Cipermetrina fue 99,52 g de i.a. ha⁻¹ (Tabla 1) observándose que el plaguicida fue menos perjudicial sobre *S. anthracinus* con respecto a Clorpirifos, ya que la DL₅₀ fue aproximadamente el doble de la dosis de aplicación recomendada en el campo que es 50 g de i.a. ha⁻¹.

Al igual que los resultados obtenidos en este bioensayo, Shires (1985) observó que la aplicación de 100 g de Cipermetrina ha⁻¹ disminuye en un 50 % aproximadamente el número de carábidos después de una semana de su aplicación. Los autores observaron que su densidad se recupera entre la cuarta y la sexta semana después de la aplicación. Por otro lado, Purvis *et al.* (1988) observaron que solamente 5 g i.a. ha⁻¹ de Deltametrina y de Cipermetrina ocasionan sobre la densidad de los carábidos una reducción de 70% con respecto al testigo en un período de dos meses. De igual manera, Curtis & Horne (1995) detectaron que 10 g de Cipermetrina ha⁻¹ disminuye la densidad activa de los carábidos a los 6 días después de su aplicación. Asimismo, Freuler *et al.* (2003) determinaron que el mismo piretroide si bien no modifica la composición de las especies, reduce el número de los organismos, principalmente de *B. quadrimaculatum*. No obstante, ya diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, Šlachta & Vokoun (2010) determinaron que 150 g de Cipermetrina ha⁻¹ no causa efectos adversos sobre la abundancia, composición y dominancia de las especies de carábidos en condiciones de campo. De igual manera, Gyldenkaerne *et al.* (2000) observaron que una dosis de Cipermetrina 8 veces mayor que la aplicada en el campo no produce efectos letales sobre *P. melanarius* y *Calathus erratus*. Otros piretroides como Lambdacialotrina produce una reducción en la densidad activa de los carábidos aunque sus efectos

desaparecen luego de un año (Wick & Freier, 2000, en van Toor, 2006). También, Deltametrina produce efectos semejantes después de la segunda y cuarta semana de su aplicación (Huusela-Veistola, 2000).

Los síntomas de intoxicación observados en *S. anthracinus* luego de la exposición a Clorpirifos y Cipermetrina fueron: hiperactividad, convulsiones, parálisis y luego la muerte. Tales síntomas fueron informados por Jensen *et al.* (1997) para *P. cupreus* expuesto a otro organofosforado como Dimetoato. Por otra parte, Kivimägi *et al.* (2009) evaluaron el efecto de Cipermetrina sobre *Platynus assimilis* y encontraron que el plaguicida produce la parálisis del carábido luego de los 3 días de su aplicación. Asimismo, Prasifka *et al.* (2008) observaron inicialmente aumento en la actividad de *S. quadriceps* y luego una inhibición en su movimiento después de la exposición a Teflutrina y Lambdacialotrina.

La mayoría de los trabajos realizados con Clorpirifos y Cipermetrina se han probado sobre diversos carábidos y por lo tanto, este estudio aporta información valiosa de los efectos letales que causan aquellos insecticidas sobre *S. anthracinus*, carábido presente en nuestro sistema de cultivo.

CONCLUSIONES

Clorpirifos resultó muy tóxico para *S. anthracinus* ya que con una dosis 8 veces menor que la recomendada en el campo, 480 g i.a. ha⁻¹, se redujo la población a la mitad. Mientras que, Cipermetrina fue menos perjudicial debido a que su DL₅₀ fue aproximadamente el doble de la dosis de aplicación recomendada en el campo, 50 g de i.a. ha⁻¹. En consecuencia, si bien los insecticidas producen reducción de las especies plaga, también producen efectos adversos sobre los organismos benéficos del suelo alterando el funcionamiento del agroecosistema. Por lo tanto, se debería utilizar dichos insecticidas en el momento oportuno y a la dosis adecuada de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Asteraki, E.J; CB Hanks & RO Clements. 1992. The impact of two insecticides on predatory ground beetles (Carabidae) in newly-sown grass. *Ann. Appl. Biol.* 120: 25-39.
- Casabé, N; L Piola; J Fuchs; ML Oneto; L Pamparato; S Basack; R Jiménez; R Massaro; JC Papa & E Kesten. 2007. Ecotoxicological assessment of the effects of Glyphosate and Chlorpyrifos in an Argentine soya field. *J. Soils Sediments* 7(4): 232-239.

- Clements, RO; CA Jackson & EJ Asteraki. 1988. Studies on the impact of chlorpyrifos used in grassland on birds, mammals and carabid beetes. *In: PP Stahle (ed)*. Proceedings of the Fifth Australasian Conference on Grassland Invertebrate Ecology. Pp. 216-220.
- Curtis, JE & PA Horne. 1995. Effect of Chlorpyrifos and Cypermethrin Applications on Non-Target Invertebrates in a Conservation-Tillage Crop. *J. Aust. Ent. Soc.* 34: 229-231.
- Floate, KD; RH Elliott; JF Doane & C Gillott. 1989. Field bioassay to evaluate contact and residual toxicities of insecticides to carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *J. Econ. Entomol.* 82(6): 1543-1547.
- Fountain, MT; VK Browne; AC Gange; WOC Symondson & PJ Murray. 2007. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities. *Pedobiologia* 51: 147-158.
- Frampton, GK & PJ van den Brink. 2007. Collembola and macroarthropod community responses to carbamate, organophosphate and synthetic pyrethroid insecticides: Direct and indirect effects. *Environ. Pollut.* 147: 14-25.
- Freuler, J; G Blandenier; H Meyer & P Pignon. 2003. Effects of chemical control programs against cabbage pests on ground dwelling fauna. *Bulletin OILB/SROP* 26(3): 371.
- Gassen, DN. 2000. Os escarabeidos na fertilidade de solo sob plantio direto. XXIV Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de las plantas; VIII Reunião brasileira sobre micorrizas; VI Simposio brasileiro de microbiología del suelo y III Reunião brasileira de biología del suelo. Santa María, 22 al 26 de octubre de 2000. Brasil. 7pp.
- Gyldenkaerne, S; HP Ravn & B Halling-Sorensen. 2000. The effect of dimethoate and cypermethrin on soil-dwelling beetles under semi-field conditions. *Chemosphere* 41: 1045-1057.
- Hatteland, BA; K Grutle; CE Mong; J Skartveit; WOC Symondson & T Solhøy. 2010. Predation by beetles (Carabidae, Staphylinidae) on eggs and juveniles of the Iberian slug *Arion lusitanicus* in the laboratory. *Bull. Entomol. Res.* 100(5): 559-567.
- Holland, JM. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosyst. Environ.* 103: 1-25.
- Holland, JM & ML Luff. 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Manag. Rev.* 5(2): 109-129.
- Huusela-Veistola, E. 1996. Effects of pesticide use and cultivation techniques on ground beetles (Col. Carabidae) in cereal fields. *Ann. Zool. Fennici.* 33: 197-205.
- Jensen, CS; L Garsdal & E Baatrup. 1997. Acetylcholinesterase inhibition and altered locomotor behavior in the carabid beetle *Pterostichus cupreus*. A linkage between biomarkers at two levels of biological complexity. *Environ. Toxicol. Chem.* 16(8): 1727-1732.
- Jergentz, S; H Mugni; C Bonetto & R Schulz. 2005. Assessment of insecticide contamination in runoff and stream water of small agricultural streams in the main soybean area of Argentina. *Chemosphere* 61: 817-826.
- Koivula, MJ. 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *In: DJ Kotze, T Assmann; J Noordijk; H Turin & R Vermeulen (eds)*. Carabid Beetles as Bioindicators: Biogeographical, Ecological and Environmental Studies. *ZooKeys* 100: 287-317.
- Kennedy, PJ; KF Conrad; JN Perry; D Powell; J Aegerter; AD Todd; KFA Walters & W Powell. 2001. Comparison of two field-scale approaches for the study of effects of insecticides on polyphagous predators in cereals. *Appl. Soil Ecol.* 17(3): 253-266.
- Kivimägi, I; A Ploomi; L Metspalu; E Svilponis; K Jõgar; K Hiisaar; A Luik; I Sibul & A Kuusik. 2009. Physiology of a carabid beetle *Platynus assimilis*. *Agron. Res.* 7(1): 328-334.
- Kromp, B. 1989. Carabid beetle communities (Carabidae, Coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 27(1-4): 241-251.
- Krooss, S & M Schaefer. 1998. The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agr. Ecosyst. Environ.* 69: 121-133.
- Lee, JC; FD Menalled & DA Landis. 2001. Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. *J. Appl. Ecol.* 38: 472-483.
- Lövei, G & KD Sunderland. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* 41: 231-256.
- Marasas, ME. 2001. Efectos de distintos sistemas de labranza y diversidad de la coleoptero fauna edáfica, con especial referencia a las especies de Carabidae, en un cultivo de trigo y los ambientes naturales circundantes. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias Naturales y Museo, Universidad Nacional de la Plata, 113 p.
- Marasas, ME. 2002. La coleoptero fauna edáfica y su relación con la calidad del suelo. *En: SJ Sarandón (ed)*. Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. Pp: 135-151.
- Mauchline, AL; JL Osborne & W Powell. 2004. Feeding responses of carabid beetles to dimethoate-contaminated prey. *Agric. For. Entomol.* 6(2): 99-104.
- Prasifka, JR; MD Lopez; RL Hellmich & PL Prasifka. 2008. Effects of insecticide exposure on movement and population size estimates of predatory ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pest Manag. Sci.* 64: 30-36.
- Purvis, G; N Carter & W Powell. 1988. Observations on the effects of an autumn application of a pyrethroid insecticide on non-target predatory species in winter cereals. *In: R Cavarelo & KD Sunderland (eds)*. Integrated crop protection in cereals. Pp. 153-166.
- Rainio J & J Niemelä. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 12: 487-506.
- R Development Core Team. 2012. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 2.15.2.
- Ratte, HT; M Hammers-Wirt & M Cleuvers. 2003. Ecotoxicity testing. *In: BA Markert; AM Breure & HG Zechmeister (eds)*. Bioindicators and biomonitors. Pp. 221-256.
- Richards, OW & RG Davies. 1984. Tratado de entomología Immns, T.2. Omega, Barcelona. Pp. 448-451.
- Schwerk, A & J Szyszko. 2011. Model of succession in degraded areas based on carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *In: DJ Kotze; T Assmann; J Noordijk; H Turin & R Vermeulen (eds)*. Carabid Beetles as Bioindicators: Biogeographical, Ecological and Environmental Studies. *ZooKeys* 100: 319-332.
- Shires, SW. 1985. A comparison of the effects of cypermethrin, parathion-methyl and DDT on cereal aphids, predatory beetles, earthworms and litter decomposition in spring wheat. *Crop Prot.* 4(2): 177-193.
- Šlachta, M & J Vokoun. 2011. Impact of a pyrethroid insecticide application on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a winter rape stand. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LIX, No. 3, pp. 179-184.

- Spence, JR & JK Niemelä. 1994. Sampling ground beetle assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can. Entomol.* 126: 881-894.
- Stinner, BR & GJ House. 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation - tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 299-318.
- Turner, AS; JS Bale & RO Clements. 1990. Effects of a range of pesticides on the carabid beetle *Pterostichus melanarius* (Ill) using a microplot technique. *J. Appl. Entomol.* 109 (1-5): 463-469.
- van Toor, RF. 2006. The effects of pesticides on carabidae (Insecta: Coleoptera), predators of slugs (Mollusca: Gastropoda): literature review. *N. Z. Plant Protect.* 59: 208-216.

