

PEST MANAGEMENT

Toxicidad de Spiromesifen en los Estados Biológicos de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)

JORGE I TUCUCH-HAAS¹, J CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ-MACIEL¹, ÁNGEL LAGUNES-TEJEDA¹, GONZALO SILVA-AGUAYO², SOTERO AGUILAR-MEDEL³, AGUSTÍN ROBLES-BERMEDEZ⁴, JUAN M GONZALEZ-CAMACHO⁵

¹Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico; concho@colpos.mx

²Depto de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Univ de Concepción, Chillán, Chile; ³Centro Universitario Tenancingo, Univ Autónoma del Estado de México, Mexico; soteromex@hotmail.com

⁴Facultad de Agronomía, Univ Autónoma de Nayarit; ⁵Socioeconomía, Estadística e Informática. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico; jmgc@colpos.mx

Edited by Raul N Guedes – UFV

Neotropical Entomology 39(3):436-440 (2010)

Toxicity of Spiromesifen to the Developmental Stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)

ABSTRACT - Spiromesifen is an insecticide that inhibits the synthesis of lipids and, in Mexico, its use against the Tomato-Potato Psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc), on chili pepper (*Capsicum annum*), tomato (*Lycopersicon sculentum*) and potato (*Solanum tuberosum*) began in 2005; however more information is needed to understand its toxicity on this insect pest. The aim of this research was to determine the toxicity of spiromesifen against each of the biological stages of tomato-potato psyllid, its effect on fertility and viability of eggs deposited by treated females, as well as the female preference to lay eggs on treated and non treated plants. The relative toxicity at 95% mortality (highest LC₉₅ value /LC₉₅ value of the respective biological stage) of spiromesifen in egg, nymph 1, nymph 2, nymph 3, nymph 4, and nymph 5 were 517.5; 31316.2; 2950.1; 315.6; 18.2 and 1-fold, respectively. There were no differences in the toxicity of spiromesifen between adult males and females. The number of laid eggs was reduced as the spiromesifen concentration used to treat female increased and egg hatch was reduced in all tested doses. In the “no choice” test, females deposited 38.6 ± 2.01 eggs by leaf of non treated chili pepper type jalapeño, while in the treated with 360 mg L⁻¹ we observed 0.3 ± 0.08 eggs by leaf. In the “choice” test, the oviposition decreased as the dose increased. There were no eggs on plants treated with 2400 mg L⁻¹ of spiromesifen.

KEY WORDS: Tetrionic acid, tomato-potato psyllid

En México, el salerillo, *Bactericera cockerelli* [Sulc], se documentó por primera vez en 1947 como plaga de la papa, *Solanum tuberosum* L., en los estados de Durango, Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas (Pletsch 1947). Actualmente se encuentra ampliamente distribuido en el país y representa una seria limitación en la producción de cultivos de chile, *Capsicum annum* L., papa y jitomate, *Lycopersicon sculentum* Mill (Garzón *et al* 2005). Además del daño directo que provoca al succionar la savia de las plantas también transmite fitoplasmas que pueden causar 100% de pérdidas de cosecha (Liu & Trumble 2004, 2005). Esta plaga posee una amplia capacidad para elevar su densidad de población, dado que la hembra puede depositar hasta 1400 huevecillos durante su vida (Liu & Trumble 2006) y se alimenta de una gran variedad de plantas silvestres y cultivadas de las familias Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Violaciae, Chenopodiaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae,

Rosaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae y Zygophyllaceae (Pletsch 1947, Wallis 1955).

A pesar de los avances en el manejo integrado del salerillo (Garzón *et al* 2005), el combate químico sigue siendo una herramienta muy importante para mantener la densidad de población por debajo del umbral económico (Lawson *et al* 1999). Dada la capacidad para desarrollar resistencia a insecticidas y la exigencia del mercado para reducir el uso de productos de elevado riesgo al ambiente y salud humana, la industria de agroquímicos se ha enfocado al desarrollo de insecticidas de alta eficacia biológica, bajo impacto sobre los agentes de control biológico y amplio margen de seguridad al ambiente. Como resultado de estos esfuerzos, en 2005 se introdujo al mercado el insecticida spiromesifen, que pertenece al grupo de los ácidos tetrónicos y actúa inhibiendo la síntesis de lípidos (Liu 2003). En México, dicho insecticida está registrado para su uso contra el salerillo en

cultivos de papa, chile y jitomate en dosis de 115,5-138,6 ml de ingrediente activo (i.a.) ha⁻¹ y 92,4-138,6 ml i.a. ha⁻¹, respectivamente (SENASICA 2007). Sin embargo, se requiere más información sobre aspectos importantes de su toxicidad sobre la plaga. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la toxicidad diferencial de spiromesifen sobre cada uno de los estadios biológicos del salerillo (huevecillo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3, ninfa 4, ninfa 5, macho y hembra), el efecto en la oviposición y eclosión de huevecillos provenientes de hembras tratadas y la preferencia de las hembras para depositar sus huevecillos en plantas tratadas y no tratadas.

Material y Métodos

Se utilizó una población de *B. cockerelli* susceptible a insecticidas proporcionada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Celaya, Guanajuato. Originalmente, los individuos se recolectaron de plantas silvestres y desde entonces se han reproducido en invernadero, libres de presión de selección por insecticidas desde el año 2002 (aproximadamente 140 generaciones). La cría se realizó sobre plantas de chile Jalapeño de ≥ 100 d de edad.

Se utilizó el insecticida Oberón® 240 SC (Spiromesifen, suspensión concentrada, 240 g de i.a. L⁻¹; Bayer Cropscience de México S.A. de C. V.). Este se diluyó con agua destilada para preparar las concentraciones requeridas.

Ensayo. Se utilizó el ensayo de inmersión de hoja descrito para el psílido del peral (*Psylla* spp.) propuesto por el Comité de Acción de la Resistencia a Insecticidas con ligeras modificaciones. Se determinó el rango de concentraciones que produjeran de cero a 100% de mortalidad (ventana de respuesta biológica) en cada uno de los estadios de *B. cockerelli*. Posteriormente se incluyeron seis concentraciones intermedias que cubrieran dicho rango. En total se realizaron 10 repeticiones en días consecutivos y cada repetición incluyó un testigo sin tratar. Cada repetición tuvo en promedio 595 para huevecillos; de 153 a 223 para ninfas; 160 para machos y 143 para hembras. El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo sin tratar fue 10% y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbott 1925). En todos los casos, los individuos tratados se mantuvieron en condiciones controladas a $23 \pm 3^\circ\text{C}$, humedad relativa $50\% \pm 4$ y fotofase 16:8 h luz: oscuridad.

Ensayos en huevecillos. De las hojas del estrato medio de plantas de chile de 100 d de edad, se cortaron discos de 3,3 cm de diámetro y se colocaron con el envés hacia abajo en una caja Petri que contenía 3 ml de agar al 2%. Posteriormente, se introdujeron 10 parejas de *B. cockerelli* de 20h a 24h de edad en cada caja Petri para que ovipositaran durante 24h sobre los discos foliares. Se contaron los huevecillos y el disco infestado se sumergió en la concentración a evaluar de spiromesifen (0,001; 0,1; 1; 10; 100; 1000; 3000; y 10000 mg L⁻¹) durante 15 s. Luego se dejó en campana de flujo laminar durante 30 min para eliminar el exceso de humedad y, para depositar los adultos en su posición normal, éste se colocó

con el envés hacia arriba en cajas petri de 4 cm de diámetro conteniendo 3 ml de agar (2%, p/v) en agua destilada. A las 72h se determinó el porcentaje de mortalidad y se consideró muerto aquel huevecillo que presentaba color oscuro o que estuviera deshidratado.

Ensayo en ninfas. Las evaluaciones se realizaron sobre ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3, ninfa 4 y ninfa 5. En cada disco de hoja se colocaron de 10 a 20 ninfas sanas del instar respectivo y a los 30 min se sumergió el disco foliar infestado en la concentración respectiva de spiromesifen siguiendo el procedimiento antes descrito. Se consideró ninfa muerta aquella que presentaba cuerpo flácido, con los apéndices pegados al cuerpo o que no reaccionaba al estímulo de un toque de pincel.

Ensayo en adultos. En ensayos separados, grupos de 20 a 32 individuos sin sexar de 20 a 24 h de edad se anestesiaron con CO₂ a 20 Psi de presión durante 2 min y la concentración requerida de spiromesifen se asperjó mediante el uso de una torre de Potter (Potter 1952) que se calibró para aplicar de 2 mg cm⁻² (Hassan 1985). De cada concentración se aplicaron 15 ml a una presión de 0,703 kg cm⁻² (10 lb pulgada⁻²) y después de 1 min, los adultos tratados se depositaron en discos foliares sin tratar, registrándose el porcentaje de mortalidad a las 72h. Se consideró muerto aquel individuo que no saltaba o no respondía al toque del pincel. Además se registró el promedio de huevecillos depositados a los cuatro días en cada disco de hoja y el porcentaje de éstos que habían eclosionado a los 10 días.

Evaluación de la preferencia para ovipositar en plantas tratadas. Para evaluar la preferencia de las hembras para depositar sus huevecillos en plantas tratadas con spiromesifen, en comparación con las no tratadas, se realizaron dos tipos de evaluaciones: “no elección” y “elección”.

Evaluación de “no elección”. Con un aspersor manual de cinco litros de capacidad marca Swissmex® con boquilla de cono hueco se asperjaron hasta “punto de goteo” plantas de chile jalapeño de 100 d de edad. Se utilizó la dosis de campo de spiromesifen, 360 mg L⁻¹. A los 45 min se introdujeron en una jaula entomológica (2,0 × 1,5 × 1,5 m) 10 plantas tratadas y 20 parejas de insectos de 20-24h de edad para que ovipositaran libremente durante 5 d. Los insectos se mantuvieron bajo condiciones de invernadero, como lo sugiere Liu & Trumble (2006). El testigo se manejó de la misma manera, pero la jaula contenía 10 plantas sin tratar. Para evaluar la preferencia para ovipositar, se seleccionó al azar una hoja del tercio superior de cada planta y se contabilizó el número promedio de huevecillos depositados por hoja. Este experimento se repitió 10 veces en días consecutivos.

Evaluación de “elección”. En una jaula entomológica se colocaron ocho plantas al azar, cuidando que no hicieran contacto entre ellas. Cada planta había sido previamente tratada (45 min) con una concentración diferente de spiromesifen [cero (testigo sin tratar); 0,0024; 0,024; 0,24; 2,4; 24; 240 y 2400 mg L⁻¹]. El resto del procedimiento fue como se explicó anteriormente. En total se realizaron 10 repeticiones en días consecutivos y el arreglo de las plantas

dentro de la jaula fue aleatorio en cada repetición.

Análisis estadístico. Para estimar la concentración letal que elimina al 50% (CL₅₀) o 95% (CL₉₅) de la población, se utilizó el procedimiento Proc Probit de SAS (SAS Institute 2003). Se consideró que a un nivel determinado de mortalidad (CL₅₀ o CL₉₅), la respuesta entre estadios bajo comparación, era significativamente diferente si sus límites de confianza (LC) al 95% no se traslapaban, como lo indica Robertson & Preisler (1992). Para calcular la toxicidad relativa al 50% (TR₅₀), se dividió el mayor valor de la CL₅₀ observado entre el valor de la CL₅₀ del estadio respectivo; el mismo procedimiento se aplicó para determinar TR₉₅, pero usando valores de CL₉₅. Las diferencias estadísticas de la tasa de oviposición entre plantas tratadas con spiromesifen y no tratadas de la prueba “no elección”, se estimaron mediante la prueba t no apareada (P ≤ 0,05).

Un análisis de regresión log-lineal se efectuó para determinar la relación de las variables respuesta y's: número de huevecillos depositados, número de huevecillos eclosionados y porcentaje de eclosión; y como variable independiente x, la concentración de spiromesifen en (mg L⁻¹). El modelo no lineal de la forma $y = b_0 x^{b_1}$ se transformó a la forma:

$\ln(y+1) = \ln(b_0) + b_1 \ln(x+1)$. El análisis de regresión se

realizó con el programa de análisis estadístico SAS (SAS Institute 2003).

Resultados y Discusión

Todos los estadios biológicos de *B. cockerelli* fueron susceptibles a spiromesifen (Tabla 1). La CL₉₅, toxicidad relativa (TR₉₅) de spiromesifen en huevecillo, ninfa 1, ninfa 2, ninfa 3, ninfa 4 y ninfa 5 fue 17,5; 31316,2; 2950,1; 315,6; 18,2 y 1×, respectivamente (Tabla 1). A 50% de mortalidad, la CL₅₀ del huevecillo fue similar a la que se observó en ninfa 3 y 4; mientras que a la CL₉₅, la toxicidad de dicho insecticida en huevecillo fue similar a la observada en los instares ninfales 3 a 5. El efecto ovicida del spiromesifen también se ha observado en huevecillos de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B, donde a dosis ≥ 2960 mg L⁻¹ empieza a causar mortalidad (Liu 2003); además, la eclosión de los huevecillos fue nula a 24000 mg L⁻¹, ya sea por contacto directo (huevecillo tratado) o vía hembra tratada. Las ninfas que emergieron de los huevecillos tratados con las concentraciones de 0,0024; 0,024; 0,24; 2,4 y 24 mg L⁻¹ no alcanzaron a mudar exitosamente, debido probablemente a que no existe suficiente disponibilidad de lípidos, como sugieren Liu & Trumble (2006).

Tabla 1 Toxicidad del insecticida spiromesifen en los diferentes estadios biológicos de *Bactericera cockerelli*.

Estadio	n [†]	b ± EE [‡]	CL ₅₀ § (95% LC) ^{&}	CL ₉₅ § (95% LC) ^{&}	Pr > χ ^{2*}	TR ₅₀ ^Φ	TR ₉₅ ^{ΦΦ}
Inmersión de disco foliar							
Huevecillos	3569	0,50 ± 0,07	1,1 (0,35 - 5,5)	2328 (172 - 503995)	0,0001	216,7	17,5
Ninfas							
Ninfa 1	1340	0,71 ± 0,05	0,007 (0,004 - 0,01)	1,3 (0,74 - 2,9)	0,0001	34057,1	31316,2
Ninfa 2	930	0,46 ± 0,15	0,04 (0,02 - 0,07)	13,8 (6,5 - 36,7)	0,0001	5960	2950,1
Ninfa 3	930	6,6 ± 0,05	0,41 (0,27 - 0,63)	129 (59,5 - 342,1)	0,0001	581,5	315,6
Ninfa 4	920	0,62 ± 0,04	4,76 (3,06 - 7,42)	2239 (1002 - 6055)	0,0001	50,1	18,2
Ninfa 5	920	0,74 ± 0,05	238,4 (159,9 - 359,8)	40711 (19490 - 102719)	0,0001	1	1
Aspersión con torre de Potter							
Adulto							
Macho	960	0,58 ± 0,01	951,5 (170,4 - 7206)	665116 (49268 - 2723797)	0,0001	1,3	1,7
Hembra	860	0,56 ± 0,13	1266 (96,1 - 44623)	1150940 (35978 - 2722930)	0,0001	1	1

[†] = número total de individuos tratados; b = valor de la pendiente; [‡] = Error estándar de la pendiente; § = Concentración letal = mg L⁻¹; [&] = Límites de confianza al 95%; * = Probabilidad de que la línea log Dosis-Probit ajuste a una línea recta; ^Φ = Toxicidad relativa (TR₅₀) = CL₅₀ mayor/CL₅₀ del estadio respectivo

En las ninfas, la toxicidad de spiromesifen tanto a CL_{50} como a CL_{95} , fue mayor en el primer instar y decreció en cada uno de los instares siguientes (Tabla 1). Estos resultados, coinciden con los documentados por Liu & Meister (2001) y Liu (2003) quien observaron que los primeros instares ninfales de *B. tabaci* biotipo B son más susceptibles a spiromesifen, en comparación con los últimos. Probablemente, a medida que el individuo avanza en instares, requiere menor cantidad de lípidos. No hubo diferencias significativas en la toxicidad de spiromesifen entre machos y hembras (Tabla 1).

A medida que se incrementó la concentración de spiromesifen que se aplicó a las hembras, éstas depositaron menos huevecillos [$Y = 64.32(x+1)^{-0.376}$, $R^2 = 0.92$] (Fig 1) y el porcentaje de éstos que eclosionaron también se redujo [$Y = 27.73(x+1)^{-0.457}$, $R^2 = 0.88$] (Fig 2). Las hembras no ovipositaron cuando fueron tratadas con concentraciones $\geq 24000 \text{ mg L}^{-1}$ de spiromesifen; tampoco hubo eclosión a concentraciones $\geq 2400 \text{ mg L}^{-1}$.

En la evaluación de “no elección” (no choice), hubo diferencias estadísticas significativas en la tasa de oviposición por hoja ($P \leq 0,05$). Las hembras depositaron en promedio

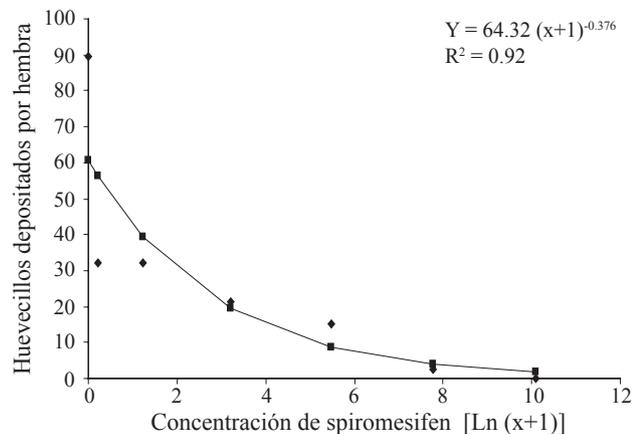


Fig 1 Relación entre promedio de huevecillos depositados por hembra de *Bactericera cockerelli* y concentración aplicada del insecticida spiromesifen a la hembra.

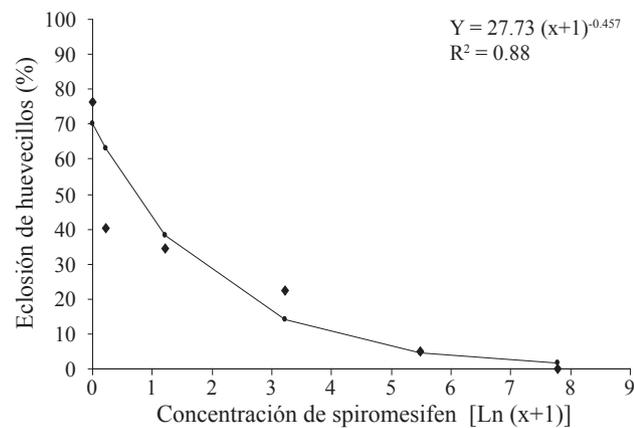


Fig 2 Relación entre porcentaje de huevecillos eclosionados por hembra de *Bactericera cockerelli* y concentración aplicada del insecticida spiromesifen a la hembra.

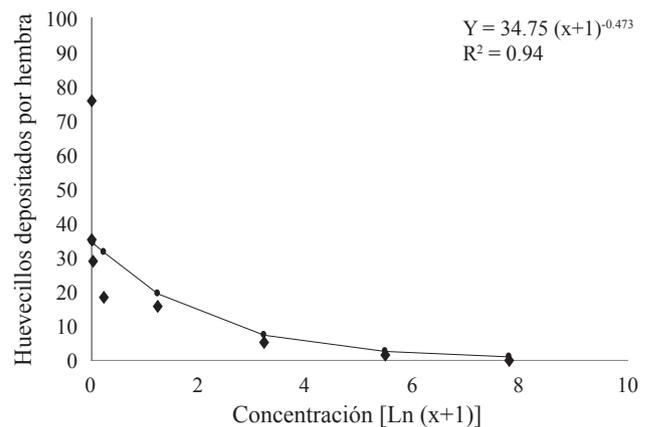


Fig 3 Relación entre promedio de huevecillos depositados por hembra de *Bactericera cockerelli* en plantas de chile, *Capsicum annum*, y la concentración aplicada del insecticida spiromesifen a dichas plantas.

38,6 \pm 2,01 huevecillos por hoja en las plantas no tratadas, mientras que en las tratadas a la dosis de 360 mg L^{-1} (dosis de campo) este valor fue de 0,3 \pm 0,08 huevecillos por hoja. En lo que respecta al ensayo de “elección” (choice), al incrementarse la concentración de dicho insecticida que se aplicó a las plantas de chile, también se redujo la cantidad de huevecillos depositados por las hembras [$Y = 34.75(x+1)^{-0.473}$, $R^2 = 0.94$] (Fig 3); las oviposiciones se detectaron en el rango de concentraciones de 0,0024 a 240 mg L^{-1} , pero no a la concentración de 2400 mg L^{-1} . Se infiere que cuando las hembras entran en contacto con spiromesifen, ya sea por que son tratadas o por que se exponen a plantas tratadas, se reduce la oviposición y el porcentaje de eclosión de huevecillos.

Los efectos tóxicos de spiromesifen en cada uno de los estadios de *B. cockerelli*, así como su impacto en la reducción de la oviposición y eclosión de huevecillos provenientes de hembras tratadas y la preferencia por ovipositar en plantas no tratadas lo convierten como una herramienta química valiosa para el combate de esta plaga como lo sugieren Palumbo *et al* (2001).

Se concluye que el insecticida spiromesifen es tóxico a todos los estadios biológicos de *B. cockerelli*. La hembra tratada deposita menor cantidad de huevecillos en comparación con la no tratada y la eclosión de éstos se reduce; además, la hembra prefiere ovipositar en plantas no tratadas con spiromesifen.

Agradecimientos

Los autores expresan sinceros agradecimientos a la Línea 7 de Investigación de Inocuidad, Calidad Agroalimentaria y Bioseguridad del Colegio de Postgraduados por su apoyo para realizar este trabajo de investigación, al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Celaya, Guanajuato por proporcionar la población susceptible de *B. cockerelli*, a Bayer Cropscience de México S.A. de C. V. por proporcionarnos insecticida spiromesifen, al Sr. Rubén Pérez Gamero por su valioso apoyo en los trabajos de invernadero, al M.C. Eleodoro Hernández Meneses por la

revisión de este documento, a la Bióloga Gabriela Guadalupe Escudero Giffard por su valioso y apoyo en la revisión de esta contribución.

Referencias

- Abbott W S (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18: 265-267.
- Garzón T J A, Garzón-Ceballos J A, Velarde S F, Marín A J, Cárdenas O G (2005) Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al “permanente del tomate” por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc, en México. *Entomol Mex* 4: 672-675.
- Hassan S A (1985) Standers methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS Working Group Pesticides and beneficial organisms. *EPPO Bull* 15: 214-255.
- Lawson D S, Dumbar D M, White S M (1999) Actara 25 WG: control of cotton pest with a new neonicotinoid insecticide, thiametoxan. *Proc Beltwide Cotton Conference, Memphis* 2: 1106-1109.
- Liu D, Trumble J T (2004) Tomato psyllid behavioral responses to tomato plant lines and interaction of plant lines with insecticides. *J Econ Entomol* 97: 1078-1085.
- Liu D, Trumble J T (2005) Interactions of plant resistance and insecticides on the development and survival of *Bactericera cockerelli* [Sulc] (Homoptera: Psyllidae). *Crop Prot* 24: 111-117.
- Liu D, Trumble J T (2006) Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato/potato psyllid (*Bactericera cockerelli* [Sulc]) on selected tomato accessions. *Bull Entomol Res* 96: 197-204.
- Liu D, Trumble J T, Stouthamer R (2006) Molecular characterization indicates recent introductions of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) into Western North America are genetically different from eastern populations. *Entomol Exp Appl* 118: 177-183.
- Liu T X (2003) Toxicity and efficacy of spiromesifen, a tetrionic acid insecticide, against sweetpotato whitefly (Homoptera: aleyrodidae) on melons and collards. *Subtrop Plant Sci* 23: 505-513.
- Liu T X, Meister C (2001) Managing *Bemisia tabaci* on spring melon with insect growth regulators, entomopathogens and imidacloprid in south Texas. *Subtrop Plant Sci* 53: 44-48.
- Palumbo J C, Horowitz A R, Prabhaker N (2001) Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot* 20: 739-765.
- Pletsch D J (1947) The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agric Exp Sta Bull* 446, 95p.
- Potter C (1952) An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on electrostatic charge on atomized spray fluids. *Ann Appl Biol* 39: 1-29.
- Robertson J L, Preisler H K (1992) Pesticide bioassays with arthropods. CRC, Boca Raton, 127p.
- SAS Institute (2003) SAS®. Language guide for personal computers release 9.0 edition. SAS Institute Cary N C USA, 1028p.
- SENASICA – Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2007) Catálogo de plaguicidas. <http://www.cofepris.gob.mx/cis/tramites/infpynv/InfRegPlagNutVet.htm> (Consultado en junio 06, 2008).
- Wallis R L (1955) Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes. *USDA Tech Bull* 1107: 25.

Received 09/VI/08. Accepted 17/IX/09.
