

PARASITISMO Y ALIMENTACIÓN DE HEMBRAS DE *Tamarixia triozae* (Burks) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PROVENIENTES DE LARVAS Y PUPAS TRATADAS CON DISTINTOS INSECTICIDAS

Sinue I. Morales-Alonso¹, Ana M. Martínez-Castillo¹, José I. Figueroa-De la Rosa¹, Fernando Tamayo-Mejía², Esteban Rodríguez-Leyva³, Juan M. Chavarrieta-Yáñez¹ y Samuel Pineda-Guillermo¹✉

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro. C. P. 58880 Tarímbaro, Michoacán, México.

²Centro de Sanidad Vegetal de Guanajuato. Vicente Rodríguez S/N Fracc. La Paz. C. P. 6560, Irapuato, Guanajuato, México.

³Colegio de Posgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo. C. P. 56230 Texcoco, Estado de México

✉ Autor de correspondencia: spineda_us@yahoo.com

RESUMEN. Se evaluó la capacidad de parasitismo y alimentación de hembras del parasitoide *Tamarixia triozae* (Burks, 1943) derivadas de ninfas de cuarto (N₄) instar del psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* (Sulcs, 1909), parasitadas con los estados de larva o pupa del parasitoide. Las ninfas de *B. cockerelli* se trataron por inmersión con tres concentraciones (concentración mínima recomendada en campo [CMinRC], la mitad de la concentración mínima recomendada en campo [$\frac{1}{2}$ CMinRC] y la concentración letal media [CL₅₀]) de los insecticidas aceite de soya, imidacloprid y abamectina. El parasitismo causado por las hembras derivadas de larvas tratadas no fue afectado por las tres concentraciones del aceite de soya (35-52 %), imidacloprid (44-57 %) y la CL₅₀ de abamectina (61 %). Las otras dos concentraciones de este insecticida causaron 100% de mortalidad del hospedero. Solamente las hembras derivadas de las larvas tratadas con la $\frac{1}{2}$ CMinRC del aceite de soya se vieron significativamente afectadas en su alimentación (11 %) respecto al testigo (29 %). El parasitismo de las hembras derivadas de pupas tratadas con el aceite de soya, imidacloprid y abamectina estuvo comprendido entre 23-42, 30-36 y 9-37%, respectivamente. Las hembras provenientes de las pupas tratadas con la CL₅₀ de abamectina parasitaron significativamente menos (9 %) ninfas N₄ de *B. cockerelli* que en el testigo (40%). Las hembras derivadas de pupas tratadas con la CL₅₀ y $\frac{1}{2}$ CMinRC del aceite de soya (21 y 18 %, respectivamente) e imidacloprid (25 y 21 %, respectivamente) se alimentaron significativamente menos que el testigo (40 %).

Palabras clave: Efectos subletales, ectoparasitoide sinovigénico, *Bactericera cockerelli*.

Parasitism and host-feeding of *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) females derived from larvae and pupae treated by different insecticides

ABSTRACT. Parasitism and host-feeding capacity of *Tamarixia triozae* (Burks, 1943) females derived from fourth instar nymphs of the tomato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulcs, 1909), parasitized with larval or pupal stage of the parasitoid was evaluated. The *B. cockerelli* nymphs were treated, by dipped with three concentrations (the minimum field registered concentration [MiFRC], one-half the minimum field registered concentration [$\frac{1}{2}$ MiFRC], and the median lethal concentration [LC₅₀]) of soybean oil, imidacloprid and abamectin. Parasitism caused by the females derived from treated larvae was not affected by the three concentrations of soybean oil (35-52%), imidacloprid (44-57%) and the LC₅₀ of abamectin (61%). The other two concentrations of this insecticide caused 100% of host mortality. Only the females derived from treated larvae with the $\frac{1}{2}$ MiFRC of the soybean oil were significantly affected in their host-feeding (11%), compared with the control (29%). Parasitism of females derived from treated pupae with soybean oil, imidacloprid and abamectin ranged from 23-42, 30-36, and 9-37%, respectively. The females derived from treated pupae with the CL₅₀ of abamectin parasitized significantly less (9%) nymphs N₄ of *B. cockerelli* than in the control (40%). Females derived from treated pupae with the CL₅₀ and $\frac{1}{2}$ MiFRC soybean oil (21 and 18%, respectively) and imidacloprid (25 and 21%, respectively) fed significantly less than the control (40%).

Keywords: Sublethal effects, synovigenic ectoparasitoid, *Bactericera cockerelli*.

INTRODUCCIÓN

En México, el ectoparasitoide sinovigénico *Tamarixia triozae* (Burks, 1943) se reportó por primera vez causando 85 % de parasitismo sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc, 1909) en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en el municipio de Jacona de Plancarte en el estado de Michoacán (Lomelí-Flores y Bueno, 2002). De igual forma, Bravo y López (2007) reportaron 80 % de parasitismo de este parasitoide sobre ninfas de esta misma plaga en cultivos de chile pimiento (*Capsicum annum* L.) con baja incidencia de aplicaciones de insecticidas químicos en el Valle de Oaxaca. Con base en esta información, *T. triozae* puede ser una alternativa de control biológico de *B. cockerelli*, una de las plagas más devastadoras de diversos cultivos hortícolas en condiciones de invernadero y campo debido a que transmite a la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, causante de la enfermedad zebra chip en papa (*Solanum tuberosum* L.) y otras hortalizas (Levy *et al.*, 2011; Munyaneza *et al.*, 2007, 2009). Sin embargo, antes de incluir a este enemigo natural en un programa de manejo integrado, es necesario determinar su compatibilidad con los insecticidas químicos utilizados para el control de esta plaga. En este estudio se determinó el efecto causado por los insecticidas imidacloprid, abamectina y aceite de soya sobre el parasitismo y alimentación de las hembras de *T. triozae* derivadas de los estados de larva y pupa tratados con estos insecticidas.

MATERIALES Y MÉTODO

Crías de insectos. Los individuos de *B. cockerelli* y *T. triozae* utilizados provinieron de las colonias establecidas sobre plantas de tomate en jaulas entomológicas (50 × 50 × 50 cm) cubiertas con tela de organza, en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Tarímbaro, Michoacán, México. Para mantener la cría del parasitoide se utilizaron plantas de tomate infestadas con ninfas de tercero (N₃), cuarto (N₄) y quinto (N₅) estadio de *B. cockerelli*.

Obtención de adultos para ensayos. Se utilizaron dos grupos de 60 folíolos de tomate infestados cada uno con 15 ninfas N₄ (≤ 48 h después de la ecdisis) de *B. cockerelli*. Cada folíolo se introdujo, junto con 10 hembras de *T. triozae*, en un cilindro de plástico abierto en sus dos extremos, para su parasitación durante 6 h. Para evitar la deshidratación, los folíolos de tomate se colocaron en vasos de plástico (4 cm de diámetro × 3.8 cm de altura) que contenían 28 ml de solución nutritiva (Steiner, 1984). Los cilindros de plástico se cubrieron con tela de organza para permitir la ventilación y evitar el escape de los insectos. Después del tiempo de parasitación, todas las ninfas de *B. cockerelli* se examinaron bajo un microscopio estereoscópico (Leica EZA, 40X). Las ninfas que no fueron parasitadas se removieron con un pincel de cerdas finas.

Después de la parasitación, los dos grupos de 60 folíolos de tomate con las ninfas de *B. cockerelli* se mantuvieron en jaulas entomológicas durante dos y seis días para obtener los estados de larva y pupa (ambos ≤ 24 h de edad), respectivamente, de *T. triozae*. Posteriormente, estos folíolos se sumergieron durante 5 s en tres diferentes concentraciones de abamectina (Abakrone[®], 1.8 % de abamectina, emulsión concentrada) (9, 4.5 y 0.03 mg i.a./l), imidacloprid (Imidakrone[®], 30.2 % de imidacloprid, suspensión concentrada) (260, 130 y 3 mg i.a./l) y aceite de soya (EPA 90[®], 90 % aceite de soya, emulsión concentrada) (1620, 810 y 443 mg i.a./l). Estas concentraciones corresponden a la concentración mínima recomendada en campo (CMinRC), la mitad de la CMinRC (½CMinRC) y la concentración letal media (CL₅₀) determinada por Bujanos *et al.* (2005) para ninfas N₄ de *B. cockerelli*, respectivamente. Para facilitar la deposición, los insecticidas se disolvieron en agua destilada más el adherente-dispersante Tween 20 al 0.01 %. Se realizaron seis repeticiones por cada concentración e insecticida. Una repetición se conformó de un folíolo de tomate con 10 ninfas N₄ de *B. cockerelli* parasitadas con el estado de larva o pupa de *T. triozae*.

Los individuos del testigo se trataron solamente con agua destilada más Tween 20 al 0.01 %. Los folíolos tratados se dejaron secar a temperatura ambiente por 2 h. Cada folíolo, de cada tratamiento, se colocó individualmente en una caja de plástico (14 × 14 × 14 cm) en condiciones de laboratorio (~25 °C, HR de 56 % y fotoperiodo de 12:12 h luz-oscuridad) hasta la emergencia de los adultos del parasitoide (generación F₁).

Parasitismo y alimentación. Los adultos de la generación F₁ de *T. triozae*, provenientes de las larvas o pupas tratadas con las tres concentraciones de los tres insecticidas se mantuvieron por separado en cilindros de plásticos (11 cm de diámetro × 14 cm de altura) que contenían, cada uno, un folíolo de tomate infestado con una mezcla de los cinco estadios ninfales (N₁, N₂, N₃, N₄ y N₅) de *B. cockerelli*. Este cilindro de plástico se cubrió con tela de organza para permitir la ventilación y evitar el escape de los insectos. Los adultos del parasitoide se alimentaron con pequeñas gotas de miel de abeja que se colocaron en las paredes internas del cilindro de plástico. El día 13 de edad de los adultos del parasitoide, se tomó al azar una pareja de *T. triozae* emergida el mismo día de cada concentración, insecticida y estado de desarrollo (larva o pupa), y se colocó, junto con un folíolo de tomate infestado con seis ninfas N₂, N₃, N₄ y N₅ (≤ 24 h después de la ecdisis) de *B. cockerelli* en un cilindro de plástico como se describió arriba. Para evitar la deshidratación, los folíolos de tomate se colocaron en vasos de plástico con 28 ml de solución nutritiva (Steiner, 1984). Los adultos del parasitoide se alimentaron con miel de abeja que se colocó en pequeñas gotas en las paredes internas del cilindro de plástico. Se realizaron seis repeticiones por tratamiento.

Después de 48 h de exposición, todas las ninfas de *B. cockerelli* se examinaron bajo un microscopio estereoscópico y se registró el número de cada estadio parasitado o consumido por la hembra de *T. triozae*. Como evidencia del parasitismo se observó la presencia del huevo del parasitoide en la parte ventral del hospedero, entre el primero y segundo par de coxas o entre el segundo y tercer par de coxas (como lo indica Morales *et al.*, 2013). Una ninfa consumida se distinguió porque su cuerpo no estaba completamente lleno de hemolinfa y, a veces, ligeramente con la forma de una V invertida.

Análisis de datos. Los datos de parasitismo y alimentación causados por las hembras de *T. triozae* sobre ninfas de *B. cockerelli* se sometieron a un análisis de varianza. Los análisis se realizaron a través de un modelo bifactorial, seguido por la prueba de Tukey ($P < 0.05$) para separar medias con el programa R (R v.2.3-1 Development Core Team, R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aceite de soya, imidacloprid y abamectina no afectaron el parasitismo causado por las hembras de *T. triozae* derivadas del estado de larva. El parasitismo estuvo comprendido entre 35-52 % y 44-57 % para las tres concentraciones del aceite de soya e imidacloprid, respectivamente (Fig. 1). En el caso de abamectina, se registró 61 % de parasitismo de las hembras del parasitoide provenientes de la CL₅₀ (0.03 mg/l); en las otras dos concentraciones (CMinRC y ½CMinRC) se registró 100% de mortalidad de las ninfas del hospedero. Estos porcentajes de parasitismo no fueron significativamente distintos ($F = 1.65$; $gl = 7.102$; $P = 0.13$) que el obtenido en el testigo (56 %).

El parasitismo causado por hembras derivadas del estado de pupa fue, en general, menor que el registrado en hembras derivadas de larvas. El parasitismo de las hembras derivadas de pupas tratadas con aceite de soya, imidacloprid y abamectina estuvo comprendido entre 23-42 %, 30-36 % y 9-37 %, respectivamente. Las hembras de *T. triozae* derivadas de las pupas tratadas con la CL₅₀ (0.03 mg/l) de abamectina causaron el menor parasitismo (9 %) y éste fue significativamente diferente ($F = 3.46$; $gl = 9.146$; $P \leq 0.0001$) al obtenido en el testigo (40 %) (Fig. 1).

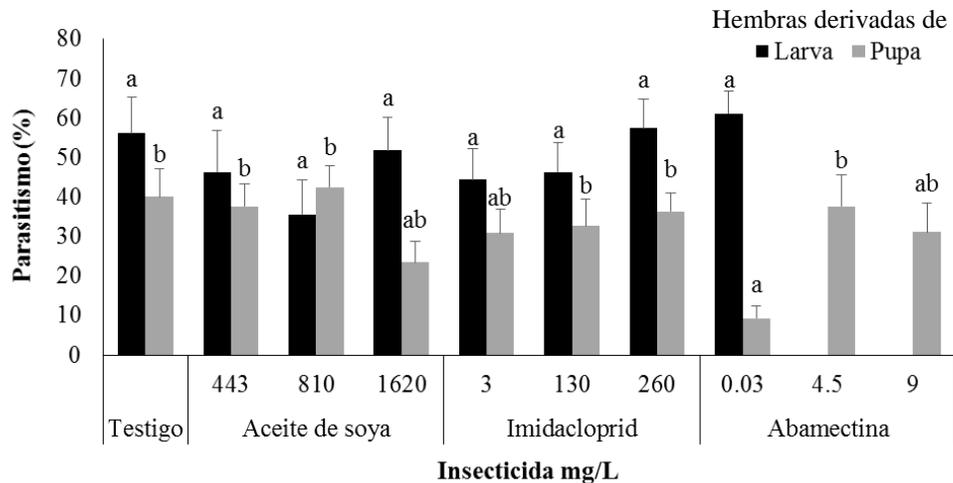


Figura 1. Porcentaje de parasitismo (\pm EE) causado por las hembras de *T. triozae* derivadas de los estados de larva y pupa tratados con tres insecticidas. Barras etiquetadas con diferente letra son significativamente diferentes entre hembras provenientes del mismo estado de desarrollo tratado (ANOVA y separación de medias Tukey; $P < 0.05$).

No existe información sobre el efecto causado por el aceite de soya, imidacloprid y abamectina sobre el parasitismo de las hembras del ectoparasitoide *T. triozae* derivadas de los estados de larva y pupa previamente tratados con estos insecticidas. Sin embargo, se han realizado estudios sobre el parasitismo causado por insecticidas a base de aceites, imidacloprid y abamectina en las etapas inmaduras de otros ectoparasitoides. Al respecto, las hembras del parasitoide *Aphytis melinus* DeBach, 1959 provenientes de larvas tratadas por aspersión con una concentración de 2 l/hl del aceite mineral Biolide® causaron 30 % de parasitismo sobre ninfas N₃ de la escama blanca *Aspidiotus nerii* Bouché, 1833 (Biondi *et al.*, 2015). Las hembras de *Bracon nigricans* Szépligeti, 1901 derivadas de cocones tratados tópicamente con bórax + aceite de cítricos (400 ml/hl) (Prev-Am®) causaron 14 % de parasitismo sobre las larvas de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Biondi *et al.*, 2013), lo que es menor a lo reportado en el presente estudio con las tres concentraciones del aceite de soya. Por otra parte, las hembras de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) derivadas del estado de pupa tratadas por aspersión con tres insecticidas neonicotinoides (tiamethoxam, tiacloprid e imidacloprid) causaron entre 31 y 39 % de parasitismo sobre ninfas N₄ de *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) en plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack. (Lombardi de Carvalho, 2008), resultados similares a los obtenidos en este trabajo. Las hembras de *B. nigricans* derivadas de cocones tratados tópicamente con benzoato de emamectin y abamectina causaron 6 y 15 % de parasitismo, respectivamente, sobre larvas de *T. absoluta* (Biondi *et al.*, 2013).

La alimentación de las hembras de *T. triozae* derivadas de larvas tratadas con el aceite de soya e imidacloprid estuvo comprendida entre 11-32 % y 17-20 %, respectivamente. Las hembras provenientes de la CL₅₀ (0.03 mg/l) de abamectina se alimentaron del 16 % de las ninfas de *B. cockerelli*. Las hembras provenientes de la ½CMinRC del aceite de soya causaron el menor porcentaje de alimentación (11 %), el cual fue significativamente distinto al observado ($F = 4.78$; $gl = 7.136$; $P \leq 0.0001$) en el testigo (29 %) (Fig. 2). Por otro lado, la alimentación causada por las hembras derivadas de las pupas tratadas con el aceite de soya, imidacloprid y abamectina fue muy similar (entre 18-28, 20-31 y 24-28 %, respectivamente, para cada insecticida) (Fig. 2). Los porcentajes de alimentación de las hembras provenientes de la CL₅₀ y ½CMinRC del aceite de soya (21 % y 18 %, respectivamente) e imidacloprid (25 y 21 %, respectivamente) fueron significativamente distintos ($F = 3.77$; $gl = 9.196$; $P \leq 0.0001$) al obtenido en el testigo (40 %) (Fig. 2).

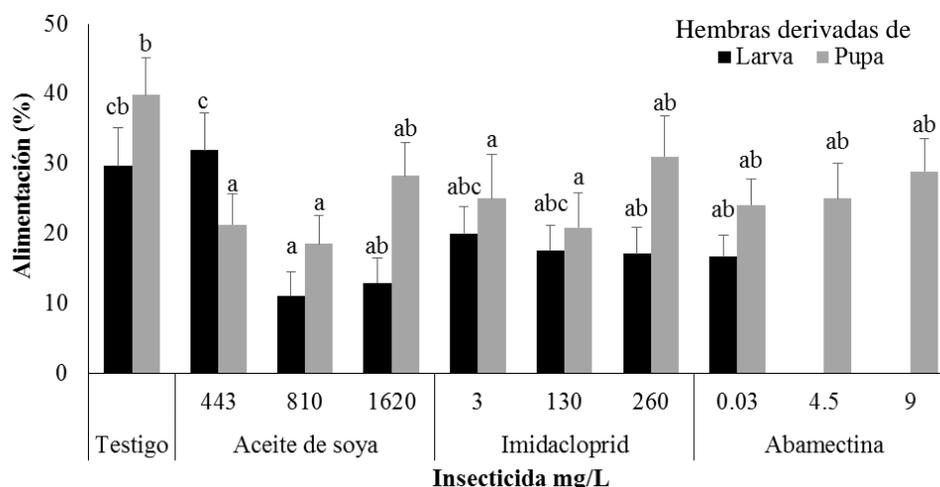


Figura 2. Porcentaje de alimentación (\pm EE) causado por las hembras de *T. triozae* derivadas de los estados de larva y pupa tratados con tres insecticidas. Barras etiquetadas con diferente letra son significativamente diferentes entre hembras provenientes del mismo estado de desarrollo tratado (ANOVA y separación de medias Tukey; $P < 0.05$).

Contrario a nuestros resultados, las hembras de *B. nigricans* derivadas de cocones tratados por el método tópico con bórax + aceite de cítricos (400 ml/hl [Prev-Am[®]]), se alimentaron de 81 % de las larvas de tercer instar de *T. absoluta* y cuando provinieron de cocones tratados con benzoato de emamectin (150 g/hl) y abamectina (75 ml/hl) su alimentación fue de 58 y 79 %, respectivamente (Biondi *et al.*, 2013).

Las diferencias observadas entre estos estudios y nuestros resultados son probablemente debido a varios factores: la formulación y concentración del insecticida, la interacción entre el parasitoide-hospedero, el estado y comportamiento del parasitoide (endo- o ectoparasitoide) ensayado, así como el método de aplicación. Además, se debe considerar la barrera de protección que forma el cuerpo del hospedero hacia los insecticidas.

CONCLUSIÓN

El aceite de soya, imidacloprid y abamectina no afectaron el parasitismo de las hembras provenientes de las larvas pero sí de las derivadas de pupas tratadas. La alimentación de las hembras fue afectada cuando provinieron de ambos estados inmaduros. Por lo tanto, al diseñar un programa de manejo integrado de *B. cockerelli* puede considerarse evitar la aplicación de estos insecticidas cuando el parasitoide se encuentre en los estados inmaduros aquí ensayados.

Agradecimientos

Al CONACyT por la beca otorgada a Sinue I. Morales Alonso (No. 294135). Esta investigación fue financiada por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. A la empresa BioKrone (Celaya, Guanajuato) por la donación de los insecticidas utilizados en este trabajo.

Literatura Citada

- Biondi, A., Zappalà, L., Stark, J. D. and N. Desneux. 2013. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? *PLoS ONE*, 8: e76548.
- Biondi, A., Campolo, O., Desneux N., Siscaro G., Palmeri V. and L. Zappalà. 2015. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. *Chemosphere*, 128: 142–147.

- Bravo, M. E. y L. P. López. 2007. Principales plagas del chile de agua en los Valles centrales de Oaxaca. Agroproduce, *Fundación Produce Oaxaca A.C.*, 7: 12–15.
- Bujanos, M. R., Garzón, T. J. A. y J. A. Marín. 2005. Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera* (= *Paratrioza*) *cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) en los cultivos de solanáceas en México. Pp. 93–98. *In: Segunda Convención Mundial del Chile*, del 14 al 16 de agosto, Zacatecas, México.
- Levy, J., Ravindran, A., Gross, D., Tamborindeguy, C. and E. Pierson. 2011. Translocation of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” the zebra chip pathogen, in potato and tomato. *Bacteriology*, 101: 1285–1291.
- Lombardi de Carvalho, S. P. 2008. *Toxicidade de insecticidas neonicotinoides sobre o psílido Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e o parasitóide Tamarixia radiata (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae)*. Tesis de Doctorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil.
- Lomelí-Flores, J. R. y R. Bueno. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoides del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomología Mexicana*, 41: 375–376.
- Morales, A. S. I., Martínez, A. M., Figueroa, J. I., Espino, A. M., Chavarrieta, J. M., Ortiz, R., Rodríguez, Ch. L. E. y S. Pineda. 2013. Parámetros de vida del parasitoides sinovigénico *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39: 243–249.
- Munyaneza, J. E., Crosslin, J. M. and E. J. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with “zebra chip”, a new potato disease in Southwestern United States and Mexico. *Journal Economic Entomology*, 100: 656–663.
- Munyaneza, J. E. and V. G. Sengoda. 2009. First report of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” in pepper plants in México. *Plant Disease*, 93: 1076.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Pp. 633–650. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. 29 April to 5 May of 1984. Wageningen, The Netherlands.