



ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE PRODUCTOS DERIVADOS DE PLANTAS EN MOSQUITA BLANCA (*Bemisia tabaci*) Y SU PARASITOIDE *Encarsia formosa*[†]

[ACTIVITY OF PLANT DERIVED PRODUCTS IN THE WHITEFLY (*Bemisia tabaci*) AND ITS PARASITOID *Encarsia Formosa*]

Ori C. Pérez-Verdugo¹, Esaú Ruiz-Sánchez^{1*}, Marcela Gamboa-Angulo², Luis Latournerie-Moreno¹, Germán Carnevali Fernández-Concha², Marcos Cuabasulto¹ and Wilberth Chan-Cupul³

¹ *Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Tel. 01 (999) 9-12-41-30 Ext. 121. Email: esau.ruiz@itconkal.edu.mx*

² *Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43, No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, México. C.P. 97205.*

³ *Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Autopista Colima-Manzanillo Km 40. Tecomán, Colima. C. P. 28934. México.*

**Corresponding author*

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la actividad de extractos acuosos de plantas regionales y de insecticidas botánicos comerciales en la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y su parasitoide *Encarsia formosa*. Las evaluaciones de repelencia de adultos (IR) y disuasión de oviposición (IDO) se realizaron en jaulas entomológicas por periodos de exposición cortos (48 horas), y la evaluación de supresión poblacional invernadero se realizó mediante la aplicación de los tratamientos a intervalos semanales por un mes. En el primer ensayo se evaluaron todos los tratamientos, y en el segundo sólo los tratamientos con actividad consistente en IR e IDO. En las evaluaciones en jaulas entomológicas, las plantas tratadas con extractos acuosos de *Croton itzaeus* (tallo y hoja) y los insecticidas botánicos comerciales derivados de *Azadirachta indica* y *Argemone mexicana*, produjeron alta repelencia y disuasión de oviposición. En pruebas de invernadero, las plantas tratadas con los extractos acuosos de *Erythroxylum confusum* (tallo) tuvieron menor densidad poblacional de adultos y ninfas. Las plantas tratadas con los insecticidas botánicos comerciales derivados de *Allium-Capsicum-Cinnamomum* tuvieron menor densidad poblacional de adultos, pero no de ninfas o huevos. Los productos botánicos comerciales a base de *A. indica* y *A. mexicana* causaron alta mortalidad en el parasitoide *E. formosa*.

Palabras clave: Insecticidas biorracionales; plaga; insecto fitófago.

SUMMARY

The goal of this research was to evaluate the activity of aqueous extracts of regional plants and commercial botanical insecticides on the whitefly (*Bemisia tabaci*) and its parasitoid (*Encarsia formosa*). The evaluations of adult repellence (IR) and oviposition deterrence (IDO) were carried out in entomological cages for 48 hours period, whereas the evaluation of suppression of whitefly population density on plants under greenhouse conditions was carried out through the application of treatments for one moth at week intervals. In the first assay all aqueous extracts of regional plants and commercial botanical insecticides were evaluated, whereas in the second assay only treatments with consistent effects on IR and IDO were evaluated. Evaluations in entomological cages showed that plants treated with the aqueous extracts of *Croton itzaeus* (stem and leaf) and the botanical insecticides derived from *Azadirachta indica* and *Argemone mexicana*, produced high adult repellency and high oviposition deterrence. In greenhouse trails, plants treated with aqueous extracts of *Erythroxylum confusum* (stem) had low population density of adults and nymphs. Plants treated with the botanical insecticides derived from *Allium-Capsicum-Cinnamomum* had significantly lower population density of adults, but not of nymphs or eggs. The botanical insecticides derived from *A. indica* and *A. mexicana* caused high mortality on the parasitoid *E. formosa*.

Keywords: Biorational insecticides; plant pest; phytophagous insect.

[†] Submitted December 18, 2018 – Accepted July 1, 2019. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462

INTRODUCCIÓN

Bemisia tabaci es considerada una de las plagas más serias en cultivos hortícolas de invernaderos y campo en todo el mundo (Kim *et al.*, 2011). Esta plaga causa daños directos a través de la alimentación del floema y la inyección de toxinas (Barbosa *et al.*, 2004). El daño indirecto se produce a través de la transmisión de begomovirus (Stansly y Natwick, 2010).

El control de *B. tabaci* generalmente se realiza con insecticidas sintéticos convencionales que afectan negativamente al ambiente, la salud humana y las poblaciones de insectos benéficos. Así también causan problemas de resistencia en las plagas, como resultado del uso excesivo de insecticidas (Ahmad *et al.*, 2010; He *et al.*, 2013; Liang *et al.*, 2012; Zheng *et al.*, 2012). Diversas clases de insecticidas, incluidos neonicotinoides, reguladores de crecimiento, derivados de ácido tetrámico y diamidas son actualmente utilizados para el manejo de *B. tabaci* (Liang *et al.*, 2012). Sin embargo, en la actualidad se ha priorizado la investigación de métodos de control alternativos, incluyendo el uso de productos derivados de plantas o productos botánicos (Castle *et al.*, 2010; Quintela y Pinheiro, 2009; Pinheiro *et al.*, 2009).

Los productos botánicos o derivados de plantas, como agentes bioactivos contra insectos fitófagos, incluyen extractos vegetales, aceites esenciales y compuestos puros de diversas clases (Daoubi *et al.*, 2005; Zoubiri y Baaliouamer, 2011). Los productos botánicos pueden tener acción específica y nula o baja toxicidad a organismos benéficos, por lo tanto, no constituyen peligro de contaminación al ambiente o a la salud humana (Sutherland *et al.*, 2002; Walia, 2017).

En diversas partes del mundo, un número importante de plantas se han estudiado y se les conocen diferentes mecanismos de acción contra plagas agrícolas (Simmonds *et al.*, 2004). En *B. tabaci* estos productos pueden causar repelencia de adultos, inhibición de la alimentación e inhibición de la oviposición (Baldin *et al.*, 2014; Castillo-Sánchez *et al.*, 2012; Cruz-Estrada *et al.*, 2013). Así mismo, pueden causar efectos letales, que van de 50% al 100% de mortalidad (Isman 2006; Ateyyat *et al.*, 2009; Baldin *et al.*, 2014).

Se ha documentado que *B. tabaci* puede ser afectada por numerosos extractos o metabolitos de origen vegetal pertenecientes a 17 familias de plantas (Hilje y Mora, 2006). De esta manera, los productos derivados de plantas son altamente promisorios como agentes biorracionales para el manejo de *B. tabaci*. Aunque una de las bondades de este tipo de productos es la baja toxicidad a organismos benéficos, se ha observado que en algunos casos los productos derivados de plantas

causan efectos negativos en la supervivencia, reproducción y comportamientos de parasitoides (Monsreal-Ceballos *et al.*, 2018). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad de extractos acuosos de plantas regionales y de insecticidas botánicos comerciales sobre la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y su parasitoide *Encarsia formosa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de colonia de *Bemisia tabaci*

La colonia de *Bemisia tabaci* se mantuvo en un invernadero del área de investigación y producción hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal. La colonia se originó de una población obtenida de chile habanero bajo condiciones de campo y se ha mantenido por tres años en plantas de berenjena (*Solanum melongena*). Los bioensayos también se realizaron en invernadero, a temperaturas de 25-35°C y humedad relativa de 55-75%.

Productos vegetales

Para el estudio se usaron dos grupos de productos vegetales, cada grupo se evaluó de manera separada: un grupo correspondió a extractos acuosos de plantas regionales y otro grupo correspondió a insecticidas botánicos comerciales. Los extractos acuosos se prepararon siguiendo la metodología de Cruz-Estrada *et al.* (2013). Muestras de hojas, tallos y raíces de plantas recolectadas en el Jahuactal, ejido Caobas, Quintana Roo (Tabla 1) se secaron en una estufa a 50-55 °C por 72 h y se pasaron en un molino de cuchillas para laboratorio (Brabender®, México). Los extractos se prepararon mezclando el material (3 g) de cada uno de los órganos de las plantas (raíz, tallo y hoja) con agua destilada (100 mL) en ebullición, y se dejó durante 20 minutos. Una vez fríos los extractos se filtraron con papel filtro (Whatman # 1) para eliminar las partículas. El volumen final de cada filtrado se completó a 100 mL con agua destilada para sustituir el agua evaporada durante la ebullición. Los extractos acuosos se prepararon el mismo día de su aplicación.

Los insecticidas botánicos comerciales se obtuvieron de la empresa Ultraquimia S. A. de C. V. Estos insecticidas han sido recomendados para el control de insectos chupadores.

Para el ensayo en jaulas entomológicas, se usó un testigo absoluto (agua destilada), y para la evaluación por un mes en aplicaciones semanales, se usó como testigo positivo el imidacloprid. Las concentraciones evaluadas se definieron de las recomendaciones del fabricante (Tabla 2).

Tabla 1. Código del tratamiento, familia botánica, especie vegetal y número de colecta de las plantas de donde se obtuvieron los extractos acuosos de raíz, tallo y hoja, a una dosis de 30 g L⁻¹.

Código del tratamiento	Familia	Especie	No. voucher
<i>E. confusum</i>	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i> Britton	JL Tapia-1143
<i>C. itzaeus</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Croton itzaeus</i> Lundell	JL Tapia-1138
<i>C. arboreus</i>		<i>Croton arboreus</i> Millsp.	JL Tapia-1132
<i>P. cubana</i>	Myrsinaceae	<i>Parathesis cubana</i> (A. DC.) Mollinet & M. Gómez	JL Tapia-1133
<i>M. cerifera</i>	Myricaceae	<i>Morella cerifera</i> (L) Small	JL Tapia-1137
<i>Ca. latifolia</i>	Apocynaceae	<i>Cameraria latifolia</i> L.	JL Tapia-1165
<i>B. bucidaefolia</i>	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidaefolia</i> Standl.	GC-8087
<i>H. laurifolia</i>		<i>Heteropterys laurifolia</i> (L) A. Juss	GC-8035

Tabla 2. Código del tratamiento, ingrediente activo y concentración (mL L⁻¹ de agua) de los insecticidas botánicos.

Código del tratamiento	Ingrediente activo (Nombre comercial)	Dosis (mL L ⁻¹ de agua)
<i>Argemone mexicana</i>	Extracto de <i>Argemone mexicana</i> (Omega)	6
<i>Azadirachta indica</i>	Extracto de aceite de <i>Azadirachta indica</i> (Nimicide)	4
<i>Allium-Capsicum-Cinnamomum</i>	Extracto de <i>Allium sativum</i> , <i>Capsicum frutescens</i> y <i>Cinnamomum zeylanicum</i> (Gamma)	4
Alcaloides	Argemonina, Berberina, Ricinina, α -Terthienil (Biodie)	4
Ácidos grasos	Sales potásicas de ácidos grasos de origen vegetal (Ultralux)	6
Imidacloprid	Imidacloprid (Confidor, Bayer S. A. de C. V.)	2
Control	Agua destilada	-

Evaluación de repelencia de adultos y disuasión de oviposición en jaulas entomológicas

Los ensayos de repelencia de adultos y disuasión de oviposición se realizaron como lo describe Baldin *et al.* (2013). Plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*) de 30 días de edad se establecieron en vasos de unicel de 300 mL. En cada planta se seleccionaron dos hojas jóvenes completamente extendidas de la parte superior. Posteriormente, se procedió a tratar las plantas por el método de inmersión de hojas durante 10 segundos. Posterior a la aplicación, se dejó secar el exceso de producto durante 1 hora y las plantas se colocaron aleatoriamente en las jaulas entomológicas (60 × 60 × 100 cm) elaboradas con marcos de aluminio y cubierta con malla antiáfidos. Las jaulas se mantuvieron en un invernadero, bajo las mismas condiciones que se menciona en el establecimiento de la colonia de *B. tabaci*. Una vez que las plantas tratadas se colocaron en las jaulas entomológicas, se procedió a la liberación de adultos no sexados de *B. tabaci*, en cantidad promedio de 20 adultos por planta. El número de mosquitas blancas atraídas a las hojas jóvenes completamente extendidas se midió a las 48 horas

después de la liberación. Después del conteo de adultos en las dos hojas seleccionadas de cada planta tratada, éstas se llevaron al laboratorio para realizar el conteo de huevos con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Leica Inc®, USA) y la determinación del área foliar. El índice de repelencia (IR) se calculó por la ecuación IR y el índice de disuasión de la oviposición (IDO) por la ecuación IDO.

$$IR = \frac{2T}{T + C}$$

En la ecuación IR, T es el número de insectos atraídos a las hojas tratadas con los extractos acuosos y C es el número de insectos atraídos a las hojas testigo. Valores de IR < 1 indican repelencia de *B. tabaci* por efecto de los extractos, mientras que valores de IR > 1 indican atracción de *B. tabaci* a las hojas tratadas con los extractos. El valor de IR a las hojas control es igual a 1.

$$IDO = \frac{T - C}{T + C} * 100$$

En la ecuación IDO, T es el número de huevos contados en las hojas tratadas con los extractos y C es

el número de huevos contados en las hojas testigo. Los valores de IDO varían de +100 (muy atractivo) a -100 (disuasión completa).

La efectividad de los extractos se clasificó de acuerdo a valores propios de IR e IDO. Para el caso de IR, se describen tres niveles: alta actividad, IR de 0.0 a 0.6; actividad intermedia, IR de 0.7 a 0.8; y actividad baja, IR de 0.9 a 1.0. Para el caso de IDO, se establecieron cuatro niveles: actividad alta, IDO de -60 a -100; actividad intermedia, IDO de -40 a -60; actividad baja, IDO de -20 a -40; sin actividad, IDO de -20 a +20.

Evaluación de supresión de población de *Bemisia tabaci*

Se utilizaron plantas de chile habanero (*C. chinense*) de 60 días de edad. Las plantas se colocaron en macetas de unicel de 2 L de capacidad, luego se aplicaron los tratamientos al follaje hasta punto de goteo y las plantas se colocaron en un invernadero donde fueron infestadas con *B. tabaci*. La infestación se realizó como lo describe Zanac *et al.* (2008). Las plantas de *C. chinense* tratadas con los productos botánicos se dispusieron en filas distribuidas a 1 m entre ellas y 40 cm entre plantas. El invernadero se dejó abierto para lograr infestación natural y constante, además en cada esquina dentro del invernadero se colocaron al azar dos plantas de berenjena altamente infestadas con *B. tabaci*. Se realizaron cuatro aplicaciones de los tratamientos, las aplicaciones se hicieron a intervalos semanales. La aspersión fue directamente al follaje hasta su completa cobertura y punto de goteo. Las evaluaciones de densidad poblacional de huevos, ninfas y adultos de *B. tabaci* se llevaron a cabo en dos hojas superiores completamente extendidas de cada planta, tres días después de cada aplicación de tratamientos. Se evaluó también el área de las hojas muestreadas. Con las mediciones semanales de densidad de *B. tabaci*, se realizó un promedio total y se presentaron los datos como adultos, ninfas y huevos por cm².

Evaluación de toxicidad en parasitoides

Pupas del parasitoide *E. formosa* hospedadas en ninfas de tercer instar de *B. tabaci* se obtuvieron de la compañía Koppert México S.A de C.V. La viabilidad de las pupas, evaluada con base en la emergencia de adultos, fue de manera general entre 75 a 90 %. Las pupas, agrupadas en tarjetas de 9 cm² con 80 a 100 individuos de *E. formosa* se trataron por el método de inmersión durante 10 segundos. Posterior a la inmersión, se dejó secar el exceso de producto por una hora. Las tarjetas con las pupas se colocaron dentro de

cajas Petri (60 X 15 mm). Dos semanas después de la aplicación se determinó el porcentaje de mortalidad de parasitoides de acuerdo con el número de parasitoides emergidos (vivos) y los parasitoides no emergidos (muertos).

Diseño experimental y análisis de datos

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar. Para el bioensayo de repelencia de adultos e inhibición de oviposición en jaulas entomológicas, se llevaron a cabo doce repeticiones, cada repetición estuvo representada por una planta. Las variables evaluadas fueron el número de adultos y número de huevos en el follaje (individuos por cm²). Estos datos no se analizaron estadísticamente, sino que se usaron para calcular los índices IR e IDO, como se indicó previamente. Para la evaluación de supresión de población de *B. tabaci* se establecieron 14 repeticiones, cada repetición consistió en una planta. Las variables evaluadas fueron el número de adultos, ninfas y huevos en el follaje (individuos por cm²). Para el ensayo de toxicidad en parasitoides se usaron cuatro repeticiones, cada repetición consistió en una caja Petri con 80-100 pupas. La variable evaluada fue la mortalidad de individuos. Los datos de supresión de población de *B. tabaci* (adultos, ninfas y huevos por cm²) y la mortalidad de parasitoides se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias Tukey, 0.05, con el paquete estadístico SPSS Statistics. Se realizaron pruebas para confirmar homogeneidad de varianza (Prueba de Levene) y normalidad de los datos analizados (Prueba de Kolgomorov-Smirnov).

RESULTADOS

Repelencia de adultos y disuasión de oviposición en jaulas entomológicas

Para el caso de la evaluación del efecto de los extractos acuosos de plantas regionales sobre el índice de repelencia en adultos (IR), se observó que el extracto de *C. itzaeus* (tallo) tuvo alta actividad repelente, mientras que los extractos de *E. confusum* (raíz y hoja), *C. itzaeus* (raíz), *C. arboreus* (raíz) y *M. cerífera* (raíz) tuvieron actividad intermedia.

El resto de los extractos tuvieron baja actividad de repelencia de adultos. Con respecto al efecto de los insecticidas botánicos comerciales, los derivados de *A. indica* y *A. mexicana* tuvieron alta actividad repelente, mientras que los ácidos grasos, *Allium-Capsicum-Cinnamomum* y la combinación de alcaloides mostraron actividad repelente intermedia (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de repelencia (IR) en *Bemisia tabaci* en el follaje de *Capsicum chinense* para los extractos de tallo (T), raíz (R) y hoja (H) de plantas regionales, evaluados a las 48 horas después de la aplicación.

Actividad e IR	Extractos acuosos y órgano	Insecticidas botánicos comerciales
Alta actividad 0.0 a 0.6	<i>Croton itzaeus</i> (T).	<i>Argemone mexicana</i> , <i>Azadirachta indica</i>
Actividad intermedia 0.7 a 0.8	<i>Erythroxylum confusum</i> (R, H), <i>Croton itzaeus</i> (R), <i>Croton arboreus</i> (R), <i>Morella cerifera</i> (R).	Ácidos grasos, <i>Allium-Capsicum-Cinnamomum</i> , Combinación de alcaloides
Baja actividad 0.9 a 1.0	<i>Erythroxylum confusum</i> (T), <i>Croton itzaeus</i> (H), <i>Croton arboreus</i> (T, H), <i>Parathesis cubana</i> (R, T, H), <i>Morella cerifera</i> (T, R), <i>Cameraria latifolia</i> (R, T, H), <i>Byrsonima bucidaefolia</i> (R, T, H), <i>Heteropterys laurifolia</i> (R, T, H), control (agua).	

En la evaluación del índice de disuasión de la oviposición (IDO), se observó que los extractos acuosos de las plantas regionales, *C. itzaeus* (hoja) fue el más activo. Los extractos de *E. confusum* (tallo), *C. arboreus* (tallo) y *M. cerifera* (tallo y hoja) tuvieron actividad intermedia. El resto de los extractos acuosos mostró baja o nula actividad. Los insecticidas

botánicos comerciales, *A. mexicana* y *A. indica*, causaron alta disuasión en la oviposición, mientras que los derivados de ácidos grasos y *Allium-Capsicum-Cinnamomum* obtuvieron actividad intermedia. La combinación de alcaloides causó baja disuasión de la oviposición (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de disuasión de la oviposición (IDO) de *Bemisia tabaci* en el follaje de *Capsicum chinense* por efecto de los extractos de plantas regionales, incluyendo tallo (T), raíz (R) y hoja (H), evaluados a las 48 horas después de la aplicación.

Actividad IDO	Extractos acuosos y órganos	Insecticidas botánicos comerciales
Alta (-60 a -100)	<i>Croton itzaeus</i> (H)	<i>Argemone mexicana</i> , <i>Azadirachta indica</i>
Intermedia (-40 a -60)	<i>Erythroxylum confusum</i> (T), <i>Croton arboreus</i> (T), <i>Morella cerifera</i> (T, H).	<i>Allium-Capsicum-Cinnamomum</i> , ácidos grasos
Baja (-20 a -40)	<i>Erythroxylum confusum</i> (R, H), <i>Croton itzaeus</i> (T), <i>Croton arboreus</i> (R), <i>Parathesis cubana</i> (R, T, H).	Combinación de alcaloides
Sin actividad (-20 a +20)	<i>Croton itzaeus</i> (R), <i>Croton arboreus</i> (H), <i>Morella cerifera</i> (R), <i>Cameraria Latifolia</i> (R, T, H), <i>Byrsonima bucidaefolia</i> (R, T, H), <i>Heteropterys laurifolia</i> (R, T, H).	

Supresión de la población de *B. tabaci* en invernadero

En la evaluación de los extractos acuosos de plantas regionales por un periodo de un mes en aplicaciones a intervalos semanales, se observó una reducción significativa ($P < 0.05$) en la densidad poblacional de ninfas y adultos de *B. tabaci* en plantas de chile habanero tratadas con extracto acuoso de *E. confusum* (tallo), comparado con lo observado en las plantas tratadas con extracto de *C. itzaeus* (hoja) (Tabla 5).

Respecto a la evaluación del efecto de los insecticidas botánicos comerciales en la densidad poblacional de *B. tabaci*, se observó que el tratamiento *Allium-Capsicum-Cinnamomum* redujo la densidad poblacional de adultos al igual que el imidacloprid. No se observó diferencias significativas ($P > 0.05$) en la densidad poblacional de huevos y ninfas en las plantas tratadas con *Allium-Capsicum-Cinnamomum*, comparadas con aquellas tratadas con Imidacloprid (Tabla 6).

Tabla 5. Densidad poblacional de *Bemisia tabaci* (medias \pm error estándar) en plantas de *Capsicum chinense* tratadas con extractos acuosos de plantas regionales en aplicaciones semanales por 30 días.

Tratamiento	Adultos/hoja cm ²	Ninfas/hoja cm ²	Huevos/hoja cm ²
<i>Erythroxylum confusum</i> (tallo)	0.19 \pm 0.01 ^a	0.76 \pm 0.09 ^b	0.74 \pm 0.10 ^{ab}
<i>Croton itzaeus</i> (hoja)	0.24 \pm 0.02 ^b	1.15 \pm 0.13 ^c	0.89 \pm 0.10 ^b
Imidacloprid	0.16 \pm 0.01 ^a	0.28 \pm 0.03 ^a	0.49 \pm 0.06 ^a

^{a-c} Diferentes literales en las medias dentro de cada columna indica diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey (P < 0.0)

Tabla 6. Densidad poblacional de *Bemisia tabaci* (medias \pm errores estándares) en plantas de *Capsicum chinense* tratadas con productos botánicos en aplicaciones semanales por un mes.

Tratamiento	Adultos/hoja cm ²	Ninfas/hoja cm ²	Huevos/hoja cm ²
<i>Argemone mexicana</i>	0.16 \pm 0.02 ^{ab}	0.54 \pm 0.08 ^{ab}	0.50 \pm 0.09 ^a
<i>Azadirachta indica</i>	0.19 \pm 0.02 ^b	0.69 \pm 0.12 ^b	0.55 \pm 0.09 ^a
<i>Allium-Capsicum-Cinnamomum</i>	0.11 \pm 0.01 ^a	0.46 \pm 0.08 ^{ab}	0.61 \pm 0.10 ^a
Ácidos grasos	0.16 \pm 0.02 ^{ab}	0.51 \pm 0.06 ^{ab}	0.48 \pm 0.07 ^a
Imidacloprid	0.10 \pm 0.02 ^a	0.35 \pm 0.07 ^a	0.36 \pm 0.06 ^a

^{a-b} Diferentes literales en las medias dentro de cada columna indica diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey (P < 0.05).

Toxicidad en pupas del parasitoides *Encarsia formosa*

Se observó que los insecticidas botánicos comerciales de *A. indica* y *A. mexicana* causaron más de 80 % de mortalidad en *E. formosa* (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de mortalidad (medias \pm error estándar) de parasitoides por efecto de los extractos acuosos e insecticidas botánicos.

Tratamiento	Mortalidad (%)
Imidacloprid	93 \pm 2.7 ^c
<i>Azadirachta indica</i>	91 \pm 3.7 ^c
<i>Argemone mexicana</i>	81 \pm 3.0 ^c
<i>Allium-Capsicum-Cinnamomum</i>	49 \pm 2.4 ^b
Combinación de alcaloides	46 \pm 0.9 ^b
Ácidos grasos	44 \pm 4.8 ^{ab}
<i>Croton itzaeus</i> (hoja)	42 \pm 1.4 ^{ab}
<i>Erythroxylum confusum</i> (tallo)	32 \pm 1.3 ^a
Control	38 \pm 1.4 ^{ab}

^{a-c} Diferentes literales en las medias dentro de la columna indica diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey (P < 0.05). La evaluación se hizo a los 15 días posteriores a la aplicación.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, para evaluar la efectividad de los productos derivados de plantas en un escenario real, se hicieron dos tipos de pruebas: la evaluación de repelencia de adultos y disuasión de oviposición a corto plazo en jaulas entomológicas establecidas en invernadero, y la evaluación de supresión de población de *B. tabaci* en plantas establecidas en invernadero con

aplicaciones de los tratamientos por un mes a intervalos semanales. Los productos botánicos se consideran una alternativa en el manejo de plagas de hortalizas, en particular de *B. tabaci*, especie que ha desarrollado resistencia a la mayoría de los productos químicos registrados para su manejo (Ahmad *et al.*, 2010; Isman, 2006; Naveen *et al.*, 2017). Existe una cantidad considerable de estudios que dan cuenta de la efectividad de productos botánicos (extractos, fracciones orgánicas, aceites esenciales, o metabolitos), pero bajo condiciones experimentales controladas y a nivel laboratorio, con tiempos cortos de evaluación (24 - 48 horas). Por ejemplo, Baldin *et al.* (2014) y Baldin *et al.* (2013) reportaron alta repelencia de adultos y disuasión de oviposición por efecto de aceites esenciales de especies Geranaceae, además, registraron 100 % de mortalidad de adultos por efecto de los metabolitos derivados de aceites esenciales de Geranaceae, como geraniol, linalool y citronelol. Cruz-Estrada *et al.* (2013) documentaron alta mortalidad (90 - 100 %) de huevos y ninfas por efecto de extractos etanólicos de cinco especies de plantas regionales de la península de Yucatán. Abou-Fakhr *et al.* (2014) evaluó extractos metanólicos de 14 especies Asteraceae y cinco especies Lamiaceae, y observó efectos variados, donde los extractos más activos ocasionaron hasta 80 % de mortalidad de adultos y ninfas. En el presente estudio, el extracto de *C. itzaeus* (tallo) mostró alta repelencia de adultos y el extracto de *C. itzaeus* (hoja) causó alta disuasión de oviposición en la evaluación a las 48 horas de iniciada la exposición. En la evaluación de los insecticidas botánicos comerciales, los derivados de *A. mexicana* y *A. indica* causaron alta repelencia de adultos y

disuasión de oviposición. En el caso de *C. itzaeus*, especie endémica de la península de Yucatán, no se encontraron antecedentes de actividad biológica, así como tampoco reportes fitoquímicos. El género es reconocido por su alto contenido de diterpenos y alcaloides en hojas, tallos y raíces, por lo que probablemente su actividad contra *B. tabaci* estuvo relacionada con estos componentes (Xu *et al.*, 2018). Es importante notar que el extracto acuoso de *C. itzaeus* (tallo) tuvo mayor actividad que el extracto de *E. confusum* (tallo) en las evaluaciones a 48 horas de iniciada la exposición, sin embargo, se observa lo contrario en las pruebas de invernadero en aplicaciones semanales durante un mes, lo cual hace suponer que los metabolitos presentes en el extracto de *C. itzaeus* (tallo) no son estables y altamente dependientes de la luminosidad, temperatura o humedad. Los productos derivados de *A. indica* ha sido reportados como repelente y disuasivo de oviposición sobre varias especies de insectos (Benelli *et al.*, 2017). Su efecto se atribuye principalmente a la presencia de azadiractina y otros triterpenoides (Aerts y Mordue, 1997; Copping & Duke, 2007; Marcic, 2012). Para el caso de *A. mexicana*, se ha demostrado que tiene actividad contra *B. tabaci* causando reducción en la densidad poblacional (Santiago *et al.*, 2009; Freire *et al.*, 2013), su efecto probablemente se deba a las altas concentraciones alcaloides (Brahmachari *et al.*, 2013; Freire *et al.*, 2013).

Los efectos de los extractos de plantas regionales e insecticidas botánicos comerciales en aplicaciones semanales durante un mes presentaron variaciones de los efectos obtenidos en jaulas entomológicas a corto plazo. De los dos extractos vegetales evaluados, *E. confusum* (tallo) mantuvo bajas las poblaciones de adultos y ninfas, incluso de igual manera que el insecticida químico Imidacloprid. Es muy probable que el efecto del extracto de *E. confusum* (tallo) haya sido por repelencia de adultos y disuasión de oviposición, tomando como referencia los resultados en pruebas a corto plazo (48 horas). A partir de extractos orgánicos de *E. confusum* se han identificado los flavonoles 3-rutinósido-5-glucósido de ombuina, 3-rutinósido de ombuina y el 3-rutinósido de quercetina (González-Guevara *et al.*, 2006), el triterpeno palmitato de β -amirina (González-Lavout *et al.*, 2008), e incluso presencia de varios alcaloides (Bieri *et al.*, 2006); en el extracto acuoso de las hojas se ha reportado la presencia de compuestos fenólicos, saponinas y flavonoides (Jiménez Alemán *et al.*, 2004).

Los triterpenos y fenoles son metabolitos secundarios importantes en el control de insectos plaga (Álvarez-Reyes *et al.*, 2008; Vásquez-Luna *et al.*, 2007). Es importante resaltar que este es el primer reporte que considera *E. confusum* como fuente de insecticida para el manejo de *B. tabaci*.

Es importante mencionar que, para el caso de los insecticidas botánicos comerciales, se observó que el producto derivado de *A. sativum*, *C. frutescens*, y *C. zeylanicum*, presentó actividad intermedia con base en los índices IR e IDO. Estas especies vegetales son ampliamente conocidas como fuentes de insecticidas y repelentes, ya que tienen toxicidad considerable en varias especies de insectos fitófagos (Deletre *et al.*, 2015; Niroumand *et al.*, 2016; Anwar *et al.*, 2017). La combinación de *A. sativum* y *C. frutescens* se han usado como ingredientes activos por separado y en combinación. En este último caso se considera que existe sinergia en su acción insecticida (Baidoo y Mochiah, 2016). Así también, los productos derivados de *C. zeylanicum* son considerados efectivos contra plagas y específicamente contra *B. tabaci* (Santiago *et al.*, 2009; Deletre *et al.*, 2015). La combinación de ingredientes activos de origen vegetal puede incrementar su efecto insecticida contra plagas difíciles de manejar (Tucuch *et al.*, 2015).

Es importante notar que la alta efectividad de los productos aplicados a intervalos semanales durante un mes, sugieren que estos productos contienen compuestos estables a condiciones ambientales adversas como temperatura y radiación solar. Además, los resultados sugieren que las evaluaciones de insecticidas botánicos bajo condiciones controladas y exposiciones a corto plazo (48 horas) pueden sobrevalorar el efecto repelente e insecticida, o proporcionar un perfil de actividad que no necesariamente concuerde con lo que se tendrá bajo condiciones de campo (Studebaker y Kring, 2003). Por ejemplo, Baldin *et al.* (2013) encontró alta repelencia de *B. tabaci* por efecto de aceites esenciales en evaluaciones de 6 a 24 horas después de la aplicación. Sin embargo, en pruebas en invernadero se observó que el efecto de los aceites esenciales es significativo solamente en las primeras 48 horas, ya que a la semana tres y cuatro después de las aplicaciones, la densidad poblacional de *B. tabaci* fue similar al testigo. De tal manera que, en ensayos de actividad biológica de productos derivados de plantas, bien sean extractos experimentales o insecticidas botánicos comerciales, se debe implementar una prueba en invernadero o evaluarse directamente en campo, donde las plantas estén expuestas a las poblaciones de *B. tabaci* en periodos prolongados, tal como ocurre de manera natural, para no sobreestimar el efecto real de los productos evaluados.

Algunos productos derivados de plantas pueden ser potencialmente dañinos a los parasitoides. En particular aquellos que contienen alcaloides o algún otro compuesto de acción general en el sistema nervioso (Monsreal-Ceballos *et al.*, 2018). En el presente estudio, los insecticidas a base de *A. indica* y *A. mexicana* tuvieron efectos tóxicos significativos, igual que el producto químico Imidacloprid. En

contraste, los extractos de *C. itzaeus* (hoja) y *E. confusum* (tallo) causaron baja mortalidad en el parasitoide *E. Formosa*. La acción letal de los insecticidas botánicos comerciales podría atribuirse a la presencia de coadyuvantes en la mezcla comercial, cuya integración a la mezcla formulada mejora la adherencia y penetración del producto en los insectos plaga.

CONCLUSIONES

El presente estudio muestra la actividad de productos derivados de plantas sobre *B. tabaci*. En evaluaciones a 48 horas de iniciada la exposición, los extractos acuosos de *C. itzaeus* (hoja y tallo) y *E. confusum* (tallo) tuvieron actividad alta, así como los insecticidas botánicos comerciales derivados de *A. mexicana* y *A. indica*. En aplicaciones semanales durante un mes a nivel invernadero, el extracto acuoso de *E. confusum* (tallo), así como el insecticida botánico comercial derivado de *Allium-Capsicum-Cinnamomum*, tuvieron mayor actividad en la supresión de densidad poblacional de *B. tabaci*. No se observó efecto tóxico de los extractos acuosos de *E. confusum* (tallo) y el insecticida a base de *Allium-Capsicum-Cinnamomum* en el parasitoide *E. formosa*. Es preciso continuar con las formulaciones de los extractos de *E. confusum* e incluso de *C. itzaeus* para mejorar su estabilidad e incrementar efectividad en aplicaciones de campo.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el proyecto Conacyt de Problemas Nacionales PDCPN-2015-266, y el proyecto del Tecnológico Nacional de México 6465.18-P. Los autores agradecen a la Q.I. Irma Leticia Medina Baizabal, por el apoyo técnico en el laboratorio y al Tec. Jose Luis Tapia Muñoz por su apoyo en las colectas de campo.

REFERENCIAS

- Abou-Fakhr, H. E, Zeaiter, A., Saliba, A., Saliba, N., Talhouk, S. 2014. Bioactivity of indigenous medicinal plants against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*. Journal of Insect Science. 105: 1-13. DOI: 10.1093/jis/14.1.105
- Aerts, R. J. and Mordue, A. J. 1997. Feeding deterrence and toxicity of neem triterpenoids. Journal of Chemical Ecology. 23: 2117-2133. DOI: 10.1023/B:JOEC.0000006433.14030.04.
- Ahmad, M., Arif, M., Naveed, M. 2010. Dynamics of resistance to organophosphate and carbamate insecticides in the cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Pakistan. Journal of Pest Science. 83: 409-420. DOI: 10.1007/s10340-010-0311-8.
- Anwar, A., Gould, E., Tinson, R., Groom, M., Hamilton, C.J. 2017. Think yellow and keep green-role of Sulphanes from garlic in agriculture. Antioxidants 6: 1-12.
- Ateyyat, M.A., Al-Mazra'awi M., Abu-Rjai, T., Shatnawi, M. A. 2009. Aqueous extracts of some medicinal plants are as toxic as imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. Journal of Insect Science. 9: 15-20. DOI: 10.1673/031.009.1501.
- Álvarez-Reyes, A., González-Lavaut, J. A., Urquiola-Cruz, A. 2008. Evaluación fitoquímica de *Erythroxylum confusum* Britt. (*Erythroxylaceae*) al variar el método de secado de las hojas. Revista CENIC. Ciencias Químicas. 39(3): 135-137.
- Baldin, E.L.L., Aguiar G.P., Fanela T.L.M., Soares M.C.E., Groppo M., Crotti A.E.M. 2014. Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. Journal of Pest Science. 88: 191-199. DOI: 10.1007/s10340-014-0580-8.
- Baldin, E.L.L., Crotti, A.E.M., Wakabayashi, A.L., Silva, J.P.G.F., Aguiar, G.P., Souza, E.S., Veneziani, R.C.S., Groppo, M. 2013. Plant-derived essential oils affecting settlement and oviposition of *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B on tomato. Journal of pest management. 86: 301-308. DOI: 10.1007/s10340-012-0462-x.
- Barbosa, F.R., Quintela, E.D., Bleicher, E., Silva, P.H.S., 2004. Manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biotipo B na cultura do feijão. In: Haji, N.P., Bleicher, E. (Eds.), Avanços no manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* Biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Embrapa Semi-Arido, Petrolina. 131-154.
- Baidoo, P.K. and Mochiah, M.B., 2016. Comparing the effectiveness of garlic (*Allium sativum* L.) and hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) in the management of the major pests of cabbage *Brassica oleracea* (L.). Sustainable Agricultural Research. 5: 83-91.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., Nicoletti, M. 2017. Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. Natural Product Research. 31: 369-386. DOI: 10.1080/14786419.2016.1214834

- Bieri, S., Brachet, A., Veuthey, J-L., Christen, P. 2006. Cocaine distribution in wild *Erythroxylum* species. *Journal of Ethnopharmacology* 103: 439-447.
- Brahmachari, G., Gorai, D., Roy, R. 2013. *Argemone mexicana*: chemical and pharmacological aspects. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 23: 559-575. DOI: 10.1590/S0102-695X2013005000021.
- Castle, S.J., Palumbo, J.C., Prabhaker, N., Horowitz, R.A., Denholm, I. 2010. Ecological determinants of *Bemisia tabaci* resistance to insecticides. In: Stansly, P.A., Naranjo, S.E. (Eds.), *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. Springer, Amsterdam. 423-459. DOI: 10.1007/978-90-481-2460-2.
- Castillo-Sánchez, L.E., Jiménez-Osornio, J.J. and Delgado-Herrera, A. 2012. Actividad biológica *in vitro* de extracto de *Capsicum chinense* Jacq. contra *Bemisia tabaci* Genn. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 18: 345-356.
- Copping, L.G. and Duke S.O. 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents - a review. *Pest Management Science*. 63: 524-554. DOI: 10.1002/ps.1378.
- Cruz-Estrada, A., Gamboa-Ángulo, M., Borgez-Argáez, R., Ruiz-Sánchez, E. 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Electronic Journal of Biotechnology*. 16: 1-9. DOI: 10.2225/vol16-issue1-fulltext-6.
- Daoubi, M., Deligeorgopoulou, A., Macías-Sánchez, A.J., Hernández-Galán, R., Hitchcock, P.B., Hanson, J.R., Collado, I.G. 2005. Antifungal activity and biotransformation of diisophorone by *Botrytis cinerea*. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 53: 6035-6039. DOI: 10.1021/jf050600n.
- Deletre, E., Mallet, M., Menut, C., Chandre, F., Martin, T. 2015. Behavioral response of *Bemisia tabaci* (Hemiptera:Aleyrodidae) to 20 plant extracts. *Journal of Economic Entomology*. 108: 1890-1901.
- Du, W., Han, X., Wang, Y., Qin, Y. 2016. A primary screening and applying of plant volatiles as repellents to control whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato. *Scientific Reports*. 6: 22140. DOI: 10.1038/srep22140.
- Freire, V.L., Marcus, B., Moreira, T., Osmã, J., Aragao C.A. 2013. Avaliação de extratos vegetais no controle de mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B em abóbora. *Revista Ciencia Agronomica*. 44: 622-627.
- González-Lavout, J.A., García-González, N., Gordo-Álvarez, O., Vélez-Castro, H. 2008. Una entidad química aislada de *Erythroxylum confusum* Britton: palmitato de B-Amirina. *Latin American Journal of Pharmacy*. 27: 85-88.
- González-Guevara, J.L., Vélez-Castro, H., González-García, K.L., Payo-Hill, A.L., González-Lavout, J.A., Molina-Torres, J., Prieto-González, S. 2006. Flavonoid glycosides from Cuban *Erythroxylum* species. *Biochemical Systematics and Ecology*. 34: 539-542. DOI: 10.1016/j.bse.2006.01.003.
- Hilje, L. and Mora, A. 2006. Promissory botanical repellents/deterrents for managing two key tropical insect pest, the whitefly *Bemisia tabaci* and the mahogany shootborer *Hypsipyla grandella*, p. 379-403. In M. Rai & Carpinella M.C. (eds.). *Naturally occurring bioactive compounds, Advances in phytomedicine*, Vol. 3, Chapter 15. Elsevier, Holland.
- He, Y., Zhao, J., Zheng, Y., Weng, Q., Biondi, A., Desneux, N., Wu, K. 2013. Assessment of potential sublethal effects of various insecticides on key biological traits of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *International Journal of Biological Science*. 9: 246-255. DOI: 10.7150/ijbs.5762.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*. 51: 45-66. DOI: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151146.
- Jiménez-Alemán, N.M., González-Lavout, A., Prieto-González, S., Molina-Torres, J., Urquiola-Cruz, A. 2004. Evaluación fitoquímica de 3 especies de *Erythroxylum*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 9: 12-16.
- Kim, S.-I., Chae, S.H., Young, H.S., Yeon, S.H., Ahn, Y.J. 2011. Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *Pest Management Science*. 67: 1093-1099. DOI: 10.1002/ps.2152.
- Liang, P., Tian, Y.A., Biondi, A., Desneux, N., Gao, X.W. 2012. Short-term and transgenerational effects of the neonicotinoid nitenpyram on susceptibility to insecticides in two whitefly species. *Ecotoxicology*. 21: 889-1898. DOI: 10.1007/s10646-012-0922-3.

- Marcic, D. 2012. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. *Journal Pests Science*. 85: 395-408. DOI: 10.1007/s10340-012-0442-1.
- Monsreal-Ceballos, R.J., Ruiz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H.S., Reyes-Ramírez, A., González-Moreno, A. 2018. Effects of botanical insecticides on Hymenopteran parasitoids: a meta-analysis approach. *Neotropical Entomology*. 47: 681-688. DOI: 10.1007/s13744-017-0580-5.
- Naveen, N.C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K.B., Rajagopal, R.V., Subrahmanyam, B., & Subramanian, S.V. 2017. Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Scientific Reports*. 7: 1-15. DOI: 10.1038/srep40634.
- Niroumand, Ch.M., Farzaei, M.H., Karimpour-Razkenari, E., Amin, G.H., Khanavi, M., Akbarzadeh, T., Shams-Ardekani, M.R. 2016. An evidence-based review on medicinal plants used as insecticide and insect repellent in traditional Iranian medicine. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 18: 1-8. DOI: 10.5812/ircmj.22361.
- Pinheiro, P.V., Quintela, E.D., Oliveira, J.P., Seraphin, J.C. 2009. Toxicity of neem oil to *Bemisia tabaci* biotype B nymphs reared on dry bean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44: 354-360. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000400004.
- Quintela, E.D. y Pinheiro, P.V. 2009. Redução da oviposição de *Bemisia tabaci* biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em folhas de feijoeiro tratadas com extratos botânicos. *BioAssay*. 4: 1-10. DOI: 10.14295/BA.v4.0.68.
- Santiago, V., Rodríguez, C., Ortega, L.D., Ochoa, D., Infante, S. 2009. Repelencia de adultos de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* west.) con aceites esenciales. *Revista de Fitosanidad*. 13: 11-14.
- Stansly, P.A. and Natwick, E.T., 2010. Integrated systems for managing *Bemisia tabaci* in protected on open field agriculture. In: Stansly, P.A., Naranjo, S.E. (Eds.), *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. Springer, Amsterdam. 467-489.
- Simmonds M.S.J., Jarvis, A.P., Johnson, S., Jones, G.R., Morgan, E.D. 2004. Comparison of antifeedant and insecticidal activity of nimbin and salianin photooxidation products with neem (*Azadirachta indica*) limonoids. *Pest Management Science*. 60: 459-464. DOI: 10.1002/ps.834.
- Sutherland, J., Baharally, V.P., Permaul, D. 2002. Use of the botanical insecticide, neem to control the small rice stinkbug *Oebalus poecilus* (Hemiptera: Pentatomidae) in Guayana. *Entomotopica*. 17: 96-101.
- Studebaker, G.E., Kring, T.J. 2003. Effects of insecticides on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoridae), measured by field, greenhouse and Petri dish bioassays. *The Florida Entomologist*. 86: 178-185. DOI: 10.1653/0015-4040(2003)086[0178:EOIOOI]2.0.CO;2.
- Tucuch, H.J.I., Cicero, J.L., Rodríguez, M.J.C., Baeza, R.J.J. 2015. Evaluación de dos productos orgánicos para el control de *Bemisia tabaci* (Gennadius). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 177-184. XXVII Reunión científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. IV Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical.
- Vázquez-Luna, A., Pérez-Flores, L., Díaz-Sobac, R. 2007. Biomolecules with insecticidal activity: an alternative to improve the food safety. *Ciencia y tecnología alimentaria*. 5: 306-313.
- Walia, S., Saha, S., Tripathi, V., Sharma K. 2017. Phytochemical biopesticides: some recent developments. *Phytochemistry Reviews*. 16: 989-1007. DOI: 10.1007/s11101-017-9512-6.
- Xu, W.H., Liu, W.Y., Liang, Q. 2018. Chemical constituents from *Croton* species and their biological activities. *Molecules* 23: 2333. DOI:10.3390/molecules23092333.
- Zanic, K., Goreta, S., Perica, S., Sutic, J. 2008. Effects of alternative pesticides on greenhouse whitefly in protected cultivation. *Journal of Pest Science*. 81: 161-166. DOI: 10.1007/s10340-008-0201-5.
- Zheng, Y., Zhao, J.W., He, Y.X., Huang, J., Weng, Q.Y. 2012. Development of insecticide resistance and its effect factors in field population of *Bemisia tabaci* in Fujian Province, East China. *The Journal of Applied Ecology*. 23: 271-277.
- Zoubiri, S. and Baaliouamer, A. 2011. Potentiality of plants as source of insecticide principles. *Journal of Saudi Chemical Society*. 18: 925-938. DOI: 10.1016/j.jscs.2011.11.0