

## Producción de *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) estimulando la brotación de *Murraya paniculata* (L.) Jack\*

## Production of *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) stimulating sprouting of *Murraya paniculata* (L.) Jack

Martín Palomares-Pérez<sup>1§</sup>, Esther Gisela Cordoba-Urtiz<sup>1</sup> y Hugo César Arredondo-Bernal<sup>1</sup>

Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Carretera Tecmán- Estación FFCC, km 1.5, Colonia Tepeyac, Colima México. C. P. 28110. (gisela\_1704@hotmail.com; hugo.arredondo@senasica.gob.mx). §Autor para correspondencia: mpalomares@colpos.mx.

### Resumen

En México se desarrolla un programa de producción masiva del ectoparasitoide *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) para controlar a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector del Huanglongbing de los cítricos. Este himenóptero se mantiene sobre ninfas del psílido asiático de los cítricos producidos sobre brotes tiernos de la planta *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae). Se evaluaron seis productos para estimular la brotación de esta rutácea e infestarlos con ninfas de *D. citri* para ser parasitadas con *T. radiata*. La composta con una dosis de 130 g por planta aplicada al suelo fue la que produjo la mayor cantidad de brotes útiles (10.6) (F= 10.85, Pr< 0.0001) y la mayor cantidad de parasitoides por brote (22.44) (F= 1.31, Pr> 0.2672).

**Palabras clave:** *Candidatus Liberibacter* spp., *Diaphorina citri*, control biológico, Huanglongbing, psílido asiático de los cítricos.

*Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) es un ectoparasitoide específico del psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), plaga de importancia económica en muchas regiones cítricas del mundo (Halbert y Manjunath, 2004) por transmitir la bacteria gran-negativa conocida como *Candidatus Liberibacter* spp. causante de la enfermedad "Huanglongbing"

### Abstract

In Mexico, there is a program under development of mass production of the ectoparasitoid *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) for controlling *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector of the citrus Huanglongbing. This wasp is kept on nymphs of the Asian citrus psyllid produced on tender shoots of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae). Six products were evaluated to stimulate sprouting and infesting them with nymphs of *D. citri* to be parasitized with *T. radiata*. Compost with a dose of 130 g was applied to the soil plant which produced the largest amount of useful shoots (10.6) (F= 10.85, Pr<0.0001) and as many parasitoids outbreak (22.44) (F= 1.31 Pr> 0.2672).

**Keywords:** *Candidatus Liberibacter* spp., *Diaphorina citri*, Asian citrus psyllid, biological control, Huanglongbing.

*Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) is a specific ectoparasitoid of the Asian citrus psyllid (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), pest of economic importance in many citrus growing regions (Halbert and Manjunath, 2004) by transmitting the great-negative bacteria known as *Candidatus Liberibacter* spp, causing the disease "Huanglongbing" (HLB) or citrus greening. (Garnier *et al.*, 2000; Halbert and Manjunath,

\* Recibido: octubre de 2014  
Aceptado: febrero de 2015

(HLB) o enverdecimiento de los cítricos (Garnier *et al.*, 2000; Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006). Una vez infectada la planta y dependiendo de la edad y las condiciones del cultivo, el HLB causa inevitablemente la muerte del árbol en 5 ó 10 años (Halbert y Núñez, 2004; Bové, 2006).

Sin duda alguna, una alternativa para el control del PAC, en áreas donde no hay manejo de esta plaga, es *T. radiata*. Este parasitoide, específico para *D. citri* (Aubert y Quilici, 1984; Zuparko *et al.*, 2011), se ha utilizado en diferentes países en programas de control biológico clásico con buenos resultados; su alta capacidad de búsqueda a baja población del huésped, su alta fecundidad influenciada por la densidad del huésped (215-434 huevos/hembra) así como su adaptabilidad y sincronización con la plaga lo hacen un buen candidato como agente de control biológico para reducir las poblaciones del fitófago y consecuentemente, la enfermedad que éste transmite (Chien *et al.*, 1989; Chu y Chien, 1991; Chien, 1995; E'tienne *et al.*, 2001; Hoy y Nguyen, 2001; Miranda *et al.*, 2011). En la actualidad, el himenóptero se encuentra en Brasil, China, Guadalupe, Indonesia, México, Mauricio, Pakistán, Filipinas, Nepal, Taiwán, Vietnam, Puerto Rico y los Estados Unidos de América (Chien *et al.*, 1991; Waterston, 1922; Hoy y Nguyen, 2001; E'Á'tienne *et al.*, 2001; Halbert y Manjunath, 2004; Pluke *et al.*, 2008; León y Setamou, 2010).

En México se desarrolla un programa para el control de *D. citri* basado en la utilización de *T. radiata* como agente de control biológico (CNRCB, 2013) y que incluye la producción masiva del parasitoide. *T. radiata* se mantiene sobre ninfas del psílido asiático de los cítricos, que a su vez se producen en brotes tiernos de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) hospedero de *D. citri*. Estas plantas resultan de fácil manejo en invernaderos en comparación con otras especies de cítricos (Tsai, 2006).

La parte fundamental del proceso de producción de *T. radiata* es contar con plantas hospederas apropiadas para la reproducción de la plaga a parasitar. Las plantas a utilizar deben de cumplir con los siguientes requisitos: preferencia de la plaga, gran cantidad de follaje, gran cantidad de brotación, rápido crecimiento, resistencia al manejo, facilidad de manejo y resistencia a plagas y enfermedades. Dichos requisitos sólo pueden cumplirse con una adecuada fertilización, por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo el determinar el mejor fertilizante a utilizar sobre plantas de *M. paniculata* con el fin de obtener la mayor cantidad de brotes a infestar con *D. citri* que a su vez nos darán una mayor cantidad de parasitoides.

2004; Bové, 2006). Once the plant is infected and, depending on the age and condition of the crop, the HLB inevitably cause tree death in 5 to 10 years (Halbert and Núñez, 2004; Bové, 2006).

An alternative to control the PAC, in areas where there is no management of this pest is *T. radiata*. This specific for *D. citri* (Aubert and Quilici, 1984; Zuparko *et al.*, 2011), it has been used in different countries in classical biological control programs with good results; Search high capacity at low host population, high fertility influenced by the density of the host (215-434 eggs/female) and its adaptability and synchronization with the plague would make a good candidate as a biological control agent to reduce phytophagous populations and consequently, it transmits disease (Chien *et al.*, 1989; Chu and Chien, 1991; Chien, 1995; E'tienne *et al.*, 2001; Hoy and Nguyen, 2001; Miranda *et al.*, 2011). Currently, the wasp is in Brazil, China, Guadeloupe, Indonesia, Mexico, Mauritius, Pakistan, the Philippines, Nepal, Taiwan, Vietnam, Puerto Rico and the United States of America (Chien *et al.*, 1991; Waterston, 1922; Hoy and Nguyen, 2001; E'tienne *et al.*, 2001; Halbert and Manjunath, 2004; Pluke *et al.*, 2008; León and Setamou, 2010)

In Mexico there is a program for the control of *D. citri* based on the use of *T. radiata* as biological control agent (CNRCB, 2013) and including the mass production of the parasitoid develops. *T. radiata* remains on nymphs of the Asian citrus psyllid, which in turn are produced in tender shoots of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) host of *D. citri*. These plants are easy to use in greenhouses compared to other citrus species (Tsai, 2006).

The main part of the production process of *T. radiata* is to have appropriate reproduction of the pest to infect host plants. The plants used must comply with the following requirements: preference of the pest, lots of foliage, lots of sprouting, fast growth, resistance to handling, ease of handling and resistance to pests and diseases. These requirements can only be met with proper fertilization, therefore, the present study aims to determine the best fertilizer to use on *M. paniculata* plants in order to get as much of outbreaks infested with *D. citri* that turn will give us a greater number of parasitoids.

This study was conducted in greenhouses of the National Reference Center for Biological Control (CNRCB) located on Highway Tecoman-station FFCC, 1.5 km from the Colonia Tepeyac in the City of Tecoman, Colima, Mexico.

El presente trabajo se llevó a cabo en los invernaderos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) ubicado en la Carretera Tecomán-Estación FFCC, km 1.5 de la Colonia Tepeyac en la Ciudad de Tecomán, Colima, México.

Los insectos (PAC y *T. radiata*) así como las plantas las cuales se caracterizaron por ser de la misma edad y sin ninguna poda fueron proporcionados por el área de entomófagos del CNRCB.

Para el desarrollo del trabajo se realizó primeramente una poda apical y lateral de *M. paniculata* con el fin de estimular la brotación. Enseguida de la poda, se aplicaron los productos a evaluar directamente al suelo en forma líquida, con excepción de la composta y Verdeabon que fueron productos aplicados en forma sólida. Las dosis y los productos evaluados se detallan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Formulación y dosis de productos utilizados para estimular la brotación de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) en los invernaderos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Tecomán, Colima.**

**Table 1. Formulation and dosage of products used to stimulate sprouting of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) in the greenhouses of the National Reference Center for Biological Control. Tecoman, Colima.**

Productos	Elementos que lo componen	Dosis mL/planta
Giber-Plex	Ácido gibereleico, N, K, P, Cu, Fe, Zn, B, Mn	5.8
Turboenzims	Giberelinas, citocininas, auxinas, ac. fúlvicos, N, P, K	9.8
Algaenzims	K, N, Na, Mg, P, Ca, Zn, Fe, Co, Cu, Mn, Si, Mo, Ba, Sn TI N, Sb	3.9
Verdeabon	N, P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, Zn, Mg, B, Cu, Fe, Mo, Co	50 g
Zeagrow	N, P, Ca, Zn, S, B, Mo, aminiacidos, giberelinas, auxinas, ácido fúlvico	2.6
Composta	Ferticomposta, bagazo, jal, fibra de coco, cenizas	130 g
Testigo	Agua de la llave	50

Se realizaron observaciones cada 24 h hasta que cinco brotes o más por planta alcanzaran un tamaño entre 5 y 10 cm. Una vez que los brotes consiguieron la longitud deseada, las plantas fueron colocadas en cubos de producción de 70 x 70 x 70 cm cubiertos con malla antiafidos para ser infestadas con un total de 100 hembras y 100 machos de *D. citri*. Después de 7 días, los insectos fueron retirados con un succionador bucal (vial de 25 mL). Se realizaron observaciones cada 24 h con la ayuda de una lupa 10 x para detectar la presencia de huevecillos y una vez eclosionados, las ninfas emergidas se dejaron desarrollar hasta alcanzar el 3°, 4° y 5° instares utilizados en el proceso de producción de *T. radiata*. Las plantas, con la presencia de las ninfas de la talla requerida, fueron colocadas en cubos con las características antes mencionadas y expuesta a 75 parasitoides de *T. radiata* con una relación de dos hembras

Insects (PAC and *T. radiata*) as well as plants which are characterized by being of the same age and no pruning were provided by entomophagous area of CNRCB.

To develop the work is first made an apical and lateral pruning *M. paniculata* to stimulate sprouting. Pruning quickly, the products were applied directly to the soil to evaluate liquid except that Verdeabon compost and were applied as a solid product. Doses and evaluated products are listed in Table 1.

Observations were performed every 24 h until five or more per plant shoots reach a size of between 5 and 10 cm. Outbreaks once achieved the desired length, the plants were placed in production cubes 70 x 70 x 70 cm mesh covered with anti-aphids be infested with a total of 100 males and 100 females of *D. citri*. After 7 days, the insects were removed with an oral sucker (25 mL vial). Observations were performed every 24 hours with the aid of a 10 x magnifier

for the presence of eggs and once hatched, the emerged nymphs were grown up to the 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> instar used in the production process of *T. radiata* plants, the presence of the required size nymphs were placed in buckets with the above characteristics and exposed to 75 parasitoid of *T. radiata* with a ratio of one male per two females over a period of 9 days. The temperature and relative humidity within the tilt buckets from 16.17 through 36.06 and 29.95 to 98.14 °C % RH (data logger Hobo® ProV2 Ext Tem/RH onset).

Once the presence of meconium was observed in the plant, indicating parasitism of nymphs, the buds were cut and taken to the entomophages laboratory of CNRCB at a constant temperature of 27 °C. Buds and parasitized and non parasitized nymphs were counted with the aid of a stereoscope and subsequently placed for treatment in black cubes 40 x 40 x 40

por un macho durante un periodo de 9 días. La temperatura y humedad relativa dentro de los cubos oscilo entre 16.17 a 36.06 °C y 29.95 a 98.14% de H. R. (data logger Hobo® Prov2 Ext Tem/RH onset).

Una vez que en la planta se observó la presencia del meconio que indica la parasitación de las ninfas, los brotes fueron cortados y llevados al laboratorio de entomófagos del CNRCB a una temperatura constante de 27 °C. Los brotes y las ninfas parasitadas y sin parasitar fueron contados con la ayuda de un estereoscopio y colocados posteriormente por tratamiento en cubos negros de 40 x 40 x 40 cm y con la parte superior cóncava y transparente que permite la entrada de luz la cual estimula la atracción del parasitoide al emerger. Los parasitoides emergidos fueron colectados y contabilizados por tratamiento con un succionador bucal de 25 mL.

El diseño experimental de la presente investigación correspondió a uno completamente al azar donde la unidad experimenta fue la planta de *M. paniculata* y las variables respuesta a evaluar fueron: número de brotes producidos por planta debido a la estimulación de los productos aplicados, número de brotes infestados por *D. citri*, número de ninfas presentes en cada brote, cantidad de ninfas por brote parasitadas con *T. radiata* y cantidad de parasitoides obtenidos por brote. De igual forma se registró el porcentaje de parasitismo y porcentaje de emergencia del parasitoide. Los resultados obtenidos se sometieron a una prueba de Anova y en caso necesario las medias fueron separadas por una prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) (SAS 9, 2002).

Es conocido que los brotes jóvenes constituyen el sustrato ideal para la puesta de los huevos y el desarrollo de los primeros instares ninfales de *D. citri* (Baños *et al.*, 2009a; Baños *et al.*, 2009b); sin embargo, durante la presente investigación se pudo observar que las hembras del psílido de igual forma puede ovipositar en brotes maduros o en el envés de la hoja como se presentó en los tratamientos Algaenzims y testigo (Cuadro 2).

En los resultados para estimular la brotación de *M. paniculata* mediante la aplicación de bioestimulantes se puede observar gráficamente que tres de los siete tratamientos evaluados se comportan de manera similar en cuanto a la cantidad de brotes emitidos, siendo el Zeagrow, Verdeabon y composta los que mayor cantidad de brotes producen (Figura 1).

cm and the upper concave and transparent part that allows the entry of light which stimulates the attraction of the parasitoid to emerge. The emerged parasitoids were collected and counted by treatment with an oral sucker 25 mL.

The experimental design of this study corresponded to a completely random design, where the unit undergoes plants of *M. paniculata* and response variables evaluated were: number of shoots per plant due to stimulation of the applied products, number of outbreaks infested by *D. citri*, number of nymphs present in each outbreak, number of nymphs parasitized outbreak *T. radiata* and quantity of parasitoids obtained by outbreak. Similarly, the percentage of parasitism and parasitoid emergence percent was recorded. The results were subjected to ANOVA test and if necessary means were separated by Tukey test ( $\alpha=0.05$ ) (SAS 9, 2002).

It is known that the young shoots are ideal for oviposition substrate and development of the first nymphal instars of *D. citri* (Baños *et al.*, 2009a; Baños *et al.*, 2009b); however, during the present investigation it was observed that females equally psyllid may lay in mature buds or the underside of the leaf as presented in Algaenzims treatments and the control (Table 2).

On the results to stimulate sprouting of *M. paniculata* by applying bio-stimulators can be observed graphically that three of the seven treatments were evaluated behave similarly in terms of the amount of buds, with the Zeagrow, and compost which Verdeabon greater number of outbreaks occur (Figure 1).

In the statistical analysis, there is a significant evidence with  $\alpha=0.05$ , which at least one treatment causes a different effect on the number of outbreaks issued by *M. paniculata* ( $F=10.85$ ,  $Pr<0.0001$ ). It was observed that three treatments induce a similar effect, while the remaining four different forms behave. This can be seen by comparing Tukey where Zeagrow, Verdeabon and compost are the best treatments (Table 2).

There is little information on the implementation of growth bio-regulators on *M. paniculata* plants, Baños *et al.* (2009b) stated that, the use of these products at recommended doses, and the establishment of a periodic pruning, induce the plant to increased sprouting. Similarly, Coletto (1994) indicated that some phyto regulators induce cell elongation in shoots of fruit trees.

**Cuadro 2. Efecto de diferentes productos sobre la brotación de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae), infestación de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) y parasitación de *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae).**

**Table 2. Effect of different products on the sprouting of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) Infestation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) and parasitism of *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae).**

Producto	Núm. de brotes		Brotes infestados		Ninfas/brote		Ninfas Parasitadas/brote		Parasitoides/brote	
	<i>M</i>	±E.E.	<i>M</i>	±E.E.	<i>M</i>	±E.E.	<i>M</i>	±E.E.	<i>M</i>	±E.E.
Giberplex	6.3c	0.8034	5.3c	1.3000	17.29a	5.7675	13.37a	5.0000	11.03a	4.5681
Turboenzims	7.0c	0.8944	5.6bc	1.0770	22.03a	5.5326	16.40a	3.1006	15.39a	2.9636
Algaenzims	8.5c	0.7187	11.0a	0.7745	20.42a	3.9794	17.47a	1.6514	15.61a	1.4738
Verdeabon	11.2ab	0.8793	9.4ab	2.1457	14.19a	3.1836	12.37a	2.6801	11.78a	2.4337
Zeagrow	12.0a	0.6146	5.4bc	1.6069	20.96a	5.3864	20.15a	5.4870	16.20a	4.3879
Composta	10.9ab	0.6403	10.6a	1.3432	27.88a	7.1536	25.18a	6.9600	22.44a	6.2124
Testigo	6.4c	0.6531	8.9abc	1.2775	21.40a	4.8008	13.84a	2.4673	9.70a	1.7265

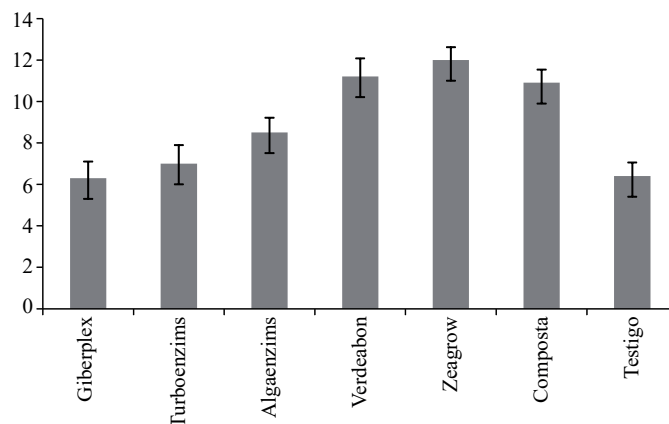
\*Medias con la misma letra, estadísticamente son iguales (Tukey  $p < 0.05$ ), *M*= media, E.E= error estándar.

En el análisis estadístico se presenta evidencia significativa con un  $\alpha = 0.05$ , que al menos uno de los tratamientos provoca un efecto diferente sobre el número de brotes emitidos por *M. paniculata* ( $F = 10.85$ ,  $Pr < 0.0001$ ). Se observó que tres tratamientos inducen un efecto similar, mientras que los cuatro restantes se comportan de forma diferentes. Esto se puede constatar con la comparación de medias de Tukey donde Zeagrow, Verdeabon y Composta son los mejores tratamientos (Cuadro 2).

Existe poca información sobre la aplicación de bioreguladores de crecimiento sobre plantas de *M. paniculata*, Baños *et al.* (2009b) mencionan que el uso de estos productos a las dosis recomendadas, así como el establecimiento de un sistema periódico de podas, inducen a la planta a una mayor brotación. De igual forma Coletto (1994) indica que algunos fitoreguladores inducen la elongación de las células en brotes de árboles frutales.

En lo que se refiere a la cantidad de brotes infestados, gráficamente se puede observar que las ninfas de *D. citri* infestaron la mayor cantidad de brotes del Algaenzims y la composta a diferencia de los cinco tratamientos restantes (Figura 2).

Los datos del experimento con un  $\alpha = 0.05$ , estadísticamente muestran evidencia significativa que al menos un tratamiento presenta un efecto diferente sobre la cantidad de brotes infestados con *D. citri* ( $F = 3.19$ ,  $Pr < 0.0085$ ). Esto se puede constatar con la comparación de medias de Tukey donde el Algaenzims y la composta son los que presentan el mayor número de brotes infestados (Cuadro 2).



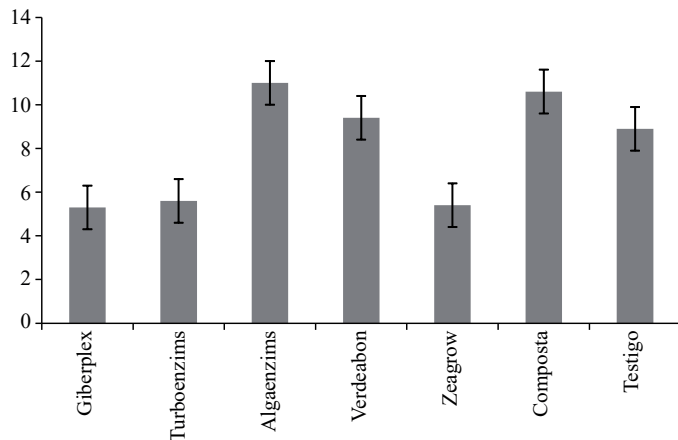
**Figura 1. Número de brotes por planta producidos por la aplicación de seis diferentes bioestimulantes sobre *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).**

**Figure 1. Number of shoots per plant produced by the implementation of six different bio-stimulators on *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).**

As regards the number of infested buds can be seen graphically nymphs of *D. citri* as many infested buds and compost Algaenzims unlike the remaining five treatments (Figure 2).

Data from the experiment with  $\alpha = 0.05$ , statistically significant evidence shows that at least one treatment has a different effect on the amount of shoots infested with *D. citri* ( $F = 3.19$ ,  $Pr < 0.0085$ ). This can be seen by comparing Tukey where Algaenzims and compost are those with the highest number of infested shoots (Table 2).

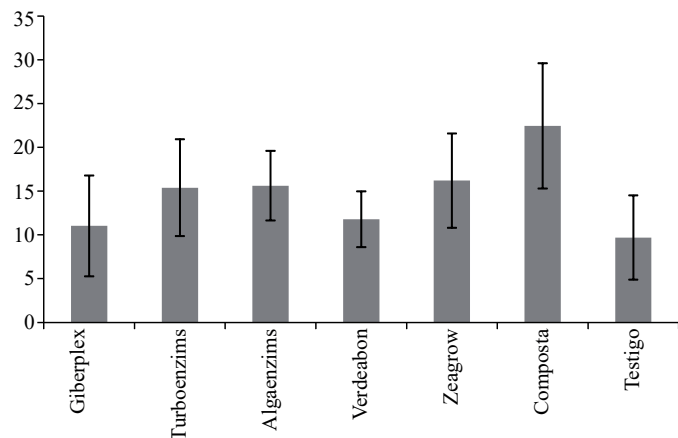
For the assessments of the number of nymphs per shoot (Figure 3), parasitized nymphs per shoot (Figure 4) and parasitoids obtained by bud (Figure 5), graphically compost



**Figura 2.** Número de brotes de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) infestados por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae).

**Figure 2.** Number of outbreaks of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) infested by the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae).

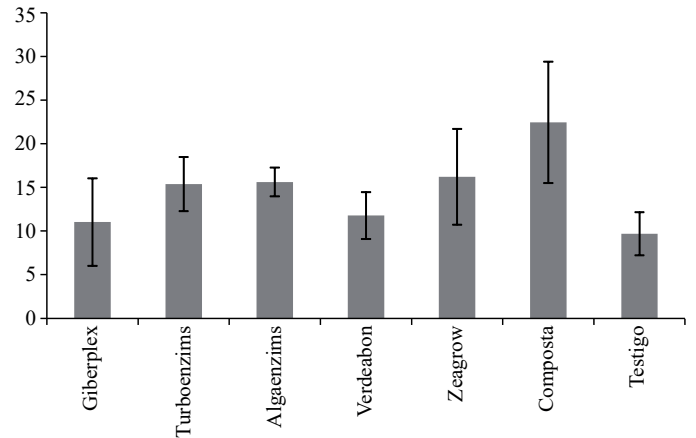
Para las evaluaciones de la cantidad de ninfas por brote (Figura 3), ninfas parasitadas por brote (Figura 4) y parasitoides obtenidos por brote (Figura 5), gráficamente la composta es la que mejores resultados presenta. El análisis estadístico muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $F=0.69, Pr > 0.6550$ ;  $F=1.11, Pr > 0.3679$ ;  $F=1.31, Pr > 0.2672$ ) (Cuadro 2); sin embargo, para obtener una mayor producción de parasitoides en brotes de 5 a 10 cm se debe tomar en cuenta el número de brotes presentes en una planta de *M. paniculata*.



**Figura 3.** Número de ninfas del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) presentes por brote de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).

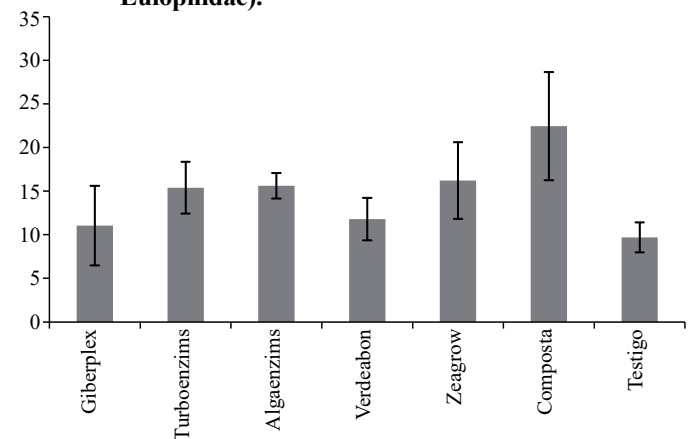
**Figure 3.** Number of nymphs of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) present for outbreak of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).

is the best performing features. The statistical analysis shows no significant difference between the treatments ( $F=0.69, Pr > 0.6550$ ;  $F=1.11, Pr > 0.3679$ ;  $F=1.31, Pr > 0.2672$ ) (Table 2); however, for higher production of parasitoids in outbreaks of 5-10 cm, should take into account the number of outbreaks present in *M. paniculata*.



**Figura 4.** Número de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) presentes por brote de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) parasitadas por *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae).

**Figure 4.** Number of nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) present for outbreak of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae) parasitized by *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae).



**Figura 5.** Número de parasitoides de *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) obtenidos sobre ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) producidas por brote de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).

**Figure 5.** Number of parasitoids of *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) obtained on *Diaphorina citri* Kuwayama nymphs (Hemiptera: Psyllidae) produced by outbreak of *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).

En el presente estudio se obtuvo un porcentaje de parasitismo que va de 64.67 a 96.13 con un porcentaje de emergencia del parasitoide *T. radiata* de 70.08 a 95.23 (Cuadro 3).

In the present study, we obtained a percentage of parasitism ranging from 64.67 to 96.13 percent with an emergence of the parasitoid *T. radiata* 70.08 to 95.23 (Table 3).

**Cuadro 3. Porcentaje de parasitismo y porcentaje de emergencia del parasitoide *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) producidos sobre ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) desarrolladas sobre plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).**

**Table 3. Percentage of parasitism and emergence percent of the parasitoid *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) produced on nymphs *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) plants grown on *Murraya paniculata* (L.) Jack (Rutaceae).**

Producto	(%) Parasitismo	(%) Emergencia
Giberplex	77.32	82.49
Turboenzims	74.44	93.84
Algaenzims	85.55	89.35
Verdeabon	87.17	95.23
Zeagrow	96.13	80.39
Composta	90.31	89.11
Testigo	64.67	70.08

Qureshi *et al.* (2009) mencionan que las tasas de parasitismo de *T. radiata* durante la primavera y el verano varían en un promedio <20%, 39% en septiembre y 56% en noviembre en diferentes localidades del estado de Florida USA. Por otro lado, Michaud (2004) y Qureshi y Stansly (2010) señalan que las tasas de parasitismo en Puerto Rico entre enero y abril son de 79 a 88%.

Qureshi *et al.* (2009) mentioned that, the rates of parasitism of *T. radiata* during the spring and summer range in an average <20%, 39% in September and 56% in November in different parts of Florida USA. On the other hand, Michaud (2004) and Qureshi and Stansly (2010) indicated that, the rates of parasitism in Puerto Rico between January and April are 79-88%.

Los niveles de depredación, el uso de insecticidas, la mala hibernación o aspectos biológicos inherentes del parasitoide que se presenta de forma natural pueden ser responsables de las diferentes tasas de parasitismo de Florida y Puerto Rico comparadas con las obtenidas en el presente estudio en los invernaderos del CNRCB.

Predation levels, the use of insecticides, poor hibernation or inherent biological aspects of parasitoid that occurs naturally may be responsible for the different rates of parasitism of Florida and Puerto Rico compared with those obtained in the present study in greenhouses the CNRCB.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que la composta aplicada al suelo después de cada poda a una dosis de 130 g produce una mayor cantidad de brotes de 5 a 10 cm de longitud en plantas de *M. paniculata* y una mayor cantidad de ninfas de *D. citri* que dan origen a una mayor producción de parasitoides *T. radiata* bajo condiciones de invernadero.

## Conclusions

According to the results, it is concluded that, the compost applied to the soil after each pruning at a dose of 130 g produces a larger number of outbreaks of 5 to 10 cm in length and plants *M. paniculata* higher number of nymphs of *D. citri* that give rise to increased production of the parasitoids *T. radiata* under greenhouse conditions.

Como una alternativa a la composta, se sugiere el producto Algaenzims que produjo en segundo lugar la mayor cantidad de brotes y parasitoides.

As an alternative to the compost, the Algaenzims product came in second place as many outbreaks and parasitoids is suggested.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Aubert, B. and Quilici, S. 1984. Biological control of the African and Asian citrus psyllids (Homoptera: Psylloidea), through eulophid and encyrtid parasites (Hymenoptera: Chalcidoidea) in reunion Island. *In: Skelley, L. H. and Hoy, M. A.* 2004. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control*. 29:14-23.
- Baños, H. L.; Alemán, J.; Martínez, M.; Ravelo, J.; Surís, M.; Miranda, I. y Rodríguez, H. 2009a. Efecto de bioestimulantes sobre la germinación y el crecimiento de *Murraya paniculata* L. *Cultivos Tropicales*. 30(1):83-86.
- Baños, H. L.; Alemán, J.; Martínez, M.; Ravelo, J.; Surís, M.; Miranda, I. y Rodríguez, H. 2009b. Evaluación del efecto de bioestimulantes sobre la brotación de *murraya paniculata* l. antes y después de la poda. *Cultivos Tropicales*. 30(3):37-39.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.
- Chien, C. C. 1995. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. *In: proceedings of the symposium on research and development of citrus in Taiwan, Taichung, Taiwan.* 245-261 pp.
- Chien, C. C.; Chiu, S. C. and Ku, S. C. 1989. Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. *Fruits*. 44:401-407.
- Chien, C. C.; Chu, Y. I. and Ku, S. C. 1991. Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in Taiwan. II. evaluation of *Tamarixia radiata* and *Diaphorencyrtus diaphorinae* for the control of *Diaphorina citri*. *Chinese J. Entomol.* 11:25-38.
- Chu, Y. I. and Chien, C. C. 1991. Utilization of natural enemies to control of psyllid vectors transmitting citrus greening. *In: Kiritani, K.; Su, H. J. and Chu, Y. I. (Eds.). Integrated control of plant virus diseases. Taichung, Taiwan, food and fertilizer technology center for the Asian and Pacific Region.* 1:135-145.
- CNRCB (Centro Nacional de Referencia de Control Biológico). 2013. <http://www.senasica.gob.mx/?id=4157>.
- Coleto, J. M. 1994. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales 2ª edición. Mundi- Prensa. España. 169 p.
- EÁ'tienne, J.; Quilici, S.; Marival, D. and Franck, A. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*. 56:307-315.
- Garnier, M.; Jagoueix-Eveillard, S.; Cornje, H. F.; Le Roux, P. R. and Bové, J. M. 2000. Genomic characterization of a *Liberibacter* present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape province of South Africa. Proposal of *andidatus Liberibacter africanus* subsp. *Capensis*. *Inter. J. System. Evol. Microbiol.* 50:2119-2125.
- Halbert, S. E. and Manjunath, K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease in citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*. 87:330-353.
- Halbert, S. E. and Nuñez, C. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean Basin. *Florida Entomologist* 87(3):401-402.
- Hoy, M. A. and Nguyen, R. 2001. Classical biological control of Asian citrus psylla. *Citrus Industry*. 81:48-50.
- León, J. H. and Sétamou, M. 2010. Molecular evidence suggests that populations of the Asian citrus psyllid parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) from Texas, Florida and Mexico represent a single species. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 103:100-120.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*. 29:260-269.
- Miranda, I.; Baños-Díaz, H.; Pérez-Aranda, Y. y Martínez, M. de L. Á. 2011. Patrón espacial y parámetros de crecimiento de *Diaphorina citri* Kuwayama y su parasitoid *Tamarixia radiata* Waterston sobre *Muraya paniculata*. *Rev. Protección Vegetal*. 26(2):100-104.
- Pluke, R. W. H.; Qureshi, J. A. and Stansly, P. A. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*. 91:36-42.
- Qureshi, J. A.; Rogers, M. E.; Hall, D. G. and Stansly, P. A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 102:247-256.
- Qureshi, J. A. and Stansly, P. A. 2010. Dormant season foliar sprays of broad spectrum insecticides: An effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Crop Protection*. 29:860-866.
- Tsai, J. H. 2006. Enverdecimiento de los cítricos y su vector psílido. Universidad de Florida. Centro para la Investigación y la Educación de Fort Lauderdale. 3205 College Ave. Fort Lauderdale. FL 33314.
- Waterston, J. 1922. On the chalcidoid parasites of psyllids (Hemiptera, Homoptera). *Bull. Entomol. es.* 13:41-58.
- Zuparko, R. L.; De Queiroz, D. L. and La Salle, J. 2011. Two new species of *Tamarixia* (Hymenoptera: Eulophidae) from Chile and Australia, established as biological control agents of invasive psyllids (Hemiptera: Calophyidae, Trioziidae) in California. *Zootaxa*. 2921:13-27.