

## Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka\*

## Chemical control of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Persian lime *Citrus latifolia* Tanaka

Luis Martín Hernández-Fuentes<sup>1§</sup>, Mario Alfonso Urias-López<sup>1</sup>, José Isabel López-Arroyo<sup>2</sup>, Rafael Gómez-Jaimes<sup>1</sup> y Néstor Bautista-Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla- INIFAP. Entronque a Santiago Ixcuintla, km. 6. Carretera Internacional México-Nogales. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. Tel. 01 323 2352031. (urias.marioalfonso@inifap.gob.mx), (gomez.rafael@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental General Terán- INIFAP. General Terán, Nuevo León. A. P. 3. C. P. 67400. Tel. 01 826 2670539. (lopez.jose@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km. 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. (nestor@colpos.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: hernandez.luismartin@inifap.gob.mx.

### Resumen

A nivel mundial, la citricultura representa una actividad de gran importancia. México ocupa el cuarto lugar mundial en producción. Debido a la introducción y dispersión del vector *D. citri* en todas las zonas citrícolas de México y la reciente detección de la enfermedad conocida como huanglongbing causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, es necesaria la evaluación de métodos de control de este insecto. En el año 2010 en Nayarit, México, se realizaron pruebas de efectividad técnica en campo y persistencia de productos químicos de diferente mecanismo de acción contra *D. citri* en lima persa. Se hicieron dos evaluaciones en fechas distintas. En cada ensayo se evaluó número de ninfas por brote y porcentaje de brotes infestados. De los productos evaluados el dimetoato, imidacloprid y la mezcla de imidacloprid más betaciflutrina ejercieron más de 85% de control de ninfas durante 27 días después de la aplicación. En los árboles tratados con dimetoato e imidacloprid en dosis de 400 mL y 300 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente, se observó 100% de brotes libres de ninfas de *D. citri* a los 27 días después de la aplicación. El aceite agrícola en dosis de dos y tres L ha<sup>-1</sup> ejerció menor control de ninfas de *D. citri*.

**Palabras clave:** *Diaphorina citri*, control químico, dítricos.

### Abstract

Citrus crops represent an outstanding activity at worldwide level. Mexico ranks fourth place in production. Due introduction and dispersion of *D. citri* vector in all citric zones from Mexico and the newly detected disease known as huanglongbing (HLB) caused by *Candidatus Liberibacter asiaticus* bacteria, assessment of control methods for this bug is required. In 2010, technical effectiveness in field and persistence for different action route against Persian lime *D. citri* chemical products tests were performed in Nayarit, Mexico. Two assessments were made at different dates. The amount of nymphs per shoot and percentage of infested shoots were assessed in each rehearsal. From evaluated products, dimethoate, imidacloprid and the mixture of imidacloprid and  $\beta$ -cyfluthrin exerted more than 85% percent of control against nymphs during 27 days after application. In trees treated with dimethoate and imidacloprid in 400 mL and 300 mL ha<sup>-1</sup> dose, respectively, 100% of shoots free of *D. citri* nymphs at 27 days after application was observed. Agricultural oil in two and three L ha<sup>-1</sup> dose exerted less control against *D. citri* nymphs.

**Key words:** *Diaphorina citri*, chemical control, citric.

\* Recibido: junio de 2011  
Aceptado: enero de 2012

## Introducción

En México, la superficie establecida de cítricos supera las 510 mil hectáreas, las cuales producen un promedio anual de 6.97 millones de toneladas de frutas (SIAP, 2008) lo que sitúa al país en el cuarto lugar mundial en producción (FAOSTAT, 2007). De la superficie establecida, 66.56% corresponde a naranja en sus diferentes variedades, 17.41% a limón mexicano, 13.02% a lima persa y el resto a mandarinas, tangerinas y pomelos.

En México, diversas plagas se encuentran asociadas a los cítricos, es el caso del psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Este insecto destaca por su importancia como vector de la bacteria causante de la enfermedad conocida como enverdecimiento de los cítricos o Huanglongbing (HLB) *Candidatus Liberibacter asiaticus*, la cual fue detectada en el estado de Yucatán en 2009 en muestras del vector (SENASICA, 2009). Hasta el momento la bacteria se ha detectado en 18 municipios de México (SINAVEF, 2010). El HLB es de las enfermedades más destructivas de cítricos, los árboles enfermos se vuelven improductivos y al paso del tiempo estos mueren (Bove, 2006). Las primeras detecciones del PAC se realizaron en 2002 en la Península de Yucatán, actualmente se encuentra en todos los estados productores de cítricos.

El PAC se alimenta de especies de la familia Rutácea, ataca especies silvestres y cultivadas, principalmente limas y limones (Aubert, 1987), se le asocia con 56 especies de cítricos (Halbert y Manjunath, 2004); el insecto provoca daños directos al alimentarse del floema de los brotes tiernos y en fuertes infestaciones provoca deformación de los brotes, caída de follaje y flores (Rogers y Stansly, 2006). Las ninfas de cuarto y quinto instar al igual que los adultos son capaces de transmitir la enfermedad (EPPO, 2005). Diversos métodos y estrategias de control se han empleado para enfrentar tanto el vector como la enfermedad, se menciona que el manejo de esta enfermedad estará basado en el control del insecto vector al igual que la eliminación de fuentes de inóculo por medio de la erradicación de los árboles enfermos y el establecimiento de anillos fitosanitarios alrededor de dichos árboles (Chiou, 1998). Sin embargo, hasta el momento no se conoce ningún método de erradicación efectivo para el vector (McFarland y Hoy, 2001).

## Introduction

In México, surface settled with citric fruits overcomes 510 mil hectares, which yield an average of 6.97 millions of tons of fruits (SIAP, 2008), reaching fourth place worldwide production (FAOSTAT, 2007). From settled surface, 66.56% corresponds to orange in its different varieties, 17.41% to Mexican lemon, 13.02% to Persian lime and the remaining portion to mandarines, tangerines and grapefruits.

In Mexico, diverse plagues are related to citric trees, like in the case of Asian citrus psyllid (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). This bug outstands as vectored bacteria causing disease known like citrus greening disease or Huanglongbing (HLB) *Candidatus Liberibacter asiaticus*, which was detected in Yucatán in 2009 in vector samples (SENASICA, 2009). Up to now, bacteria has been detected in 18 municipalities from Mexico (SINAVEF, 2010). HLB is one of the most destructive citric trees diseases, affected trees become unproductive and when time elapses they die (Bove, 2006). First PAC detections were performed in 2002 in Yucatán peninsula, currently it exists in all citric producer states.

PAC feeds from species of Rutaceae family, attacks wild and harvested species, mainly limes and lemons (Aubert, 1987), it is related with 56 citric species (Halbert and Manjunath, 2004); bug causes indirect damages when feeding from tender shoots phloem and in strong infections cause shoots deformation, foliage and flowers fall (Rogers and Stansly, 2006). Such as adult, fourth and fifth level nymphs are able to cause transmission of disease (EPPO, 2005). Diverse control methods and strategies have been used to face as well vector as disease, it is informed that this disease's handling will be based in bug vector control as well as inoculum sources removal by elimination of affected trees and settling of phytosanitary rings around such trees (Chiou, 1998). Nevertheless, up to now any effective vector elimination method is not known (McFarland and Hoy, 2001).

Several chemical insecticides and oil based oils have been assessed against PAC with promising results (Dahiya *et al.*, 1994; Childers and Rogers, 2005). Systemic insecticide imidacloprid is one of the most widely used (Llorens, 2007). *D. citri* effective control without damage

Diversos insecticidas químicos y aceites derivados de petróleo han sido evaluados contra PAC con resultados alentadores (Childers y Rogers, 2005; Dahiya *et al.*, 1994). El insecticida sistémico imidacloprid ha sido uno de los más empleados (Llorens, 2007). Un control efectivo de *D. citri* sin daños a los enemigos naturales se obtuvo con aplicaciones de monocrotophos 10% con ayuda de una brocha en la base de las ramas (Lin *et al.*, 1973). Los aceites derivados de petróleo han demostrado un control efectivo de las ninfas de *D. citri* en condiciones de campo (Rae *et al.*, 1997). El uso racional de productos químicos contra plagas implica, entre otras acciones, una rotación de estos con diferentes mecanismos de acción. Diversos autores(as) refieren distintos modos de acción de los aceites minerales: la teoría principal es que ejercen su acción por sofocación y obstruye la entrada de aire en los espiráculos (Smith y Pearce, 1948). Por su parte, Stadler y Buteller (2009) indicaron que es más probable que penetre a través de poros en el integumento y el volumen de penetración dependerá de dos factores: la especie de insecto y el tipo de aceite. Una investigación reciente realizada por Najjar *et al.* (2008), pone en entredicho la teoría de anoxia al demostrar que el modo de acción del aceite mineral se asocia con sus propiedades lipofílicas. Cuando el aceite entra en contacto con el insecto se involucran fuerzas capilares y complejos fenómenos físicos, que finalmente provocan desecación y ablandamiento de la cutícula lo cual trae consigo deshidratación y sofocación (Stadler y Buteller, 2009).

El imidacloprid se utiliza para el control de plagas en una amplia gama de cultivos y en programas de salud animal; ejerce su acción agonista en los receptores postsinápticos de acetilcolina (IRAC, 2009) sitio muy específico de los insectos que le confiere baja toxicidad para mamíferos (Liu *et al.*, 2005; Phua *et al.*, 2009), existen además fuertes evidencias que actúa en otras proteínas de esta clase (Tomizawa y Casida, 2005). El imidacloprid al aplicarse al follaje, semillas o suelo se mueve hacia los puntos de crecimiento (Tomizawa y Casida 2005). Otro insecticida comúnmente utilizado contra insectos chupadores es el dimetoato, el cual se ha empleado en huertos con baja tasa de infestación de *D. citri*. Es un producto utilizado desde hace algunos años en México. Inhibe la acción de la acetilcolinesterasa (IRAC, 2009). Un producto de reciente introducción a México, es el espirotetramato. Éste se caracteriza por presentar movimiento acropetal y basipétalo dentro de la planta, es un derivado del ácido espirocíclico tetramico (Bretschneider *et al.*, 2007, citados por Nauen *et al.*, 2008), inhibe la síntesis de lípidos, razón por la cual es particularmente efectivo contra insectos chupadores en las primeras fases de su desarrollo (Nauen *et al.*, 2008). A

to natural enemies was obtained in 10% monocrotophos applications with help of brush at bushes base (Lin *et al.*, 1973). Petroleum-based oils had proved effective control against *D. citri* nymphs in field conditions (Rae *et al.*, 1997).

Rational use of chemical products against plagues implies, among other actions, their rotation with different action means. Several authors refer different mineral oils' action paths: main theory is that exert their action by suffocation and obstructs air intake to spiracles (Smith and Pearce, 1948). On the other hand, Stadler and Buteller (2009) stated that is more likely that they penetrate through pores in integument and penetration volume will depend on two factors: bug species and oil type. A recent research performed by Najjar *et al.* (2008) rejects anoxia theory proving that mineral oil action path is related to its lipophilic properties. When oil gets in contact with bug capillary forces and another complex phenomena is involved, which finally provoke cuticle desiccation and softening leading to dehydration and suffocation (Stadler and Buteller, 2009).

Imidacloprid is used for plagues control in wide range of crops and animal health campaigns; its antagonist activity is exerted by acetylcholine postsynaptic receptors (IRAC, 2009) very specific site in the insects that confers low toxicity to mammals (Liu *et al.*, 2005; Phua *et al.*, 2009), also there are strong evidences that acts in other proteins of this type (Tomizawa and Casida, 2005). When applied to foliage, seeds or soil, imidacloprid moves towards growth points (Tomizawa and Casida, 2005). Another commonly used insecticide against bugs is dimethoate, which has been used in orchards with low *D. citri* infestation rate. It is a product used since some years ago in Mexico.

Inhibits action of acetylcholinesterase (IRAC, 2009). Spirotetramat is a recently introduced product in Mexico. This is characterized by acropetal and basipetal motion within plant. It is a derivative of spirocyclic tetramic acid (Bretschneider *et al.*, 2007, quoted by Nauen *et al.*, 2008), inhibits lipids synthesis, which is very effective against sucking bugs in first development stages (Nauen *et al.*, 2008). At physiological level blocks action of acetyl coenzyme A carboxylase (IRAC, 2009), enzyme responsible for lipids synthesis.

The aim of this study was to assess biological efficiency and persistence of chemical products of different path of action against *D. citri* in Persian lime to obtain more options of chemical control for this plague in Mexico.

nivel fisiológico bloquea la acción de la acetilcoenzima A carboxilasa (IRAC, 2009) enzima responsable de la síntesis de lípidos.

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia biológica y la persistencia de productos químicos de diferente modo de acción sobre *D. citri* en lima persa para contar con mayores alternativas de control químico de esta plaga en México.

## Materiales y métodos

Se realizaron dos ensayos, uno en el periodo de lluvias de julio a agosto y otro al finalizar estas de octubre a diciembre de 2010. La primera evaluación se realizó en un huerto de seis años de edad, ubicado en los terrenos del ejido La Fortuna, en el municipio de Tepic, Nayarit, a una altura de 743 msnm. El diseño de plantación fue de seis metros en marco real con una densidad de 286 árboles por hectárea. La ubicación geográfica del huerto es: 21° 33' 23" latitud norte y 104° 57' 11" longitud oeste. La segunda evaluación se hizo en un huerto de 5 años de edad, con la misma densidad de plantas y en la misma localidad en las siguientes coordenadas: 21° 33' 33.15" latitud norte y 104° 57' 23.3" longitud oeste, ubicado a una altura de 717 msnm. Se realizó una poda antes de las aplicaciones con el fin de estimular el desarrollo vegetativo de los árboles y contar con suficientes brotes jóvenes para el muestreo, se eliminaron "chupones", ramas bajas y enfermas y aquellas internas que se entrecruzaban. En ambos periodos se utilizó el mismo método, excepto que en la segunda evaluación se agregaron dos tratamientos a los utilizados en el primer ensayo (Cuadro 1).

## Materials and methods

Two essays were performed, one in rain season from July to August and other afterwards from October to December 2010. First essay was performed in six years old orchard, located in lands of ejido La Fortuna, in the municipality of Tepic, Nayarit, at 734 masl. Plantation design was six meters in real frame with density of 286 trees per hectare. Its geographical location is: 21° 33' 23" north latitude and 104° 57' 11" west longitude. Second essay was performed in a 5 years old orchard, with the same plants density and same location in the following coordinates: 21° 33' 33.15" north latitude and 104° 57' 23.3" west longitude, at a height of 717 masl. Pruning was made before applications with the aim to stimulate vegetal trees development and have enough young shoots for sampling, low and ill branches, and small shoots were removed and those internal with intercross. In both periods the same method was used, except for second assessment in which two treatments were added to the used in the first essay (Table 1).

**Treatments application.** Manual backpack spray with 15 L capacity, 87 psi and extension rod with conic nozzle was used. Spray was made towards tree canopy. In the first test two applications were made at an interval of 20 d. In the second only one application was performed in order to assess besides efficiency, persistence of each ingredient. Water consumption per tree in both studies was of 0.6 L.

**Experimental design and statistical analysis.** Complete random blocks design with five repetitions per treatment was used. Before making analysis of variance of studied

**Cuadro 1. Ingredientes activos y dosis de productos comerciales evaluados contra *D. citri* en lima persa.**

**Table 1. Active ingredients and dose of products assessed against *D. citri* in Persian lime.**

| *Tratamiento/ingrediente activo (i. a.) | G L <sup>-1</sup> de i. a. en producto comercial | dosis de producto comercial (L ha <sup>-1</sup> ) |
|---|--|---|
| aceite mineral                          |  | 2.0   |
| aceite mineral                          | 980  | 3.0   |
| espirotetramato                         |  | 0.2   |
| espirotetramato                         | 150  | 0.4   |
| Dimetoato                               |  | 0.2   |
| Dimetoato                               | 400  | 0.4   |
| Imidacloprid                            |  | 0.15  |
| Imidacloprid                            | 350  | 0.3   |
| imidacloprid + betaciflutrina           |  | 0.15  |
| imidacloprid + betaciflutrina           | 210 + 90   | 0.3   |
| Testigo                                 |  | Sólo agua   |

\*Los tratamientos con imidacloprid más betaciflutrina sólo se evaluaron en el segundo periodo.

**Aplicación de los tratamientos.** Se utilizó un aspersor manual de mochila de 15 L de capacidad, 87 libras de presión y lanza de extensión con boquilla de cono lleno. La aspersión se dirigió a la copa del árbol. En la primera evaluación se realizaron dos aplicaciones con un intervalo de 20 días. En la segunda sólo se aplicó en una ocasión con el objeto de evaluar, además de la eficacia, la persistencia de cada ingrediente evaluado. El gasto de agua por árbol en ambos estudios fue de 0.6 L.

**Diseño experimental y análisis estadístico.** Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento, cada árbol se considero una repetición. Antes de realizar análisis de varianza de las variables examinadas, se verificó homogeneidad de varianza entre tratamientos con la prueba de Levene (Montgomery, 2008) y que los datos se distribuyeran de manera normal ( $\alpha \geq 0.05$ ). El análisis estadístico se realizó con el programa SAS (2008) versión 9.2. En los muestreos donde se observó diferencias entre tratamientos, se realizó comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Previo a las aplicaciones, se llevó a cabo un muestreo de las variables estudiadas para observar que estas fueran iguales estadísticamente ( $\alpha \leq 0.05$ ); en caso de existir diferencias estas podrían influir como covariables en los resultados finales; el análisis de covariables y la distribución de tratamientos en bloques al azar son útiles para mejorar la precisión de estos experimentos (Montgomery, 2008).

**Variables.** Brotes infestados y ninfas por brote. En cada punto cardinal del árbol se colectó un brote de 8 centímetros de longitud, en total se colectaron 20 brotes por tratamiento en cada muestreo, aquellos brotes donde se observaron ninfas vivas se consideraron infestados. Se contó el total de ninfas por brote, estos se colocaron bajo un estereoscopio marca Carl Zeiss para diferenciar con mayor facilidad las ninfas vivas de las muertas. Durante las observaciones, se registró temperatura media diaria, humedad relativa y precipitación, los datos se tomaron de la estación climática ubicada en Tepic, Nayarit de la red estatal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

## Resultados y discusión

### Primera evaluación

**Ninfas por brote.** En la prueba de igualdad de varianzas y normalidad de las variables observadas en ambos estudios, no ocurrieron diferencias significativas

variables, variance homogeneity between treatments was verified with Levene test (Montgomery, 2008) and data were normally distributed ( $\alpha \geq 0.05$ ). Statistical analysis was made with SAS software (2008) version 9.2. In samples where differences between treatments were detected, Tukey test ( $\alpha \leq 0.05$ ) to compare average values was performed. Prior to applications, studied variables sampling was made to assure they were statistically different ( $\alpha \leq 0.05$ ); if differences were found, they can affect as co-variables in final results; co-variables analysis and treatments distribution in random blocks are useful to improve precision of these experiments (Montgomery, 2008).

**Variables.** Infested shoots and nymphs per shoot. In each side of the tree (n, s, w, e) 8 cm length shoot was collected, for a total of 20 shoots per treatment in each sampling, those shoots where live nymphs were detected are considered infested. Total nymphs per shoot were counted, and put under stereoscope Carl Zeiss to easily differentiate live nymphs from dead ones. During observations, daily average temperature, relative humidity and rain were recorded; data were taken from weather station located at Tepic, Nayarit from state network of National Research Institute for Agricultural, Forestry and Livestock (INIFAP).

## Results and discussion

### First evaluation

**Nymphs per shoot.** In the test of variance similarity and in normality of observed variables in both studies, there were no significant differences ( $\alpha \leq 0.05$ ). Quantity of nymphs per shoot in previous sampling to application was statistically equal (Table 2).

In first sampling, six days after applications, greatest nymphs population occurred, treatments with spirotetramat in their lower dose, dimethoate in two doses and imidacloprid with higher dose were statistically different to control. Dimethoate and imidacloprid treatment in highest dose were outstanding since compared to control their effectiveness was 98.8 and 90.7%, respectively (Table 2). A statistically similar control at 7 days after application was observed by Ahmed *et al.* (2004) when assessing dimethoate and imidacloprid with commercial dose of 0.74 L ha<sup>-1</sup> and 0.61 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

( $\alpha \leq 0.05$ ). El número de ninfas por brote en el muestreo previo a las aplicaciones fue igual estadísticamente (Cuadro 2).

In second sampling, 13 days after second application, significant differences were observed between treatments. Dimethoate at assessed dose exerted more than 95.3% of

**Cuadro 2. Ninfas de *D. citri* por brote antes y después de la aplicación de diferentes productos químicos en Limón Persa. Nayarit, México. 2010.**

**Table 2. *D. citri* nymphs per shoot before and alter application of different chemicals products in Persian lemon. Nayarit, Mexico. 2010.**

| Tratamiento (L.ha <sup>-1</sup> ) | Ninfas/brote $\pm$ error estándar |                  |                  |                  |                  | Media final       |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                                   | 17-jun*                           | 6 dda**          | 13 dda           | 20 dda           | 27 dda           |                   |
| aceite mineral (2)                | 1.2 $\pm$ 0.4                     | 14.4 $\pm$ 5.6ab | 10.8 $\pm$ 2.5ab | 6.1 $\pm$ 1.9a   | 1.15 $\pm$ 0.4ab | 8.43 $\pm$ 2.01ab |
| aceite mineral (3)                | 9.9 $\pm$ 5.0                     | 19.5 $\pm$ 6.1ab | 8.0 $\pm$ 2.6bc  | 2.7 $\pm$ 1.7abc | 1.8 $\pm$ 0.4a   | 7.89 $\pm$ 2.18b  |
| espirotetramato (0.2)             | 7.2 $\pm$ 5.9                     | 8.3 $\pm$ 5.9b   | 5.9 $\pm$ 2.0bcd | 1.95 $\pm$ 1.7bc | 1.0 $\pm$ 0.3ab  | 4.28 $\pm$ 0.92b  |
| espirotetramato (0.4)             | 0.9 $\pm$ 0.2                     | 24.9 $\pm$ 5.7ab | 4.8 $\pm$ 2.3bcd | 1.3 $\pm$ 0.9bc  | 0.15 $\pm$ 0.3b  | 7.79 $\pm$ 1.85b  |
| dimetoato (0.2)                   | 2.2 $\pm$ 1.4                     | 6.5 $\pm$ 5.9b   | 0.8 $\pm$ 2.3d   | 1.1 $\pm$ 0.8bc  | 0.55 $\pm$ 0.5ab | 2.23 $\pm$ 1.02b  |
| dimetoato (0.4)                   | 1.3 $\pm$ 0.8                     | 0.5 $\pm$ 7.4b   | 0.3 $\pm$ 1.1d   | 0.0 $\pm$ 0.8c   | 0.0 $\pm$ 0.5b   | 0.2 $\pm$ 0.11b   |
| imidacloprid (0.15)               | 3.3 $\pm$ 1.5                     | 19.6 $\pm$ 6.4ab | 2.2 $\pm$ 1.5cd  | 1.6 $\pm$ 0.7bc  | 0.85 $\pm$ 0.5ab | 6.06 $\pm$ 1.97b  |
| imidacloprid (0.3)                | 1.1 $\pm$ 0.3                     | 4.1 $\pm$ 6.5b   | 1.8 $\pm$ 1.3cd  | 0.3 $\pm$ 0.7c   | 0.0 $\pm$ 0.5b   | 1.54 $\pm$ 0.84b  |
| Control                           | 2.8 $\pm$ 1.9                     | 44.4 $\pm$ 6.6a  | 17.3 $\pm$ 1.3a  | 4.4 $\pm$ 0.8ab  | 1.95 $\pm$ 0.5a  | 16.99 $\pm$ 5.06a |
| Valor de F                        | 1.34                              | 4.25             | 16.12            | 6.02             | 5.52             | 7.21              |

\*Muestreo previo a las aplicaciones. \*\*dda: días después de la aplicación. Medias con distinta letra, difieren significativamente, Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

En el primer muestreo, seis días después de las aplicaciones, ocurrió la mayor población de ninfas, los tratamientos con espirotetramato en su dosis menor, dimetoato en las dos dosis e imidacloprid con la dosis mayor fueron diferentes estadísticamente al control. Destacaron los tratamientos con dimetoato e imidacloprid en la dosis mayor, pues comparados con el control ejercieron 98.8% y 90.7% de control, respectivamente (Cuadro 2). Ahmed *et al.* (2004) al evaluar dimetoato e imidacloprid con dosis de producto comercial de 0.74 L ha<sup>-1</sup> y 0.61 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, observaron un control estadísticamente igual a los 7 días después de la aplicación. Los tratamientos con espirotetramato en la dosis mayor y dimetoato en la dosis menor, ejercieron un control 81.3% y 85.3%, respectivamente.

En el segundo muestreo, 13 días después de la segunda aplicación, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El dimetoato con las dosis evaluadas, ejerció control de más de 95.3%, seguido por imidacloprid 89.5% de control respecto al testigo. En la penúltima fecha de muestreo, 20 días después de la aplicación ocurrieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El dimetoato con la dosis mayor ejerció 100% de control, los

control, followed by imidacloprid with 89.5% of efficiency when compared to control. In second to last date of sampling, 20 days after application, significant statistically differences between treatments occurred. Dimethoate with higher dose exerted 100% effectiveness, treatments with spirotetramat, dimethoate and imidacloprid at lower dose were statistically equal between them and different to control, these exerted nymphs control above 54%; in this sampling mineral oil in lower dose showed statistically same number of nymphs per shoot than control. With oil it was perceived a relatively low effectiveness compared to control, in general showed few effectiveness (50.3% in average) even in sampling after second application (27 days) control was least 41%. Mineral oil control over *D. citri* nymphs is better on 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instar nymphs and better results are obtained applying it in preventive way, before adults arrive (Rae *et al.*, 1997). At five and 13 days after application of 46.7 L ha<sup>-1</sup> of mineral oil at 97% in orange Childers and Rogers (2005) obtained satisfactory control results. Nevertheless, this control was not significant at 13 days alter application.

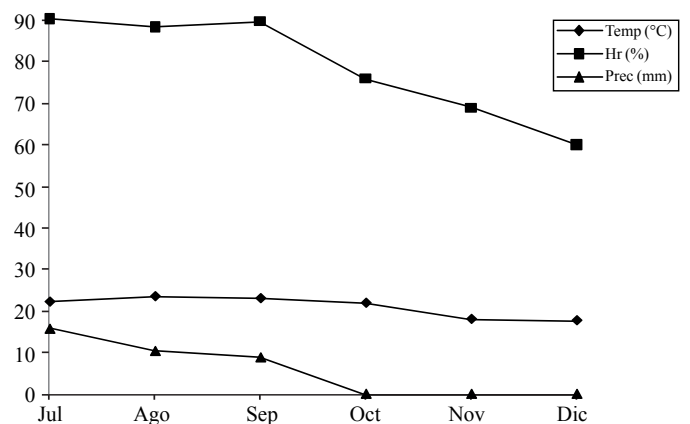
Difference with regards dose used by Childers and Rogers (2005) in this research is very wide. In last sampling date, 27 days after application, number of nymphs on control samples

tratamientos con espirotetramato, dimetoato e imidacloprid en la dosis baja fueron iguales estadísticamente entre sí y diferentes al control, estos ejercieron control de ninfas de más de 54%; en este muestreo el aceite mineral en la dosis menor presentó estadísticamente igual número de ninfas por brote que el control. Con el aceite se percibió un control relativamente bajo comparado con el control, en general mostró poca efectividad (50.3% en promedio) incluso en el muestreo después de la segunda aplicación (27 días) el control fue menor 41%. El aceite mineral sobre las ninfas de *D. citri* tiene mayor control sobre ninfas de 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> instar y se obtienen mejores resultados aplicándolo en forma preventiva, antes de la llegada de los adultos (Rae *et al.*, 1997). Resultados satisfactorios de control obtuvieron Childers y Rogers (2005) a los cinco y 13 días después de la aplicación de 46.7L.ha<sup>-1</sup> de aceite mineral a 97% en naranja. No obstante, este control fue insignificante a los 13 días después de la aplicación.

La diferencia con respecto a la dosis utilizada por Childers y Rogers (2005) esta investigación es muy amplia. En la última fecha de muestreo, 27 días después de la aplicación, el número de ninfas en el control llegó a estar por debajo del muestreo previo, lo cual indicaría la conclusión del periodo de huevo a ninfa el cual es de 29.6 días a una temperatura media de 22 °C (Nava *et al.*, 2007), condiciones similares ocurridas durante este estudio (Figura 1); no obstante, con este nivel poblacional, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los tratamientos con las dosis mayores de dimetoato, imidacloprid y espirotetramato fueron, estadísticamente, los mejores tratamientos; los dos primeros ejercieron 100% mientras que el último 90% de control. Bahagabati y Nariani (1983) al aplicar dimetoato 0.06% y 0.03% de producto comercial en cuatro ocasiones cada siete días, observaron controles 100% de *D. citri* durante 28 días.

**Porcentaje de brotes infestados con ninfas.** Seis días después de las aplicaciones, se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro3). El tratamiento con dimetoato en la dosis mayor fue el mejor tratamiento y ejerció control 70% de brotes respecto al testigo, le siguió el imidacloprid en la dosis mayor con 50% de control; los tratamientos con aceite mineral y espirotetramato con la dosis menor fueron iguales al testigo. En el segundo muestreo, 13 días después de las aplicaciones, ocurrieron diferencias significativas, los tratamientos con dimetoato en las dosis evaluadas e imidacloprid con la dosis mayor, ejercieron un control 85%, 75% y 55%, respectivamente,

was lower than previous sampling, which would period from egg to nymph conclusion, which is of 29.6 days at an average temperature of 22 °C (Nava *et al.*, 2007), conditions similar to this study conditions (Figure 1); however, at this population level, significant differences were detected between treatments. Statistically best treatments were the ones with higher doses of dimethoate, imidacloprid and spirotetramat; first two obtained 100% effectiveness, while the latter obtained 90% effectiveness. Bahagabati and Nariani (1983), when applying dimethoate 0.06% and 0.03% in four times every seven days, detected 100% effectiveness against *D. citri* during 28 days.



**Figura 1. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial media mensual ocurrida durante las observaciones en el sitio de estudio. 2010.**

**Figure 1. Monthly average temperature, relative humidity and rain during observations in site in the study. 2010.**

**Percentage of shoots infested with nymphs.** Six days after treatment, significant differences between treatments were detected (Table 3). Dimethoate at higher dose was the best treatment with 70% effectiveness on shoots if compared to control, followed by imidacloprid at higher dose with 50%; mineral oil and spirotetramat at lower dose treatments result similar to control. In the second sampling, 13 days after applying treatment, there were significant differences: treatments with dimethoate at assessed doses and imidacloprid at higher dose, yield 85%, 75% and 55% of effectiveness, respectively, compared to control. Treatments with mineral oil at higher dose and spirotetramat at lowest dose showed same percentage of infested shoots as control. In second to last sampling, there were significant differences between treatments, outstanding treatments with dimethoate and imidacloprid at higher dose with 100% and 85% of effectiveness, respectively. The remaining treatments, except for those

comparados con control. Los tratamientos con aceite mineral en la dosis mayor y espirotetramato en la dosis menor presentaron igual porcentaje de brotes infestados que el control. En el penúltimo muestreo, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, destacan los tratamientos con dimetoato e imidacloprid en la dosis mayor con 100% y 85% de control, respectivamente. Los demás tratamientos, excepto aquellos con dimetoato e imidacloprid en las dosis menores, fueron estadísticamente iguales al control. En el último muestreo, 27 días después de las aplicaciones, los tratamientos con dimetoato e imidacloprid en las dosis mayores fueron diferentes al control y ejercieron 100% de control. El espirotetramato con la dosis mayor ejerció 85% de control de brotes. El mayor número de brotes infestados se obtuvo con el aceite mineral, lo cual coincide con un mayor número de ninfas (Cuadro 2).

with dimethoate and imidacloprid in lower doses, were statistically equal to control. In the last sampling, 27 days after treatment, dimethoate and imidacloprid at higher dose were different to control and yield 100% effectiveness. Spirotetramat at higher dose yield 85% effectiveness in shoot. Greatest number of infested shoots was with mineral oil, which coincides with higher number of nymphs (Table 2).

### Second assessment

Previous to application treatments, number of nymphs per shoot was statistically different (Table 4), by this reason in comparisons after the application this population level was used as co-variable. In this study, during first 3 samples and up to 21 days after treatment, a significant effect of assessed pesticides was observed (Table 4).

**Cuadro 3. Porcentaje de brotes infestados por ninfas de *D. citri* en lima persa tratado con diferentes productos químicos. Nayarit, México, 2010.**

**Table 3. Percentage of shoots infested by *D. citri* nymphs in Persian lime with different chemical products. Nayarit, Mexico, 2010.**

| Tratamiento (L ha <sup>-1</sup> ) | Porcentaje de brotes infestados ± error estándar |           |            |             |            | Media final |
|-----------------------------------|--|-----------|------------|-------------|------------|-------------|
|                                   | 17-jun*  | 6 dda**   | 13 dda     | 20 dda      | 27 dda     |             |
| aceite mineral (2)                | 50±11.2a   | 100±0a    | 95±5ab     | 93.75±6.3ab | 65±15.0ab  | 87.92±5.8a  |
| aceite mineral (3)                | 85±10.0a   | 100±0a    | 100±0a     | 100±0.0a    | 70±18.4a   | 92.5±4.6a   |
| espirotetramato (0.2)             | 45±22.9a   | 100±0a    | 100±0a     | 100±0.0a    | 55±12.2ab  | 88.75±3.1a  |
| espirotetramato (0.4)             | 50±11.2a   | 90±6.1ab  | 85±10abc   | 85±10.0ab   | 15±10.0bc  | 68.75±6.3ab |
| dimetoato (0.2)                   | 35±10.0a   | 85±10.0ab | 35±12.7d   | 30±14.6cd   | 30±18.4abc | 45.0±5.4cd  |
| dimetoato (0.4)                   | 45±9.4a  | 30±14.6c  | 15±6.1d    | 0.0±0.0c    | 0.0±0.0c   | 11.25±5.0d  |
| imidacloprid (0.15)               | 70±9.4a  | 90±10.0ab | 55±14.6bcd | 55±14.6bc   | 35±6.1abc  | 58.75±9.8b  |
| imidacloprid (0.3)                | 40±6.1a  | 50±22.4bc | 45±12.2cd  | 15±10.0cd   | 0.0±0.0c   | 27.5±8.3cd  |
| Testigo                           | 55±14.6a   | 100±0.0a  | 100±0.0a   | 100±0.0a    | 80±9.4a    | 95.0±2.39a  |
| Valor de F                        | 1.46   | 5.4       | 12.54      | 19.9        | 7.7        | 26.18       |

\*Muestreo previo a las aplicaciones. \*\*dda: días después de la segunda aplicación. Medias con distinta letra, difieren significativamente según Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

### Segunda evaluación

Previo a las aplicaciones, el número de ninfas por brote fue diferente estadísticamente (Cuadro 4), razón por la cual en comparaciones posteriores a la aplicación se utilizó este nivel poblacional como covariable. En este estudio, durante los primeros 3 muestreos y hasta los 21 días después de la aplicación, se observó efecto significativo de los plaguicidas evaluados (Cuadro 4).

At 3 days alter application, treatments with spirotetramat, dimethoate and mixture of imidacloprid plus  $\beta$ -cyfluthrin in higher doses outstood, compared to control they showed a rate of 92.9%, 96.4% and 94.8%, respectively. Seven days after application, treatments with dimethoate in higher dose, imidacloprid, and mixture of this last one with beta  $\beta$ -cyfluthrin at lower and higher dose were statistically different to control and similar between them. All these products had effectiveness greater than



**Cuadro 4. Ninfas de *D. citri* por brote antes y después de la aplicación de diferentes productos químicos en lima persa. Nayarit, México, 2010.**

**Table 4. *D. citri* nymphs per shoot before and after applying different chemical products in Persian lime. Nayarit, Mexico, 2010.**

| Tratamiento (L ha <sup>-1</sup> )       | Promedio de ninfas/brote $\pm$ error estándar |                     |                   |                  |                |                    |
|---|---|---------------------|-------------------|------------------|----------------|--------------------|
|   | previo*                                       | 3 dda               | 7 dda             | 21 dda           | 49 dda         | Media final        |
| aceite mineral (2)                      | 84.4 $\pm$ 44.6b                              | 15.6 $\pm$ 2.2bcd   | 26.9 $\pm$ 2.4bc  | 8.3 $\pm$ 2.2b   | 1.4 $\pm$ 0.9a | 13.05 $\pm$ 1.1bc  |
| aceite mineral (3)                      | 85.8 $\pm$ 35.0b                              | 17.2 $\pm$ 1.8bc    | 8.1 $\pm$ 3.4cd   | 34.6 $\pm$ 8.8a  | 3.4 $\pm$ 0.9a | 15.83 $\pm$ 2.3b   |
| espirotetramato (0.2)                   | 70.8 $\pm$ 16.9bcd                            | 21 $\pm$ 1.78b      | 14.6 $\pm$ 4.4cd  | 5.3 $\pm$ 2.5b   | 2.2 $\pm$ 1.6a | 10.77 $\pm$ 1.1bcd |
| espirotetramato (0.4)                   | 37.9 $\pm$ 8.3de                              | 2.8 $\pm$ 0.96ef    | 35 $\pm$ 9.6b     | 5.2 $\pm$ 3.3b   | 2.9 $\pm$ 0.8a | 11.47 $\pm$ 2.7bc  |
| dimetoato (0.2)                         | 40.5 $\pm$ 9.1de                              | 13.2 $\pm$ 1.0bcde  | 15.1 $\pm$ 0.7bcd | 8.2 $\pm$ 2.2b   | 2 $\pm$ 0.7a   | 9.62 $\pm$ 0.9bcde |
| dimetoato (0.4)                         | 91.8 $\pm$ 27.3b                              | 1.5 $\pm$ 0.5f      | 1.1 $\pm$ 0.4d    | 2.1 $\pm$ 0.9b   | 3.5 $\pm$ 0.8a | 2.05 $\pm$ 0.4e    |
| imidacloprid (0.15)                     | 54.6 $\pm$ 15.1bcde                           | 11.8 $\pm$ 0.8bcdef | 5.6 $\pm$ 1.6d    | 4.1 $\pm$ 0.7b   | 1.8 $\pm$ 0.8a | 5.52 $\pm$ 0.4cde  |
| imidacloprid (0.3)                      | 82.8 $\pm$ 20.3b                              | 4.8 $\pm$ 0.6def    | 3.8 $\pm$ 1.1d    | 1.6 $\pm$ 0.7b   | 1.7 $\pm$ 0.7a | 2.97 $\pm$ 0.5de   |
| imidacloprid +<br>betaciflutrina (0.15) | 25.1 $\pm$ 4.6e                               | 6.2 $\pm$ 0.9cdef   | 0.8 $\pm$ 0.4d    | 0.2 $\pm$ 0.1b   | 2.2 $\pm$ 0.9a | 2.35 $\pm$ 0.3e    |
| imidacloprid +<br>betaciflutrina (0.3)  | 77.6 $\pm$ 33.4bc                             | 2.2 $\pm$ 0.3ef     | 1.5 $\pm$ 0.9d    | 0.6 $\pm$ 0.4b   | 2 $\pm$ 0.9a   | 1.57 $\pm$ 0.3e    |
| Testigo                                 | 139 $\pm$ 67.4                                | 42.5 $\pm$ 6.7a     | 59.7 $\pm$ 6.4a   | 41.8 $\pm$ 12.2a | 2.4 $\pm$ 1.0a | 36.6 $\pm$ 3.7a    |
| Valor de F                              | 15.88   | 17.60               | 16.71             | 5.76             | 0.59           | 24.01              |

\*Muestreo previo a las aplicaciones. dda: días después de la segunda aplicación. Medias con distinta letra, difieren significativamente según Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

A los 3 días después de la aplicación, destacaron los tratamientos con espirotetramato, dimetoato y la mezcla de imidacloprid más betaciflutrina en las dosis mayores, estos ejercieron un control respecto al testigo 92.9%, 96.4% y 94.8%, respectivamente. Siete días después de la aplicación, los tratamientos con dimetoato en la dosis mayor, imidacloprid y la mezcla de este con betaciflutrina en las dosis baja y alta fueron diferentes estadísticamente al testigo e iguales entre sí. Todos estos productos ejercieron controles mayores a 90%. En el tercer muestreo, 21 días después de la aplicación, todos los tratamientos, excepto la dosis mayor de aceite mineral, redujeron estadísticamente la población de ninfas. Destacaron los tratamientos con dimetoato e imidacloprid con las mayores dosis e imidacloprid más betaciflutrina en las dos dosis evaluadas, estos ejercieron controles más de 94% respecto al testigo. Dikshity y Lal (2002) al evaluar 2.5 mL.litro<sup>-1</sup> de agua de imidacloprid, se contempló un control 95.2% de *Toxoptera aurantii* en *Citrus aurantiifolia* siete días después de la aplicación, 15 días después este control fue 55.2%. En éste ensayo en el último muestreo, 49 días después de la aplicación, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, lo cual indica que la persistencia de los productos en las dosis evaluadas fue de hasta 21 días. En esta segunda evaluación se observó mayor número de ninfas por brote respecto al primer estudio, esta diferencia pudo ser influida por la ocurrencia de lluvias

90%. In third sampling, 21 days after application, all treatments, except mineral oil at higher dose, statistically reduced nymph's population. Treatments with dimethoate and imidacloprid with higher doses outstood, which showed rate of 94% regarding control. Dikshity and Lal (2002) when assessing imidacloprid at 2.5 mL.liter<sup>-1</sup> of water, showed 95.2% of effectiveness against *Toxoptera aurantii* in *Citrus aurantiifolia* seven days after treatment, then, 15 days after treatment, was 55.2%.

In this study, in last sampling 49 days after application, there were no significant differences between treatments, i.e. persistence of products at assessed doses was up to 21 days. In this second assessment a higher number of nymphs per shoot regards first assessment was seen, this difference would be influenced by rain occurrence during first assessment observations (Figure 1). In both assessments, mineral oil at two and three liters per hectare had least effectiveness against *D. citri* nymphs, this differs to the result obtained by Rae *et al.* (1997) who detected a highly significant effect eight days after application on eggs and nymphs at 0.5 L/100 liter of water dose.

durante las observaciones del primer ensayo (Figura 1). En ambas evaluaciones, el aceite mineral en dosis de dos y tres litros por hectárea ejerció menor control contra ninfas de *D. citri*, este resultado difiere a lo mencionado por Rae *et al.* (1997) quienes observaron efecto altamente significativo ocho días después de la aplicación sobre huevos y ninfas en dosis de 0.5 L/100 litros de agua.

#### Porcentaje de brotes infestados por ninfas de *D. citri*

En el muestreo previo a las aplicaciones, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5). En el primer muestreo, tres días después de la aplicación, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5). Siete días después de la aplicación, ocurrieron diferencias estadísticas entre tratamientos, la mezcla de imidacloprid con betaciflutrina en la dosis mayor ejerció 77.7% de control respecto al testigo. En el tercer muestreo, 21 días después de la aplicación, no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. En el último muestreo, se contempló una disminución de brotes infestados y entre tratamientos, incluido el testigo, respecto al muestreo previo. Situación similar ocurrió en la primera evaluación. Los tratamientos con aceite mineral y espirotetramato en las dosis menores fueron menos infestados que el testigo.

#### Cuadro 5. Porcentaje de brotes infestados por ninfas de *D. citri* en lima persa tratado con diferentes productos químicos. Nayarit, México. 2010.

Table 5. Percentage of shoots infested by *D. citri* nymphs in Persian lime treated with different chemicals products. Nayarit, Mexico. 2010.

| Tratamiento (L ha <sup>-1</sup> )       | previo*  | 3 dda    | 7 dda     | 21 dda   | 49 dda    | Media final |
|---|----------|----------|-----------|----------|-----------|-------------|
| aceite mineral (2)                      | 100±0.0  | 90±10.0a | 100±0a    | 50±15.8a | 20±12.2b  | 65±8.3ab    |
| aceite mineral (3)                      | 100±0.0  | 90±10.0a | 60±24.5ab | 60±18.7a | 50±0.0ab  | 65±8.3ab    |
| espirotetramato (0.2)                   | 100±0.0  | 90±10.0a | 60±18.7ab | 30±12.2a | 20±12.2b  | 50±5.6ab    |
| espirotetramato (0.4)                   | 100±0.0  | 80±20.0a | 50±15.8ab | 30±20.0a | 80±12.2ab | 60±7.3ab    |
| dimetoato (0.2)                         | 100±0.0  | 80±12.4a | 80±12.2ab | 60±18.7a | 50±15.8ab | 67.5±10.9ab |
| dimetoato (0.4)                         | 90±10.0  | 50±15.8a | 40±10.0ab | 40±18.7a | 90±10.0a  | 55±7.5ab    |
| imidacloprid (0.15)                     | 100±0.0  | 80±12.2a | 60±18.7ab | 60±10.0a | 30±12.2ab | 57.5±6.4ab  |
| imidacloprid (0.3)                      | 100±0.0  | 80±12.2a | 50±15.8ab | 50±22.4a | 30±12.2ab | 52.5±12.1ab |
| imidacloprid +<br>betaciflutrina (0.15) | 100±0.0  | 70±12.2a | 30±12.2ab | 20±12.2a | 50±15.8ab | 42.5±6.4ab  |
| imidacloprid +<br>betaciflutrina (0.3)  | 100±0.0  | 50±0.0a  | 20±12.2b  | 20±12.2a | 30±12.2ab | 30±6.4b     |
| Testigo                                 | 80±12.24 | 90±10.0a | 90±10.0ab | 60±18.7a | 40±18.7ab | 70±9.3a     |
| Valor de P                              | 1.77     | 1.48     | 2.65      | 0.85     | 2.92      | 1.94        |

\*Muestreo previo a las aplicaciones. dda: días después de la segunda aplicación. Medias con diferente letra = error estándar, difieren significativamente según Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Condiciones ambientales durante la realización de los ensayos.** La temperatura más alta (23.5 °C) fue en agosto y la más baja ocurrió en diciembre (17.7 °C), mientras que la

#### Percentage of shoots infested by *D. citri* nymphs

In sampling previous to applications, there were not detected significant differences between treatments (Table 5). In the first sampling, three days after application, either were detected significant differences between treatments (Table 5). Seven days after application, statistical differences between treatments occurred, the mixture of imidacloprid with  $\beta$ -cyfluthrin at higher dose exerted 77.7% of effectiveness regarding control. In third sampling, 21 days after application, there was no statistical difference between treatments. In last sampling, a decrease in shoots infested and between treatments was detected, including control, regards previous sampling. Same situation occurred at first assessment. Treatments with mineral oil and spirotetramat at lower doses were less infested than control.

**Ambient conditions during assessments.** In these studies, highest temperature (23.5 °C) was in August and lowest during December (17.7 °C), while greatest rain precipitation was in July (90.4 mm) (Figure 1), although the aim of this study did not included to set relationship between ambient factor and studied variables, it is obvious that rain effect rather than temperature is noted, which is verified by population levels in control for both periods.

Rain effect would affect effectiveness of mineral oil; however, in second assessment, there were no rain at all and control was deficient. Temperature range in months of

mayor acumulación de lluvias fue en julio (90.4 mm) (Figura 1), en estos ensayos, aunque el objetivo no fue hacer alguna correlación entre los factores ambientales y las variables estudiadas, se deduce un efecto de la lluvia más que de la temperatura, lo cual se verifica en los niveles poblacionales observados en el testigo en ambos periodos. El efecto de la lluvia pudo de igual manera influir en la efectividad del aceite mineral; no obstante, en el segundo ensayo, no ocurrieron lluvias y de igual manera el control fue menor. El rango de temperatura en los meses de evaluación fue de 17.7-23.5 °C, al respecto Nava *et al.* (2007) mencionan un rango óptimo para ninfas de *D. citri* de 18-30 °C. Urías *et al.* (2011) al estudiar la fluctuación poblacional de *D. citri* en Lima Persa en diferentes altitudes y zonas con diferente temperatura, concluyen que la presencia de éste insecto está más relacionada con la disponibilidad de brotes nuevos; lo cual se vería favorecido en el periodo de lluvias.

## Conclusiones

De los productos evaluados, el dimetoato, imidacloprid a las dosis de 200 mL, 400 mL y 300 mL por hectárea, respectivamente, y la mezcla de este con betaciflutrina en dosis de 150 mL y 300 mL de producto comercial por hectárea, fueron los que tuvieron mejor control y mayor efecto residual en ambas evaluaciones. El aceite mineral, en las dosis evaluadas, ejerció menor control contra ninfas de *D. citri*, respecto a los demás productos evaluados. Con base en los resultados obtenidos, una aplicación de dimetoato e imidacloprid a las dosis de 200 mL, 400 mL ha<sup>-1</sup>, de producto comercial, respectivamente, es adecuada para proteger los brotes de lima persa durante cuatro semanas y evitar los daños directos de *D. citri*; no obstante ante la presencia de HLB se tendría que reconsiderar este intervalo. La información actual sobre el control de *D. citri* en lima persa es escasa, nuevos estudios con diferentes dosis de productos de menor impacto ambiental y modos de aplicación deben realizarse para contar con mayores alternativas de manejo del problema HLB-*D. citri*.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el fondo sectorial SAGARPA-CONACYT con el proyecto 2009-108591. Se agradece a los productores de Lima Persa en Nayarit por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

assessment was from 17.7-23.5 °C, on this regards Nava *et al.* (2007) define an optimum range for *D. citri* nymphs from 18-30 °C. Urías *et al.* (2011) when studying *D. citri* population variation in Persian lime at different heights and zones with different temperature ranges, conclude that presence of this bug is more related to availability of new shoots; which would be favored during rain season.

## Conclusions

From assessed products, dimethoate, imidacloprid at 200 mL, 400 mL and 300 mL per hectare doses, respectively, and the mixture of this with  $\beta$ -cyfluthrin at 150 mL and 300 mL per hectare, had best control and higher residual effect in both assessments. Mineral oil at high dose exerted less effectiveness against *D. citri* nymphs with regards other assessed products. Based on the obtained results, dimethoate and imidacloprid application at 200 mL and 400 mL ha<sup>-1</sup>, respectively, is suitable to protect Persian lime shoots during four weeks and avoid direct damages of *D. citri*; nevertheless, before HLB presence this timeframe needs to be assessed again. Current information about *D. citri* control in Persian lime is scarce, new studies at different doses of products with lower ambient impact and application ways must be made in order to get more options for controlling HLB-*D. citri* problem.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Ahmed, S.; Ahmad, N. and Khan, R. R. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of Citrus Psylla, *Diaphorina citri*. Int. J. Agri. Biol. 6(6):970-973.
- Aubert, B. 1987. *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. Fruits 42:149-162.
- Bahagabati, K. N. and Nariani, T. K. 1983. Chemical control of citrus psylla, a vector of citrus greening disease. J. Res. Assam. Agric. Univ. 4(1):86-88.

- Bove, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.
- Childers, C. C. and Rogers, E. M. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida Citrus. *Proc. Flo. State Hort. Soc.* 110:49-53.
- Chiou, N. C. 1998. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. FFTC Publication Database. En sitio web: [www.agnet.org/library/eb/459a/](http://www.agnet.org/library/eb/459a/) (consultado: 20-9-2009).
- Dahiya, K. K.; Lakra, R. K.; Dahiya, A. S. and Singh, S. P. 1994. Bioefficacy of some insecticides against citrus psylla, *Diaphorina citri*. *Crop Res. Hisar.* 8:137-140.
- Dikshit, A. K. and Lal, O. P. 2002. Safety evaluation and persistence of imidacloprid on acid lime (*Citrus aurantiifolia* Swingle). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 68:495-501.
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT) 2007. Food and agricultural commodities production. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. (consultado 11 de agosto de 2010).
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) 2005. *Diaphorina citri* Kuwayama. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Bulletin* 35:331-333.
- Halbert, S. E. H. and Manjunath, K. L. M. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomol.* 87(3):330-353.
- International Resistance Action Committee. International Resistance Action Committee (IRAC) 2009. Mode of action and classification. Version 6.3. 14 p.
- Lin, S. J.; Ke, Y. F. and Tao, C. C. 1973. Bionomics observation and integrated control of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama. *J. Hort. Soc. China.* 19(4):234-242.
- Liu, Z.; Williamson, M. S.; Lansdell, S. J.; Denholm, I.; Han, Z.; and Millar, N. S. 2005. A nicotinic acetylcholine receptor mutation conferring target-site resistance to imidacloprid in *Nilaparvata lugens* (brown planthopper). *The National Academy of Sciences of the United State.* 102(24):8420-8425.
- Llorens, J. M. 2007. Biología de los enemigos naturales de las plagas de cítricos y efectos de los productos fitosanitarios. *Dossiers Agraris ICEA Enemics naturals de plagues en diferents cultius a Catalunya.* URL <http://icea.iec.cat/pdf/Dosier6.pdf>.
- McFarland, C. and Hoy, M. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Fla. Entomol.* 84(2):227-233.
- Montgomery, C. D. 2008. Diseño y análisis de experimentos. 2<sup>da</sup>. Edición. Ed. Limusa. México, D. F. 686 p.
- Najar, R. A. J.; Lavidis, N. A.; Mensah, R. K.; Choy, P. T. and Walter, G. H. 2008. The toxicological effects of petroleum spray oils on insects: Evidence for an alternative mode of action and possible new control options. *Food Chem. Toxicol.* 46(9):3001-3014.
- Nauen, N.; Reckmann, U.; Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento<sup>®</sup>) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer Crop Sci. J.* 61(2):245-278.
- Nava, D. E.; Torres, M. L. G.; Rodríguez, M. D. L.; Bento, J. M. S. and Parra, R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *J. Applied Entomol.* 13(9-10):709-715.
- Phua, D. H.; Lin, C. C.; Wu, M. L.; Deng, J. F. and Yang, C. C. 2009. Neonicotinoid insecticides: an emerging cause of acute pesticide poisoning. *Clinical Toxicol.* 47:336-341.
- Rae, D. J.; Liang, W. G.; Watson, D. M.; Beattie, G. A. and Huang, M. D. 1997. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Homoptera: Psyllidae), in China. *Intern. J. Pest Management.* 43(1):71-75.
- Rogers, M. E. and Stansly, P. A. 2006. Biology and management of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida citrus. *Bulletin* 739. Institute of Food and Agricultural Sciences of the University of Florida. 7 p.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute 2008. Language and procedures. Release 9.2. SAS Institute. Cary, North Caroline, USA.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (SENASICA) 2009. Notificación oficial Núm. 5. México. D. F.
- Sistema de Información Agrícola Pesquera (SIAP). 2008. Avances de la producción por sistema producto. En sitio web: <http://reportes.siap.gob.mx>. (consultado el 12 de julio de 2010).

- Sistema Nacional de Vigilancia y Epidemiológica Fitosanitaria (SSINAVEF). 2010. Reporte epidemiológico HLB 002. San Luis Potosí, México.
- Smith, E. H. and Pearce, G. W. 1948. The mode of action of petroleum oils as ovicides. *J. Econ. Entomol.* 41:173-180.
- Stadler, T. and Buteller, M. 2009. Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: a review. *Bulletin of Insectology.* 62 (2):169-177.
- Tomizawa, M. and Casida, J. E. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 45:247-268.
- Urias, L. M. A.; Hernández, F. L. M.; López, A. J. I. y García, A. N. C. 2011. Distribución temporal y densidades de población del psílido asiático de los cítricos (Hemiptera: Psyllidae) en Nayarit. 156-160 pp. *In: López, A. J. I. y González, L. V. W. (Comp.) Memoria Científica: 2<sup>do</sup>. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Montecillo, Estado de México. Del 5 al 7 de diciembre, 2011. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental General Terán. 424 p.*