

Efectividad biológica de imidacloprid sobre el psílido asiático de los cítricos

Edgardo Cortez-Mondaca¹

Jesús Pérez-Márquez²

Miguel Ángel-López^{3,§}

Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza⁴

1 Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Carretera México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa, México. CP. 81010. Tel. 55 58718700. (cortez.edgardo@inifap.gob.mx).

2 Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP. Carretera Culiacán-El Dorado km 17.5, Culiacán, Sinaloa, México. CP. 80130. Tel. 66 78461015. (jesusperezmarquez@yahoo.com).

3 Universidad Autónoma de Sinaloa-Preparatoria Guasave Diurna. Boulevard Miguel Leyson Pérez s/n, Colonia Ejidal, Guasave, Sinaloa, México. CP. 81020. Tel. 68 78726081.

4 Facultad de Agricultura Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa. Calle 16, Avenida Japaraqui, Juan José Ríos, Sinaloa, México. CP. 81110. Tel. 6871387525. (fernando.vzla@favf.mx).

Autor para correspondencia: miguellopez@uas.edu.mx.

Resumen

Diaphorina citri Kuwayama, mejor conocido como el psílido asiático de los cítricos, es la principal plaga del limón Persa debido a los daños directos e indirectos que ocasiona y actualmente no se cuenta con los insecticidas químicos suficientes para su control en campo. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue determinar la efectividad biológica de 12 aplicaciones sucesivas de imidacloprid, en intervalos de 25 días sobre inmaduros del psílido asiático de los cítricos, en una huerta de limón Persa con el propósito de definir si la efectividad del plaguicida disminuye en función del número de aspersiones. Previo a la aplicación del insecticida, se muestrearon 18 brotes tiernos y 72 h después de la aplicación se contabilizó el número de inmaduros vivos de *D. citri*. Se utilizó un diseño completamente al azar y los datos de mortalidad se sometieron a un análisis de varianza. La efectividad biológica del imidacloprid sobre *D. citri* fue alta (hasta 90%) durante las primeras aplicaciones sucesivas después, la mortalidad sobre huevos se redujo 10% en la sexta aplicación, mientras que en la décima se redujo significativamente más del 30%. En ninfas chicas, la reducción de la mortalidad fue de 10% a partir de la séptima aplicación y en la décima fue significativamente menor (17%). En ninfas grandes, la reducción de la mortalidad fue de 10% en la séptima aplicación, mientras que en la undécima se redujo significativamente (18%). En conclusión, la efectividad biológica del imidacloprid se redujo después de varias aplicaciones sucesivas sobre inmaduros de *D. citri*.

Palabras clave:

control químico, insecticida, mortalidad.

Introducción

Los cítricos se cultivan en aproximadamente 50 países, los cuales son localizados principalmente en zonas tropicales y subtropicales (Ladaniya *et al.*, 2019). La citricultura mundial posee gran importancia económica, alimenticia e industrial y debido a esto, se hace necesario tomar en cuenta diversas estrategias que mantengan o incrementen dicha productividad (Mattos, 2018).

Actualmente, México es considerado como uno de los principales países productores de cítricos en el mundo, anualmente se producen 8.6 millones de toneladas. Dentro de los cítricos, destaca el cultivo limón Persa *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae), debido a que es el único que se exporta en fresco (18 000 t), es sumamente importante, pues se utiliza para consumo en fresco y uso industrial (exportación como jugo concentrado y aceite esencial) (Arias y Suárez, 2016; Hernández y Botello, 2017; Borja *et al.*, 2021; San Martín *et al.*, 2021; SIAP-SAGARPA, 2022).

De los principales factores bióticos que ocasionan daños directos e indirectos al cultivo de limón persa, solo en México se encuentran reportados más de 40 patógenos e insectos plaga, que ocasionan reducción en la producción, calidad del fruto y muerte de la planta (SADER, 2021).

Los principales patógenos son: *Rhizoctonia solani* (Basidiomycota), *Pythium* sp. (Oomycota), *Phytophthora* spp. (Oomycota), *Colletotrichum gloeosporioides* (Ascomycota), *Capnodium citri* (Ascomycota), *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Proteobacteria), virus de la tristeza de los cítricos (Closteroviridae), virus de la leprosis de los cítricos (Rhabdoviridae) y wood pocket (fisiopatía); mientras que las principales plagas de artrópodos son: araña roja *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae), minador de la hoja *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), diversos pulgones como el pulgón verde de los cítricos *Aphis spiraecola* Patch, pulgón del algodón *Aphis gossypii* Glover y pulgón negro de los cítricos Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae), mosca prieta *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae), ácaro plano de los cítricos *Brevipalpus* spp. (Acari: Tenuipalpidae) y *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae).

Esta última es la de mayor importancia económica en la región, por los daños directos e indirectos que ocasiona (vector de la enfermedad HLB, huanglongbing) (Rodríguez, 2002; Flores *et al.*, 2015; García y Cortez, 2020; Cortez *et al.*, 2021; SADER, 2021). El ciclo de vida de *D. citri* dura aproximadamente 16 días bajo condiciones óptimas de desarrollo (25 °C, 70% de humedad relativa y 12 h de fotoperíodo). Los huevos son depositados en los brotes tiernos, son de forma ovoide y poseen una prolongación alargada en la parte superior, son de color amarillo y se tornan de color naranja conforme avanza su desarrollo, miden aproximadamente 0.3 mm de largo y 0.12 mm de ancho.

Pasan por cinco estadios ninfales: ninfa 1 (N1), miden entre 0.24 - 0.32 mm de longitud y 0.1 - 0.18 mm de ancho, son de color amarillo-anaranjado y los ojos compuestos son de color rojo, presentan pequeñas antenas; ninfa 2 (N2), se le reconoce por tener esbozos alares en desarrollo, las antenas son de color blanco y poseen una mancha de color negro en la parte apical, los ojos compuestos son de color rojo y las ninfas son del mismo color a la N1, su tamaño oscila entre 0.47 - 0.5 mm de longitud y 0.27 - 0.3 mm de ancho, ninfa 3 (N3) es de color amarillo-anaranjado, los ojos de color rojo, las alas se encuentran más desarrolladas (aunque no completamente), las antenas son de color negro y su tamaño oscila entre 0.95 - 1 mm de longitud y 0.71 - 0.75 mm de ancho; ninfa 4 (N4), presenta alas casi completamente desarrolladas, los ojos son también de color rojo, al igual que los estadios ninfales anteriores y el cuerpo es de color amarillo, son bastante móviles y su tamaño es de aproximadamente 1.4 - 1.52 mm de longitud y 1.09 - 1.13 mm de ancho; ninfa 5 (N5), miden entre 1.61 - 1.66 mm de longitud y 1.1 - 1.12 mm de ancho, los esbozos alares se encuentran muy desarrollados, es muy móvil, las antenas son de color negro y su cuerpo de color amarillo, los ojos compuestos son de color rojo.

Los adultos se reconocen por la posición de descanso, se posan en un ángulo aproximado a 45 grados, poseen alas con manchas de color café, los ojos son rojos y las antenas negras, la cabeza y tórax son color café, mientras que el abdomen es de color verdeazulado, miden entre 2.24 - 2.3 mm de largo y 0.61 - 0.65 mm de ancho, el vuelo de los adultos es corto (menor a un metro de distancia) (Alves *et al.*, 2014; García *et al.*, 2016).

Actualmente en México, se realiza una estrategia que es única entre las demás citriculturas de mayor importancia en el resto del mundo, debido a que el manejo de *D. citri*, se realiza mediante aspersiones regionales periódicas de insecticidas químicos y biorracionales en unidades estratégicas de manejo conocidas comúnmente como áreas regionales de control (ARCOs) (Mora *et al.*, 2013; Robles *et al.*, 2016; SENASICA, 2017; Cortez *et al.*, 2021).

Diversos autores han descrito la resistencia de *D. citri* sobre insecticidas químicos, tal es el caso de García *et al.* (2019), quienes monitorearon la resistencia de este insecto en cuatro formulaciones comerciales (cipermetrina, clorpirifos, dimetoato e imidacloprid) en cinco ARCOs en México y obtuvieron porcentajes de proporción de resistencia de 11.5, 83.25 y 79.72 respectivamente (imidacloprid no generó resistencia). Otro estudio realizado por Sánchez-Ramírez *et al.* (2023), mostraron niveles de resistencia en adultos de *D. citri* (12%) al insecticida imidacloprid.

Por el contrario, Naeem *et al.* (2023) obtuvieron que el imidacloprid mostró un nivel muy alto de resistencia en doce poblaciones de *D. citri* recolectadas en el campo. Asimismo, investigaciones de diversas partes del mundo han documentado el desarrollo de resistencia al imidacloprid en diferentes insectos (Kaufman *et al.*, 2010; Memmi, 2010). Por lo anterior, se puede concluir que el insecticida imidacloprid ha mostrado casos de resistencia sobre algunas poblaciones de *D. citri*.

También se ha evaluado el efecto del insecticida imidacloprid sobre organismos no blanco, como el caso reportado por Luna-Cruz *et al.* (2011) quienes mencionan que este insecticida fue el menos agresivo sobre adultos del parasitoide *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) comparado con los otros insecticidas evaluados (azadiractina, spinosad y abamectina); Fernández y Giménez *et al.* (2005) encontraron que la actividad biológica de los descomponedores del suelo no se ve afectada por la aplicación de imidacloprid en aplicaciones foliares y suelo.

Una revisión realizada por Gibbons *et al.* (2015) menciona que el uso de imidacloprid como tratamiento para semillas en algunos cultivos, plantea riesgos para las aves pequeñas, y la ingestión de incluso unas pocas semillas tratadas podría causar mortalidad o deterioro reproductivo en especies de aves sensibles. Aunque las concentraciones de imidacloprid en el ambiente se encuentran en niveles inferiores a los que causarían mortalidad en los vertebrados de agua dulce, pueden producir efectos subletales.

Los neonicotinoides son capaces de ejercer efectos directos e indirectos sobre la vida silvestre de vertebrados terrestres y acuáticos, lo que justifica una revisión adicional de su seguridad ambiental. Por otro parte, según Cortez *et al.* (2013, 2021) el número de insecticidas químicos autorizados (abamectina, aceite mineral, acetamiprid, clorantraniliprol, ciantraniliprol, fenpropatrin, fenpyroximate, flonicamid, flupiradifurone, diflubenzuron, spirotetramat, spinoteram, tiametoxam) para el control del PAC, es limitado.

Siendo uno de los más utilizados debido a su efectividad biológica y residualidad el imidacloprid, sobre todo cuando se aplica por el sistema de riego por goteo (Ahmed *et al.*, 2004), un neonicotinoide subgrupo 4A, sistémico, translaminar con acción estomacal y por contacto, pero de acuerdo con el manejo preventivo de la resistencia, es necesariamente utilizarlo, al igual que al resto de insecticidas, de manera racional en rotaciones con otros insecticidas de diferentes grupos toxicológicos, en función al modo de acción y si es posible, utilizando otros con diferente sitio de acción (Cortez *et al.*, 2013; IRAC, 2022).

En algunos países como China, Pakistan, Estados Unidos de América y también en México, se han detectado al menos cinco casos de resistencia en *D. citri* al insecticida químico imidacloprid (Vázquez *et al.*, 2013; Naeem *et al.*, 2016; Fajun *et al.*, 2018; García *et al.*, 2019), debido a esa situación, es necesario que su empleo se reduzca en algunas regiones de México. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue medir la efectividad biológica de 12 aplicaciones mensuales sucesivas de imidacloprid sobre inmaduros el psílido asiático de los cítricos *D. citri* en campo, con el propósito de definir si la efectividad del insecticida disminuye en función del número de aspersiones que se realicen.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en una huerta comercial de limón Persa, que se encontraba en estado de producción, con aproximadamente tres años de edad, ubicada en el área cercana a la comunidad Higuera de Zaragoza, Sinaloa, México (26° 06' 15.35" latitud norte, 109° 33' 74.65" longitud oeste). El periodo del trabajo comprendió del mes de junio 2018 hasta abril de 2019, durante este periodo se realizaron 12 aplicaciones mensuales sucesivas de imidacloprid sobre inmaduros el psílido asiático de los cítricos y se evaluó la efectividad biológica de este insecticida (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fechas de aspersión de imidacloprid sobre inmaduros del PAC, en huerta comercial de limón Persa.

Tratamiento	Fecha de aspersión	Tratamiento	Fecha de aspersión
1	25/06/2018	7	21/11/2018
2	25/07/2018	8	24/12/2018
3	18/08/2018	9	11/01/2019
4	11/09/2018	10	08/02/2019
5	06/10/2018	11	11/03/2019
6	26/10/2018	12	01/04/2019

Se utilizaron tres hileras de 200 m de longitud, la hilera central se consideró como parcela útil, eliminando los dos primeros árboles de la parte anterior y posterior del extremo de la hilera, lo anterior se realizó para eliminar el efecto orilla, debido a que pueden intervenir factores no deseados en los tratamientos. Antes de cada aplicación, se etiquetaron 18 brotes tiernos (brotes menores a 5 cm de longitud, los cuales presentaban hojas de un color verde más claro que el resto del follaje, de aspecto succulento) con presencia de *D. citri*, los cuales se encontraron distribuidos en los 18 árboles de la hilera central de cada tratamiento (un brote/árbol).

En estos brotes se contabilizó el número de huevos, ninfas chicas (de ninfa 1 a ninfa 3, menores a un mm de longitud) y ninfas grandes (de ninfa 4 a ninfa 5, mayores a un milímetro de longitud), se registró el dato en un libro de campo y en una etiqueta de plástico colocada en la parte inferior de cada brote, lo cual sirvió para dejar ubicado cada brote inspeccionado, dicho muestreo se realizó un día antes de la aplicación de los tratamientos. Los adultos, al momento del conteo inicial fueron descartados (se removieron con la ayuda de un pincel) del confinamiento, debido a que podían ovipositar y alterar los resultados.

Las aplicaciones del insecticida se realizaron con una mochila de aspersión de motor Echo® SHP-800-2, con dos pistolas aspersoras con boquillas D-5 de doble orificio (aceleración de 200 libras de fuerza por pulgada cuadrada, PSI por sus siglas en inglés.). Antes de depositar el insecticida en el agua del tanque de la mochila aspersora, se adicionó un ml L⁻¹ de agua de coadyuvante acidificante (Surfacid®), para regular el pH y prevenir la hidrólisis alcalina del insecticida.

Después se adicionó el insecticida a dosis de 300 ml ha⁻¹ y la mezcla se homogenizó agitando vigorosamente, luego se agregó el resto de agua, las aplicaciones se realizaron por la mañana. Luego los brotes tiernos inspeccionados, fueron confinados con una malla de agribón, para impedir que factores externos (principalmente depredadores) intervinieran sobre la mortalidad de inmaduros del PAC.

A las 72 h después de la aplicación de los tratamientos (DAT) se inspeccionaron de nuevo los brotes del muestreo previo y se contabilizaron los ejemplares presentes. Al final, se realizaron 12 aplicaciones a intervalos de cada 25 días aproximadamente; cada brote por árbol se consideró una repetición (n= 18) y cada aplicación se consideró como un tratamiento. Las variables evaluadas fueron el número total de inmaduros vivos de *D. citri* (huevos, ninfas chicas y grandes) en brotes tiernos en muestreos previos y a las 72 h DAT.

Por diferencia en el número de ejemplares, se obtuvo el porcentaje de mortalidad en cada brote y cada repetición. Los datos de mortalidad en cada estado de desarrollo del insecto se sometieron a un análisis de varianza (Anva), utilizando un diseño completamente al azar (DCA) y una comparación de medias por Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

En el Anva de la efectividad biológica del insecticida imidacloprid sobre huevos de *D. citri*, hubo diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos, en la comparación de medias se determinó que en la primera fecha de aplicación (25 de junio de 2018) se obtuvo la mayor mortalidad (74.96%) y fue significativamente diferente ($p < 0.05$) respecto al décimo, undécimo y duodécimo tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efectividad biológica de imidacloprid sobre el PAC en 12 fechas de aspersión 72 h DAT.

Fecha de aplicación	Porcentaje promedio de mortalidad		
	Huevos	Ninfas chicas	Ninfas grandes
1. 25/06/2018	74.96 A*	88.62 A*	85.77 A*
2. 25/07/2018	71.18 A	89.63 A	83.28 A
3. 18/08/2018	74.89 A	85.97 ABC	82.47 AB
4. 11/09/2018	72.28 A	90.66 A	80.61 ABC
5. 06/10/2018	73.16 A	84.27 ABCD	75.15 ABC
6. 26/10/2018	64.79 A	84.23 ABCD	78.68 ABC
7. 21/11/2018	64.54 A	69.67 D	75.44 ABC
8. 24/12/2018	60 AB	71.33 CD	72.83 ABC
9. 11/01/2019	65.87 A	80.06 ABCD	78.73 ABC
10. 08/02/2019	40.27 C	73.57 BCD	71.49 ABC
11. 11/03/2019	42.98 BC	70.47 D	67.59 BC
12. 01/04/2019	37.78 C	76.45 ABCD	65.91 C

*= datos con letras diferentes son significativamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

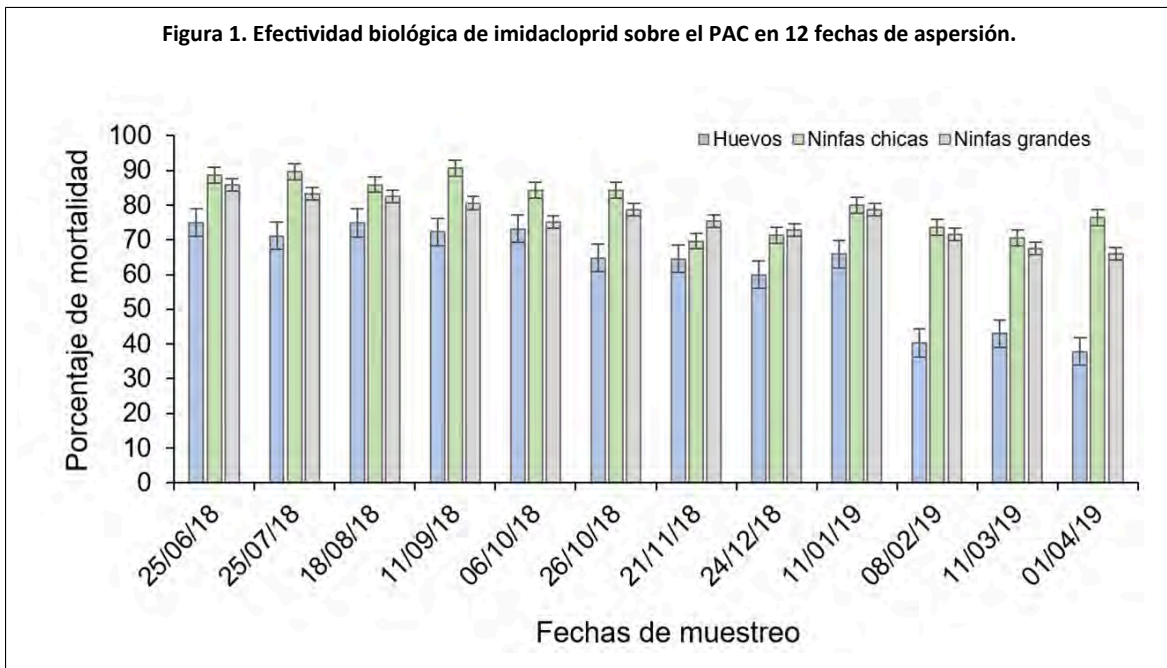
Los resultados permiten esclarecer que la susceptibilidad del estado de huevo del PAC se redujo significativamente después de nueve aplicaciones repetidas del insecticida imidacloprid. A partir de la sexta aplicación del insecticida, la reducción de la susceptibilidad del PAC disminuyó respecto a las anteriores aplicaciones (alrededor del 10%) y a partir de la décima fecha de aspersión se redujo en más de 30%.

En el Anva de la efectividad biológica del insecticida sobre ninfas chicas, se obtuvo diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos; en la comparación de medias se determinó puntualmente que en la cuarta fecha de aplicación (11/septiembre/2018) se obtuvo la mayor mortalidad con 90.66% (Cuadro 2) y fue significativamente diferente ($p < 0.05$) respecto al séptimo, octavo, noveno, décimo y undécimo tratamiento.

Los resultados anteriores, permiten esclarecer que la susceptibilidad de las ninfas chicas se redujeron significativamente después de seis aplicaciones repetidas del insecticida imidacloprid. La reducción de la mortalidad fue del 10% a partir de la séptima fecha de aplicación, mientras que, en la décima fecha de aspersión, la mortalidad se redujo en un 17%.

En el Anva de la efectividad biológica del insecticida sobre ninfas grandes, se observó diferencia significativa, las poblaciones de los tratamientos mostraron diferente distribución en algunos de los tratamientos, en la comparación de medias se determinó puntualmente que en la primera fecha de aplicación (25 de junio de 2018) se obtuvo la mayor mortalidad con 85.7% (Cuadro 2), este tratamiento fue significativamente diferente respecto al undécimo y duodécimo.

Es decir, los tratamientos aplicados en las últimas dos fechas mostraron menor mortalidad sobre ninfas grandes. La reducción de la mortalidad fue del 10% a partir de la séptima fecha de aplicación, a partir de la undécima fecha de aspersión la mortalidad se redujo en un 18%. Las primeras cuatro fechas de aspersión mostraron la mayor mortalidad (> 80%). En la Figura 1, se observó la mortalidad evaluada en tres estados de desarrollo del PAC y se muestra una tendencia de mortalidad similar entre huevos, ninfas chicas y grandes.



La mortalidad en estos tres estados de desarrollo del PAC fue mayor en las primeras cuatro fechas de aplicación (82.2%) que se encontraron comprendidas desde el 25 de junio al 11 de agosto de 2018. Por el contrario, la menor mortalidad fue registrada en las últimas tres fechas, del 08 de febrero al 01 de abril de 2019 (65.7%). En las otras cinco fechas de aplicación de los tratamientos (del 06 de octubre de 2018 al 11 de enero de 2019), la mortalidad fue de 71.7% aproximadamente.

En concordancia a lo reportado por Ramírez *et al.* (2018), en este trabajo se observó mortalidad sobre el estado de huevos por efecto de la aplicación de imidacloprid, en otro trabajo realizado por Ruíz-Galván (2013), reportó que este insecticida retardó de manera significativa la eclosión de los huevecillos (63%) y cuando éstos emergieron, todas las ninfas murieron en menos de 24 h. Los huevos a las 72 h DAT se observaron deshidratados y en ocasiones con la parte apical color necrótico; lo anterior, probablemente debido al efecto de contacto que posee el insecticida. Sin embargo, la mortalidad fue menor que sobre ninfas.

Entre las ninfas chicas y grandes no se observó una diferencia notable respecto al porcentaje de mortalidad, pero fue ligeramente mayor en ninfas chicas, donde el promedio de mortalidad en todas las fechas de aspersión fue de 80.4%; mientras que en ninfas grandes fue de 76.5%. En otros estudios, se ha observado mayor mortalidad en ninfas chicas comparado con otros estados de desarrollo de este insecto (Díaz, 2010; Cortez *et al.*, 2013) lo que indica que ninfas jóvenes son más susceptibles a los insecticidas, debido al tamaño y peso corporal (Aleman *et al.*, 2007; García-Méndez, 2013).

Es importante mencionar, que el insecticida imidacloprid mostró una efectividad biológica alta (a partir del 80%) en las primeras seis fechas de evaluación del insecticida sobre ninfas chicas cuya mortalidad fue de 87.2%, mientras que la mortalidad para ninfas grandes fue de 80.1%. El mayor porcentaje de mortalidad de huevos (75%) del PAC, se registró en la primera fecha de aspersión (25 de junio de 2019), mientras que el menor porcentaje (37.8) se presentó en la última fecha de aspersión (01 de abril de 2019).

Para el caso de ninfas chicas, la mayor mortalidad registrada fue en la cuarta aspersión (90.66%), la cual se realizó el 11 de septiembre de 2018, mientras que la menor mortalidad (69.7%) se presentó en la séptima aspersión (21 de noviembre de 2018). Por otra parte, la mayor mortalidad de ninfas grandes fue 85.8% y se observó en la primera fecha, mientras que la menor mortalidad (65.9%) se registró en la última fecha de aspersión.

Por lo mencionado anteriormente, es posible utilizarlo por tiempo indefinido, cuando el número de aplicaciones sucesivas sea menor a cuatro por temporada y si se realizan en rotación con insecticidas de diferentes grupos de modo de acción y con diferente sitio de acción (IRAC, 2022). Los moduladores competitivos de los receptores nicotínicos de la acetilcolina, son los que confieren la resistencia a los insectos seleccionados por los insecticidas que integran el grupo 4 (IRAC, 2022).

cuando se realiza un empleo indiscriminado de estos insecticidas se seleccionan los ejemplares resistentes, como ocurrió en Guangdong, China, donde Fajun *et al.* (2018) mencionaron niveles de resistencia elevados de *D. citri* a imidacloprid [proporción de resistencia (PR)= 15.12] comparado con otros insecticidas como el dinotefuran, clorpirifos, tiametoxam, lambda-cialotrina y bifentrina.

Asimismo, en Punjab, Pakistán, en un estudio similar realizado por Naeem *et al.* (2016), reporta que las poblaciones de *D. citri* fueron altamente resistentes a este insecticida (PR= 236.6 - 759.5) comparado con clorpirifos, bifentrina, acetamiprid, tiametoxam, clorfenapir y nitenpiram. Por otra parte, en un estudio realizado en laboratorio, en Florida (EE. UU.) por Langdon y Rogers (2017), mencionaron que la efectividad biológica del insecticida imidacloprid sobre cuatro poblaciones diferentes de *D. citri*, fue mayor por ingestión que por contacto, por lo que se debe promover la aplicación del insecticida en el sistema de riego presurizado (Cortez *et al.*, 2013).

En un estudio semejante al de la investigación de Della *et al.* (2019) realizaron algunas mezclas de insecticidas químicos (lambda- cyhalotrina, tiametoxam, fosmet e imidacloprid) para evaluar la efectividad biológica sobre *D. citri*, también fueron evaluados estos mismos insecticidas individualmente y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos mezclados, con respecto a los tratamientos sin mezclar (la mortalidad se mantuvo alrededor del 80%, para ambos casos). Esta mortalidad concuerda con la reportada en el presente estudio.

Las dos aplicaciones de insecticidas en ARCOs con las que el gobierno mexicano, a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), apoya a los productores de cítricos anualmente en el país, pueden realizarse por tiempo indefinido en el estado de Sinaloa y otros, en donde no se registra resistencia (SENASICA, 2017). Por el contrario, en donde ya se ha determinado resistencia, el insecticida debe dejarse de utilizar por tiempo indefinido (Tiwari *et al.*, 2013; Vázquez *et al.*, 2013).

Diversos estudios similares al presente, realizados con diferentes insecticidas utilizados para el combate del PAC, arrojan información para definir en condiciones de campo la viabilidad de la efectividad de estos a través del tiempo, sin correr el riesgo de seleccionar poblaciones resistentes que se reflejen en falla de control. En ese sentido, serían muchos los beneficios que se lograrían, como el dejar de usar insecticidas químicos con poca efectividad biológica, insecticidas que posean el mismo modo y sitio de acción, insecticidas que sean más rentable económicamente y que posean la misma o una mayor efectividad biológica, etc.

Conclusiones

La efectividad biológica del imidacloprid sobre huevos, ninfas chicas y grandes del psílido asiático de los cítricos, fue alta en diversas aplicaciones iniciales sucesivas (80%); mientras que la mortalidad sobre huevos, se redujo en 10% a partir de la sexta aplicación sucesiva del insecticida y después de la décima fecha de aspersión la mortalidad se redujo significativamente en más del 30%; la reducción de mortalidad de ninfas chicas fue de 10% a partir de la séptima fecha de aplicación, después de la décima fecha de aspersión, la mortalidad fue significativamente menor en un 17%, la reducción de la mortalidad de ninfas grandes fue del 10% a partir de la séptima fecha de aplicación y después de la undécima fecha de aspersión la mortalidad se redujo significativamente en 18%.

Los porcentajes de reducción de mortalidad entre las fechas de muestreo osciló entre el 10 y 30% en huevos, ninfas chicas y grandes, se puede considerar entre leve y moderada esta disminución, lo cual indicaría inicio de resistencia del insecto al insecticida. Es necesario realizar nuevos estudios con la finalidad de evaluar la efectividad biológica de insecticidas de nueva generación con diferente modo y sitios de acción contra inmaduros de *D. citri* en huertas comerciales de limón Persa, para poder determinar cuáles insecticidas pueden ser utilizados en las áreas regionales de control (ARCOs), para contar con una mayor cantidad de moléculas insecticidas que pueden ser empleadas contra *D. citri* y tener de esta manera un control efectivo sobre el insecto vector del HLB. Se sugiere también comprobar la efectividad biológica de los insecticidas químicos sobre los adultos del PAC, para tener así un mejor panorama sobre el efecto del insecticida en condiciones de campo.

Bibliografía

- 1 Ahmed, S.; Ahmad, N. and Khan, R. R. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina citri*. Int. J. Agric. Biol. 6(6):970-973.
- 2 Alemán, J.; Baños, H. y Ravelo. 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. Revista de Protección Vegetal. 22(3):154-165.
- 3 Alves, G. R.; Diniz, A. J. and Parra, J. R. 2014. Biology of the huanglongbing vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on different host plants. J. Econ. Entomol. 107(2):691-696. <https://doi.org/10.1603/EC13339>.
- 4 Arias, F. J. y Suárez, E. A. 2016. Comportamiento de las exportaciones de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) al mercado de los Estados Unidos. J. Agri. Anim. Sci. 5(2):22-33. Doi:10.22507/jals.v5n2a2.
- 5 Borja, B. M.; Velez, I. A.; Cuevas, R. V. and Orozco, S. M. 2021. Profitability and competitiveness of Mexican in an endemic Huanglongbing environment under two technological approaches. Revista Ciencia y Sociedad. 16(1):102-115. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1495>.
- 6 Cortez, M. E.; Loera, G. J.; Hernández, F. L. M.; Barrera, G. J.; Fontes, P. A.; Díaz, Z. U.; Jasso, A. J.; Reyes, R. M.; Manzanilla, R. M. y López, A. J. 2013. Manual para el uso de insecticidas convencionales y alternativos en el manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos, en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP). Juan José Ríos, Sinaloa. Folleto técnico núm. 37. 56 p. ISBN: 978-607-37-0016-0.
- 7 Cortez, M. E.; Ortiz, O. A. y Pérez, M. J. 2021. Insectos y ácaros plaga, descripción y manejo. Manual de producción de cítricos en el estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP)-CIRNO-CEVACU. Sinaloa, México. Libro técnico no. 1. 74-107 pp. ISBN: 978-607-37-1377-1.
- 8 Della, V. J.; De Andrade, D.; Gomes, A. R. and Da Costa, F. M. 2019. Effects of insecticide and acaricide mixtures on *Diaphorina citri* control. Revista Brasileira de Fruticultura. 41(1):1-7. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019076>.
- 9 Díaz, Z. U. 2010. Estudio de evaluación de efectividad biológica de Actara®, para controlar diaphorina en limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). 1^{er} simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, N. L. México. INIFAP-CIRNE. 396-407 pp.
- 10 Fajun, T. A.; Xiufang, M. E.; Syed, A. H.; Chaofeng, L. L. & Xinnian, Z. A. 2018. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Guangdong of China. Sci. Rep. 8(12):1-11. Doi:10.1038/s41598-018-30674-5.

- 11 Fernández, M. C. y Giménez, R. A. 2005. Impacto de imidacloprid en la descomposición orgánica edáfica en cultivo de duraznero. *Agricultura Técnica*. 64(4):370-377.
- 12 Flores, S. J.; Mora, A. G.; Loeza, K. E.; López, A. J.; Domínguez, M. S.; Acevedo, S. G. y Robles, G. P. 2015. Pérdidas en producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en limón Persa en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 33(2):195-210.
- 13 García, L. E. and Cortez, M. E. 2020. The flat citrus mite and its association with the severity of greasy leaf spot damage in Persian lime in Sinaloa, Mexico. *Southwest. Entomol.* 45(1):329-332. <https://doi.org/10.3958/059.045.0139>.
- 14 García, M. V.; Ortega, A. L.; Villanueva, J. J. and Osorio, A. F. 2019. Resistance of *Diaphorina citri* Kuwayama to insecticides in five regional control areas in Mexico. *Southwest. Entomol.* 44(4):947-954. <https://doi.org/10.3958/059.044.0415>.
- 15 García-Méndez, V. 2013. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Fitosanidad. 41 p. <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/25-Garcia-Mendez-13.pdf>.
- 16 García, Y. A.; Ramos, Y. P.; Sotelo, P. A. y Kondo, T. T. 2016. Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 42(1):36-42.
- 17 Gibbons, D.; Morrissey, C. and Mineau, P. 2015. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 22(1):103-118. Doi: 10.1007/s11356-014-3180-5.
- 18 Hernández, T. J. y Botello, T. J. 2017. El papel del entorno en las modificaciones de la estructura regional de la producción de limón y naranja en México. *Revista de Análisis Económico*. 32(80):93-118.
- 19 IRAC. 2022. Insecticide Resistance Action Committee. IRAC mode of action classification Scheme. Version 10.3. <https://irac-online.org/mode-of-action/>.
- 20 Kaufman, P. E.; Nunez, S. C.; Mann, R. S.; Christopher, G. J. and Scharf, M. E. 2010. Nicotinoid and pyrethroid insecticide resistance in houseflies (Diptera: Muscidae) collected from Florida dairies. *Pest Manag. Sci.* 66(2):290-294.
- 21 Ladaniya, M. S.; Marathe, R. A.; Das, A. K.; Rao, C. N.; Huchche, A. D.; Shurgure, P. S. and Murkute, A. A. 2019. High density planting studies in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Sci. Hortic.* 261(5):136-145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108935>.
- 22 Langdon, K. W. and Rogers, M. E. 2017. Neonicotinoid-induced mortality of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) is affected by route of exposure. *J. Econ. Entomol.* 110(5):2229-2234. Doi: 10.1093/jee/tox231.
- 23 Luna-Cruz, A. J. R.; Lomeli-Flores, E.; Rodríguez-Leyva, L.; Ortega-Arenas, A. and Huerta, P. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 27(3):509-526.
- 24 Mattos, D. J. 2018. The role of the international society of citriculture on the world citrus industry. *Citrus Research and Technology*. 38(2):228-232. Doi:10.4322/crt.ICC171.
- 25 Memmi, B. K. 2010. Mortality and knockdown effects of imidacloprid and methomyl in house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) populations. *J. Vector Ecol.* 35(2):144-148.
- 26 Mora, A. G.; Robles, G. P.; González, G. R.; Flores, S. J.; Acevedo, S. G. y Domínguez, M. S. 2013. Criterios epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOS. 3ª Ed. México, DF. SENASICA. 124-135 pp.

- 27 Naeem, A.; Freed, S.; Liang, F. J.; Akmal, M. and Mehmodd, M. 2016. Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab, Pakistan. J. Crop. Prot. 86(4):62-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.010>.
- 28 Ramírez, G. A.; Puentes, P. G. y Restrepo, D. H. 2018. Evaluation of the efficacy of neonicotinoid and pyrethroid insecticides in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) populations in Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 12(2):358-368. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.8093>.
- 29 Ramírez-Sánchez, A.; Rodríguez-Maciel, L.; Lagunes-Tejeda, Á.; Bautista-Martínez, N.; Tejeda-Reyes, M. and Pardo-Melgarejo, S. 2023. Intraorchard variation of resistance to imidacloprid in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) adults. J. Entomol. Sci. 58(2):266-276. <https://doi.org/10.18474/JES22-46>.
- 30 Robles, G. A.; Arriaga, J. A. y Vázquez, P. M. 2016. Manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. 2ª Ed. México, DF. Dirección General de Sanidad Vegetal. 45 p.
- 31 Rodríguez, C. M. 2002. Guía técnica del cultivo de limón Persa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. 33 p. <https://drive.google.com/file/d/1qwcrisi-kmurdznrldgxufseez0sajm/view>.
- 32 Ruíz, G. I. 2013. Evaluación de insecticidas para el control del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en sus diferentes estados biológicos en limón Persa. Tesis de Maestría. Postgrado de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. 37 p. <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/3-RuizG-13.pdf>.
- 33 San Martín, M. H.; Sánchez, S. E. y Núñez, P. R. 2021. Portainjertos y principales variedades de cítricos en Sinaloa. Manual de producción de cítricos en el estado de Sinaloa. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. Libro técnico núm. 1. 14-27 pp.
- 34 SADER. 2021. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Plagas y enfermedades comunes del limón. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/plagasyenfermedadescomunesdellimon?tab=>.
- 35 SENASICA. 2017. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Huanglongbing de los cítricos. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/huanglongbing-de-los-citricos-110925>.
- 36 SIAP-SAGARPA. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 37 Tiwari, S.; Killiny, N. and Stelinski, L. L. 2013. Dynamic insecticide susceptibility changes in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 106(1):393-399. Doi: 10.1603/ec12281.
- 38 Vázquez, G. M.; Velázquez, M. V.; Medina, U. C.; Cruz, V. J.; Sandoval, S. M.; Virgen, C. G. and Torres, M. J. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in central west Mexico. Southwest. Entomol. 38(4):579-596. <https://doi.org/10.3958/059.038.0404>.



Efectividad biológica de imidacloprid sobre el psílido asiático de los cítricos

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 April 2025
Publication date: 08 April 2025
Publication date: Feb-Mar 2025
Volume: 16
Issue: 2
Electronic Location Identifier: e3409
DOI: 10.29312/remexca.v16i2.3409

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

control químico
insecticida
mortalidad

Counts

Figures: 1
Tables: 2
Equations: 0
References: 38
Pages: 0