



Efectividad biológica de imidacloprid en el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en naranja (*Citrus sinensis* L.)

Biological effectiveness of imidacloprid in the control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in orange (*Citrus sinensis* L.)

Daniel Perales-Rosas¹; Mairel Valle-de la Paz^{2*}; Mariela R. Michel-Michel¹;
Fabiola Veana-Hernández¹; Otto Raúl Leyva-Ovalle³

- ¹ Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km.2, Col. Vista Hermosa, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México, C.P. 79010.
- ² Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Universidad S/N. Ex Rancho Shalako, C. P. 39106, Carr. Nal. Petaquillas-Chilpancingo. Las Petaquillas, Guerrero, México.
- ³ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Josefa Ortiz de Domínguez s/n. Colonia Centro. Amatlán de los Reyes. C.P. 94950. Veracruz, México.

ORCID de los autores:

D. Perales-Rosas: <http://orcid.org/0000-0003-4257-3993>

M. Valle-de la Paz: <http://orcid.org/0000-0002-5411-1481>

M. R. Michel-Michel: <https://orcid.org/0000-0002-1750-2467>

F. Veana-Hernández: <https://orcid.org/0000-0003-4012-6161>

O. R. Leyva-Ovalle <https://orcid.org/0000-0002-6150-9367>

RESUMEN

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), es una plaga importante de los cítricos que transmite la bacteria (*Candidatus Liberibacter* spp.), responsable de la enfermedad enverdecimiento de los cítricos. El control químico de esta plaga es el método más utilizado por los citricultores de México. El objetivo de este trabajo fue determinar la efectividad biológica de imidacloprid en el control de *Diaphorina citri* en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis* L.) en el estado de San Luis Potosí, México. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 20 unidades experimentales con una superficie total de 1960 m², se realizaron dos aplicaciones a intervalos de siete días de las tres dosis de imidacloprid, 30, 40 y 50 mL por 100 L de agua y se comparó con un testigo comercial tiametoxam (3 g/árbol), más un testigo sin aplicar. Los datos fueron analizados con la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$), empleando el paquete de análisis estadístico SAS. Todas las dosis de imidacloprid fueron efectivas en el control de ninfas y adultos de *Diaphorina citri*, sin diferencias estadísticas con el testigo regional tiametoxam (3 g/árbol). Imidacloprid alcanzó eficacias de control de ninfas de 93,83% y del 88,8% en adultos, las mejores dosis fueron 40 y 50 mL / 100 L de agua.

Palabras clave: Psílido asiático; control químico; huanglongbing; ninfas; adultos.

ABSTRACT

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) is an important pest of citrus that transmits the bacteria (*Candidatus Liberibacter* spp.), responsible for the citrus greening disease. Chemical control of this pest is the method most used by citrus growers in México. The objective of this work was to determine the biological effectiveness of imidacloprid in the control of *Diaphorina citri* in the orange crop (*Citrus sinensis* L.) in the state of San Luis Potosí, México. A completely randomized block design was used, with 20 experimental units with a total area of 1960 m², two applications were made at intervals of seven days of the three doses of imidacloprid, 30, 40 and 50 mL / 100 L of water and compared with a commercial control tiametoxam (3 g/tree), plus an unapplied control. The data were analyzed with Tukey's mean comparison test ($\alpha = 0.05$), using the SAS statistical analysis package. All doses of imidacloprid were effective in the control of nymphs and adults of *Diaphorina citri*, without statistical differences with the regional control tiametoxam (3 g/tree). Imidacloprid achieved nymph control efficiencies of 93.83% and 88.8% in adults, the best dose was 40 and 50 mL / 100 L of water.

Keywords: Asian psyllid; chemical control; huanglongbing; nymphs; adults.

1. Introducción

En el año 2022 se produjeron en el mundo 47,5 millones de toneladas de naranja, 2,5 millones menos que en el año 2021 y 20,5 millones menos que en el año 2012 (Statista, 2023). México es el quinto productor mundial de cítricos con 8,2 millones de ton en 589682,5 ha, en el año 2022 se cultivaron 349399 ha de naranja en 27 estados de la república mexicana con una producción de 4,8 millones de toneladas (SIAP, 2023), donde Veracruz fue el principal productor con 2,5 millones de toneladas, seguido de San Luis Potosí, Puebla y Nuevo León. El estado de San Luis Potosí cuenta con 32862,5 ha de naranja, en el año 2022 se produjeron 352199,9 toneladas, destinadas a la agroindustria y consumo en fresco (SIAP, 2023).

Citrus Huanglongbing (HLB), también conocida como enverdecimiento de los cítricos (Hu et al., 2023), es la enfermedad más grave de los cultivos de cítricos ocasionada por la fastidiosa α -proteobacteria limitada al floema (Li et al., 2024) por *Candidatus Liberibacter* spp., esta provoca una reducción del rendimiento y mala calidad de los frutos, e incluso la muerte de las plantas (Li et al., 2021). El Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* es el vector de *Ca. L. asiaticus* (Las) y *Ca. L. americanus* (Lam), la propagación de *D. citri* es un factor importante para la incidencia de cítricos afectados por HLB en Asia, América del Sur, Central y del Norte (Wulff et al., 2020). *D. citri* es una plaga cuarentenada en México, presente en todas las regiones productoras de cítricos y puede potencialmente ocasionar pérdidas en el cultivo (SENASICA, 2019).

Las hembras ovipositan hasta 800 huevecillo durante su vida en los brotes de crecimiento, las ninfas pasan cinco estadios, el ciclo biológico es de 14 a 49 días dependiendo de la temporada, se presentan de 9 a 10 generaciones por año en campo (EFSA PLH Panel, 2021). El control químico de *D. citri* es la principal estrategia de manejo de Huanglongbing en México (Pérez-Zarate et al., 2016; Rugno & Qureshi, 2023). Para el control de huevecillos, ninfas y adultos Ruiz-Galván et al. (2015) realizaron aplicaciones bajo invernadero y laboratorio de los insecticidas imidacloprid + betacyflutrín (0,4 y 0,5 L / 1000 L agua), spirotetramat (0,5 L / 1000 L agua), imidacloprid (40 mL / 100 L de agua), tiametoxan + lambda cyalotrín (250 mL/ha), imidacloprid + lambda cyalotrín (300 mL/ha) y aceite parafínico de petróleo (1 L/ha) y observaron porcentajes de mortalidad 87,4% en ninfas y 91% en adultos, el aceite parafínico del petróleo controló huevecillos. Miranda-Ramírez et al. (2021) realizaron aplicaciones de Tolfenpyrad, Fenpyroximato y

Pyrifluquinazon con mortalidades altas de adultos de *D. citri*, recomiendan la rotación de insecticidas botánicos como aceite de ajo, aceite de ricino, extracto de cítricos, gobernadora, Neem y químicos en Apatzingán, Michoacán. Miranda-Salcedo et al. (2020) recomiendan el uso de insecticidas botánicos en bajas densidades de la plaga, por ser amigables con el ambiente, depredadores y parasitoides. Las pérdidas ocasionadas por el HLB en la citricultura de México se han reportado alrededor de 1,84 millones de toneladas correspondiente al 25% de la producción (Cavarrubias et al., 2010), es fundamental realizar el control del vector *D. citri* (Ruiz-Galván et al., 2015). Considerando la importancia de la citricultura en México y el impacto del HLB y su vector se propuso como objetivo evaluar la efectividad biológica de Imidacloprid bajo condiciones de campo para el control de ninfas y adultos de *D. citri* en naranja (*Citrus sinensis* L.) en San Luis Potosí, México.

2. Metodología

El estudio se realizó en el año 2022, en el predio "El Refugio del Sol", localizado en municipio de Ciudad Fernández, estado de San Luis Potosí, con coordenadas Latitud: 21°55'13.74" N, Longitud: 100°01'43.411" W.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) compuesto de 5 tratamientos y 4 repeticiones con 20 unidades experimentales de 98 m² compuesta de 2 árboles de 7 años de plantación, con una superficie total de 1960 m².

El insecticida evaluado fue imidacloprid en suspensión concentrada al 30,2%, equivalente a 350 g de imidacloprid / L, en tres dosis 30, 40 y 50 mL en 100 L de agua, el cual fue comparado contra el testigo regional tiametoxam gránulos dispersables a una concentración de 250 g de tiametoxam / kg a una dosis comercial de 3 g/árbol.

Aplicación de los tratamientos

Se realizaron dos aplicaciones de los tratamientos en etapa de desarrollo vegetativo a intervalos de 7 días, mediante aspersión foliar para los tratamientos de imidacloprid, con un gasto de 1 L/árbol (196 L/ha), usando una aspersora motorizada (Arimitsu SD-260 D-II), acoplada con una lanza con dos boquillas de cono lleno (TG-1, 0,88 L/min a 4 bares), fijando la presión del equipo (4 bar \approx 58 PSI). Para la aplicación de tiametoxam se utilizó una aspersora manual con inyector en drench, aplicando 3 L/árbol en la zona de goteo.

Número de evaluaciones y parámetros evaluados

Se llevó a cabo un muestreo previo a la aplicación de los tratamientos y tres evaluaciones a intervalos de siete días. De la parcela útil de cada unidad experimental se seleccionaron al azar cuatro brotes vegetativos-ternos de aproximadamente 10 cm en la parte media de la copa del árbol y se contabilizó el total de ninfas y adultos de *D. citri* vivos por brote (Figura 1).

El porcentaje de eficacia de los tratamientos sobre las poblaciones de adultos y ninfas de la plaga fue calculado mediante la fórmula de Abbott (1925).

$$EB = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (1)$$

Dónde EB: efectividad biológica, A: % de infestación del testigo sin tratar, B: % de infestación del tratamiento con el insecticida.

La fitotoxicidad del producto se evaluó en cada evaluación, con la escala ordinal de (EWRS) European Weed Research Society, de 9 grados porcentual según el daño ocasionado en la maleza y el cultivo (Champion, 2000).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las poblaciones de ninfas y adultos de *D. citri* en las diferentes evaluaciones fueron sometidas a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza. Una vez que se corroboraron los supuestos paramétricos se realizó un análisis de varianza ($p \leq 0,05$) y una prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), con el software estadístico SAS 9.1 (SAS, 1997).

3. Resultados y discusión

Previo a las aplicaciones de los tratamientos (0 DDT) se llevó a cabo una preevaluación de las poblaciones de ninfas y adultos presentes en campo,

observando que las poblaciones eran homogéneas, no se observaron diferencias significativas entre las poblaciones de ninfas y adultos en la preevaluación (Tabla 1), se realizó la primera aplicación de los tratamientos (SAGARPA, 2015).

La primera evaluación de ninfas se llevó a cabo a los 7 días después de la primera aplicación de los tratamientos en campo, se observaron que todos los tratamientos de imidacloprid (30, 40 y 50 mL /100 L de agua) y el testigo comercial (3 g/árbol) de tiametoxam fueron estadísticamente diferentes al testigo absoluto, con una media de ninfas por brote de 1,2 a 1,4 individuos. Se realizó la segunda aplicación de los tratamientos (Tabla 1). En la segunda evaluación se observa el efecto de control acumulado de las dos aplicaciones de los tratamientos, las poblaciones de ninfas fueron susceptibles a las dosis de imidacloprid y tiametoxam, con una media de 0,2 a 0,3 ninfas por brote (Tabla 1), Ruíz-Galván et al. (2015) reportan alta susceptibilidad de las ninfas de *D. citri* a tratamientos de imidacloprid y a la mezcla de imidacloprid + betacyflutrin. La tercera evaluación se llevó a cabo a los 21 días después de la primera aplicación de los tratamientos en campo, en ella se observó que la protección de las dosis de imidacloprid y tiametoxam pudieron alcanzar más de tres semanas en campo, coincide con lo reportado por Byrne et al. (2016) mencionan que Imidacloprid y tiametoxam superaron a los tratamientos de control y dinotefurano en la protección de los árboles de las infestaciones por huevos y ninfas de *Diaphorina citri*. En aplicaciones foliares. Iqbal et al. (2020) observaron que las poblaciones de *D. citri* se redujeron 90,18% después de los 12 días de la segunda aplicación de imidacloprid (40 mL / 100 L agua) en árboles de mandarina.



Figura 1. a). Ninfas y b). Adultos de *Diaphorina citri* observadas en campo en Ciudad Fernández, San Luis Potosí, México.

Tabla 1

Medias de las poblaciones de ninfas y adultos de *D. citri* en las cuatro evaluaciones en el cultivo de naranja (*C. sinensis* L).

No	Tratamiento	Dosis (mL/100 L agua)	Poblaciones de ninfas				Poblaciones de adultos			
			Prev	1ra eval	2da eval	3ra eval	Prev	1ra eval	2da eval	3ra eval
T1	Imidacloprid	30	1,6a	1,4b	0,3b	0,6b	6,4a	0,9b	0,9b	0,6b
T2	Imidacloprid	40	1,4a	1,4b	0,2b	0,4b	4,9a	0,7b	0,3b	0,3bc
T3	Imidacloprid	50	1,5a	1,2b	0,2b	0,3b	4,3a	0,7b	0,3b	0,2c
T4	Tiametoxam	3 g/árbol	1,3a	1,3b	0,3b	0,4b	5,3a	0,9b	0,5b	0,3bc
T5	Testigo absoluto	-----	1,8a	3,9a	5,1a	14,7a	4,8a	8,4a	17,6a	17,8a

Letras distintas en una misma columna difieren por Tukey ($p \leq 0,05$).

Las evaluaciones de las poblaciones de adultos se observó que los tratamientos de imidacloprid (30, 40 y 50 mL/100 L agua) y el testigo comercial tiametoxam (3 g/árbol) fueron estadísticamente diferentes al testigo absoluto desde la primera evaluación, se observó el efecto de control de los tratamientos de insecticida en las poblaciones de adultos de *D. citri*, en la primera, segunda y tercera evaluación las medias fueron de 0,2 a 0,9 adultos por brote, en cambio en el testigo absoluto las medias fueron de 8,4 hasta 17,8 adultos (Tabla 1). García-Méndez et al. (2016) reportaron la susceptibilidad de poblaciones de *D. citri* a los insecticidas endosulfan, dimetoato, imidacloprid, malatión, metomilo, abamectina y lambda-cialotrina. El abuso en el uso de insecticidas puede impactar negativamente en las poblaciones de enemigos naturales de *D. citri* (García et al., 2022). Los estudios de efectividad biológica ayudan a determinar las dosis óptimas para el control de las poblaciones de plagas en campo, haciendo un uso más racional de los insecticidas.

Efectividad Biológica de ninfas

La primera evaluación de la efectividad biológica de los tratamientos de imidacloprid y tiametoxam, se observó que las eficacias alcanzadas fueron del 62,9 a 69,4% no alcanzaron las eficacias mínimas del 85% que especifica la NOM-032.SAG/FITO-2014 (SAGARPA, 2015). Con la segunda aplicación de los tratamientos, en la segunda y tercera evaluación todos los tratamientos de imidacloprid (30, 40 y 50 mL / 100 L de agua) y tiametoxam (3 g/árbol) alcanzaron eficacias de control superiores al 93,8%, sobresaliendo el tratamiento No.3 con eficacias del 69,4%, 96,3% y 97,9% en la primera, segunda y tercera evaluación respectivamente de las poblaciones de ninfas de *D. citri*.

Imidacloprid y tiametoxam son insecticidas sistémicos y de contacto del grupo de los neonicotinoides que actúan en el sistema nervioso de los insectos, se absorben vía foliar o por la raíz y se translocan en la planta (Ramírez-Godoy et al., 2018), su efecto de control puede ser

inmediato o efecto prolongado, sobre las poblaciones de ninfas 21 DDT. Hernández et al. (2013) observaron que en las aplicaciones de imidacloprid (300 mL/ha) al suelo y al follaje existen diferencias en las eficacias de control de *D. citri*, imidacloprid presentó eficacias del 70,6% en aplicación al suelo y 93,5% en aplicación al follaje, presentando eficacias más altas en aplicaciones al follaje.

Efectividad biológica de adultos

Las poblaciones de adultos fueron más susceptibles al efecto de control de imidacloprid y tiametoxam que las ninfas en la primera evaluación, con eficacias superiores al 88,9% en el tratamiento No.1 (30 mL/100 L de agua de imidacloprid) y No. 4 (3 g/árbol de tiametoxam) con una aplicación de los tratamientos, este resultado es similar al reportado por Ruíz-Galván et al. (2015) observaron un mayor control de las poblaciones de adultos de *D. citri* con imidacloprid y betacyflutrin en comparación con las poblaciones de ninfas. En la segunda aplicación las eficacias alcanzadas fueron superiores al 95% en la segunda y tercera evaluación. Ramírez-Godoy et al. (2018) observaron que imidacloprid fue más eficaz en el control de adultos que de ninfas en Colombia. Ruíz-Galván et al. (2015) reportaron en México eficacias del 100% en el control de ninfas y adultos de imidacloprida desde los 2 días después de la aplicación bajo condiciones de laboratorio.

Las aplicaciones de imidacloprid deben hacerse en apego a las recomendaciones técnicas del ingeniero agrónomo, aplicaciones inadecuadas de esta molécula puede generar resistencia de *D. citri* en campo por la persistencia del insecticida de 6-8 semanas (Castle et al., 2005). En México Ramírez-Sánchez et al. (2023) mencionan que la resistencia de *D. citri* a imidacloprid se deben al abuso y desconocimiento de los agricultores que realizan de 12 a 15 aspersiones con dosis de hasta 100 mL / 100 L de agua con eficacias de 30-50% o por comportamientos negativos y poco éticos de algunos técnicos de campo. Naeem et

al. (2016) reportan en Pakistán que las poblaciones de campo de *D. citri* fueron altamente resistentes a imidacloprid, observaron una resistencia cruzada de *D. citri* a insecticidas como imidacloprid, acetamiprid, clorfenapir, nitenpiram y tiametoxam. La intercalación de cítricos con otros cultivos como maíz, o mango reducen las poblaciones de *D. citri* en campo (Pardo-Melgarejo et al., 2024) y con ello el número de aplicaciones de insecticidas. Las eficacias de control observadas en las poblaciones de adultos se encuentran en los rangos permitidos en México (SAGARPA, 2015), por lo que se pueden utilizar para el control de las poblaciones de ninfas y adultos de *D. citri*. Kishk et al. (2024) mencionan que desafortunadamente, no existe cura para esta enfermedad y su mitigación depende de múltiples aplicaciones de insecticidas para reducir las poblaciones de vectores, también se sabe que el silenciamiento de la expresión del citocromo P 450 asociado con las enzimas de desintoxicación mediante interferencia de ARN aumenta la susceptibilidad de *D. citri* a los insecticidas.

4. Conclusiones

Realizando dos aplicaciones a intervalos de siete días de imidacloprid se lograron disminuir las poblaciones de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* en el cultivo de naranja, con eficacias de control superiores al 90% en las dosis de 30, 40 y 50 mL en 100 L agua. Se recomienda aplicar la dosis de 30 mL en 100 L de agua en poblaciones iniciales de la plaga o en programas de manejo integrado a fin de retardar el surgimiento de la resistencia de *Diaphorina citri* al insecticida imidacloprid en plantaciones de naranja.

Se sugiere realizar estudios futuros para evaluar la eficacia de imidacloprid en combinación con otros métodos de control biológico y químico, con el objetivo de desarrollar estrategias más sostenibles y eficaces a largo plazo. Además, se debe investigar la dinámica de la resistencia a imidacloprid en poblaciones de *Diaphorina citri* en México, bajo diferentes regímenes de aplicación y condiciones ambientales, para optimizar los programas de manejo integrado de plagas y asegurar la sostenibilidad del cultivo de naranja.

Referencias bibliográficas

Abbott W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, Volume 18, Issue 2, 1 April 1925, Pages 265–267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>

Byrne F., Daugherty M. P., Grafton-Cardwell E. E., Bethke J. A., & Morse J. (2016). Evaluation of systemic neonicotinoid insecticides for the management of the Asian citrus psyllid

Diaphorina citri on containerized citrus. *Pest Manag Sci.*, 73(3), 506-514. <https://doi.org/10.1002/ps.4451>

Cavarrubias Gutiérrez, I., Hinojosa, R., Mora Aguilera, G., Salcedo Baca, D., DePaolis, F. J., Mora Flores, J. S., & Cintora González, C. L. (2010). Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola Mexicana. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7271>

Castle, S. J., Byrne, F. J., Bi, J. L., & Toscano, N. C. (2005). Spatial and temporal distribution of imidacloprid and thiamethoxam in citrus and impact on *Homalodisca coagulata* populations. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 61(1), 75-84. <https://doi.org/10.1002/ps.949>

Champion, G. T. (2000). BRIGHT and field-scale evaluations herbicide tolerant GM trials. *AICC Newsletter*. Winter 2000, p. 7.

EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M.A., Jaques Miret, J.A., Justesen, A.F., Magnusson, C.S., Milonas, P., Navas-Cortés, J.A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P.L., Thulke, H.H., Van der Werf, W., Civera, A.V., Yuen, J., Zappala Kertesz, V., Streissl, F., & MacLeod, A. (2021). Scientific Opinion on the pest categorisation of *Diaphorina citri*. *EFSA Journal*, 19(1), 6357. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6357>

García-Méndez, V. H., Ortega-Arenas, L. D., Villanueva-Jiménez, J. A., & Sánchez-Arrollo, H. (2016). Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia*, 50(3), 355-365.

García, N., Zambrano, M., & Chirinos, D. (2022). La situación del Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae), vector del Huanglongbing en Ecuador. *Manglar*, 19(2), 193-200. <http://doi.org/10.17268/manglar.2022.024>

Hernández Fuentes, L. M., López Arroyo, J. I., Velázquez Monreal, J. J., Urias López, M. A., Gómez Jaimes, R., & Robles Bermudez, A. (2013). Eficacia biológica de compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 687-700.

Hu B, Rao MJ, Deng X, Pandey SS, Hendrich C, Ding F, Wang N, Xu Q. (2023). Molecular signatures between citrus and *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *PLoS Pathog.*, 17(12), e1010071. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010071>

Iqbal, J., Hussain, H. N., Latif, M., Baig, M. B., Owayss, A. A., Raweh, H. S., & Alqarni, A. S. (2020). A field study investigating the insecticidal efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama on Kinnow mandarin, *Citrus reticulata* Blanco trees. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(5), 1237-1241. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.006>

Kishk, A., Stelinski, L.L., Gowda, S., & Killiny, N. (2024). Citrus-mediated gene silencing of cytochrome P₄₅₀ suppresses insecticide resistance and increases mortality in *Diaphorina citri*. *Pest Manag Sci.* <https://doi.org/10.1002/ps.8218>

Li, X., Ruan, H., Zhou, C., Meng, X., & Chen, W. (2021). Controlling citrus huanglongbing: green sustainable development route is the future. *Frontiers in Plant Science*, 12, 760481. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.760481>

Li, Y., Ma, R., Gao, C., Li, Z., Zheng, Y., Fan, G. F., Wang, C., Li, G., Du, X., Xu, C., Xu, M., Liu, R., Deng, X., & Zheng, Z. (2024). Integrated bacterial transcriptome and host metabolome analysis reveals insights into "*Candidatus Liberibacter asiaticus*" population dynamics in the fruit pith of three citrus cultivars with different tolerance. *Microbiol Spectr.* 12(4), e0405223. <https://doi.org/10.1128/spectrum.04052-23>

Miranda-Salcedo, M., Perales-Segovia, C., Cortes-Miranda, E., & Miranda-Ramírez, J. M. (2020). Manejo agroecológico de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano, en Michoacán, México. *Entomología mexicana*, 7, 176-182.

Miranda-Ramírez J. M., Perales-Segovia, C., Miranda-Salcedo, M.A., & Miranda-Medina, D. 2021. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle). *Revista Chilena de Entomología*, 47(4), 723-732. <https://doi.org/10.35249/rche.47.4.21.09>

Naeem A., Freed S., Jin, FL., Akmal M., & Mehmood M. (2016). Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab,

- Pakistan. *Crop Protection*, 86, 62-89. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.010>
- Pardo-Melgarejo, S., González-Cabrera, J., Miranda-Salcedo, MA, Álvarez-Hernández, J. C., Morales-Alonso, S. I., & Morales-Hernández, F. (2024). Does *Citrus* intercropping reduce the population of *Diaphorina citri* in the citrus area of the Apatzingan valley, in Michoacán, México?. *Southwestern Entomologist*, 49(3): 403-415. <https://doi.org/10.3958/059.049.0132>
- Pérez-Zarate, L. A., Osorio-Acosta, F., Villanueva-Jiménez, J. A., Ortega-Arenas, L. D., & Chiquito-Contreras, R. G. (2016). Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en áreas regionales de control. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1037-1050. <https://doi.org/10.3958/059.041.0404>
- Ramírez-Godoy, A., Puentes-Pérez, G., & Restrepo-Díaz, H. (2018). Evaluación de la eficacia de insecticidas neonicotinoides y piretroides en poblaciones de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en Colombia. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 12(2), 358-368. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.8093>
- Ramírez-Sánchez, A. K., Rodríguez-Maciél, J. C., Lagunes-Tejeda, Á., Bautista-Martínez, N., Tejeda Reyes, M. A., & Pardo-Melgarejo, S. (2023). Intraorchard variation of resistance to Imidacloprid in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) Adults. *J. Entomol. Sci.*, 58(2). <https://doi.org/10.18474/JES22-46>
- Rugno, G. R., & Qureshi, J. A. (2023). Topical and field-tested residual effects of globally used insecticides on the parasitoid *Tamarixia radiata* released against the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 172(1), 66-74. <https://doi.org/10.1111/eea.13381>
- Ruiz-Galván, I., Bautista-Martínez, N., Sánchez-Arroyo, H., & Valenzuela Escoboza, F. A. (2015). Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en lima persa. *Acta zoológica mexicana*, 31(1), 41-47.
- SAGARPA (2015). Modificación a la Norma Oficial Mexicana, NOM-032-SAG/FITO-2014. Requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico. 18 pp.
- SAS (1997). Statistical analysis system: user's guide. 956 p. SAS Institute, Cary, North Caroline, USA.
- SENASICA (2019). Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Fecha de la última actualización: mayo de 2019. Ficha Técnica 77. 16 pp.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2022. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Statista (2023). Volumen de naranja producidas al año en el mundo desde 2011 hasta el 2022. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/508983/produccion-mundial-de-naranjas/>
- Wulff, N. A., Daniel, B., Sassi, R. S., Moreira, A. S., Bassanezi, R. B., Sala, I., & Rodríguez, J. C. (2020). Incidence of *Diaphorina citri* Carrying *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Brazil's Citrus Belt. *Insects*, 11(10), 1-17. <http://dx.doi.org/10.3390/insects11100672>