

Antibióticos, nutrientes y termoterapia como métodos de control para el Huanglonbing (HLB)

Hadassa Yuef Martínez-Padrón¹

Criseida Alhelí Sáenz-Pérez²

Francisco A. Paredes-Sánchez³

Verónica Herrera-Mayorga³

Raúl Rodríguez-Herrera⁴

Eduardo Osorio-Hernández^{2,5}

1 Subdirección de Enseñanza e Investigación-Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria 'Bicentenario 2010'. Libramiento Guadalupe Victoria S/N, Área de Pajaritos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87087. Tel. 834 161024. (hadassayufo@gmail.com).

2 División de Estudios de Postgrado e Investigación-Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Tel. 834 3181721, ext. 2111. (alhe-saenz@outlook.com).

3 Unidad Académica Multidisciplinaria Mante-Universidad Autónoma de Tamaulipas. El Mante, Tamaulipas, México. CP. 89840, (faparedes@docentes.uat.edu.mx; evherrera@docentes.uat.edu.mx).

4 Departamento de Investigación en Alimentos-Facultad de Ciencias Químicas-Universidad Autónoma de Coahuila. Boulevard Venustiano Carranza, esquina con Ing. José Cárdenas Valdés, Col. República, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25280. Tel. 844 4161238. (raul.rodriguez@uadec.edu.mx).

Autor para correspondencia: eosorio@docentes.uat.edu.mx.

Resumen

El Huanglonbing (HLB), también conocido como 'greening disease' o 'citrus greening', es una enfermedad bacteriana que afecta a los cítricos a nivel mundial. Esta enfermedad causa un amarillamiento de las hojas, deformidades en los frutos y finalmente, la muerte del árbol. Actualmente, no existe una cura para el Huanglonbing, por lo que el control se centra en la prevención y la mitigación de la enfermedad. El objetivo de la presente investigación es discutir los diferentes métodos de control que se aplican actualmente para controlar del Huanglonbing, dentro de los que destacan los antibióticos, nutrientes y la termoterapia. Los antibióticos han demostrado ser efectivos para controlar el Huanglonbing en estudios controlados. Sin embargo, su uso generalizado está limitado debido a la preocupación por la resistencia a los antibióticos. Por otra parte, la aplicación de ciertos nutrientes, como el zinc y el fósforo, han mostrado resultados prometedores en la mejora de la tolerancia de los cítricos al Huanglonbing. Estos nutrientes fortalecen el sistema inmunológico de la planta y la hacen más resistente a la infección. Finalmente, la termoterapia, ha demostrado ser un método efectivo para eliminar la bacteria del Huanglonbing. El control del Huanglonbing en cítricos requiere un enfoque integrado que combine diferentes métodos, como el uso de antibióticos específicos, la aplicación de nutrientes y la termoterapia. La investigación continua es necesaria para desarrollar métodos de control más efectivos, sostenibles y económicamente viables para proteger esta importante industria agrícola.

Palabras clave:

Candidatus Liberibacter, *Diaphorina citri*, Huanglongbing.

License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Candidatus Liberibacter es la bacteria asociada a el Huanglongbing (HLB), la cual, es la enfermedad más destructiva de los árboles de cítricos, causando la pérdida de millones de árboles en casi todas las zonas productoras de cítricos del mundo; en Florida, Estados Unidos de América, ha reducido la superficie de cítricos en un 40% y la producción en un 49%, provocando una pérdida de mil millones de dólares (da-Graça *et al.*, 2016). Los primeros registros de la enfermedad de HLB datan de principios del siglo XVIII en la India; asimismo, en el año 2004 la bacteria fue reportada en Brasil y en el año 2005 en el sur de Florida. El HLB ha reducido la producción de cítricos en muchos países; por ejemplo, en Estados Unidos de América ha reducido la producción en un 81% y ha matado a más de 60 millones de árboles de cítricos en África y Asia (Huang *et al.*, 2018; Shimwela *et al.*, 2018).

A nivel mundial, México es el sexto productor de cítricos, con una producción de 6 634 000 t (da-Graça *et al.*, 2016), detrás de China (32 705 000 t) (Song *et al.*, 2018), Brasil (16 555 000 t) (Shimwela *et al.*, 2018), India (9 755 000 t) (Huang *et al.*, 2018), Estados Unidos de América (7 829 000 t) (da-Graça *et al.*, 2016) y España (6 882 000 t) (Liu *et al.*, 2019); sin embargo, recientemente la producción de cítricos en México se ha visto afectada por la presencia de plagas y enfermedades, entre las que destaca Huanglongbing (HLB) o 'dragón amarillo' (Robles-González *et al.*, 2017; Robles-González *et al.*, 2018).

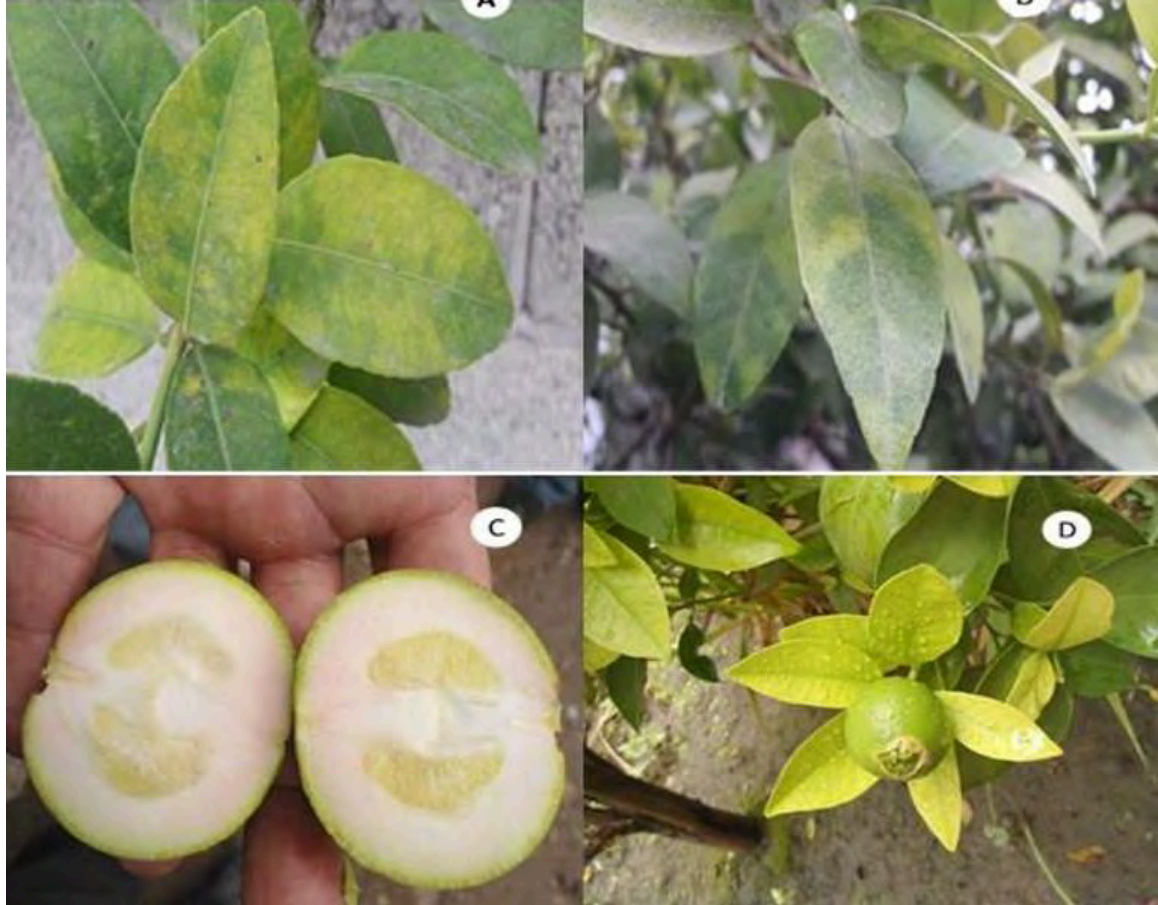
El HLB se transmite por dos vías diferentes, insectos (*Diaphorina citri* y *Trioza erytreae*) (Figura 1) y mediante el uso de injertos infectados, por lo que se ha catalogado como una enfermedad sistémica, la falta de cultivares resistentes al HLB y la rápida propagación de esta enfermedad, ha provocado su control se vuelve difícil en muchos países (Song *et al.*, 2018). Las poblaciones de *Diaphorina citri* presentan una dinámica estacional, con picos de abundancia durante los meses más cálidos y secos del año (25°C y 30°C) (da-Graça *et al.*, 2016).

Figura 1. *Diaphorina citri*, vector de *Candidatus Liberibacter* (A y B).



Los frutos con esta enfermedad son más pequeños (Figura 2), se reduce la producción, aborto de semillas, color desigual de la cáscara, disminución de sólidos solubles totales, mancha de cáliz y aborto de frutos; en consecuencia, con el paso de los años se provocará la muerte del árbol, en un periodo de 8 años, este tiempo podría variar en el tipo de cultivo, la edad del árbol, su nutrición, etc. (Li *et al.*, 2019).

Figura 2. Síntomas de HLB, hojas con manchas irregulares y asimétricas, moteado difuso (A y B); fruto de menor tamaño, engrosamiento del pericarpio (C) y tinción del cáliz (D).



Los síntomas de la enfermedad de HLB varían dependiendo de la edad del árbol y cultivar, en algunos casos se pueden confundir con trastornos nutricionales; sin embargo, los principales síntomas son: clorosis asimétrica en la hoja (manchas irregulares), venas amarillas y con obstrucción de haces vasculares, patrones cloróticos, deficiente en verde o con un ligero manchado (islas verdes) (Pereira *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2019) (Figura 3).



Figura 3. Síntomas causados por la deficiencia de zinc, comúnmente confundidos con los síntomas causados por el HLB (A, B, C y D).



El objetivo de este trabajo es discutir los diferentes métodos de control que se aplican actualmente para controlar el HLB.

Antibióticos, métodos de control para el Huanglongbing (HLB)

Los antibióticos utilizados para el control de la enfermedad son diversos y las aplicaciones son mayoritariamente mediante inyección en el tronco. Estudios realizados por Zhang *et al.*, (2011), llegaron a la conclusión que la ampicilina a 200 mg L⁻¹ mostró una eficacia moderada para el control de *Candidatus* spp. en naranjas, reduciendo la incidencia de la enfermedad en un 50% y la severidad en un 30%. Sin embargo, no se observó un efecto significativo en la calidad del fruto.

Por otra parte, Vincent, *et al.* (2022), realizaron una investigación donde examinaron los efectos de una variedad de adyuvantes sobre la absorción de oxitetraciclina y estreptomina mediante la aplicación foliar. También compararon la eficiencia de la aplicación foliar de oxitetraciclina y estreptomina con la inyección en el tronco. Incluyeron niveles extremadamente bajos de oxitetraciclina y estreptomina en hojas que fueron cubiertas durante la aplicación foliar, lo que indica que ni la estreptomina ni la oxitetraciclina se administraron sistémicamente con éxito mediante aplicación foliar, incluso después de mezclarse con adyuvantes (Zhang *et al.*, 2014; Shin *et al.*, 2016; Habiba *et al.*, 2018; Ghosh *et al.*, 2018).

Entre otros tratamientos utilizados contra enfermedades de origen bacteriano y fitoplásmico, la oxitetraciclina se ha utilizado con éxito en situaciones de emergencia; además, Slinsky (2016) propone buenas prácticas (como el riego adecuado, la fertilización y el control de malezas, para mantener la salud de los árboles y hacerlos más resistentes a las enfermedades) en el manejo de variedades tolerantes o resistentes a bacterias como método eficiente de control. Una práctica como ésta, representa un método eficaz para el control del HLB (Yang *et al.*, 2016; Archer *et al.*, 2023).

Nutrientes, una opción de control para el Huanglonbing (HLB)

Los nutrientes minerales son necesarios para el crecimiento y desarrollo de plantas y microorganismos, y son factores importantes en las interacciones entre plantas y patógenos (da-Graça *et al.*, 2016). Las deficiencias o excesos de nutrientes en las plantas pueden afectar su susceptibilidad a esta enfermedad a través de los cambios metabólicos de las plantas, creando así un ambiente más favorable para el desarrollo de la enfermedad (Gilani *et al.*, 2018).

El zinc es un micronutriente esencial que participa en diversos procesos fisiológicos de las plantas, incluyendo la defensa contra las enfermedades. Se ha demostrado que la aplicación de zinc puede reducir la incidencia y la severidad del HLB en los árboles cítricos (Habiba *et al.*, 2018). El boro es otro micronutriente importante que juega un papel crucial en la salud de las plantas cítricas.

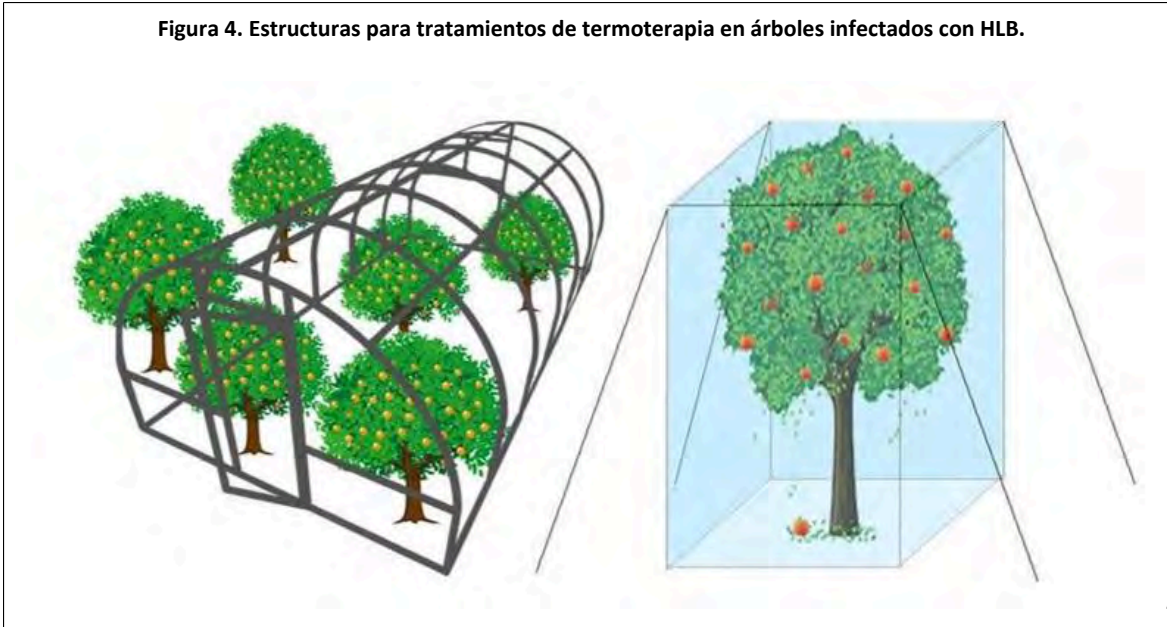
La aplicación de boro puede mejorar la absorción de nutrientes, fortalecer las paredes celulares y aumentar la resistencia al estrés, lo que puede ayudar a las plantas a tolerar mejor el HLB (Gilani *et al.*, 2018). El calcio es un macronutriente esencial para el desarrollo estructural y la función fisiológica de las plantas cítricas. La aplicación de calcio puede mejorar la integridad de las paredes celulares y aumentar la resistencia al estrés, lo que puede ayudar a las plantas a tolerar mejor el HLB (Ahmad *et al.*, 2011; Gilani *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018; Killiny *et al.*, 2019).

Temperatura, un factor para disminuir la incidencia del HLB

La termoterapia actúa sobre la bacteria *Candidatus* spp., de dos maneras principales: daño celular: las temperaturas elevadas pueden dañar la membrana celular de la bacteria, lo que provocó la pérdida de su capacidad para reproducirse y sobrevivir y la desnaturalización de enzimas: las enzimas esenciales para el metabolismo de la bacteria se desnaturalizan cuando se exponen a temperaturas elevadas, lo que interrumpe su funcionamiento y conduce a la muerte de la bacteria (Fan *et al.*, 2016; Hussain *et al.*, 2018). Abdulridha *et al.* (2018), indicaron que la exposición térmica continua a 55 °C fue suficiente para eliminar o reducir significativamente el título de *Candidatus* spp., en plántulas de cítricos afectadas por HLB; en contraste, Yang *et al.* (2016) mencionaron que en plantas sanas de dos años de *Citrus paradisi* Macfad infectadas con *Candidatus* spp. expuestas a temperaturas de 40 °C, 42 °C ó 45 °C en cámaras de crecimiento a una humedad relativa constante del 85% y alternando (Figura 4).



Figura 4. Estructuras para tratamientos de termoterapia en árboles infectados con HLB.



Conclusiones

Actualmente, los métodos de control de la bacteria son efectivos, pero no garantizan que la planta esté libre de volver a contraer la enfermedad, por lo que la aplicación de antibióticos, el manejo integrado de nutrientes y la termoterapia no garantizan árboles totalmente libres del patógeno.

Es preocupante el ataque y dispersión de la bacteria, en particular en México, sumado a la nula o escasa investigación para controlar la enfermedad en la planta, por lo que la enfermedad continúa propagándose, disminuye en forma considerada la producción y con ello son importantes las pérdidas económicas. Es necesario continuar con los trabajos de investigación, para determinar el mejor método de control enfocados en el control de la bacteria y del vector, promoviendo el uso de cultivares tolerantes y resistentes a esta enfermedad.

Bibliografía

- 1 Abdulridha, J. A.; Ampatzidis, Y. C.; Ghatersamani, S. S. and Ehsani, R. R. 2018. Mobile thermotherapy system for treating HLB-infected *citrus* trees utilizing hot water and steam. *Assabe*. 1800513(2018):1-7. Doi: 10.13031/aim201800513.
- 2 Ahmad, K. K.; Sijam, K. K.; Hashim, H. H.; Rosli, Z. Z. and Abdu, A. A. 2011. Field assessment of calcium, copper and zinc ions on plant recovery and disease severity following infection of Huanglongbing (HLB) disease. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5(28):967-4979. Doi: 10.5897/AJMR11.236.
- 3 Archer, L. L.; Kunwar, S. S.; Alferez, F. S.; Batuman, O. O. and Albrecht, U. U. 2023. Trunk injection of oxytetracycline for huanglongbing management in mature grapefruit and sweet orange trees. *Phytopathology*. 113(6):1010-1021. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-22-0330-R>.
- 4 da-Graça, J. V.; Dohuan, G. W.; Halbert, S. E.; Keremane, M. L.; Lee, R. F.; Vidalakis, G. A. and Zhao, H. L. 2016. Huanglongbing: an overview of a complex pathosystem ravaging the world's citrus. *J. Integr Plant Biol.* 58(4):373-387. Doi: 10.1111/jipb.12437.
- 5 Fan, G. C.; Xia, Y. I.; Lin, X. J.; Hu, H. Q.; Wang, X. D.; Ruan, Ch. Q.; Lu, L. M. and Liu, B. 2016. Evaluation of thermotherapy against Huanglongbing (*Citrus greening*) in the greenhouse. *J. Integr Agri.* 15(1):11-119. Doi: 10.1016/S2095-3119(15)61085-1.

- 6 Ghosh, D. K.; Kokane, S. S.; Kumar, P. P.; Ozcan, A. A.; Warghane, A. R.; Motghare, M. F.; Santra, S. S. and Sharma, A. K. 2018. Antimicrobial nano-zinc oxide-2S albumin protein formulation significantly inhibits growth of "*Candidatus Liberibacter asiaticus*" in plants. Plos One. 13(10):1-20. Doi: [10.1371/journal.pone.0204702](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204702).
- 7 Gilani, K. A.; Nas, S.; Aslam, F. and Gurley, W. 2018. A comparison of zinc, phosphorous and potassium levels in leaves and fruit pulp of healthy and Huanglongbing affected *Citrus* cultivars. J. Plant Physiol Pathol. 7(1):1-8. Doi: [10.4172/2329-955X.1000192](https://doi.org/10.4172/2329-955X.1000192).
- 8 Habiba, H. M. F.; Uddin, J. B. G.; Lisa, A. K.; Islam, M. A. and Sikdar, B. 2018. Identification and molecular characterization of *Candidatus Liberibacter asiaticus* (*Citrus* Huanglongbing disease pathogenic agent) and its control by plant extracts in Bangladesh. Eur. J. Med. Plants. 23(2):1-13. Doi: [10.9734/EJMP/2018/40298](https://doi.org/10.9734/EJMP/2018/40298).
- 9 Huang, M. A.; Roose, M. L.; Yu, Q. Q.; Du, D. S.; Yu, Y. Y.; Zhang, Y. C.; Deng, Z. C.; Stover, E. S. and Gmitter, F. G. 2018. Construction of high-density genetic maps and detection of qtls associated with Huanglongbing tolerance in *Citrus*. Front. Plants Sci. 9(1694):1-16. Doi: [10.3389/fpls.2018.01694](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01694).
- 10 Hussain, M. A.; Akutse, K. S.; Lin, Y. Y.; Chen, S. S.; Huang, W. W.; Zhang, J. J.; Idrees, A. A.; Qiu, D. D. and Wang, L. L. 2018. Susceptibilities of *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected and noninfected *Diaphorina citri* to entomopathogenic fungi and their detoxification enzyme activities under different temperatures. Microbiol. Open. 7(6):e00607-1-5. Doi: [10.1002/mbo3.607](https://doi.org/10.1002/mbo3.607).
- 11 Killiny, N. A.; Etxeberria, E. E.; Ponce, F. A.; González, B. P.; Flores, R. T. and Ponce, C. L. 2019. Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) as a novel technique for detecting bacterial infection in insects. Sci. Rep. 9(2449):1-7. Doi: [10.1038/s41598-019-39164-8](https://doi.org/10.1038/s41598-019-39164-8).
- 12 Li, J. J.; Li, L. L.; Pang, Z. Z.; Kolbasov, V. V.; Eshani, R. E.; Carter, E. W. and Wang, N. W. 2019. Developing *citrus* Huanglongbing management strategies based on the severity of symptoms 2 in HLB-endemic citrus-producing regions. Phytopathol. 109(4):582-592. Doi: [10.1094/phyto-08-18-0287-r](https://doi.org/10.1094/phyto-08-18-0287-r).
- 13 Liu, X. L.; Zheng, Y. Y.; Wang-Pruski, G.; Gan, Y. U.; Zhang, B. X.; Hu, Q. A.; Du, Y. A.; Zhao, J. Z. and Liu, L. A. 2019. Transcriptome profiling of periwinkle infected with Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*). Eur. J. Plant Pathol. 153(3):891-906. Doi: [10.1007/s10658-018-01607-9](https://doi.org/10.1007/s10658-018-01607-9).
- 14 Pereira, F. M. V.; Milori, D. M. B. P.; Pereira-Filho, E. R.; Venâncio, A. L.; Russo, M. D. S. T. and Cardinali, M. C. D. B. 2011. Laser-induced fluorescence imaging method to monitor citrus greening disease. Comput. Electron. Agric. 79(1):90-93. Doi: [10.1016/j.compag.2011.08.002](https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.08.002).
- 15 Robles, G. M. M.; Orozco, S. M.; Manzanilla, R. M. A.; Velázquez, M. J. J.; Medina, U. V. M. and Sánchez, S. E. 2018. Experiencias con huanglonbing en limón mexicano en el estado de Colima, México. *Citrus Res. Technol.* 39(1):2.12. Doi: [https://Doi.org/10.4322/crt.16518](https://doi.org/10.4322/crt.16518).
- 16 Robles-González, M. M.; Orozco-Santos, M.; Manzanilla-Ramírez, M. A.; Velázquez-Monreal, J. J. y Carrillo-Medrano, S. 2017. Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 8(5):1101-1111. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.111>.
- 17 Shimwela, M. M.; Schubert, T. S.; Albritton, M. M.; Halbert, S. E.; Jones, D. J.; Sun, X. X.; Roberts, P. D.; Singer, B. H.; Lee, W. S.; Jones, J. B.; Ploetz, R. C. and Bruggen, A. H. C. 2018. Regional spatial temporal spread of citrus huanglongbing is affected 1 by rain in Florida. *Phytopathol.* 108(12):1420-1428. Doi: [10.1094/PHYTO-03-18-0088-R](https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-18-0088-R).
- 18 Shin, K. A.; Ascunce, M. S.; Narouei-Khandan, H. A.; Sun, X. X.; Jones, D. D.; Kolawole, O. O.; Goss, E. M. and Van Bruggen, A. H. C. 2016. Effects and sites and effects of penicillin injection in Huanglongbing affected grapefruits trees. *Crop Prot.* 90(1):106-116. Doi: [10.1016/j.cropro.2016.08.025](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.025).

- 19 Slinsky, S. L. 2016. The use of bactericides in plant agriculture with reference to use in *Citrus* to mitigate HLB. bactericide project manager, *Citrus* Research and Development Foundation Inc. 1-5 pp.
- 20 Song, X. X.; Peng, A.; Cui. Y. Y.; Ling, J. J.; Cheng, B. B. and Zhang, L. L. 2018. Characterization and pathogenicity of a *Paecilomyces variotii* isolate infecting the Asian *Citrus* psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in China. *Int. J. Pest Manag.* 66(1):1-6. Doi: 10.1016/j.jip.2008.03.007.
- 21 Vincent, C. I.; Hijaz, F. F.; Pierre, M. M. and Killiny, N. N. 2022. Systemic uptake of oxytetracycline and streptomycin in huanglongbing-affected *citrus* groves after foliar application and trunk injection. *Antibiotics* (Basel, Switzerland). 11(8):1092-101 <https://doi.org/10.3390/antibiotics11081092>.
- 22 Yang, C. C.; Powell, C. A.; Duan, Y. V.; Shatters, R. G.; Lin, Y. T. and Zhang, M. W. 2016. Mitigating citrus huanglongbing via effective application of antimicrobial compounds and thermotherapy. *Crop Prot.* 84(1):150-158. Doi: 10.1016/j.cropro.2016.03.013.
- 23 Zhang, M. D; Guo, Y. F.; Powell, C. A.; Doud, M. S.; Yang, C. S. and Duan, Y. B. 2014. Effective antibiotics against '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in HLB-affected *citrus* plants identified via the graft-based evaluation. *Plos One.* 9(11):1-11. Doi: 10.1371/journal.pone.0111032.
- 24 Zhang, M. C.; Powell, C. A.; Zhou, L. B.; He, Z. S.; Stover, E. S. and Duan, Y. S. 2011. Chemical compounds effective against the citrus Huanglongbing bacterium '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in planta. *Phytopathol.* 101(9):1097-1103. Doi: 10.1094/PHTO-09-10-0262.
- 25 Zhang, M. A.; Yang, C. Y.; Powell, C. A.; Wang, J. L.; Huang, Y. A. and Avery, P. B. 2018. Field evaluation of integrated management for mitigating *Citrus* Huanglongbing in Florida. *Front. Plant Sci.* 9(1890):1-24. Doi: 10.3389/fpls.2018.01890.



Antibióticos, nutrientes y termoterapia como métodos de control para el Huanglongbing (HLB)

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 November 2024
Date accepted: 01 December 2024
Publication date: 06 January 2025
Publication date: Nov-Dec 2024
Volume: 15
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3600
DOI: 10.29312/remexca.v15i8.3600

Categories

Subject: Nota de investigación

Palabras clave:

Palabras clave:

Candidatus Liberibacter

Diaphorina citri

Huanglongbing

Counts

Figures: 4

Tables: 0

Equations: 0

References: 25

Pages: 0