

Parámetros poblacionales de *Bactericera cockerelli* en plantas de tomate tratadas con menadiona

Alberto Roque Enriquez¹
Mariana Beltrán Beache²
Yisa María Ochoa Fuentes³
Juan Carlos Delgado Ortiz^{4,§}

1 Departamento de Parasitología-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. (roque-doko@hotmail.com).

2 Departamento de Agronomía-Universidad Autónoma de Aguascalientes. Carretera Jesús María, Posta Zootecnica S/N, Aguascalientes, México. CP. 20920. (beltránmariana89@gmail.com).

3 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. (yisa8a@yahoo.com).

4 Catedrático Conacyt-Departamento de Parasitología-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. (moe-788@hotmail.com).

Autor para correspondencia: jdelgado@conacyt.mx.

Resumen

Bactericera cockerelli genera daños a los cultivos de solanáceas en México causando, pérdidas millonarias a los productores, para su control se han usado insecticidas químicos que con el paso del tiempo ha generado resistencia en el insecto causando que su control sea más difícil año con año. Se buscan nuevas alternativas para el control de esta plaga, dentro de lo que destaca el uso de inductores de resistencia que sean efectivos y amigables con el medio ambiente, la menadiona bisulfito de sodio (MBS) es una alternativa eficaz y de bajo impacto ambiental que ha demostrado ser un activador de las defensas de las plantas y cuenta con efectos insecticidas. En el presente trabajo se realizaron ensayos para determinar los efectos de la MBS en la supervivencia y desarrollo del insecto. Se establecieron cohortes con huevecillos de *B. cockerelli*, utilizando en cada una de las jaulas entomológicas tres plantas de tomate de la variedad Río Grande. para comprobar el efecto de la menadiona sobre desarrollo y supervivencia del insecto *B. cockerelli*. De acuerdo con los datos obtenidos, no se encontró diferencias significativas en los días de desarrollo de las etapas inmaduras del insecto, mientras que en los datos de supervivencia los tratamientos de MBS tuvieron las mortalidades más altas de un 42 a 80%, demostrado que la MBS provoca la mortalidad de ninfas de *B. cockerelli*.

Palabras clave:

desarrollo, psílido del tomate, supervivencia.

Introducción

En México, los productores de solanáceas en cada ciclo se enfrentan a la constante problemática por plagas y enfermedades; dentro de las que destacan los insectos vectores de virus, bacterias y fitoplasmas, como el psílido de las solanáceas *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) (Casteel *et al.*, 2006; Almeyda *et al.*, 2008; Butler *et al.*, 2011). Esta plaga ocasiona daños directos por las ninfas que succionan la savia de la planta y la inyección de toxinas; como amarillamiento, achaparramiento, deformación de hojas, entrenudos cortos y engrosados, senescencia prematura y como daño indirecto por la secreción de mielecilla que favorece la incidencia de hongos y bacterias (Melgoza *et al.*, 2018; Berdúo *et al.*, 2020; Cerna *et al.*, 2021).

Sin embargo, el daño mayor es el indirecto por la transmisión del patógeno conocido como fitoplasmas BLTVA y la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, que ocasionan la enfermedad conocida como permanente del tomate y que causa un crecimiento anormal de las plantas. Los síntomas son clorosis de los bordes y enrollamiento de las hojas inferiores adquiriendo una estructura quebradiza, causando que la planta detenga su crecimiento, los racimos florales se secan provocando el aborto floral y el poco amarre de frutos, también provoca achaparramiento de la planta, acortamiento de los entrenudos cortos, aborto prematuro de flores, una coloración morada de las hojas superior de la planta, retraso del crecimiento, clorosis y proliferación de yemas axilares, presentando lesiones de anillo bascular color marrón y moteado necrótico de los tejidos (Garzón *et al.*, 2004; Hansen *et al.*, 2008; Berdúo *et al.*, 2020; Cerna *et al.*, 2021).

Los métodos empleados para el control de *B. cockerelli* está basado generalmente en control cultural y mecánico, control biológico, control biorracionales dentro de todos estos métodos el que más destaca es el control químico en el uso de insecticidas a base de principios activos químicos, enfocado principalmente a los diferentes estadios ninfales y adultos, es importante realizar muestreos constantemente para que se considere un riesgo para el cultivo, esto debido a que el insecto presenta una alta capacidad para generar resistencia a los insecticidas, como por ejemplo se ha reportado que *B. cockerelli* es resistente al endosulfan e imidacloprid en zonas agrícolas de San Luis Potosí, Aguascalientes y Coahuila-Nuevo León generando un presión de selección del insecto (Garzón, 2007; Bújanos, 2015; Cerna *et al.*, 2015).

Se ha reportado que los productores de solanáceas en México realizan más de 30 aplicaciones de insecticidas por ciclo del cultivo, incrementado así los costos de producción, el daño al medio ambiente, daño a la salud de los agricultores y la aparición de resistencia a los principios activos por el uso irracional (Mayo *et al.*, 2018).

En cultivos de papa expuestos al psílido se han reportado pérdidas en rendimiento de hasta el 93% (Munyanza *et al.*, 2008) y en tomate se han reportado pérdidas de 50 al 80% (Liu, 2006), lo que orilla a los productores al abandonar los campos de producción (Flores *et al.*, 2004).

El uso excesivo de los pesticidas, el alto costo ha puesto en peligro el suelo, medio ambiente, plantas, animales y personas; ha obligado a los investigadores a plantearse nuevas estrategias de protección para los cultivos. Por tal motivo se buscan la implementación de nuevas estrategias para el manejo del insecto como los organismos de control biológico hongos entomopatógenos, insecticidas con principios activos botánicos e insecticidas de origen químico que sean amigables con el medio ambiente y que favorezcan una producción de alimentos con una mejor calidad con



menos residuos químicos que contaminen al medio ambiente y los seres vivos (Bujanos *et al.*, 2005; Munyaneza *et al.*, 2013; Cerna *et al.*, 2015).

Las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a lo largo del tiempo han evolucionado y adaptado a nuevos mecanismos de defensa más eficientes contra los ataques de insectos, aunque en muchas ocasiones estos mecanismos de defensa no son altamente efectivos para contrarrestar los ataques, es necesario estimular estos mecanismos (Ortiz *et al.*, 2022).

El insecto *B. cockerelli* ha mostrado afinidad por las plantas de tomate variedad Rio Grande (*S. lycopersicum* L.) que a otras variedades de tomate silvestres e injertadas (Cortez, 2010). Los cambios climáticos han provocado variaciones en las temperaturas lo que modifica el comportamiento de las poblaciones de insectos con una alteración del voltinismo y puede ser más benéfico para las especies multivoltinas, generando cambios en la distribución geográfica de los insectos (Useche *et al.*, 2019).

La libre selección del insecto se relaciona con la morfometría de adultos y ninfas de *B. cockerelli* que puede verse afectada por las variedades de tomate en las que se desarrolla (Vargas *et al.*, 2014). Las plantas cuentan con mecanismo de resistencia naturales que se activan cuando se ven amenazadas por varios factores físicos o biológicos.

La antibiosis es un antagonismo regulado por metabolitos (específicos o no específicos), enzimas, compuestos volátiles y otras sustancias tóxicas, que genera un biocontrol de las plantas contra plagas y patógenos que reducen su crecimiento o sobrevivencia (Fravel, 1988). Los insectos escogen una planta hospedera alterna en menor aceptación debido a las características morfológicas (capas epidérmicas gruesas, presencia de cera, densidad de tricomas) y químicas (fitoquímicos de repelencia, tóxicos), alterando el comportamiento de los insectos, esta interacción entre plantas e insecto se conoce como antixenosis (Díaz *et al.*, 2014).

Con todo lo anterior la menadiona bisulfito de sodio (MSB), es un derivado de la vitamina K3 o provitamina que posee propiedades insecticidas, es una estrategia viable debido a su composición, ya que activa los mecanismos naturales de defensa de las plantas y la subsiguiente inducción de resistencia a los ataques de patógenos y plagas, además de contar con propiedades anti alimentarias. La MSB es un compuesto sistémico, biodegradable, no tóxico e inocuo desde el punto de vista medioambiental, no es fitotóxico para las plantas, los animales y los seres humanos (Borges, 2010; Borges, 2011; Borges, 2012; Ortiz *et al.*, 2022).

En relación con las características descritas de la MBS diferentes autores reportan efectos positivos al usar el principio activo como inductor de resistencia a varios insectos; por ejemplo, Carrillo *et al.* (2016) reportan el uso de la MBS contra la plaga del molusco en plantas de tomate, es una herramienta útil para el control de las infestaciones de caracoles, destacando que se puede usar en bajas concentraciones y es compatible con el control biológico de plagas, además las plantas de tomate que se trataron con MBS tuvo un repelencia más notable que las plantas solo tratadas con agua.

Borges (2012), utilizó dosis bajas de MBS mostrando un efecto inhibitorio para una de las enfermedades más grave de los cítricos conocida como el huanglongbing (HLB), el cual también fue capaz de controlar a los vectores los psílidos *Trioza erytreae* y *Diaphorina citri*. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue conocer los efectos de la MBS sobre el desarrollo de los estadios ninfales del insecto *B. cockerelli*.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en condiciones de invernadero en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Saltillo, Coahuila, México.



Cría de *B. cockerelli*

La colonia fue establecida bajo condiciones de invernadero, la cual se mantuvo dentro de una jaula entomológica (60 cm x 60 cm x 70 cm), en plantas de tomate de la variedad Río Grande de 30 días de edad, a temperatura de 25 ± 2 °C con fotoperiodo 14:10 h (luz/oscuridad) (Levy *et al.*, 2013).

Establecimiento del experimento

Para evaluar el efecto de la MBS sobre el desarrollo de *B. cockerelli* se evaluaron los siguientes tratamientos: 55 ppm, 80 ppm, 100 ppm y 500 ppm, se determinaron de acuerdo a lo reportado por Borges (2012) y Ortiz *et al.* (2022), los cuales fueron asperjados en cuatro aplicaciones por cada tratamiento, la primera aplicación se realizó antes de colocar los insectos para las oviposuras y posteriormente se realizaron aplicaciones con intervalos de ocho días (la aplicación se dirigió a las hojas libres de ninfas de *B. cockerelli*).

Para determinar los parámetros (periodo de desarrollo, la supervivencia, la pre-ovoposición, el período de incubación, el período de la etapa inmadura, el período de desarrollo total y la duración del ciclo de vida total) se establecieron cohortes con huevecillos de *B. cockerelli* tres plantas de tomate de la variedad 'Río Grande' de 30 días de desarrollo.

Con ayuda de una trampa entomológica se liberaron los adultos (cinco hembras y cinco machos) se dejó ovipositar a la hembra por un periodo de 24 h, posteriormente se retiraron los adultos. Con una lupa de (10x) se contaron 30 huevecillos por planta y se seleccionaron para los conteos diarios, registrando la eclosión y supervivencia hasta la emergencia del adulto.

Criterio de la toma de datos

La diferenciación de estadios y desarrollo de los insectos se determinó mediante la observación de las características morfológicas y comportamiento de *B. cockerelli* sobre las plantas infestadas. *B. cockerelli* consta de cinco estadios ninfales, una de sus principales características más relevantes en las ninfas es que su cuerpo es aplanado, de forma elíptica.

Las características de los diferentes instares

Primer estadio no es evidente la división de cabeza, tórax y abdomen, son amarillo-anaranjadas similares a los inmaduros del trips, pero más redondeadas: segundo estadio se vuelve de color verde pálido, son más evidentes las divisiones: tercer estadio son ninfas de color verde claro, se pueden ver los ojos rojos y prominentes, las alas vestigiales o rudimentarias de un largo menor que la mitad del cuerpo: cuarto estadio su coloración sigue siendo verde claro y se presentan las antenas bien formadas con setas sensoras visibles; quinto estadio la segmentación de antenas y patas están bien definidas, así como los paquetes alares, las ninfas se ubican en las partes inferiores de las hojas, pero se pueden encontrar en toda la planta (Castillo *et al.*, 2021).

Análisis estadísticos

Con los datos obtenidos en el periodo de desarrollo, la supervivencia, la pre-ovoposición (PO), el período de incubación (PI), el período de la etapa inmadura (PEI), el período de desarrollo total (PDT) y la duración del ciclo de vida total (CVT) calculado con la suma del PDT y PO. Se realizó un análisis de varianza. Cuando la prueba de P mostró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la separación de las medias. Con el software SAS 9.1.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, el PO el testigo presentó la primera ovoposición a los cuatro días, mientras que en los tratamientos se presentó al quinto día. En el PI los tratamientos de 80 y 500 ppm registraron menos días para la eclosión de los huevos y los tratamientos de 55, 100 y el testigo ocuparon un día más para la eclosión. En el caso del PDT el tratamiento de 55 ppm necesitó 26 días de

desarrollo y el tratamiento de 500 ppm 29 días, el resto de los tratamientos junto con el testigo tuvieron un comportamiento muy parejo ocupando 28 días para su desarrollo.

Cuadro 1. Período de desarrollo de *Bactericera cockerelli* en cada etapa de desarrollo.

	Periodo en días (medias ± DE) [*]				
	PO ¹	PI ²	PDT ³	PEI ⁴	CVT ⁵
Testigo	4 ±1a	6 ±1a	28 ±1a	22.66 ±6.51a	33 ±1a
55 ppm	5 ±1a	6 ±1a	26.66 ±1.52a	22.33 ±0.57a	31.66 ±1.52a
80 ppm	5 ±1a	5.33 ±0.57a	28.33 ±0.57a	23.33 ±0.57a	33.33 ±0.57a
100 ppm	5 ±1a	6.33 ±1.52a	28 ±0a	23.66 ±0.57a	33.33 ±1a
500 ppm	5 ±1a	5.66 ±0.57a	29 ±1a	23.66 ±0.57a	33 ±1a
p- valor	0.5801	0.7818	0.1277	0.7239	0.0339

DE= desviación estándar; ^{*} = las medias en las mismas columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). ¹= pre-ovoposición; ²= periodo de incubación; ³= periodo de desarrollo total; ⁴= periodo de etapa inmadura; ⁵= ciclo de vida total.

Para el PEI el testigo y 55 ppm mostraron un menor desarrollo en la etapa inmadura con 22.66 y 22.33 días, los tratamientos con dosis más altas presentaron un letargo de un día en el ciclo. Para el caso del CVT el tratamiento de 55 ppm obtuvo el menor ciclo de vida con 31.66 días, el resto de los tratamientos necesitaron dos días más (33.3 días) para completar su ciclo.

Cerna *et al.* (2018), determinó los parámetros poblacionales de *B. cockerelli* de tres poblaciones de campo del noreste de México bajo condiciones controladas de 25 ±2 °C, los resultados mostraron que la población de San Luis Potosí fue la colonia más longeva para completar su ciclo de vida con 31.75 días, mientras que la población de Coahuila-Nuevo León registró un desarrollo de 24.25 días. Abdullah (2008), reportó el estudio de parámetros poblacionales de *B. cockerelli* en un invernadero comercial a 26-27 °C, reportando un promedio en la ovoposición de 6.9 días, el periodo de incubación de 6.7 días, el periodo de etapa inmadura lo registro de 21.9 días, con un desarrollo total del insecto de 28 días y el ciclo de vida total de insecto fue de 34.7 días, datos muy similares a los reportados en este trabajo, ya que el desarrollo del insecto no se vio afectado por los tratamientos con la MBS en comparación con el testigo.

El clima óptimo para el desarrollo de *B. cockerelli* oscila entre 25-28 °C para que tenga un desarrollo de 19 a 21 días para completar su ciclo de vida, mientras que a temperatura baja como 5 °C se reportó una reducción drástica, a 15 °C del ciclo de vida del insecto mostró una duración superior a los 40 días y se reduce la población a 32 °C y cesa su reproducción a 35 °C (Tran *et al.*, 2012; Cabrera *et al.*, 2022).

En el Cuadro 2, se muestra la supervivencia de *B. cockerelli* donde se puede observar diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento de 100 ppm tuvo la menor eclosión de huevos con un 58.89% de viabilidad, los tratamientos de 80 y 500 ppm reportan un comportamiento similar en cuanto a la eclosión y el tratamiento de 55 ppm presenta la mayor eclosión con 85% solo por debajo del testigo (100%). Para el primer estadio ninfal el tratamiento de 100 ppm presento el 47.78% de supervivencia, mientras que, los tratamientos de 80 y 500 ppm reportaron un comportamiento similar, el tratamiento de 55 ppm mostro la eclosión más alta entre los tratamientos con un 74.44%, para el instar 2 los tratamientos de 80 y 500 ppm tuvieron una eclosión de 60% siendo los más altos, a 55 ppm mostró una eclosión del 53.33% y la eclosión más baja se reportó en el tratamiento de 100 ppm con un 47.78%.



Cuadro 2. Supervivencia para los estadios inmaduros de *Bactericera cockerelli*.

Estadios	Porcentaje de supervivencia (media ± DE) [*]					p-valor
	55 ppm	80 ppm	100 ppm	500 ppm	Testigo	
Huevo	85.56 ±25.01a	78.89 ±28.34a	58.89 ±10.71a	75.46 ±16.44a	100 ±0a	0.001
1 ^{er} instar	74.44 ±21.17a	70 ±6.67a	47.78 ±8.39a	70 ±17.32b	96.66 ±3.33a	0.0129
2 ^o instar	53.33 ±5.77b	60 ±10b	42.22 ±6.93b	60 ±16.67b	88.89 ±6.9a	0.0026
3 ^o instar	50 ±3.33bc	54.44 ±8.38b	33.33 ±3.33c	54.44 ±11.7b	88.89 ±6.94a	0.0001
4 ^o instar	45.55 ±3.85b	51.11 ±8.39b	33.33 ±3.33b	35.55 ±5.09b	76.66 ±17.64a	0.0014
5 ^o instar	41.11 ±5.09b	46.66 ±6.66b	26.67 ±10b	30 ±3.33b	73.33 ±20.27a	0.0027
Adulto	37.77 ±5.09b	22.22 ±20.36b	16.66 ±14.53b	14.44 ±12.61b	72.22 ±21.43a	0.0067

DE= desviación estándar; ^{*}= las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($\alpha= 0.05$).

Para el instar 3 los tratamientos de 55, 80 y 500 ppm mostraron un comportamiento muy similar con un porcentaje de eclosión del 50 al 54% y el tratamiento de 100 ppm presentó la eclosión más baja con un 33.33%. en los instar 4 y 5 los tratamientos de 55 y 80 ppm reportan un comportamiento muy similar, los tratamientos con la eclosión más baja fueron de 100 y 500 ppm mostrando un 33.33 y 35.55% en el cuarto estadio y para el quinto instar el porcentaje de supervivencias más bajo lo presentó el tratamiento de 500 ppm con un 80% de supervivencia menos que el testigo.

Varios autores destacan que la mayor muerte de las ninfas son en los primeros estadios, en este trabajo se presentó en todos los estadios la muerte progresiva, esta respuesta se atribuyen los efectos generados por la MBS, el primer atributo es por el efecto de inducción de resistencia que genera en las plantas, activando varias rutas de defensa en el metabolismo de las plantas, el segundo es por el efecto anti alimentario que genera la MBS en los insectos causando la muerte inminente en todos los estadios ninfales.

Los porcentajes de supervivencia coinciden con lo reportado por los estudios sobre el estado de desarrollo de *B. cockerelli*, por Cerna *et al.* (2018), quienes reportan que la población de Coahuila-Nuevo registró un 6-13% de supervivencia hasta la etapa de adulto. Coincidiendo con Vargas *et al.* (2020); Abdullah (2008), donde menciona que los altos índices de mortalidad se registran en las etapas inmaduras entre los tres primeros estadios ninfales, también que los índices de mortalidad para todas las etapas fueron por debajo del 50% para todos los estadios y adultos.

Cabe mencionar que en este estudio se obtiene mortalidades similares a la mortalidad reportado por Ortiz *et al.* (2022), siendo que en bioensayos *in vitro* con ninfas del cuarto y quinto instar de *B. cockerelli* se registraron mortalidades del 53-85% en el rango de dosis de 50-500 ppm.

El Cuadro 3, muestra la comparación entre los tratamientos por cada estadio ninfal, en el cual se puede apreciar el tiempo de desarrollo en los diversos estadios de desarrollo. Donde en la etapa de huevo se presentan diferencias significativas, el testigo requirió de cuatro días para eclosionar, mientras que los tratamientos a 55 y 100 ppm duraron 5.33 y 5.66 días y los tratamientos de 80 y 500 ppm tardaron seis días. Para el instar 1 los tratamientos de 55, 100, 500 y el testigo requirieron de cuatro días y a 80 ppm ocupó solo de tres días. En el 2 instar el desarrollo vario de en su tiempo de desarrollo de 3.33 días a 4.66 días, sin mostrar diferencia significativa.

Cuadro 3. Tiempo de desarrollo para los estadios inmaduros de *Bactericera cockerelli*.

Estadios	Días de desarrollo (medias ± DE)					p-valor
	55 ppm	80 ppm	100 ppm	500 ppm	Testigo	
Huevo	5.33 ±0.57ab	6.66 ±1.15a	5.66 ±0.57ab	6 ±1ab	4 ±1b	0.0435
1 ^{er} instar	4 ±0a	3 ±1a	4.33 ±0.57a	4.33 ±0.57a	4 ±1a	0.02287
2 ^o instar	4 ±0a	4.66 ±1.15a	3.33 ±0.57a	3.33 ±0.57a	4 ±0a	0.1264

Estadios	Días de desarrollo (medias ± DE)					p-valor
	55 ppm	80 ppm	100 ppm	500 ppm	Testigo	
3° instar	4 ±0a	4.33 ±1.52a	5.33 ±1.52a	4 ±0a	5 ±1a	0.4651
4° instar	7 ±0b	8.33 ±0.57a	7.66 ±0.57ab	8.33 ±0.57a	7 ±0b	0.007
5° instar	8.33 ±1.54a	8.33 ±0.57a	7.66 ±0.57a	9 ±1a	7 ±0a	0.0791

DE= desviación estándar; *= las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($\alpha= 0.05$).

Para el instar 3 se destaca que el tratamiento de 100 ppm requirió un día más, siendo que las demás concentraciones tuvieron un comportamiento similar en días. Los tratamientos 80 y 500 ppm requirieron de 8.33 días para desarrollarse como instar 4, mientras que tiempo de desarrollo para el instar 5, la dosis de 500 ppm requiere de nueve días para llegar a la etapa adulta dos días más en comparación con el testigo.

Para el tiempo de desarrollo de los estadios inmaduros, Vargas *et al.* (2020) no reportó diferencias significativas entre los ciclos de los instares. Tran *et al.* (2012), reportan en un estudio de estimaciones y requisitos térmicos para el ciclo de vida de *B. cockerelli*, que el desarrollo de los huevos, ninfas y adultos se ven afectados a temperaturas de 8 °C. Cerna *et al.* (2018), reportan una etapa de desarrollo similar a la registrada en este trabajo, donde menciona que el tiempo de desarrollo entre los estadios para la población de Coahuila-Nuevo León van de tres a cuatro días en los primeros tres estadios y para los huevecillos va de cinco a seis días, difiriendo un poco en los estadios 4 y 5 donde reporta cinco días para el desarrollo y la eclosión, en estos hallazgos de investigación se registró un aumento de más de dos días a los reportados.

Carrillo *et al.* (2016), reportan que la MBS tiene propiedades anti-alimentarias en moluscos al reducir el 50% la tasa de crecimiento. Borges (2010; 2012), refirió a la MBS como un bioestimulante de los mecanismos naturales de las plantas y que originan el desarrollo por sí mismas de propiedades anti alimentarias frente a los ataques de patógenos y plagas. Ortiz *et al.* (2022), en un estudio realizado con ninfas de *B. cockerelli* reportan que la MBS tiene efecto insecticida sobre *B. cockerelli*.

Conclusiones

La aplicación de MBS no tuvo un efecto significativo en la pre-ovoposición, periodo de incubación, periodo de desarrollo total, periodo de etapa inmadura y ciclo de vida total de *Bactericera cockerelli*, aunque podemos destacar que la MBS si influye en algunos de los parámetros. Sin embargo, la supervivencia en los distintos estadios del insecto fue afectada drásticamente, demostrado que la MBS tiene un efecto positivo en las mortalidades de ninfas de *B. cockerelli*, destacando al tratamiento de 500 ppm el cual presento mortalidades por encima de 85% en comparación del testigo. Asimismo, la aplicación de MSB muestra un aumento en el tiempo de desarrollo de la etapa de huevo, así como del cuarto y quinto instares ninfal.

Bibliografía

- 1 Abdullah, N. M. M. 2008. Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural Research*. 3(1):060-067.
- 2 Almeyda, L. I. H.; Sánchez, S. J. A. y Garzón, T. J. A. 2008. Vectores causantes de punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León. México. *Agricultura técnica en México*. 34(2):141-150.
- 3 Berdúo, J. E. S.; Ruiz, Ch. J. A.; Méndez, L.; Mejía, L.; Maxwell, D. y Sánchez, P. A. 2020. Detección de patógenos asociados a la enfermedad punta morada en los cultivos de papa y tomate en Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 7(2):205-217. Doi: <https://doi.org/10.36829/63CTS.v7i2.794>.

- 4 Borges A. P. y , Borges A. A. 2010. Uso de composiciones que contienen menadiona y alguno (s) de sus derivados hidrosolubles para bioestimular los mecanismos naturales de defensa de las plantas, a fin de desarrollar sus propiedades antialimentarias frente a los ataques de patógenos y plagas. 1-10 pp. <http://hdl.handle.net/10261/29263>.
- 5 Borges. A. P.; Jiménez, A. D.; Expósito, R. M.; Juan, C. L. J. y Martín, R. V. 2011. Uso de menadiona para aumentar la tolerancia al estrés salino de las plantas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España), Universidad de La Laguna 1-11 pp. <https://digital.csic.es/handle/10261/41006>.
- 6 Borges, A. A. and Borges, P. A. 2012. Compositions for controlling the psyllids trioza erytraea and diaphorina c/tri, vectors of bacteria of the genus *candidatus liberibacter*, which cause the most serious known disease of citrus, namel y huanglongbing (hlb). 1-12 pp.
- 7 Butler, C. D.; González, B.; Manjunath, K. L.; Lee, R. F.; Novy, R. G.; Miller, J. C. and Trumble, J. T. 2011. Behavioral responses of adult potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), to potato germplasm and transmission of *Candidatus Liberibacter psyllaurosus*. Crop Protection. 30(9):1233-1238. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.05.006>.
- 8 Bujanos, R. M.; Garzón, T. J. A. y Marín, J. A. 2005. Manejo integrado del pulgón saltador *Bactericera (Paratrioza cockerelli* Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) en los cultivos de solanáceas en México. Segunda convención mundial del chile. Zacatecas, México. 93-99 pp.
- 9 Bújanos, M. R. y Ramos, M. C. 2015. El psílido de la papa y tomate *Bactericera (Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. México. 17-35 pp.
- 10 Cabrera, I. M.; Ortiz, D. M. y Díaz, H. L. B. 2022. Influencia de la temperatura y agentes de control biológico sobre *Bactericera cockerelli* (Sulcer)(Hemiptera: Psyllidae). Revista de Protección Vegetal. 37(2):1-6. <https://cu-id.com/2247/v37n2e03 2>.
- 11 Carrillo, E. P.; Jiménez, A. D.; Aller, Á. and Borges, A. A. 2016. Menadione sodium bisulphite (MSB) enhances the resistance response of tomato, leading to repel mollusc pests. Pest Management Science. 72(5):950-960. <https://doi.org/10.1002/ps.4074>.
- 12 Casteel, C. L.; Walling, L. L. and Paine, T. D. 2006. Behavior and biology of the tomato psyllid, *Bactericera cockerelli*, in response to the Mi#1.2 gene. Entomología experimentalis et applicata. 121(1):67-72. <https://doi.org/10.1111/j.1570-8703.2006.00458.x>.
- 13 Castillo, C. C. y Llumiquinga, H. P. 2021. Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (*Bactericera cockerelli* Šulc) en campo y laboratorio. Manual Técnico No.121. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 9-40 pp. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5781>.
- 14 Cerna, E. C.; Beache, M. B.; Fuentes, Y. M. O.; Bautista, O. H. y Ortiz, J. C. D. 2021. *Bactericera cockerelli* vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, morfometría y haplotipos en poblaciones de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 26(esp):81-94. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2939>.
- 15 Cerna, E. C.; Hernández, B. O.; Ochoa, Y. M. F.; Landeros, J. F.; Aguirre, L. A. U y Hernández, A. J. 2018. Morfometría de inmaduros y tablas de vida de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) de poblaciones del noreste de México. Revista Colombiana de Entomología. 44(1):53-60.
- 16 Cerna, E. C.; Bautista, O. H.; Flores, J. L.; Uribe, L. A. and Fuentes, Y. M. O. 2015. Insecticide-resistance ratios of three populations of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) in regions of northern Mexico. Florida Entomologist. 98(3):950-953.
- 17 Cortez, H. M. 2010. Resistencia a insectos de tomate injertado en parientes silvestres, con énfasis en *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Psyllidae). Bioagro. 22(1):11-16.

- 18 Díaz, J. M.; Vindiola, B. G.; Drew, N.; Novy, R. G.; Miller, J. C. and Trumble, J. T. 2014. Resistance of selected potato genotypes to the potato psyllid (Hemiptera: Triozidae). *American Journal of Potato Research*. 91(4):363-367.
- 19 Flores, O. A.; Gallegos, M. G. y García, M. O. 2004. Memorias del simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- 20 Fravel, D. R. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant diseases. *Annual review of phytopathology*. 26(1):75-91.
- 21 Garzón, T. J. A.; Bujanos, M. R.; Velarde, F. S.; Marín, J. A.; Parga, T. V. M.; Avilés, G. M. C. y Garzón, C. J. A. 2004. *Bactericera* (Paratrioza) *cockerelli* Sulc., vector de fitoplasmas en México. Ed. Memorias del simposio punta morada de la papa . 64-83 pp.
- 22 Garzón, T. J. A. y Bujanos, M. R. 2007. Manejo integrado de la paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulc. INIFAP, Campo Experimental Valle de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México. Folleto para productores.54(1):1-24.
- 23 Hansen, A. K.; Trumble, J. T.; Stouthamer, R. y Paine, T. D. 2008. Una nueva especie de huanglongbing, “*Candidatus Liberibacter psyllaourus*”, que infecta el tomate y la papa, es vectorizada por el psílido *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Microbiología Aplicada y Ambiental*. 74(18):5862-5865. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.01268-08>.
- 24 Levy, J.; Ravindran, J. A.; Gross, D.; Tamborindeguy, C. and Pierson, E. 2013. Methods for rapid and effective PCR-based detection of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ from the insect vector *Bactericera cockerelli*: streamlining the DNA extraction/purification process. *Journal of Economic Entomology*. 106(3):1440-1445.
- 25 Liu, D.; Trumble, J. T. and Stouthamer, R. 2006. Genetic differentiation between eastern populations and recent introductions of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) into western North America. *Entomologia experimentalis et applicata*. 118(3):177-183. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00383.x>.
- 26 Mayo, J. H.; Molina, P. J.; Corrales, R. J.; García, M. O. y Terrazas, P. J. C. 2018. Efecto ovicida de spirotetramat y flupyradifurone en *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae). *In: I Congreso nacional de entomología aplicada*.132-136 pp.
- 27 Melgoza, C. M. V.; León, S. C. D. R.; López, V. J. Á.; Hernández, E. L. A.; Velarde, F. S. y Garzón, T. J. A. 2018. Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en *Bactericera cockerelli* Sulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* . 9(3):499-509. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.267>.
- 28 Munyaneza, J. E.; Buchman, J. L.; Upton, J. E.; Goolsby, J. A.; Crosslin, J. M.; Bester, G. and Sengoda, V. G. 2008. Impact of different potato psyllid populations on zebra chip disease incidence, severity, and potato yield. *Subtropical plant Science*. 60(1):27-37.
- 29 Munyaneza, E. J.; Sengoda, V. G.; Aguilar, E.; Bextine, B. R. and McCue, K. F. 2013. First report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ infecting eggplant in Honduras. *Plant disease*. 97(12):1654-1654.
- 30 Ortiz, J. C. D.; Enríquez, A. R.; Beache, M. B.; Fuentes, Y. M. O.; Chávez, E. C.; Aguilar, R. D. J. D. and Flores, J. L. 2022. Insecticidal Effect of Menadione on Whitefly, *Bemisia tabaci*, and Tomato Psyllid, *Bactericera cockerelli*. *Southwestern Entomologist*. 47(1):83-88. <https://doi.org/10.3958/059.047.0106>.
- 31 Tran, L. T.; Worner, S. P.; Hale, R. J. and Teulon, D. A. J. 2012. Estimating development rate and thermal requirements of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) reared on potato and tomato by using linear and nonlinear models. *Environmental entomology*. 41(5):1190-1198. <https://doi.org/10.1603/EN12124>.
- 32 Useche, D. C.; Durán, P. J.; Caballero, I. A. Z.; Moreno, E. D. L.; Velásquez, L. y Camargo, P. A. 2019. Clima, ciudades y biodiversidad: revisión de producción científica. *Biodiversidad en la Práctica*. 4(1):212-237.

- 33 Vargas, H. M.; Bautista, M. N.; Vera, G. J.; García, G. C. and Chavarín, P. C. 2013. Morphometrics of eggs, nymphs, and adults of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), grown on two varieties of tomato under greenhouse conditions. *The Florida Entomologist* . 96(1):71-79.





Parámetros poblacionales de *Bactericera cockerelli* en plantas de tomate tratadas con menadiona

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 March 2024
Date accepted: 01 June 2024
Publication date: 04 June 2024
Publication date: May-Jun 2024
Volume: 15
Issue: 4
Electronic Location Identifier: e3349
DOI: 10.29312/remexca.v15i4.3349

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:
desarrollo
psílido del tomate
supervivencia.

Counts

Figures: 0
Tables: 3
Equations: 0
References: 33
Pages: 0