

Efectividad residual de insecticidas en *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de tomate

Arturo Peláez Arroyo¹
Mateo Vargas Hernández^{2§}
Marcelo Acosta Ramos²
Sergio Ayvar Serna³
José Francisco Díaz Nájera³
Manuel Alejandro Tejeda Reyes²

¹Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar-Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 316. La Concepción Enyege, Ixtlahuaca de Rayón, Estado de México. CP. 50740. (pelaezarroyo.24@hotmail.com). ²Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Suelos y Departamento de Parasitología Agrícola. Carretera México-Texcoco km. 38.5. Chapingo, Estado de México, México. CP. 56230. (acostam14@gmail.com; manuel.tejeda.r@gmail.com). ³Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Av. Guerrero 81 primer piso, Col. Centro, Iguala, Guerrero. CP. 40000. (ayvarsernas@hotmail.com; apigro1988@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: vargas_mateo@hotmail.com.

Resumen

Una de las principales plagas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es *Bemisia tabaci* (Genn.), la cual transmite virus fitopatógenos responsables de daños fisiológicos severos y pérdidas de rentabilidad del cultivo. La protección de la planta contra vectores virales en las primeras semanas después del trasplante es fundamental para asegurar la producción. El experimento se realizó en invernadero y se repitió dos veces, se utilizaron plántulas de tomate cultivar Rio Grande para evaluar la efectividad residual de cinco insecticidas sintéticos, cuatro botánicos y un aceite mineral. Se evaluó la densidad de huevos de *B. tabaci* y el porcentaje de efectividad, a los 0, 5 y 10 días después de la aplicación (DDA) con insecticida. El tratamiento órgano-sintético con la mejor efectividad fue Sivanto[®]Prime (Flupyradifurone) en aplicaciones foliares y en el suelo; dentro de los productos naturales, el mejor tratamiento fue PHC[®] Neem[®] (Azadiractina) en aplicaciones foliares; ambos presentaron efectividad, de 99.96-88.47% y 65.87-43.5%, respectivamente, a los 0, 5 y 10 DDA en los dos ensayos. La información de la residualidad y la efectividad de los insecticidas evaluados contribuirá para complementar el óptimo manejo de *B. tabaci*.

Palabras clave: *Bemisia tabaci*, *Solanum lycopersicum*, insecticidas sintéticos, orgánicos.

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: junio de 2022

Introducción

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) Hemiptera: Aleyrodidae, representa un complejo de especies reconocidas como extremadamente invasoras, es una de las plagas hortícolas más devastadoras en todo el mundo. *Bemisia tabaci* exhibe una alta diversidad genética dentro del complejo de especies polífagas. Se les conoce como vectores de un gran número de virus vegetales, siendo los begomovirus el principal grupo de virus asociados a la mosca blanca (Navas *et al.*, 2011). Solo las especies del complejo *B. tabaco* son capaces de transmitirlos, de manera persistente (Ghanim, 2014). La mayor parte de la información sobre la transmisión se basa en la interacción del begomovirus tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) y *B. tabaci* Oriente Medio-Asia Menor 1 (MEAM1, anteriormente conocido como biotipo B). Se cree que las interacciones de distintos begomovirus y diferentes especies de *B. tabaco* siguen un patrón similar (Rosen *et al.*, 2015).

En México, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza con mayor volumen de producción 1 180 586 t y es la segunda más cultivada en el mundo, debido a la gran importancia en la alimentación humana y por tener los niveles más altos de rentabilidad en el ámbito agropecuario (Bautista *et al.*, 2010; SIAP, 2016). Este cultivo es atacado por plagas, como mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) que ocasiona problemas fisiológicos al alimentarse de la savia de las plantas y por ser vector de virus, que provocan los daños de mayor impacto económico (Fang *et al.*, 2013), específicamente de los begomovirus (Familia Geminiviridae) detectados en esta solanácea en México (Lugo *et al.*, 2011).

Actualmente, *B. tabaci* está ampliamente distribuida en la agricultura mundial con más de 600 hospederos. Algunos hospederos con cultivos importantes que están expuestos al uso intensivo de insecticidas contra dicha plaga, misma que tiene la capacidad de desarrollar resistencia rápidamente a insecticidas organofosforados, carbamatos, reguladores del crecimiento, hidrocarburos clorados y piretroides (Caballero *et al.*, 2013; Xie *et al.*, 2014). El problema aumenta cuando se utilizan insecticidas de contacto y alta toxicidad, causantes del decremento de enemigos naturales; además solo reducen las poblaciones de adultos de *B. tabaci*, pero no afectan estados inmaduros que se ubican en el envés de las hojas.

La rotación con productos de diferente modo de acción mitiga la evolución de la resistencia a los insecticidas (Sparks *et al.*, 2020). La aplicación de extractos vegetales y aceites minerales tienen efecto insecticida, insectistático repelente de plagas insectiles, resultando en un menor impacto de la fauna benéfica y los puede elaborar el productor (Molina, 2001).

Es de vital importancia un diagnóstico pertinente y la protección del cultivo contra vectores virales en las primeras semanas después del trasplante. El estudio se realizó con el objetivo de evaluar la efectividad residual de cinco insecticidas sintéticos, cuatro botánicos y un aceite mineral, en plántulas de tomate infestadas con moscas blancas a diferentes días después del tratamiento.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Se evaluaron dos factores: 1) tratamientos con insecticidas; y 2) periodo de infestación de mosca blanca en plántulas a los 0, 5 y 10 días después de la aplicación (DDA). Se utilizaron 11

tratamientos y un testigo (Cuadro 1), los cuales se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, generándose 36 unidades experimentales en cada periodo de infestación, la unidad experimental fue una jaula entomológica de 30×30×50 cm (largo-ancho-alto), con tres plántulas de tomate cultivar Río Grande (35 días de edad) en un contenedor de unicel (poliestireno expandido) de 0.5 L. El experimento se repitió dos veces, el 16 de febrero de 2017 y el 10 de junio de 2017.

Las ninfas y adultos de *B. tabaci* que se utilizaron en los ensayos se recolectaron mediante muestreo sistemático en transecto W, en un cultivo de tomate en el campo experimental del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Las ninfas de *B. tabaci* del cuarto instar ('pupa', ojos visibles a través del integumento), se obtuvieron de cinco hojas infestadas. Los adultos del insecto se capturaron con un succionador entomológico. Los dos estadios se transfirieron a una jaula-umbráculo de 1.8×1.5×2 m (largo-ancho-alto), en donde se criaron y reprodujeron durante 60 días en invernadero de cristal en la UACH.

Se sembraron semillas del cultivar de tomate Río Grande en sustrato con bocashi en bandejas de germinación (speedling) y se mantuvieron dentro del laboratorio para evitar la contaminación con plagas y enfermedades. Las plántulas de tomate utilizadas para las dos fases de estudio se trasplantaron a contenedores de unicel con capacidad de 0.5 kg de suelo arcilloso, a los 30 días después de la emergencia.

Los 11 tratamientos de insecticidas y un testigo (Cuadro 1), se aplicaron cuando las plántulas de tomate tenían cuatro hojas verdaderas (35 días de edad). Se utilizó un coadyuvante no iónico con acción surfactante, humectante, dispersante y penetrante, reductor de la tensión superficial del agua, basado en la tecnología de compuestos órgano siloxanos modificados para ser usados en mezcla de productos plaguicidas y fertilizantes foliares que se aplican con agua (Break Thru®) en las mezclas de cada tratamiento, a dosis de 0.3 ml L⁻¹.

Se utilizaron dosis bajas recomendadas por los fabricantes para la aplicación de insecticidas. Se incluyó un tratamiento Testigo no tratado por periodo de infestación. La aplicación de los productos se llevó a cabo con una aspersora manual marca Truper considerando un gasto de 250 L ha⁻¹, hasta punto de goteo y para las aplicaciones de inyección en el cuello de la planta, el gasto fue de 1 000 L ha⁻¹. Las tres macetas de cada unidad experimental se colocaron dentro de una jaula entomológica cubierta de organza con una abertura de malla de 400 micras, con acceso en la parte superior y soportado por un marco de metal de 20×20×40 cm (largo-ancho-alto). La infestación se efectuó con adultos, de edad desconocida y sin sexar. En cada Jaula y para cada periodo (0, 5 y 10 DDA). Se introdujeron 20 adultos de *B. tabaci*. En total se usaron 4 320 especímenes de *B. tabaci* para los dos ensayos. Se realizaron riegos según la necesidad de las plantas y se mantuvieron en invernadero a un promedio de 29 °C, 70% de humedad relativa, con fotoperiodo natural (luz/oscuridad).

Las variables en estudio fueron: el número de huevos por plántula y el porcentaje de efectividad del tratamiento, las cuales se evaluaron 10 días después de la introducción de los adultos de mosca blanca (0, 5 y 10 DDA). De cada unidad experimental, se examinó con un microscopio estereoscópico el envés de las hojas y se registró el número de huevos de mosca blanca por plántula, obteniendo el valor promedio de ésta. Los datos de la variable número promedio de huevos por plántula, a los 0, 5 y 10 DDA y la interacción entre los dos factores se analizaron estadísticamente.

Se realizó primero una prueba de bondad de ajuste y posteriormente un análisis de varianza individual a los 0, 5 y 10 DDA y un análisis combinado a través de los DDA, en ambos ensayos. Además, se efectuó una prueba de comparación múltiple de medias utilizando el método de la diferencia mínima significativa de Fisher ($p= 0.01$) con el software Statistical Analysis System (SAS) Institute (2018). A partir del número promedio de individuos en cada planta evaluada se estimó el porcentaje de efectividad de cada tratamiento con la fórmula de Abbott (1925): $ET = ((ST - st)/ST) \times 100$. Donde: ET= eficacia del tratamiento; ST= porcentaje de incidencia en el testigo; st= porcentaje de incidencia en cada tratamiento.

Cuadro 1. Insecticidas y dosis utilizadas en el control de mosca blanca (*B. tabaci*) en plántulas de tomate Río Grande.

Trat	Insecticida	Ingrediente activo	Dosis* (L ha ⁻¹)
1	Confidor [®] 350 SC ^{AS}	Imidacloprid	0.75
2	Movento [®] 150 OD ^{AF}	Spirotretamat	0.4
3	Muralla Max [®] 300 OD ^{AF}	Imidacloprid+Betacyflutrin	0.2
4	Sivanto [®] Prime 200 SL ^{AF}	Flupyradifurone	0.75
5	Sivanto [®] Prime 200SL ^{AS}	Flupyradifurone	1.75
6	Oberon [®] 240 SC + Sivanto [®] Prime 200 SL ^{AF}	Spiromesifen+Flupyradifurone	0.15 + 0.75
7	Saf-T- Side ^{AF}	Aceite parafínico de petróleo	1
8	PHC [®] Neem [®] ^{AF}	<i>Azadiractina</i>	1
9	Asphix [®] 90 ^{AF}	Aceite vegetal de semilla de soya	1
10	Allium liquido [®] ^{AF}	<i>Allium sativum</i>	1
11	Biodi [®] e ^{AF}	Argemonina+Berberina+ Ricinina+a-terthienil	1.5
12		Testigo	-

*= dosis baja de producto formulado o comercial; +: indica que los productos se combinaron; AS= aplicación en suelo; AF = aplicación foliar.

Resultados y discusión

Los tratamientos con insecticidas, los DDA y la interacción entre ambos mostraron efectos significativos en los dos ensayos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis individual por ensayo del efecto del tratamiento con insecticida, infestación en diferentes días después del tratamiento (0, 5 y 10) e interacción entre ambos factores en el promedio de número de huevos de mosca blanca (*B. tabaci*) por plántula de tomate Río Grande.

Efecto	Ensayo 1			Ensayo 2		
	GL	F	P	GL	F	P
Días después del tratamiento	2	69.05	<0.0001	2	64.59	<0.0001
Tratamientos	10	370.89	<0.0001	10	329.75	<0.0001
DDA×Tratamientos	20	6.14	<0.0001	20	3.46	<0.0001

Cuando los datos de 0, 5 y 10 DDA se agruparon y analizaron como un solo conjunto en cada ensayo. Se encontró que el promedio de huevos por plántula de tomate, en general, varió de 22 a 861.89. Mientras que el porcentaje de efectividad de los insecticidas fluctuó de 14.61 a 97.48% en los ensayos. La comparación múltiple de medias mostró evidencia significativa ($p= 0.01$) de que todos los tratamientos con insecticidas fueron mejores que el testigo en la densidad de huevos de mosca blanca. En general, los tratamientos con insecticidas naturales Saf-T- Side y ASPHIX® 90, registraron las mayores densidades de huevos, en el primer y segundo ensayo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis individual por ensayo a través de las tres fechas DDA, del porcentaje de efectividad y prueba de comparación múltiple de medias utilizando el método de la diferencia mínima significativa de Fisher ($p= 0.01$) de los tratamientos sobre el promedio de huevos de mosca blanca (*B. tabaci*) por plántula de tomate Río Grande, en cada ensayo.

Tratamientos	Ensayo 1		Ensayo 2	
	Huevos	%EF**	Huevos	%EF
Testigo	724.56 a *		861.89 a	
Confidor® AS****	50 fg	92.52	56.33 fg	93.48
Movento® AF	93 f	87.1	108.11 f	87.53
Muralla Max® AF	220.22 e	69.51	235.33 e	72.72
Sivanto® Prime AS	25 g	96.62	22 g	97.48
Sivanto® Prime AF	32.78 g	95.31	41 e	95.31
Saf-T- Side AF	616 b	14.61	660.56 b	23.53
Sivanto® Prime + Oberon® AF	26.67 g	96.13	28.33 g	96.76
PHC® Neem® AF	360.78 d	49.77	382.89 d	55.68
Asphix® AF	634.22 b	18.94	644.78 b	25.27
Allium liquido® AF	440.33 c	38.44	508.22 c	41.24
Biodi®e AF	447.22 c	37.66	449 c	48.04
DMS***	51.529		60.46	

* = valores de medias con la misma letra por columnas no son estadísticamente diferentes ($p= 0.01$); **EF= porcentaje de efectividad; ***DMS= diferencia mínima significativa de Fisher; ****AS= aplicación en suelo; AF = aplicación foliar.

La comparación múltiple de medias ($p= 0.01$) indicó que el testigo representó la agrupación con la mayor densidad de huevos a los 0, 5 y 10 DDA en el primer y segundo ensayo (Cuadros 4 y 5). En la evaluación realizada 10 días después de haber infestado las plantas, se registró en el tratamiento control un promedio de 874 huevos planta⁻¹, este valor es alto, pero se ha documentado que las poblaciones de *B. tabaci* pueden alcanzar más de mil adultos por planta (Argerich y Troilo, 2011).

En el tratamiento con Confidor® 350 SC (Imidacloprid) aplicado en suelo, se encontró que el número de huevos por planta se ubicó siempre en el grupo estadísticamente más bajo, a los 0, 5 y 10 DDA ($p= 0.01$; DMS) en el primer ensayo y a los 0 y 5 DDA en el segundo ensayo (Cuadros 4 y 5), también se determinó que este tratamiento a los 10 DDA del segundo ensayo, se ubicó en el segundo agrupamiento con la menor densidad de huevos (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Porcentaje de efectividad y prueba de comparación múltiple de medias método de Fisher (DMS; $p=0.01$) de los tratamientos en el promedio de número de huevos de *B. tabaci* por plántula de tomate Río Grande a los 0, 5 y 10 DDA, primer ensayo.

Tratamientos insecticidas	0 DDA		5 DDA		10 DDA	
	Huevos	%EF**	Huevos	%EF	Huevos	%EF
Control	736.33 a*		752 a		685.33 a	
Confidor® AS****	34 e	95.38	44 e	94.15	72 e	88.03
Movento® AF	59.67 e	91.9	109 e	85.51	110.33 e	83.89
Muralla Max® AF	204 d	72.3	216 d	71.28	240.67 d	64.96
Sivanto® Prime AS	3.5 e	99.05	29 f	96.51	39 e	94.31
Sivanto® Prime AF	1 e	99.86	18 f	97.61	72 e	88.47
Saf-T- Side AF	566 b	23.13	604.33 b	19.64	677.67 ab	1.07
Sivanto® Prime + Oberon® AF	0 e	100	5.33 f	99.29	74.67 e	89.1
PHC® Neem® AF	251.33 cd	65.87	366 c	51.33	465 c	32.12
Asphix® AF	538 b	42.09	641.33 b	14.72	723.33 a	0
Allium liquido® AF	292.67 cd	60.25	392.67 c	47.87	635.67 ab	7.2
Biodi®e AF	338.67 c	54.01	414.33 c	44.9	588.67 b	14.06
DMS***	108.43		77.524		91.744	

* = valores de medias con la misma letra por columnas no son estadísticamente diferentes ($p=0.01$), **EF= porcentaje de efectividad; ***DMS= diferencia mínima significativa de Fisher, ****AS= aplicación en suelo; AF = aplicación foliar.

Cuadro 5. Porcentaje de efectividad y prueba de comparación múltiple de medias método de Fisher (DMS; $p=0.01$) de los tratamientos en el promedio de número de huevos de mosca blanca (*B. tabaci*) por plántula de tomate Río Grande a 0, 5 y 10 DDA, segundo ensayo.

Tratamientos insecticidas	0 DDA		5 DDA		10 DDA	
	Huevos	%EF**	Huevos	%EF	Huevos	%EF
Control	840.67 a*		870.67 a		874.33 a	
Confidor® AS****	41.67 e	95.04	59.33 f	93.19	68 fg	92.22
Movento® AF	54.67 e	93.5	107.33 f	87.67	162.33 ef	81.43
Muralla Max® AF	214.67 d	74.46	230.33 e	73.55	261 e	70.15
Sivanto® Prime AS	0.33 e	99.96	23 f	97.36	42.67	95.12
Sivanto® Prime AF	0.67 e	99.92	21.67 f	97.51	100.67 fg	88.49
Saf-T- Side AF	534.67 b	36.4	657.67b	24.46	789.33 ab	9.72
Sivanto® Prime + Oberon® AF	1 e	99.88	4.67 f	99.46	79.33 fg	90.93
PHC® Neem® AF	308.67 cd	63.28	346 de	60.26	494 d	43.5
Asphix® AF	573 b	31.84	663.67 b	23.77	697.67 bc	20.21
Allium liquido® AF	357.67 c	57.45	525 c	39.7	642 c	26.57
Biodi®e AF	354.67	57.81	378.67 d	56.51	613.67 c	29.81
DMS***	100.13		122.55		111.05	

* = valores de medias con la misma letra por columnas no son estadísticamente diferentes ($p=0.01$); **EF= porcentaje de efectividad; ***DMS= diferencia mínima significativa de Fisher; ****AS= aplicación en suelo; AF= aplicación foliar.

El ingrediente activo imidacloprid del grupo de los neonicotinoides, desde hace más de dos décadas ha sido utilizado contra una amplia gama de insectos chupadores, por ser un insecticida sistémico. Este insecticida actúa sobre el sistema nervioso central de los insectos, causando un bloqueo irreversible de los receptores de la acetilcolina (Kagabu, 2011). Sin embargo, existe numerosa evidencia científica de que el uso indiscriminado de este agroquímico ha provocado que poblaciones de adultos de mosca blanca desarrollen resistencia a los neonicotinoides, como imidacloprid (Caballero *et al.*, 2013). No obstante, en esta investigación el Confidor® 350 SC mostró un porcentaje de efectividad que fluctuó de 95.38 al 88.03% en los distintos periodos de infestación en los dos ensayos. Probablemente, debido a que las poblaciones de *B. tabaci*, del valle de Iguala y Cocula, Guerrero, no han estado en constante contacto con Imidacloprid.

Esto se debe a que los cultivos hospederos del insecto se desarrollan en una superficie limitada y se rotan constantemente con maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) año tras año, retrasando el cambio hereditario en la sensibilidad de mosca blanca a este insecticida como lo sugiere Sparks *et al.* (2020). Al respecto, Caballero *et al.* (2013), documentaron que aislaron moscas blancas de campos que estuvieron expuestas a imidacloprid hasta 2007. Dichas poblaciones se evaluaron en ensayos en 2008 y 2009. Presentaron disminución en la sensibilidad hacia imidacloprid a nivel de la DL₅₀ y DL₉₅. En cambio, la población que se evaluó hasta 2010 volvió a presentar susceptibilidad y se recuperó la eficacia biológica del producto a las dos dosis mencionadas. Gastélum *et al.* (2014), evaluaron insecticidas para el manejo de *B. tabaci* y confirmaron que los tratamientos con Imidacloprid solo y combinado fueron más eficientes para reducir la incidencia de insectos adultos.

El tratamiento con Movento® 150 OD (Spirotetramat) se encontró en el grupo con las densidades de huevos más bajas estadísticamente, a los 0, 5 y 10 DDA en el primer ensayo, y a los 0 y 5 DDA en el segundo ensayo. Mientras que a los 10 DDA del segundo ensayo, se ubicó en el tercer grupo estadísticamente más bajo ($p=0.01$). El porcentaje de efectividad en los periodos de 0, 5 y 10 DDA osciló de 93.5 a 81.43% en el primer y segundo ensayos (Cuadros 4 y 5).

A pesar de que Spirotetramat se presenta como un producto más efectivo contra huevos de *B. tabaci*, hay evidencia de que éste es eficaz contra adultos, por ser un insecticida sistémico y translaminar (Nauen *et al.*, 2008). En pruebas de campo en España y Brasil, se han encontrado porcentajes de efectividad que varían de 84-96 y 78-96%, al usarlo solo o en mezcla con imidacloprid (Brück *et al.*, 2009). Por otra parte, Xie *et al.* (2011) documentaron que Movento® presenta persistencia y buen control de *B. tabaci*, pero puede mejorar la eficacia cuando se alterna con productos de diferente modo de acción.

El insecticida Muralla Max® 300 OD (Betacyflutrín + Imidacloprid) con excepción de los valores tomados a los 5 DDA, en el primer ensayo y a los 10 DDA en el segundo ensayo, se clasificó en el segundo grupo estadístico con el menor número de huevos ($p=0.01$), siempre precedido del resto de los tratamientos con insecticidas sintéticos. La eficacia del tratamiento varió de 74.46 al 64.96% en los dos ensayos cuando se infestó con mosca blanca a los 0, 5 y 10 DDA. Al respecto, Silva *et al.* (2012) reportaron que con los ingredientes activos betacyflutrín + imidacloprid aplicados a los huevos *B. tabaci* en el cultivo de soya obtuvieron 86.99% de control del insecto, que es valor mayor a los obtenidos con el tratamiento Muralla Max® en esta investigación (Cuadros 4 y 5).

Sivanto[®] Prime 200 SL (Flupyradifurone; aplicación en suelo), fue el único tratamiento cuya densidad de huevos se mantuvo estadísticamente en la agrupación más baja o no estadísticamente diferentes del grupo más bajo ($p= 0.01$) a los 0, 5 y 10 DDA en ambos ensayos. El porcentaje de efectividad de este insecticida con aplicación al suelo fluctuó de 99.96 al 94.31% en los tres periodos de infestación (0, 5 y 10 DDA) de los dos ensayos. En comparación con imidacloprid aplicado en suelo, flupyradifurone presentó mayor porcentaje de efectividad y disminuyó el número de huevos (Cuadros 4 y 5). Los valores de la densidad de huevos en el tratamiento con Sivanto[®] Prime 200 SL (Flupyradifurone) cuando se aplicó de manera foliar, con excepción del resultado obtenido a los 10 DDA en el segundo ensayo, colocaron a este insecticida en el grupo estadístico más bajo durante los diferentes periodos de infestación con mosca blanca ($p= 0.01$; DMS).

La efectividad de este insecticida en aplicación foliar varió de 99.92 a 88.47% en los periodos de infestación en los dos ensayos (Cuadros 4 y 5). Diversos estudios han confirmado que las densidades más bajas de *B. tabaci* se registran en los tratamientos con Flupyradifurone en comparación con insecticidas neonicotinoides (Smith y Giurcanu, 2014). Sivanto[®] Prime (Flupyradifurone) es un insecticida que controla insectos chupadores, que consiste en actuar como un antagonista del receptor nicotínico acetilcolina del insecto, de esa forma imita al neurotransmisor de la acetilcolina.

Lo cual provoca que este no puede ser activado por la enzima respectiva, en su forma natural, y causa excitación del nervio de la célula, la persistencia de ese efecto provoca una alteración en el nervio del insecto y posteriormente, su colapso y a pesar de ser del mismo grupo de los neonicotinoides, no se ha demostrado que presente resistencia cruzada con imidacloprid, actuando en plagas resistentes, incluidas la mosca blanca (Nauen *et al.*, 2002; Nauen *et al.*, 2015).

En diversas investigaciones se ha encontrado que los tratamientos con Flupyradifurone provocan la inhibición prolongada de la alimentación y la reducción de la incidencia de mosca blanca, por lo que presenta gran potencial para suprimir la transmisión de virosis (Dempsey *et al.*, 2017; Roditakis *et al.*, 2017). Además, no presenta efectos adversos para las abejas, mamíferos, humanos y la mayoría de los insectos benéficos. Se adapta bien a sistemas de manejo integrado de plagas agrícolas (Jeschke *et al.*, 2015).

En la combinación de Sivanto[®] Prime 200 SL (Flupyradifurone) + Oberon[®] 240 SC (Spiromesifen), con excepción del resultado obtenido a los 10 DDA en el segundo ensayo, ubicaron a este tratamiento combinado en el grupo ($p= 0.01$). El porcentaje de efectividad fluctuó de 100 al 89.1% en los tres periodos de infestación (0, 5 y 10 DDA) de ambos ensayos (Cuadros 4 y 5). MahaLakshmi *et al.* (2015), estimaron la eficacia de diez insecticidas contra mosca blanca, reportaron que el tratamiento de Spiromesifen (Oberon[®] 240 SC) fue el más efectivo de diez insecticidas evaluados, el cual redujo 80% la población de ninfas del insecto. Además, Smith y Giurcanu (2014) evaluaron la combinación de modos de acción contra *B. tabaci* y encontraron las menores densidades de adultos en el tratamiento con Flupyradifurone (Sivanto[®] Prime).

El aceite parafínico de petróleo Saf-T-Side en ambos ensayos mostró evidencia significativa ($p= 0.01$; DMS) de que las densidades promedio de huevos con este tratamiento se ubicaron constantemente en el segundo y tercer grupos más altos a los 0, 10 y 15 DDA.

La eficacia del tratamiento para ambos ensayos varió de 36.4 a 1.07% en los tres periodos de infestación (Cuadros 4 y 5). Este aceite agrícola parafinado impide el proceso respiratorio de huevos, larvas y adultos, y causa hipoxia (Varela *et al.*, 2013). De Almeida *et al.* (2014), al evaluar aceites minerales con el mismo modo de acción que Saf-T-Side, obtuvieron menos de 10% de mortalidad de huevos de *B. tabaci*. Otras investigaciones han determinado que *B. tabaci* es susceptible al aceite de petróleo cuando se encuentra en estados inmaduros, como huevo, para controlar las ninfas de la primera etapa (Larew y Locke, 1990).

La agrupación estadística ($p=0.01$) de PHC[®] Neem[®] (Azadirachtina) varió a los 0, 5 y 10 DDA en los dos ensayos. Fue el insecticida natural que presentó la menor densidad de huevos, siempre antecedido de los tratamientos sintéticos. La eficacia osciló de 65.87 a 43.5% en los dos ensayos, a través de los diferentes periodos de infestación (Cuadros 4 y 5). Los extractos de semillas de neem se conocen por causar mortalidad de *B. tabaci* (Carvalho *et al.*, 2012), dificultan al insecto encontrar la fuente de alimento; provocan repelencia y excitación del sistema nervioso que les dificulta volar y la ovoposición; el efecto irritante induce a los insectos a salir de sus refugios, lo que facilita el control (Navarrete *et al.*, 2017). De Almeida *et al.* (2014) documentaron que el aceite de la semilla de neem tiene gran potencial para utilizarse en programas de manejo integrado de mosca blanca. MahaLakshmi *et al.* (2015) encontraron una reducción de 35.23% de la población de ninfas en el tratamiento con Azadirachtina al 3%, a dosis de 5 ml L⁻¹.

El insecticida natural Asphix[®] 90 (Aceite vegetal de semilla de soya), no presentó diferencias significativas con el tratamiento testigo a los 10 DDA en el primer ensayo; con excepción de este resultado, las densidades de huevos a los 0 y 5 DDA en el primer ensayo y a los 0, 5 y 10 DDA en el segundo ensayo, fueron estadísticamente no diferentes al tratamiento Saf-T-Side, ubicándose en el segundo y tercer grupos con la mayor densidad de huevos ($p=0.01$; DMS). El extracto de soya presentó un porcentaje de efectividad de 42.09 a 0% a los 0, 5 y 10 DDA (Cuadro 4 y 5).

La acción insecticida de Asphix[®] 90 probablemente tiene mayor actividad cuando el insecto está presente al momento de la aplicación, debido a que el producto tiene efecto desecante, es altamente lipofílico, altera la cubierta cerosa de ninfas y adultos; bloquea los espiráculos, provoca sofocación; limita el intercambio de gases a través del aerópilo en huevos, los cuales se endurecen y se dificulta la eclosión (Altiara, 2022). En el tratamiento con *Allium* líquido[®] (*Allium sativum*), las densidades de huevos a los 0, 5 y 10 DDA fueron intermedias en los dos ensayos, siempre con un mayor promedio que el tratamiento con PHC[®] Neem[®].

Presentó efectividad de 60.25 a 26.57% durante los periodos de infestación (0, 5 y 10 DDA) en ambos ensayos (Cuadros 4 y 5). En un experimento realizado por Liu *et al.* (2014), quienes evaluaron 16 aceites botánicos, encontraron que *A. sativum* exhibió la mayor efectividad contra adultos de *B. tabaci*. Por el contrario, Gómez *et al.* (1997) reportaron que el extracto de ajo aplicado en el producto Garlic Barrier[®] no presentó ningún efecto contra adultos de *B. tabaci*.

Las densidades de huevo en el tratamiento Biodie[®] (Argemonina+Berberina+ Ricinina+a-terthienil) mostraron evidencia significativa ($p=0.01$; DMS) similar al tratamiento con *Allium* líquido[®]. Se colocó casi siempre en la misma agrupación estadística intermedia, con un porcentaje de efectividad que fluctuó de 57.81 al 14.06% a través de los diferentes periodos de infestación (Cuadros 4 y 5). Probablemente usando dosis altas de Biodie[®] podrían conseguir mejores porcentajes de efectividad que los obtenidos en la presente investigación. Al no ser un producto sistémico, se recomienda realizar buenas coberturas para lograr máximas eficiencias campo.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación demuestran que las poblaciones de *B. tabaci* de la región norte de Guerrero, exhiben respuesta variable a todos los insecticidas sintéticos evaluados. Los productos naturales tienen efecto repelente o disuasivo de *B. tabaci*. El tratamiento con Sivanto® Prime (Flupyradifurone) en aplicaciones foliar y en suelo presentó el mayor porcentaje de efectividad de todos los productos sintéticos, a los 0, 5 y 10 DDA, en los dos ensayos. De los tratamientos con productos naturales, el PHC® NEEM® (Azadiractina) registró el mayor porcentaje de efectividad, a los 0, 5 y 10 DDA en los dos ensayos. La información de este estudio sobre la efectividad residual de los productos utilizados contribuirá a diseñar un programa de manejo integrado de *B. tabaci*, junto con otros métodos de control como culturales y de resistencia genética de la planta hospedera, para prescindir del uso excesivo de insecticidas en el manejo de *B. tabaci* en tomate y otros cultivos hospederos.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18(2):265-267.
- Argerich, C. y Troilo, L. 2011. Diagnóstico socioeconómico del sector hortícola argentino. Aspectos generales del cultivo de tomate *In: manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena del tomate.* FAO. Bs. As. Argentina. (Ed.). 144-145 pp.
- Altiara. 2022. Insecticida Biorracional Asphix 90®. <https://altiara.mx/wp-content/uploads/fichas/Asphix-Ficha-Tecnica.pdf>.
- Bautista, M. N.; Chavarrín, C. y Valenzuela, F. 2010. Tomate: tecnología para su producción en Invernadero. 3ª (Ed.). Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México, México. 12-13 pp.
- Brück, E.; Elbert, A.; Fischer, R.; Krueger, S.; Kühnhold, J.; Klueken, A. M. and Steffens, R. 2009. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: Biological profile and field performance. *Crop Protec.* 28(10):838-844. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.06.015>.
- Caballero, R.; Cyman, S. and Schuster, D. J. 2013. Monitoring insecticide resistance in biotype B of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Florida. *Florida Entomologist.* 96(4):1243-1256. <https://doi.org/10.1653/024.096.0402>.
- Carvalho, S. S.; Vendramim, J. D.; Pitta, R. M. y Forim, M. R. 2012. Eficiencia de nanoformulaciones de aceite de neem para *Bemisia tabaci* (GENN.) Biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Semina. Ciências Agrárias.* 33(1):193-201.
- De Almeida, M. M.; Quintela, E. D.; Mascarin, G. M.; Fernandes, P. M. and Arthurs, S. P. 2014. Management of *Bemisia tabaci* biotype B with botanical and mineral oils. *Crop Protec.* 66:127-132. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.006>.
- Dempsey, M.; Rileyt, D. G. and Srinivasan, R. 2017. Insecticidal effects on the spatial progression of tomato yellow leaf curl virus and movement of its whitefly vector in tomato. *J. Econ. Entomol.* 110(3):875-883. <https://doi.org/10.1093/jee/tox061>
- Fang, Y.; Jiao, X.; Xie, W.; Wang, S.; Wu, Q.; Shi, X. and Zhang, Y. 2013. Tomato yellow leaf curl virus alters the host preferences of its vector *Bemisia tabaci*. *Informes Científicos.* 3(1):1-5.

- Ghanim, M. 2014. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. *Virus Res.* 186:47-54.
- Gastélum, L. R.; Godoy, A. T. R.; López, M. M.; Yáñez, J. M. G.; Inzunza, C. J. F. y Avendaño, M. F. 2014. Rotación de insecticidas para el manejo de mosca blanca *Bemisia tabaci* biotipo b Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) y madurez irregular en frutos de tomate bajo casa sombra. *Entomol. Mex.* 1:846-851.
- Gómez, P.; Cubillo, D.; Mora, G. A. y Hilje, L. 1997. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. *Manejo integrado de plagas. Costa Rica.* 46:17-25.
- Jeschke, P.; Haas, M.; Nauen, R.; Gutbrod, O.; Beck, M. E.; Matthiesen, S. and Velten, R. 2015. Sivanto®. A novel insecticide with a sustainable profile. *In: Maienfisch, P. and Stevenson, T. M. (Ed.). Discovery Synthesis of Crop Protection Products.* 24:331-344.
- Kagabu, S. 2011. Discovery of imidacloprid and further developments from strategic molecular designs. *Rev. de Química Agrícola y Alimentaria.* 59(7):2887-2896. <https://doi.org/10.1021/jf101824y>.
- Larew, H. G. and Locke, J. C. 1990. Repellency and toxicity of a horticultural oil against whiteflies on chrysanthemum. *HortScience.* 25(11):1406-1407. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.11.1406>.
- Liu, X. C.; Hu, J. F.; Zhou, L. and Liu, Z. L. 2014. Evaluation of fumigant toxicity of essential oils of Chinese medicinal herbs against *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *J. Entomol. Zool. Studies.* 2(3):164-169.
- Lugo, M. O. Y.; Guzmán, U. R.; García, E. R. S. y León, F. J. 2011. Geminivirus transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en tomate del Valle Agrícola de Culiacán, Sinaloa. *Rev. Mex. Fitopatol.* 29(2):109-118.
- MahaLakshmi, M. S.; Sreekanth, M.; Adinarayana, M. and Koteswara, R. Y. 2015. Efficacy of some novel insecticide molecules against incidence of whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn.) and occurrence of yellow mosaic virus (YMV) disease in urdbean. *Int. J. Pure App. Biosci.* 3(5):101-106.
- Molina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades. *Manejo integrado de plagas. Costa Rica.* 59(59):76-77.
- Navarrete, B.; Valarezo, O.; Cañarte, E. y Solórzano, R. 2017. Efecto del nim (*Azadirachta indica* JUSS.) sobre *Bemisia tabaci* GENNADIUS (Hemiptera: aleyrodidae) y controladores. *Rev. de Ciencias de la Vida.* 25(1):33-44. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.03>.
- Navas, C. J.; Fiallo, O. E. and Sánchez, C. S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Ann. Review Phytopathol.* 49(1):219-248.
- Nauen, R.; Stumpf, N. and Elbert, A. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Manag. Sci.* 58(9):868-875. <https://doi.org/10.1002/ps.557>.
- Nauen, R.; Reckmann, U.; Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento®)- a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer Crop Sci. J.* 61(2):245-278.
- Nauen, R.; Jeschke, P.; Elten, R.; Beck, M.; Ebbinghaus-Kintscher, U.; Thielert, W.; Wölfel, K.; Haas, M.; Kunz, K. and Raupach, G. 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Manag. Sci.* 71(6):850-862. Doi:10.1002/ps.3932.
- Roditakis, E.; Stavrakaki, M.; Grispou, M.; Achimastou, A.; Van Waetermeulen, X.; Nauen, R. and Tsagkarakou, A. 2017. Flupyradifurone effectively manages whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) and tomato yellow leaf curl virus in tomato. *Pest Manag. Sci.* 73(8):1574-1584. Doi: 10.1002/ps.4577. <https://doi.org/10.1002/ps.4577>.

- Rosen, R.; Kanakala, S.; Kliot, A.; Cathrin, P. B.; Farich, B. A.; Santana-Magal, N.; Elimelech, M.; Kotsedalov, S.; Lebedev, G.; Cilia, M. and Ghanim, M. 2015. Persistent, circulative transmission of begomoviruses by whitefly vectors. *Curr Opin Virol.* 15:1-8. Doi: 10.1016/j.coviro.2015.06.008. Epub 2015 Jul 18. PMID: 26196230.
- SAS Institute. 2018. SAS/SAT user's guide. Versión 6.4. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México.
- Silva, V. S.; Carissimi, B. M. I.; Freitas, B. A.; Luís, G. A.; Vicentini, L. R. and Bueno, F. C. 2012. Effects of insecticides used in *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B control and their selectivity to natural enemies in soybean crop. *Semina. Ciencias Agrarias Londrina.* 33(5):1809-1817. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1809>.
- Smith, H. A. and Giurcanu, M. C. 2014. New insecticides for management of tomato yellow leaf curl, a virus vectored by the silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci*. *J. Insect Sci.* 14(1):1-4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu045>.
- Sparks, T. C.; Crossthaite, A. J.; Nauen, R.; Banba, S.; Cordova, D.; Earley, F. and Wessels, F. J. 2020. Insecticides, biologics and nematicides: Updates to IRAC's mode of action classification a tool for resistance management. *Pesticide Biochem. Physiol.* 167:104587. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104587>.
- Varela, F. S. E.; Camacho, C. R.; Briones, E. F. y López, S. J. A. 2013. Aceites agrícolas para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón italiano de Tamaulipas. *Memorias In: 25° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México.* 4-9 pp.
- Xie, W.; Wu, Q. J.; Xu, B. Y.; Wang, S. L. and Zhang, Y. J. 2011. Evaluation on the effect of spirotetramat on controlling *Bemisia tabaci*. *China Vegetables.* 14:69-73.
- Xie, W.; Liu, Y.; Wang, S.; Wu, Q.; Pan, H.; Yang, X.; Guo, L. and Zhang, Y. 2014. Sensitivity of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to several new insecticides in China: effects of insecticide type and whitefly species, strain, and stage. *J. Insect Sci.* 14:1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu123>.