

EFICACIA DE IMIDACLOPRID, ABAMECTINA Y DIAFLUBENZURON PARA EL CONTROL DE MINADOR DE LA HOJA EN LIMÓN MEXICANO

V. M. Medina-Urrutia[†]; M. M. Robles-González

INIFAP-Colima, Apartado Postal # 88. Tecomán, Colima, México

Correo-e: vmmedinau@hotmail.com; inifaptecoman@prodigy.net.mx ([†]Autor responsable)

RESUMEN

El presente trabajo que consistió de dos experimentos se realizó en huertos de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] en Tecomán Colima, México, con el fin de comparar la efectividad de varios insecticidas; así como para evaluar diferentes concentraciones de Abamectina en comparación con Diaflubenzuron y Clorpirifos para el control del minador de la hoja de cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton). En el primer experimento se evaluaron nueve insecticidas asperjados al follaje observándose que Abamectina e Imidacloprid redujeron fuertemente el número de larvas vivas y pupas vivas, resultando superiores a los demás productos. En el segundo experimento, los tratamientos evaluados en dos localidades (El Llano y Cerrito de Aguilar) fueron: Abamectina 1.8 % CE en concentraciones de 300, 400 y 500 ml-ha⁻¹ más aceite mineral; Diaflubenzuron 0.5 kg-ha⁻¹ y Clorpirifos 48 %, 3.0 litros-ha⁻¹ y un testigo absoluto. En la localidad El Llano, las aplicaciones de insecticidas redujeron entre 80 y 98 % el número de larvas vivas en comparación con el testigo. Donde se aplicó Abamectina hubo una reducción entre 86 y 89 % en porcentaje la hoja deforme (PHD) y 85 a 88 % en el porcentaje de área foliar minada (PAM) con relación al testigo. Diaflubenzuron redujo en 68 % el PHD y en 72 % el PAM. Sin embargo, Abamectina y Diaflubenzuron resultaron estadísticamente iguales en estas variables. Clorpirifos fue el menos efectivo. Aunque en la localidad Cerrito de Aguilar hubo menor infestación de minador, que en El Llano, el comportamiento de los tratamientos fue similar en ambas localidades. Una sola aplicación de Abamectina o Diaflubenzuron fue suficiente para proteger un flujo de brotación vegetativa infestado de minador. No hubo diferencias entre los tratamientos de Abamectina, por lo que podría recomendarse su aplicación en la concentración más baja, alternada con Diaflubenzuron dirigida a brotes vegetativos de limón con una edad de 5 a 7 días.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle], *Phyllocnistis citrella* Stainton, control químico, clorpirifos, larvas vivas, pupas.

EFFECTIVENESS OF IMIDACLOPRID, ABAMECTIN AND DIAFLUBENZURON IN THE CONTROL OF CITRUS LEAFMINER ON MEXICAN LIME TREES

SUMMARY

Two experiments were conducted in a Mexican lime [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] orchards in Tecomán, Colima, México to compare the effectiveness of several insecticides in the control of citrus leafminer (*Phyllocnistis citrella* Stainton) and to compare different concentrations of Abamectin to Diaflubenzuron and Clorpirifos. In the first experiment nine insecticides were sprayed on the foliage. Abamectin and Imidacloprid greatly reduced the number of live larvae and pupae and were superior to the other products. In the second experiment, the treatments evaluated in two sites (El Llano and Cerrito de Aguilar) were 1.8 % Abamectin CE in concentrations of 300, 400, and 500 ml-ha⁻¹ plus mineral oil, Diaflubenzuron 0.5 kg-ha⁻¹, Clorpirifos 48 % 3.0 liter-ha⁻¹, and an absolute control. In the El Llano site, the applications of the insecticides reduced the number of live larvae by 80 and 98 %, compared to the control. Where Abamectin was applied there was a reduction of 86 to 89 % in percentage of deformed leaves and 85 to 88 % in percentage of mined leaf area, relative to the control. Diaflubenzuron reduced percentage of deformed leaves by 68 % and percentage of mined leaves by 72 %. However, Abamectin and Diaflubenzuron were statistically equal in these variables. Clorpirifos was the least effective. Although in the Cerrito de Aguilar site there was less leaf miner infestation than in El Llano, the performance of the treatments was similar. A single application of Abamectin or Diaflubenzuron was sufficient to protect a surge of vegetative budding infested with leaf miner. There were no differences among the treatments with Abamectin, and a lower concentration can be recommended for application, alternating with Diaflubenzuron on 5- to 7-day-old vegetative buds.

ADDITIONAL KEY WORDS: [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle], *Phyllocnistis citrella* Stainton, chemical control, clorpirifos, live larvae, pupae.

INTRODUCCIÓN

El minador de la hoja de cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) es una plaga nueva en México que se estableció en la región limonera del

Pacífico a fines de 1994. (Garza-González y Medina-Urrutia, 1995). La presencia de esta plaga en 'Limón Mexicano' [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] causó alarma entre los productores debido a que la larva de este insecto se

alimenta del tejido superficial en el haz y envés de las hojas ocasionando un considerable porcentaje de área foliar minada y distorsión de las hojas en las brotaciones jóvenes (Robles-González y Medina-Urrutia, 1997). Para hacer frente a este problema se diseñaron diversas estrategias de investigación con el fin de lograr el manejo integrado del minador. En tanto se obtienen resultados sobre control biológico a más largo plazo, se consideró conveniente explorar las alternativas de control químico que ofrecen resultados a más corto plazo.

El minador de la hoja es una plaga importante en la mayoría de las regiones productoras de cítricos en el mundo, por lo que existe mucho interés en contar con información sobre su manejo y control (Hoy, 1996). Un considerable número de estudios sobre control químico de minador se han realizado en la región subtropical de Florida, en naranja, toronja y limón persa (Knapp *et al.*, 1995; Knapp *et al.*, 1996; Peña, 1994; Knapp, 1996; Peña y Duncan, 1993; Bullock y Pelosi, 1996). Después de evaluar un amplio abanico de insecticidas de contacto y sistémicos, se llegó a la conclusión de que los productos químicos más efectivos para el control de minador son Abamectina, Azadirachtin, Fenoxycarb y Diflubenzuron, a la fecha estos productos son los más utilizados en Florida (Knapp *et al.*, 1995; Knapp, 1996). También la mezcla de Abamectina más Diflubenzuron resultó adecuada para controlar minador en limón 'Tahiti' (Peña, 1994). Se ha comprobado la efectividad de Abamectina para el control de minador en plantaciones de cítricos en España (García-Mari, 2000) y en Islas Reunión (Quilici *et al.*, 1996) y también bajo condiciones controladas de laboratorio (Ragusa Di Chiaara *et al.*, 1992). Además de Abamectina, otros insecticidas como Imidacloprid en aplicaciones al tronco, suelo y follaje (Peña, 1994; Bullock y Pelosi, 1996) e inclusive aplicado al suelo a través del sistema de riego (Rodríguez *et al.*, 2000), han resultado eficaces para proteger el follaje contra daños de minador por un periodo de tiempo más prolongado que Abamectina y otros insecticidas. Al parecer Diaflubenzuron también es eficiente para el control de minador, con la ventaja de un menor riesgo de daño a los enemigos naturales de plagas de cítricos (Grosscurt y Weiland, 1996). De acuerdo con Mungroo y Abeeluck, 1998, Imidacloprid, Diaflubenzuron y Abamectina son efectivos para el control de minador ya que causan el 84 a 100 %, 96 y 100 % de mortalidad en larvas, respectivamente.

Los productos orgánicos a base de aceite (Smith y Beattie, 1996; Martínez-Ferrer *et al.*, 2000), así como los productos derivados de extractos de plantas naturales en China (Zeng, 2000) y el *Bacillus thuringiensis* (Zhang *et al.*, 1994) también han sido evaluados para el control del minador. Su uso resulta promisorio debido a que el riesgo de daño a las poblaciones de enemigos naturales de plagas de los cítricos es menor. Sin embargo, su uso no se ha generalizado debido a que han mostrado una eficacia inconsistente, y se requiere información más precisa sobre

el momento y número de aplicaciones, eficiencia de aplicaciones en distintas variedades y especies de enemigos naturales que no son afectadas.

En México reportes previos en Veracruz (Bautista y Bravo, 1997) y Tamaulipas (Ruiz-Cancino y Coronado Blanco, 1994) se inclinan por recomendar el uso de insecticidas que no afectan los enemigos naturales de minador. Por lo general, los estudios sobre control químico de minador, no aportan información de los efectos secundarios que tienen los agroquímicos sobre la fauna insectil. Ante la urgencia de información sobre control químico de minador para plantaciones jóvenes de 'Limón Mexicano' en el trópico, se efectuó el presente estudio con el objeto de evaluar diferentes insecticidas, así como de comparar la efectividad de Abamectina en diferentes concentraciones y Diaflubenzuron con relación al número de larvas muertas e incidencia de daño por minador en las hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo consistió de dos experimentos que se describen a continuación:

Experimento 1

Este estudio se realizó en un huerto de dos años de edad ubicado en un predio denominado Cerrito de Aguilar, municipio de Tecmán, Colima, México con un alto grado de infestación por minador. En este trabajo se tuvo como objetivo hacer una evaluación de los insecticidas disponibles en el mercado para el control de minador. Se seleccionaron nueve insecticidas y un testigo. Los nombres y concentraciones de los insecticidas utilizados aparecen en el Cuadro 1. Cada uno de los productos utilizados se mezclaron con agua y además se adicionó un adherente INEX-A, 2.0 ml-litro⁻¹. Abamectina y Lamdacyhalotrina antes de diluirse con el agua, se mezclaron respectivamente con aceite mineral comercial y aceite experimental TF 8035, este último de Zeneca (ahora Syngenta). Las aspersiones de cada insecticida se efectuaron sobre seis árboles previamente seleccionados, en cada uno de los cuales a su vez se eligieron 10 brotes vegetativos nuevos con daños iniciales de minador en las primeras hojas. Se colectó un total de 60 brotes por tratamiento y registraron las siguientes variables: número de larvas vivas y muertas en el haz y envés de las hojas; así como el número de pupas vivas (sin daño aparente) cinco días después de las aspersiones. Para evaluar el daño de minador también se registraron las variables: Porcentaje de Hojas Afectadas (PHA); Porcentaje de Área Foliar Minada (PAM); Porcentaje de Área Foliar Deforme (PHD). Para el registro del PHD y PAM se utilizó la escala que parece en la Figura 1 y que fue desarrollada previamente por Robles-González y Medina-Urrutia (1997). Para el análisis de los datos se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones, constituyendo un árbol la unidad experimen-

tal. El número total de árboles en este experimento fue de 60. Para la comparación de promedios se utilizó la prueba de Tukey, a una $P \leq 0.05$. Previamente, antes de los análisis de varianza los valores de PHA, PAM y PAD fueron transformados al arcoseno $\sqrt{\text{porcentaje}}$. Así mismo, los valores de las larvas vivas, muertas y pupas vivas se transforman a la $\sqrt{X + 1}$.

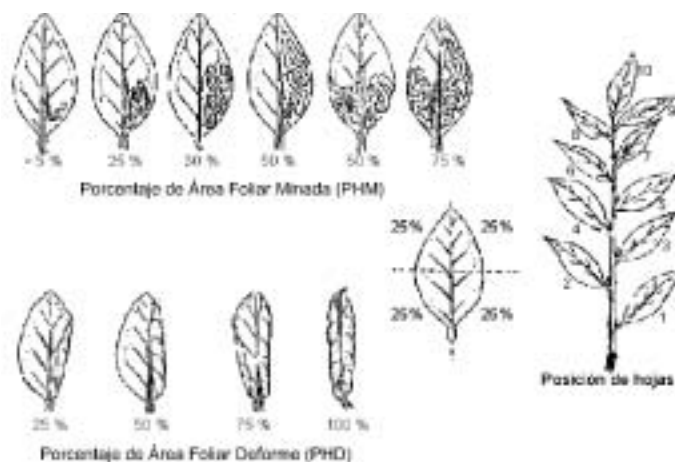


Figura 1. Referencia para la cuantificación del daño de minador en hojas de 'Limón Mexicano'.

Experimento 2

Este trabajo se estableció con el fin de evaluar distintas concentraciones de Abamectina que fue uno de los mejores tratamientos para el control de minador en el trabajo anterior, en comparación con otros dos insecticidas. Para realizar este trabajo se eligieron dos huertos de 'Limón Mexicano'; uno con baja infestación de minador establecido en El Llano del ejido Independencia y el otro con alta infestación de minador ubicado en el Cerrito de Aguilar. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 1) Abamectina 1.8 % CE 300 ml·ha⁻¹; 2) Abamectina 1.8 % CE 400 ml·ha⁻¹; 3) Abamectina 1.8 % CE 500 ml·ha⁻¹; 4) Diaflubenzuron 25 % pH 0.5 kg·ha⁻¹ 5) Clorpirifos 48 %, 3.0 litros·ha⁻¹; y 6) Testigo. El insecticida Abamectina fue mezclado con aceite mineral al 0.25 % antes de diluirse con el agua. A los otros insecticidas se les adicionó INEX-A 300 ml·ha⁻¹ al momento de mezclarse con el agua.

Para evaluar el efecto de los tratamientos se eligieron 96 árboles por localidad. En cada árbol se etiquetaron previamente 10 brotes vegetativos de 4 a 6 días de edad, con daño de minador. De esta manera se tuvieron un total de 160 brotes vegetativos por tratamiento donde se registraron las siguientes variables: Número de larvas vivas y muertas distinguiéndose tres instares clasificados como L1, L2 y L3. Las larvas L1 se distinguieron por ser:

pequeñas, con la cabeza más ancha que el abdomen, el cuerpo plano y de color amarillo-verdoso; las L2 se caracterizaron por tener mayor longitud, pretorax más ancho que la cabeza y del resto del cuerpo; Las L3 fueron las de mayor longitud, y de una coloración amarillo oscuro. Conforme las larvas fueron aumentando en longitud, las minas se fueron haciendo más largas y visibles. También se registró el número de pupas vivas, que se distinguieron por no estar aplanadas, ni con rupturas.

Los daños en las hojas se obtuvieron mediante el registro de las siguientes variables: Porcentaje de hojas afectadas (PHA), porcentaje de hojas deformes (PHD), porcentaje de hojas minadas (PAM) y número de minas por hoja. Para obtener el PHD y PAM se utilizó la escala de la Figura 1, referida anteriormente.

Los árboles de limón en estas dos localidades tuvieron dos años de edad y las aplicaciones se efectuaron en bomba de mochila, cubriendo el 100 % del follaje hasta punto de goteo. La secuencia seguida para la aplicación fue en este orden: Abamectina de menor a mayor concentración; luego Clorpirifos y por último, Diaflubenzuron previo lavado de la mochila dos veces con agua y jabón. Los árboles testigo no recibieron aplicación.

Los estadísticos utilizados en estos trabajos fueron los siguientes: Análisis de varianza con base en un diseño experimental, bloques al azar con cuatro repeticiones, utilizando 4 árboles como unidad experimental. Los datos de PHA, PHD y PAM fueron previamente transformados a la función arcoseno $\sqrt{\text{porcentaje}}$; en tanto que los valores de larvas vivas y muertas, pupas vivas se transforman a la $\sqrt{X + 1}$.

RESULTADOS

Experimento 1

Efecto de insecticidas en el número de larvas y pupas de minador

El número de larvas de minador por hoja en las primeras 4 a 6 hojas antes de las aplicaciones de insecticidas, varió de entre 0.75 a 1.06. El número de larvas fue mayor en el envés que en el haz (Cuadro 1). Las aplicaciones de insecticidas redujeron entre un 34 y 50 % la cantidad de larvas vivas en el envés, y entre 50 y 100 % en el haz. En consecuencia hubo mayor cantidad de larvas muertas en el envés, que en el haz. Entre los insecticidas sobresalieron Diaflubenzuron que resultó efectivo para suprimir larvas en el envés y Abamectina e Imidacloprid que no permitieron que las larvas llegaran a un estado pupal (Cuadro 1).

CUADRO 1. Efecto de insecticidas al follaje en el número de larvas vivas y muertas, así como pupas vivas de minador en ‘Limón Mexicano’.
Experimento 1.

Insecticidas (Concentración)	Larvas Vivas por Hoja		Larvas Muertas por Hoja		Pupas Vivas
	Envés	Haz	Envés	Haz	
Abamectina 0.75 ml-litro ⁻¹	0.3 a ^y	0.0 c	0.4 ab	0.05 b	0.00 c
Imidacloprid 1.0 ml-litro ⁻¹	0.4 a	0.00 c	0.5 ab	0.03 b	0.00 c
Lambdacyhalotrina 2.5 ml-litro ⁻¹	0.3 a	0.08 bc	0.4 ab	0.02 b	0.23 b
Lambdacyhalotrina 2.5 ml-litro ⁻¹ x	0.3 a	0.12 ab	0.4 ab	0.02 b	0.20 bc
Clorpirifos 44.5 %; 4.0 ml-litro ⁻¹	0.4 a	0.11 ab	0.4 ab	0.06 b	0.28 b
Malation 2.0 ml-litro ⁻¹	0.3 a	0.06 bc	0.4 ab	0.06 b	0.14 bc
Acefato 4.0 g-litro ⁻¹	0.4 a	0.07 bc	0.3 b	0.15 a	0.48 a
Diaflubenzuron 25 %; 2.0 g-litro ⁻¹	0.4 a	0.01 c	0.6 a	0.04 b	0.15 bc
Dimetoato 2.0 ml-litro ⁻¹	0.3 a	0.07 bc	0.3 b	0.05 b	0.30 ab
Testigo	0.6 a	0.13 a	0.06 c	0.06 b	0.35 ab

^xSe mezcló con 2.0 ml-litro⁻¹ de aceite mineral.

^yValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Efecto de insecticidas en los daños por minador al follaje Experimento 2

En este experimento, la infestación por minador fue alta. Los árboles testigo mostraron el 80 % de hojas afectadas. La mayoría de insecticidas abatieron porcentaje de hojas afectadas (PHA). Sin embargo, la aplicación de Imidacloprid y Abamectina redujeron en un 30 a 40 % el porcentaje de hojas afectadas mostrado por el testigo (Cuadro 2). Así mismo, la aspersión de insecticidas redujo entre 50 y 67 % el número de minas por hoja, en tanto que los demás insecticidas fueron similares al testigo. Como consecuencia de usar Abamectina e Imidacloprid se logró la mayor reducción del área foliar minada, así como del área foliar deforme, superando estos productos a los demás insecticidas y al testigo (Cuadro 2). Esto indica que al utilizar estos productos la infestación de minador se detuvo.

Localidad El Llano

En esta localidad la incidencia de minador en las hojas de limón Mexicano fue baja.

Efecto de los insecticidas en los estadios larvarios y pupas

La cuantificación del número de larvas y por hojas por brote vegetativo se efectuó un día antes de las aplicaciones de insecticidas. Cinco días después se hizo un nuevo conteo de larvas vivas, larvas muertas, daños por larvas y pupas vivas por hoja. El número de larvas vivas antes de las aplicaciones fue similar entre los tratamientos.

CUADRO 2. Efecto de insecticidas al follaje en el número de larvas vivas y muertas, así como pupas vivas de minador en ‘Limón Mexicano’.
Experimento 1.

Insecticidas (Concentración)	Hojas Afectadas (%)	Área Foliar (%)		Minas por Hoja
		Minada	Deforme	
Abamectina 0.75 ml-litro ⁻¹	40 bc ^y	6.5 d	6.3 c	0.5 d
Imidacloprid 1.0 ml-litro ⁻¹	50 bc	6.2 d	6.0 c	0.7 cd
Lambdacyhalotrina 2.5 ml-litro ⁻¹	70 ab	23.9 abc	23.7 abc	1.0 abc
Lambdacyhalotrina 2.5 ml-litro ⁻¹ x	71 a	22.6 bcd	16.7 bc	1.1 abc
Clorpirifos 44.5 %; 4.0 ml-litro ⁻¹	70 ab	30.0 abc	26.9 ab	1.1 abc
Malation 2.0 ml-litro ⁻¹	60 ab	22.9 bcd	21.3 abc	0.9 bcd
Acefato 4.0 g-litro ⁻¹	80 a	43.6 a	32.7 ab	1.4 ab
Diaflubenzuron 25 %; 2.0 g-litro ⁻¹	60 a	21.4 cd	21.1 abc	1.0 abc
Dimetoato 2.0 ml-litro ⁻¹	71 ab	28.5 abc	24.5 abc	1.0 abc
Testigo	80 a	42.5 ab	38.7 a	1.4 a

^xSe mezcló con 2.0 ml-litro⁻¹ de aceite mineral.

^yValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

CUADRO 3. Efecto de insecticidas sobre los estadios larvarios y pupas de minador de la hoja de 'Limón Mexicano'. Experimento 2.

Tratamiento	Número de Larvas por Hoja			Estadio Larvario ²	Pupas Vivas por Hoja
	Previo Vivas	Posterior Vivas	Aplicación ^x Muertas		
Abamectina 300 ml·ha ⁻¹	0.40 ^y	0.02 b	0.37 a	1.2 b	0.0 b
Abamectina 400 ml·ha ⁻¹	0.42	0.01 b	0.41 a	1.1 b	0.0 b
Abamectina 500 ml·ha ⁻¹	0.45	0.01 b	0.43 a	1.2 b	0.0 b
Diaflubenzuron 2.0 kg·ha ⁻¹	0.46	0.08 b	0.40 a	1.5 b	0.01 b
Clorpirifos 3.0 litros·ha ⁻¹	0.48	0.10 b	0.36 a	1.8 ab	0.03 b
Testigo	0.58	0.50 a	0.10 b	2.3 a	0.20 a
Significancia	NS	**	**	**	**

²El daño por larvas de estimó en base al estadio larvario que con mayor frecuencia apareció, promedio del brotes; se asignaron los valores siguientes: L1 = 1, L2 = 3 y L3 = 5.

^xCinco días después de la aplicación

^yvalores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

NS, "; no significativa y significativa a una $P \leq 0.01$.

Sin embargo, después de las aplicaciones se observó que todos los insecticidas causaron una elevada mortalidad de larvas en comparación con el testigo. El número de larvas vivas se redujo entre 84 y 98 %.

Así mismo, las hojas que recibieron la aplicación de insecticidas mostraron daños causados por estadios larvarios más tempranos que el testigo, lo que sugiere que los agroquímicos especialmente Abamectina y Diaflubenzuron matan inmediatamente las larvas de minador no permitiendo que avancen a otro instar. Aunque el número de pupas registrado en el experimento fue reducido, permite apreciar que los insecticidas redujeron la presencia de pupas vivas en las hojas: Abamectina causó una reducción del 100 % y Diaflubenzuron del 95 % y Clorpirifos del 85 % de pupas vivas en las hojas en comparación con el testigo.

Efecto de insecticidas en el daño por minador a las hojas

El daño causado por el minador se midió a través de

las variables porcentaje de hoja afectadas (PHA), porcentaje de área foliar deforme (PHD) y porcentaje de área foliar minada (PAM), cuyos valores se registraron cinco días después de la aplicación de insecticidas.

La aspersión de insecticidas al follaje prácticamente no disminuyó el porcentaje de hojas afectadas por minador; así mismo los agroquímicos tampoco redujeron el número de minas en las hojas en comparación con el testigo en la localidad de baja infestación El Llano.

En cambio, la aspersión de insecticidas redujo notablemente el porcentaje de área foliar deforme y el porcentaje de área foliar minada. Aunque los cuatro productos resultaron muy buenos para el control de minador en estas dos variables, destacaron por su mayor efectividad las concentraciones de Abamectina que redujeron entre 86 y 89 % el PHD y, 85 y 88 % el PAM en comparación con el testigo; así como también en segundo término, se ubicó el Diaflubenzuron con el cual se obtuvo una reducción del 68 y 72 % del PHD y PAM, respectivamente (Cuadro 4). Con Clorpirifos también se obtuvo el menor control del PHD (58 %) y del PAM (60 %).

CUADRO 4. Daños causados por minador a las hojas de 'Limón Mexicano' asperjadas con insecticida al follaje. Experimento 2.

Tratamiento	Porcentaje de Hoja Afectada (PHA)	Porcentaje de Área Foliar		Minas por Hoja
		Deforme (PHD)	Minada (PAM)	
Abamectina 300 ml·ha ⁻¹	36 ²	1.2 c	2.0 b	0.52
Abamectina 400 ml·ha ⁻¹	39	1.5 c	2.1 b	0.40
Abamectina 500 ml·ha ⁻¹	40	1.2 c	1.7 b	0.47
Diaflubenzuron 2.0 kg·ha ⁻¹	39	3.3 bc	4.1 b	0.48
Clorpirifos 3.0 litros·ha ⁻¹	41	4.4 b	5.8 b	0.53
Testigo	50	10.4 a	14.4 a	0.60
Significancia	NS	**	**	NS

²valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

NS, "; no significativo y significativo a una $P \leq 0.01$.

Localidad Cerrito de Aguilar

En esta localidad la infestación por minador en las hojas de limón mexicano fue alta.

Efecto de los insecticidas sobre los estadios larvarios del minador

Antes de las aplicaciones los tratamientos mostraron similares niveles de infestación de larvas de minador (Cuadro 5). Sin embargo, cinco días después de la aplicación, los árboles que recibieron las aspersiones de agroquímicos redujeron drásticamente el número de larvas vivas por hoja. Todos los agroquímicos tuvieron estadísticamente el mismo efecto (Cuadro 5). Sin embargo, los árboles tratados con las tres concentraciones de Abamectina y los asperjados con Diaflubenzuron controlaron la plaga eficazmente y redujeron drásticamente el desarrollo de la larva en estadios mayores a L2. Los cinco tratamientos de insecticidas fueron efectivos para matar los tres estadios larvarios de minador. Aunque, se notó una tendencia de mayor sensibilidad del L2 a los insecticidas en general (Figura 2). Abamectina en concentraciones bajas aniquiló más larvas de minador en L1 y L2; en concentraciones altas este insecticida mató más minadores en L2. Diaflubenzuron y Clorpirifos redujeron mayormente las larvas de minador en L2. Derivado de lo anterior, el número de pupas vivas por hoja se redujo con las aspersiones, en comparación con el testigo (Cuadro 5).

Efecto de insecticidas en el daño por minador a hojas de limón

En esta localidad claramente se observó que el nivel de infestación de minador fue muy diferente al de El Llano. El porcentaje de hojas afectadas se obtuvo al registrar el daño ocasionado por la plaga al menos en una hoja por

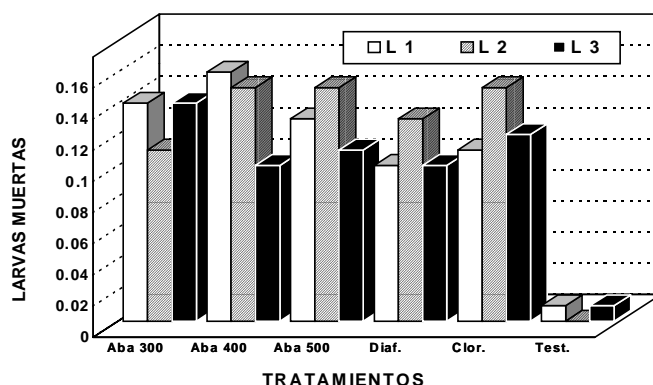


Figura 2. Efecto de insecticidas sobre el número de larvas muertas en el envés de las hojas de 'Limón Mexicano'. Experimento 2. Aba: Abamectina, 300, 400 y 500; son los mg·ha⁻¹ aplicados. Diaf: Diaflubenzuron a 2 kg·ha⁻¹. Clor: Clorpirifos a 3 litros·ha⁻¹. Test.: testigo. L1: larvas pequeñas, con la cabeza más ancha que el abdomen, el cuerpo plano y de color amarillo-verdoso. L2: larvas de mayor longitud, pretorax más ancho que la cabeza y del resto del cuerpo. L3: larvas de mayor longitud, y de una coloración amarillo oscuro.

brote vegetativo. La infestación de minador por lo general comienza en la hoja basal en los primeros días de haber emergido el brote (Figura 1), mientras las hojas permanecen en posición vertical. La aspersión de insecticidas redujo notablemente el porcentaje de hojas afectadas por minador. Abamectina logró una reducción entre 44.1 y 48 % en el PHA, en tanto que con Diaflubenzuron hubo una reducción del 41.8 % en el PHA y con Clorpirifos la reducción fue únicamente de 24.4 %. Así mismo, con Abamectina se obtuvo un decremento entre 59.2 a 62.5 % en el PHD y del 84.9 a 88.2 % en el PAM en comparación con el testigo. Al utilizar Diaflubenzuron y Clorpirifos hubo menor reducción en el PHD y PAM, que con Abamectina, aunque superior al testigo (Cuadro 6). El número de minas por hoja disminuyó con las aspersiones de insecticidas. El uso de Abamectina en sus tres concentraciones y Diaflubenzuron 2.0 litro·ha⁻¹, redujeron entre 48.2 y 60.6 % el número de minas por hoja.

CUADRO 5. Efecto de insecticidas sobre los estadios larvarios y pupas de minador en 'Limon Mexicano'. Experimento 2.

Tratamiento	Concentración	Número de Larvas por Hoja			Daños por Larvas ^z	Pupas Vivas por Hoja
		Previo Vivas	Posterior Vivas	Aplicación ^x Muertas		
Abamectina	300 ml·ha ⁻¹	0.45 ^y	0.02 b	0.43 a	1.6 c	0.02 b
Abamectina	400 ml·ha ⁻¹	0.42	0.00 b	0.42 a	1.7 c	0.00 b
Abamectina	500 ml·ha ⁻¹	0.48	0.00 b	0.48 a	1.6 c	0.00 b
Diaflubenzuron	2.0 kg·ha ⁻¹	0.41	0.02 b	0.39 a	1.9 c	0.02 b
Clorpirifos	3.0 litros·ha ⁻¹	0.52	0.06 b	0.48 a	2.7 b	0.11 b
Testigo		0.45	0.40 a	0.03 b	4.2 a	0.61 a
Significancia		NS	**	**	**	**

^xEl daño por larvas de estimó en base al estadio larvario que con mayor frecuencia apareció, promedio del brotes; se asignaron los valores siguientes: L1 = 1, L2 = 3 y L3 = 5.

^yCinco días después de la aplicación

^zValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

NS, *; no significativo y significativo a una $P \leq 0.01$.

CUADRO 6. Daños causados por minador a las hojas de 'Limón Mexicano' tratadas con insecticidas al follaje. Experimento 2

Tratamiento	Hoja Afectada (%; PHA)	Porcentaje de Área Foliar		
		Deforme (PHD)	Minada (PAM)	Minas por Hoja
Abamectina 300 ml-ha ⁻¹	44 c ^z	3.6 c	5.8 c	0.57 b
Abamectina 400 ml-ha ⁻¹	46 c	14.8 c	6.9 c	0.57 b
Abamectina 500 ml-ha ⁻¹	48 bc	13.8 c	5.4 c	0.67 b
Diaflubenzuron 2.0 kg-ha ⁻¹	50 bc	18.1 bc	9.2 be	0.70 b
Clorpirifos 3.0 litros-ha ⁻¹	65 b	20.8 b	17.7 b	0.88 ab
Testigo	86 a	36.3 a	45.8 a	1.45 a

^zValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

DISCUSIÓN

Al igual que en limón 'Persa' (Peña y Duncan, 1993; Peña, 1994) y otros cítricos (Knapp *et al.*, 1995; Knapp *et al.*, 1996; Knapp, 1996; Hoy, 1996; García-Marí *et al.*, 2002; Peña y Duncan, 1993; Rodríguez *et al.*, 2000; Bullock y Pelosi, 1996) Abamectina e Imidacloprid sobresalieron de los demás insecticidas por su efectividad para proteger de minador los brotes vegetativos del 'Limón Mexicano' en el primer experimento (Cuadro 1 y 2). Posteriormente, en el segundo experimento nuevamente Abamectina confirmó su eficacia para el control de minador aún en concentraciones bajas de 300 ml-ha⁻¹ (Cuadros 4, 5, 6 y 7). En este último experimento, también Diaflubenzuron y Clorpirifos tuvieron un efecto adecuado al matar estadios larvarios de minador, sin embargo, no fueron tan efectivos para prevenir las minas y distorsión foliar como se observó con Abamectina e Imidacloprid (Cuadros 2, 4 y 6). Esto resulta importante porque se asume que a menor daño de minador en las hojas, se espera una mayor eficiencia fotosintética y en consecuencia mayor producción. Sin embargo, el efecto del daño de minador sobre la brotación, floración y producción en limón requiere ser estudiada con detalle para cuantificar el impacto real de la plaga. Considerando el potencial de uso que tienen Abamectina, Imidacloprid y Diaflubenzuron en 'Limón Mexicano' se deben valorar las ventajas y desventajas de su posible aplicación comercial. Imidacloprid es sistémico y se puede aplicar de diversas formas (al suelo, al tronco, al follaje); en el suelo se mantiene activo de 5 a 15 semanas (Knapp *et al.*, 1995; Bullock y Pelosi, 1996; Rodríguez *et al.*, 2000). Sin embargo, además de ser tóxico para las abejas e invertebrados acuáticos (Knapp, 1997), se le reporta como moderadamente tóxico para avispas parasitoides de mosca blanca, algunos Coccinelidos depredadores de áfidos y para depredadores de ácaros (Grosscurt y Weiland, 1996). Abamectina también es sistémico, aunque localizado, eficaz en aplicaciones al follaje para control de minador y además es efectivo para ácaros de los cítricos (Knapp *et al.*, 1995; Peña, 1994; Peña y Duncan, 1993); no obstante también está catalogado como tóxico para abejas animales

mamarios y organismos acuáticos (Knapp, 1997); así mismo es ligero a moderadamente tóxico para depredadores de trips, arañas y ácaros (Grosscurt y Weiland, 1996). Diaflubenzuron, poco menos eficaz que Abamectina, mostró un control aceptable de minador en 'Limón Mexicano' y aunque es tóxico para animales acuáticos invertebrados (Knapp, 1997), se le ha reportado como de bajo riesgo para avispas parasitoides de mosca blanca, depredadores de ácaros, arañas y ligeramente dañino para escarabajos depredadores de áfidos, ácaros y arañas; además es el único compuesto no tóxico para las abejas (Grosscurt y Weiland, 1996). En estados Unidos, Abamectina y Diaflubenzuron están autorizados, pero su uso en agricultura está restringido. Los períodos de mayor incidencia de minador en 'Limón Mexicano' ocurren entre octubre–noviembre y mayo–junio (Robles-González y Medina-Urrutia, 1997) cuando la floración es escasa y la actividad de las abejas es reducida, lo cual podría disminuir el riesgo de daño a las abejas en caso de utilizar Imidacloprid y Abamectina.

Por otro lado, comparativamente las brotaciones vegetativas de la naranja requieren entre 30 y 45 días para completar su desarrollo en el subtrópico (Knapp *et al.*, 1995; Knapp *et al.*, 1996; Knapp, 1996), en tanto que los brotes de 'Limón Mexicano' en el trópico alcanza su máximo crecimiento de 12 a 15 días (Medina-Urrutia *et al.*, 2001). Esto permite que se tenga un mayor lapso de tiempo en naranja que en limón para el control de minador. En el caso del limón a los cinco días los brotes vegetativos son muy pequeños y las hojas aún no se expanden por lo que el área foliar es reducida; en tanto que a los 10 días de edad, los brotes están completamente infestados por minador. Esto sugiere que para lograr un eficiente control de minador en 'Limón Mexicano', la ventana de oportunidad para realizar una aplicación adecuada es de únicamente 3 a 5 días, cuando los brotes tienen entre 5 a 10 días de edad. Grosscurt y Weiland (1996), consignan que en el caso del Diaflubenzuron es posible incrementar su eficacia al aplicar el producto al follaje de manera preventiva poco antes de que ocurra la oviposición del adulto de minador. Sin embargo, esto es poco factible en limón, dado que las primeras hojas pueden ser afectadas desde el segundo o tercer día de haber emergido el brote y el área foliar desarrolladas es insuficiente para lograr un cubrimiento efectivo.

Imidacloprid, podría brindar un mayor período de protección contra minador si se hacen aplicaciones al suelo y tronco en árboles jóvenes de limón. Sin embargo, se requieren estudios sobre los métodos de aplicación de este producto para corroborar lo anterior y para optimizar su uso en limón, dado que el tipo de follaje y manejo de las plantaciones en esta especie podrían presentar un problema para las aplicaciones.

Sería recomendable, en estudios futuros evaluar concentraciones de Abamectina inferiores a 300 ml-ha⁻¹,

así como la mezcla de Abamectina más Diaflubenzuron para reducir los costos de aplicación.

Por otra parte, es indudable que existe la tendencia de los cítricos por evitar el uso de agroquímicos para reducir el impacto que estos tienen sobre las poblaciones de enemigos naturales, por lo que se han visto favorecidos los estudios de aceites, extractos vegetales, *Bacillus thuringiensis*, etc., para el control de minador (Bautista y Bravo, 1997; Smith y Beattie, 1996; Zhang *et al.*, 1994; Knapp *et al.*, 1995).

Sin embargo, salvo pocas excepciones (Smith y Beattie, 1996) la efectividad de aceites, de los extractos del árbol del nim, y *Bacillus thuringiensis* ha sido baja (Knapp *et al.*, 1995; Peña y Duncan, 1993). Adicionalmente el uso experimental de estos productos considerados como orgánicos no permitieron lograr un control efectivo del minador en 'Limón Mexicano'. Se sabe que los aceites tienen un favorable efecto ovicida (Smith y Beattie, 1996) y que se requieren al menos dos aplicaciones de neemix (nim) para lograr un control aceptable de minador (Knapp *et al.*, 1995). La validación de estas alternativas de control de minador en limón es prácticamente imposible, debido a la dificultad para lograr un buen cubrimiento con aceites en brotes menores de cinco días de edad y a la imposibilidad de repetir dos aplicaciones de neemix sobre una misma brotación de limón, debido a su rápido crecimiento.

En conclusión para un control químico efectivo de minador en plantaciones jóvenes de 'Limón Mexicano', los resultados aquí obtenidos son bastante promisorios en tanto no se tenga información de nuevos productos que sean superiores a los aquí reportados.

CONCLUSIONES

Abamectina, Diaflubenzuron e Imidacloprid resultaron efectivos para el control de minador en las hojas de 'Limón Mexicano', especialmente por su acción sobre los estadios larvarios.

Entre los tres productos sobresale la acción de Abamectina en sus tres concentraciones (300, 400 y 500 ml-ha⁻¹) porque propició los menores porcentajes de área foliar deforme, así como la más baja incidencia de área foliar minada. Sin embargo, Diaflubenzuron e Imidacloprid podrían presentar una alternativa eficaz.

En virtud de que no hay diferencia entre las concentraciones de Abamectina utilizadas, se sugiere la concentración más baja aunque convendría explorar experimentalmente con concentración aún más bajas. Diaflubenzuron a 500 g-ha⁻¹ podría utilizarse en aplicaciones alternadas con Abamectina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por el CONACYT-Simorelos y las Fundaciones Produce Colima y Michoacán, así como también la empresa Merck a quienes se le agradece su contribución financiera.

LITERATURA CITADA

- BAUTISTA M. N.; BRAVO M., H. 1997. El Minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. Folleto Técnico para Productores. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México, México.
- BULLOCK, R. C.; PELOSI, R. R. 1996. Efficacy of Imidacloprid vs Citrus leafminer (CLM), *Phyllocnistis citrella* Stainton, in Florida, USA. Proc. Int. Soc. Citriculture: 536-541.
- GARCÍA-MARI, F.; GRANDA, C.; JUAN, M.; ALONSO, D.; ZARAGOZA, S.; ALONSO, A.; RODRÍGUEZ, J. M.; ALMELA, V.; COSTA-CONELLES, J.; AGUSTI, M. 2000. Damage produced by citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) to adult citrus groves in Valencia (Spain). Int. Soc. Citriculture, Orlando, Florida, USA. p. 100. (Abstract).
- GARCÍA-MARI, F.; GRANDA, C.; ZARAGOZA, S.; AGUSTÍ, M. 2002. Impact of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) on leaf area development and yield of mature citrus trees in the Mediterranean area. Journal of Economic Entomology 95(5): 966-974.
- GARZA-GONZÁLEZ, E.; MEDINA-URRUTIA, V. M. 1995. Minador de la hoja de los cítricos: plaga potencial para la citricultura de Colima. SAGAR - Delegación Estatal Colima. Comité Regional de Sanidad Vegetal. Colima, México. Desplegable.
- GROSSCURT, A. C.; WEILAND, R. T. 1996. Diaflubenzuron: a new management tool for citrus root weevils and citrus leafminer. Proc. Int. Soc. Citriculture: 579-583.
- HOY, M. A. 1996. Managing the citrus leafminer. Proc. International Conference. University of Florida. Orlando, Florida, USA. 119 p.
- KNAPP, J. L.; ALBRIGO, L. G.; BROWNING, H. W.; BULLOCK, R. C.; HEPPNER, J. B.; HALL, D. G.; HOY, M. A.; NGUYEN, R.; PEÑA, J. E.; STANSLEY, P. A. 1995. Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. Current Status in Florida. IFAS-University of Florida. Florida, USA.
- KNAPP, J. L. 1996. Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: The Florida experience. Proc. Int. Soc. Citriculture: 549-552.
- KNAPP, J. L.; PEÑA, J. E.; STANSLEY, P. A.; BULLOCK, R. C.; SHAPIRO, J. P. 1996. Chemical control of the citrus leafminer: What are the options?, pp. 21-24. In: Managing the Citrus Leafminer. M. Hoy (ed.) Proc. Int. Conference. Orlando, Florida, USA.
- KNAPP, J. L. 1997. Florida Citrus Pest Management Guide SP-43. University of Florida, Cooperative Extension Service. IFAS. Florida, USA. 75 p.
- MARTÍNEZ-FERRER, M. T.; FIBLA, J. M.; CAMPOS, J. M.; BELTRÁN, E. 2000. Using insecticide mineral oil for controlling *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and other summer pests in an integrated pest management program in Citrus groves. Int. Soc. Citriculture, Orlando, Florida USA. p. 101. (Abstract).
- MEDINA-URRUTIA, V. M. 1997. Manejo Integrado del Minador de la hoja *Phyllocnistis citrella* Stainton en limón Mexicano. Memoria de Simposium Internacional "Control Biológico de

- minador de la hoja". Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico e INIFAP. Sociedad Mexicana de Control Biológico.
- MUNGROO, Y.; ABEELUCK, D. 1998. The citrus pest, *Phyllocnistis citrella* Stainton and its control in Mauritius. AMAS 98. Food Agricultural Research Council. Agricultural Research and Extension unit. Reunion, Mauritius. pp. 89-94.
- PEÑA, J. E. 1994. Update on control of citrus leafminer. Proc. Fla. State Hort. Soc. 107: 72-75.
- MEDINA-URRUTIA, V. M.; ROBLES-G., M. M.; BECERRA-R., S.; OROZCO-R., J.; OROZCO-S., M.; GARZA-L., J. G.; OVANDO-C., M. E.; CHÁVEZ-C, X; FÉLIX-C., F. 2001. El cultivo del Limón Mexicano. Libro Técnico No. 1. INIFAP. Colima, México. 188 p.
- PEÑA, J. E.; DUNCAN, R. 1993. Control of citrus leafminer in South Florida. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 106: 47-51.
- PERALEZ-GUTIÉRREZ, M. A.; ARREDONDO-B., H. C.; GARZA-G, E.; DÍAZ-H., C. 1997. Control biológico de minador de la hoja de los cítricos en Colima. Memoria de Simposio Internacional "Control biológico de minador de la hoja de cítricos". Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. INIFAP. Sociedad Mexicana de Control Biológico. pp.19-22..
- QUILICE, S.; FRANCK, A.; MONTAGNEUX, B.; VINCENOT, D.; PASTOU, D. 1996. First studies on the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Stainton) Lepidoptera: Gracillariidae on Reunion Island. Proc. Int. Soc. Citriculture: 542-548.
- ROBLES-GONZÁLEZ, M. M.; MEDINA-U., V. M. 1997. Fluctuación del daño del minador de la hoja de los cítricos en limón mexicano. Memoria de Simposium Internacional "Control Biológico de minador de la hoja de cítricos". Centro Nacional de Referencia de Control Biológico; Sociedad Mexicana de Control Biológico; INIFAP. Sociedad Mexicana de Control Biológico. pp. 5-10.
- RODRÍGUEZ, V. A.; MAZZA S. M.; GAUNA, P. 2000. Effect of different imidacloprid applications on Citrus leafminer. Int. Soc. Citriculture, Orlando, Florida, USA. p. 101. (Abstract).
- RUIZ-CONCINO, E.; CORONADO-BLANCO, J. M. 1994. Minador de la hoja de los cítricos. *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). Centro de Investigación. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Folleto Entomológico # 1.
- SÁNCHEZ; CERMELI, J. M.; MORALES, P. 2002. Ciclo biológico del minador de la hoja de cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en naranja (*Citrus sinensis* (L) Osbeck). Entomotropica 17(2): 167-172.
- SMITH D., BEATTIE, G. A. 1996. Australian Citrus IPM and Citrus leafminer, pp. 34-36. In: Managing the citrus leafminer. M. Hoy. (ed.) Proc. Int. Conference. Orlando Florida, USA.
- ZENG, X. 2000. New approaches toward the control of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. Int. Soc. Citriculture Congress. Orlando, Florida, USA. p. 102. (Abstract).
- ZHANG, A.; LEARY, V. C.; QUARLES, W. 1994. Chinese IPM for Citrus leafminer. IPM Practitioner 16(8): 10-13.