

INVESTIGACIONES

DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD EN TRES POBLACIONES DE *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) A METOMILO Y BUPROFEZIN¹

Determination of the susceptibility to methomyl and buprofezin in three
populations of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae)

Robinson Vargas M.² y Andrés Alvear de la F.³

ABSTRACT

The susceptibility level of *Trialeurodes vaporariorum* to methomyl was determined for three field populations collected from *Lycopersicum esculentum* Mill. in Quillota, Chile. Mean Lethal time (LT₅₀) was estimated by probit analysis, managing to detect minimum losses of susceptibility in field populations of 1.1, 1.2 and 1.6 times more than the susceptible population. Additionally, analysis of variance (ANOVA) permitted the rapid differentiation between a susceptible population and population with less susceptibility. Field experiments confirmed the loss of susceptibility to methomyl and in addition the efficacy of buprofezin control. The control failures may be caused by both loss of susceptibility to methomyl and inefficient spraying techniques. A strategy of resistance management is discussed, that includes the use of insecticides with different modes of action, cultural practices, and utilization of biological control via *Encarsia formosa* and *Eretmocerus corni*.

Key word: resistance monitoring, greenhouse white fly, insecticides.

INTRODUCCIÓN

La mosquita blanca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, es una de las plagas más importantes de hortalizas en el mundo, provocando importantes reducciones en el rendimiento y la calidad de esos productos. Actualmente en Chile, la mosquita blanca es una plaga de importancia económica primaria en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernaderos en la comuna de Quillota. Se

estimó que el costo promedio de aplicaciones, sólo por compra de insecticidas, en una temporada es aproximadamente entre US\$ 1.049 y 2.326 por hectárea, lo que representa entre el 49 y el 87% del costo total de insecticidas aplicados (comunicación personal con agricultores, 1998).

Se ha demostrado que las poblaciones de mosquita blanca han desarrollado resistencia a todos los grupos de insecticidas convencionales (Wardlow *et al.*, 1972; Wardlow, 1976, 1984, 1985; Elhag y Horn 1983, citados por Sanderson y Roush, 1992) y últimamente a grupos químicos con nuevos modos de acción, tales como los inhibidores de crecimiento (De Cock *et al.*, 1995). En Chile, no existen antecedentes sobre el nivel de susceptibilidad de la mosquita blanca a ningún insecticida.

¹Recepción de originales: 01 de octubre de 1999.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental de Entomología La Cruz, Chile. E-mail: rvargas@lacruz.inia.cl

³Universidad de Aconcagua, Facultad de Agronomía, Viña del Mar, Chile. E-mail: uac@entelchile.net

El control de esta plaga de tomates en invernaderos se basa principalmente en el uso de carbamatos e inhibidores de crecimiento, los cuales son aplicados bajo el criterio calendario. Un insecticida muy utilizado es metomilo, el cual es aplicado entre 12 y 40 veces por temporada, ejerciendo una fuerte presión de selección sobre las poblaciones. Por esta situación, es muy probable que la mosquita blanca haya disminuido su susceptibilidad o ya sea resistente a metomilo.

Una parte crítica en cualquier programa de manejo de la resistencia a plaguicidas es el monitoreo (Whalon y Grafius, 1994). Detectar bajos niveles de resistencia es de gran importancia si deseamos que los manejos estratégicos puedan ser adoptados en el momento oportuno para mantener la susceptibilidad de las plagas. Los métodos para detectar resistencia normalmente han consistido en la estimación de concentraciones letales 50 ó 90 (CL_{50} y CL_{90}), los cuales son adecuados para detectar altos niveles de resistencia, pero inadecuados para detectar mínimas pérdidas de susceptibilidad (Roush y Miller, 1986). Esta investigación propone un método práctico y confiable para detectar pérdidas de susceptibilidad utilizando los tiempos letales 50 y 90 (TL_{50} y TL_{90}). Estos índices tienen una importancia práctica, especialmente si se cuenta con un número limitado de insectos, como ocurre a menudo cuando las pruebas se realizan con poblaciones de campo, cuando un pesticida experimental está en cantidad limitada o cuando resulta importante la velocidad de mortalidad (Throne *et al.*, 1995). Desde el punto de vista teórico, puede ser indicador preliminar del modo de acción de un compuesto químico y los mecanismos de detoxificación (Robertson y Preisler, 1992).

Los objetivos de esta investigación fueron: determinar posibles pérdidas de susceptibilidad entre diferentes poblaciones de mosquita blanca de los invernaderos, evaluar una nueva metodología para detectar dichas pérdidas, utilizando el tiempo letal y proponer un procedimiento tentativo para el manejo de resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos: Se utilizaron poblaciones de *T. vaporariorum* expuestas a metomilo desde al menos 5 años, colectadas desde los predios Los Morrillos Fundo Esmeralda (MFE), Universidad Católica de Valparaíso (UCV) y Esmeralda Fundo Santa Olivia (ESO) ubicados en el sector La Palma, comuna de Quillota (lat. 32° 43'S; long. 71° 16'W; alt. 128 m.s.n.m.). La población susceptible se obtuvo desde crianzas mantenidas en plantas de tomates y alcayotas (*Cucurbita ficifolia* Bouche) en el Centro Experimental de Entomología (CEE), Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Cruz, las que han permanecido por más de 5 años sin exposición a insecticidas. Para disponer continuamente de insectos adultos, se colectaron brotes de plantas de tomate infestados con altas y bajas densidades de pupas y ninfas para ensayos de 1 a 5 días. Con el objeto de mantener la vida útil de las estructuras vegetativas, éstas fueron puestas en una solución de 1g de ácido 1-naftilacético más captan (enraizante) en 800 mL de H₂O.

Insecticidas: Los bioensayos de laboratorio y de campo fueron realizados con formulaciones comerciales de metomilo y buprofezin. Metomilo (S-metil-N[metilcarbamoil]oxi]tioacetimidato) es un carbamato inhibidor de acetilcolinesterasa que actúa por contacto (E.I. Du Pont de Nemours & Co., Inc. AFIPA, 1998). Buprofezin (2-tert-butilimino-3-isopropil-5-fenil-1,3,5-thiadizinan-4-ona) altera la producción y acumulación de quitina en la cutícula, actuando por contacto e ingestión sobre los estadios ninfales (Nihon Nohyaku, AFIPA, 1998). Para los ensayos en laboratorio se usó una concentración de 0,00135 g ingrediente activo (I.A.) 100 mL⁻¹ de agua destilada. Comparada con la concentración comercial (1 kg ha⁻¹ = 0,27 g 100 mL⁻¹ de agua destilada), ésta fue 200 veces más baja, debido a que metomilo es un insecticida de efecto inmediato y a dosis mayores se obtenían valores cercanos al 100% de mortalidad durante los primeros 5 min de exposición, complicando el recuento de mortalidad de adultos.

Bioensayos de laboratorio: Se utilizó un bioensayo de residuos en placas de Petri, ventiladas mediante dos perforaciones de 0,5 cm de diámetro, en el costado de cada placa base y separadas unos 2 cm. El bioensayo consistió en aplicar a través de la Torre de Potter una solución de 2 mL de una concentración de 0,00135 g I.A. 100 mL⁻¹ de agua destilada sobre placas de Petri de 5 cm de diámetro. Una vez seco el material (1 h 20 min en campana extractora de aire a 25,3°C ± 2,6 y 55% ± 13,6 de humedad relativa), se procedió a tapar las placas y a obstruir uno de los orificios con un tubo de goma de 1,5 cm aproximadamente, en cuyo extremo se incorporó un trozo de tul de 1,5 cm² impregnado con insecticida. Inmediatamente después grupos de 10 individuos fueron colocados en el interior de cada placa mediante un aspirador manual a través de la otra perforación, que fue tapada enseguida. Las pruebas se realizaron con temperaturas entre 24 y 30°C y una humedad ambiental entre 45 y 65%. Considerando la acción fulminante y el corto efecto residual del insecticida, los intervalos de observación de mortalidad, comenzaron a partir de los primeros 20 min y luego cada 5 min, hasta llegar al 90 ó 95% de mortalidad. El criterio de mortalidad fue la imposibilidad de pararse o volar, quedando en posición dorsal, incluyendo a los moribundos.

Se utilizaron 7 repeticiones de 20 individuos aproximadamente cada una, para un total de 143 a 146 individuos por población. En cada repetición se incluyeron controles con 10 individuos confinados en placas de Petri sólo con agua destilada. Se establecieron los TL₅₀ y los TL₉₀ de la población susceptible y posteriormente, se realizó un ANDEVA en un punto significativo de la regresión para comparar la susceptibilidad de las poblaciones.

Ensayos de campo: Las evaluaciones de campo fueron realizadas sobre ninfas del 1° al 4° estadio. El bioensayo consistió en la aplicación de tres tratamientos (metomilo, buprofezin y agua) en dos predios (Los Morrillos Fundo Esmeralda [MFE] y Esmeralda Fundo Santa Olivia [ESO])

con un mojamiento de 0,5 L de agua por planta (cada planta de 1,7 a 2,0 m de altura). Los productos fueron dosificados de acuerdo a las recomendaciones comerciales y al tamaño de los ensayos; 1,3 g de metomilo 2 L⁻¹ de agua (1.000 g 1.500 L⁻¹) y 2 g de buprofezin 2 L⁻¹ de agua (100 g 100 L⁻¹).

Previo a las aplicaciones se escogió una hoja infestada con ninfas, marcando áreas con 30 a 43 individuos y además de la zona muestreada. Cuatro días post aplicación se recolectaron las hojas y se realizó el recuento de mortalidad en laboratorio bajo lupa estereoscópica, considerando ninfas muertas aquellas con deshidratación evidente. Se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento (cada uno de 30 y 43 individuos), para un total de 140 a 152 individuos por población y un testigo por ensayo.

Análisis estadístico: Los resultados del bioensayo en placas de Petri se sometieron a probit y el ANDEVA. Las regresiones entre mortalidad y tiempo fueron analizadas por el modelo probit (Polo PC), estimándose los TL_s para cada población. Con el fin de evitar que las respuestas en diferentes puntos del tiempo se correlacionen, se utilizaron diferentes grupos de prueba para cada período de tiempo (Robertson y Preisler, 1992). Los índices de susceptibilidad fueron calculados dividiendo los TL_s de la población de campo, por el TL de la población susceptible (CEE) y la prueba de bondad de ajuste fue realizada por el parámetro χ^2 . La respuesta de dos poblaciones se consideró significativamente diferente si los intervalos de confianza, para los TL₅₀ y TL₉₀ no se traslapaba. Luego, se compararon los porcentajes de mortalidad de las poblaciones en el TL₅₀ de la población susceptible mediante el ANDEVA, con los datos previamente transformados a la forma Log (x + 1) con el fin de corregir la heterocedasticidad (Zar, 1984). Cuando el ANDEVA indicó poblaciones significativamente diferentes (P < 0,05), los promedios de mortalidad entre las poblaciones fueron separados por la prueba de comparación múltiple de Tukey. Por otra parte, los resultados

de mortalidad del bioensayo de campo, para determinar la efectividad de metomilo y buprofezin en la población MFE y ESO, se corrigieron mediante la fórmula de Abbott (Busvine, 1971), luego fueron transformados por $\text{Log}(x + 1)$ y analizados por la prueba t de Student (Zar, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Bioensayos de laboratorio y ensayos de terreno: En el Cuadro 1 se aprecia que los TL_{50} y TL_{90} de todas las poblaciones (MFE, UCV y ESO) fueron significativamente diferentes a la población susceptible (CEE), lo que indica que las poblaciones de campo, sometidas a una constante presión de selección, están perdiendo la susceptibilidad a metomilo. El parámetro χ^2 (chi cuadrado) calculado resultó menor al χ^2 tabular, indicando que los resultados se ajustan adecuadamente al modelo probit. Por otra parte,

los bajos valores de χ^2 y las altas pendientes, sugieren que las poblaciones estudiadas tienen una frecuencia relativamente alta de individuos susceptibles.

Las pruebas preliminares para estimar las mortalidades respecto a las series progresivas de concentraciones, no entregaron datos adecuados para analizarlos estadísticamente debido a la variabilidad en las respuestas de las poblaciones (no fue posible construir regresiones estadísticamente correctas). Además, el rápido efecto provocado por el producto, no permitió estimar con precisión las concentraciones a utilizar. Estas razones llevaron a descartar el uso de las CL como parámetro de evaluación.

Para efectuar el ANDEVA, se realizaron comparaciones a los 31 min de exposición o TL_{50} (punto significativo de la regresión estimado mediante análisis probit). Los resultados sugie-

Cuadro 1. Tiempos letales de poblaciones de adultos de *Trialeurodes vaporariorum*, expuestas a una concentración letal de metomilo estimado por análisis probit

Table 1. Lethal times of *Trialeurodes vaporariorum* adult population exposed to lethal concentration of methomyl estimated by probit analysis

| Población | Nº de individuos | Pendientes | χ^2 | LT_{50} 95% I.C. | Índice de resistencia | LT_{90} 95% I.C. | Índice de resistencia |
|-----------|------------------|-------------------|----------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| CEE | 146 | 8,539 +- 0,596 | 3,79 | 31,3a (30,3 - 32,3) | - | 44,2a (42,1 - 47,0) | - |
| MFE | 145 | 5,729 +- 0,452 | 1,65 | 34b (32,5 - 35,7) | 1,1 | 56,9b (52,3 - 63,7) | 1,3 |
| UCV | 146 | 7,115 +- 0,557 | 0,97 | 37,5b (36,1 - 38,9) | 1,2 | 56,8b (53,1 - 62,0) | 1,3 |
| ESO | 143 | 4,755 +- 0,381 | 3,95 | 49,7c (46,8 - 53,6) | 1,6 | 92,7c (81,7 - 109,6) | 2,1 |

*Letras iguales en una columna indican que no existen diferencias significativas de los tiempos letales entre las poblaciones.

CEE: Centro Experimental de Entomología (La Cruz).

MFE: Los Morrillos, Fundo Esmeralda (Quillota).

UCV: Univesidad Católica de Valparaíso (Quillota).

ESO: Esmeralda, Fundo Santa Olivia (Quillota).

-. Sin información.

ren que este análisis permitiría diferenciar las respuestas de las poblaciones a metomilo sólo en algunos puntos de la regresión, lo que advierte sobre las restricciones que tiene el ANDEVA en un programa de monitoreo de resistencia, confirmando lo mencionado por Robertson y Preisler (1992).

La mortalidad de la población ESO (Cuadro 2), evaluada después de 31 min de exposición a los residuos de metomilo, fue significativamente menor comparada con la población susceptible (CEE), indicando una pérdida de susceptibilidad a este insecticida en la población previamente expuesta. Esta pérdida de susceptibilidad, es acentuada posiblemente por la escasa inmigración de insectos externos debido a los manejos propios del predio, tales como: invernaderos protegidos con mallas y entornos prediales limitados por barreras artificiales, lo que puede significar la aplicación del insecticida sobre poblaciones con mínima variación genética que podría

determinar una aceleración del desarrollo de resistencia.

Las poblaciones MFE y UCV fueron más susceptibles a metomilo que la población ESO. Sin embargo, la población MFE puede haber adquirido resistencia debido a que el productor utilizaba una concentración más alta (100 g metomilo 100 L⁻¹ de agua), aplicando el insecticida con una frecuencias de 7 a 15 días. Aunque los bioensayos de laboratorio y de campo coincidieron en demostrar que la población MFE es sensible a metomilo, lo que sugiere que la alta densidad poblacional de mosquita blanca puede deberse a una aplicación deficiente del insecticida. Sin embargo, al comparar la susceptibilidad entre MFE y CEE (Cuadro 1), se aprecia que la población MFE está comenzando a perder susceptibilidad a metomilo.

La población UCV mantenía una fuerte carga de insecticidas con grupos químicos de diferentes modos de acción, incluyendo: carbamatos, inhibidores de síntesis de quitina, organofosforados, cloronicotinilo y piridina azometina. Esto pudo retardar la aparición de resistencia a metomilo, pero podría promover el desarrollo de resistencia cruzada y un aumento progresivo de los costos, debido al uso de insecticidas de última generación.

Los ensayos de campo (Cuadro 3), indican que metomilo mantiene un control relativamente menor en ESO comparado con MFE. Además, se observa que buprofezin fue más efectivo en la población MFE que en ESO, lo que indicaría que la población ESO está perdiendo susceptibilidad al insecticida. Esta población hasta el momento no ha evidenciado problemas de control, sin embargo, esta situación puede cambiar si continúa o aumenta la presión de selección sobre las poblaciones. Por otra parte, con el tratamiento buprofezin se obtuvieron mortalidades promedios significativamente más altas comparadas con las mortalidades obtenidas con metomilo, confirmando la mayor efectividad de este insecticida sobre la población ESO.

Cuadro 2. Comparación de mortalidades entre cuatro poblaciones de *Trialeurodes vaporariorum* expuestas a residuos por 30 min (LT50 estimado previamente por probit)

Table 2. Mortality comparison among four populations of *Trialeurodes vaporariorum* exposed to residues for 30 min (LT50 previously determined from probit analysis)

(F = 16,487; GL = 27; P = 0,000005;
Coef. Variación 11,2%)

| Poblaciones | Número de adultos | Mortalidades promedio |
|-------------|-------------------|-----------------------|
| CEE | 146 | 92,29a |
| MFE | 145 | 71,86a |
| UCV | 146 | 75,43a |
| ESO | 143 | 47,14b |

*Test de Tukey (HSD): Letras iguales no son significativamente diferentes (P > 0,05).

CEE: Centro Experimental de Entomología (La Cruz).

MFE: Los Morrillos, Fundo Esmeralda (Quillota).

UCV: Univesidad Católica de Valparaíso (Quillota).

ESO: Esmeralda, Fundo Santa Olivia (Quillota).

Cuadro 3. Comparación de efectividad y susceptibilidad entre las poblaciones ESO y MFE, expuestas a concentraciones comerciales de metomilo y buprofezin en un ensayo de campo

Table 3. Comparison of the effectiveness and susceptibility between ESO and MFE populations exposed to commercial concentrations of methomyl and buprofezin under field conditions

| Tratamientos | Porcentajes de mortalidad media MFE | Porcentajes de mortalidad media ESO |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Metomilo | 71aA | 40aB |
| Buprofezin | 82aA | 58bB |

Test de t: Las letras mayúsculas iguales indican que los promedios comparados horizontalmente (MFE y ESO) no difieren significativamente ($P < 0,05$). Las letras minúsculas iguales indican que los promedios comparados verticalmente (metomilo y buprofezin) no difieren significativamente ($P < 0,05$).

MFE: Los Morrillos, Fundo Esmeralda (Quillota).
ESO: Esmeralda, Fundo Santa Olivia (Quillota).

El conjunto de pruebas determinó que a concentraciones comerciales metomilo ejerce un control medianamente efectivo sobre las poblaciones de mosquita blanca evaluadas. Por ende, las fallas de control de las poblaciones de mosquita blanca se deberían a la pérdida de susceptibilidad a este insecticida y técnicas de aplicación deficientes en cobertura, dosificación, baja presión de agua y épocas inoportunas de aplicación.

Respecto al método estadístico utilizado, la estimación del tiempo letal no ha sido un parámetro comúnmente empleado para monitorear resistencia, sin embargo, en este estudio resultó una herramienta útil, muy sensible y rápida de calcular, permitiendo determinar bajos niveles de pérdida de susceptibilidad. Además, aceptó intervalos de observaciones más cortos permitiendo la construcción de una regresión de mortalidad estadísticamente adecuada. En cambio, los bioensayos preliminares que utilizaron con-

centraciones seriadas, no permitieron estimar en forma consistente la ocurrencia de mortalidad para cada nivel de concentración. Esto se debió fundamentalmente a las características altamente tóxicas del producto, resultando en índices de mortalidad erráticos para concentraciones altas e intermedias y originando evaluaciones de alta variabilidad en concentraciones bajas. Desde un punto de vista práctico, los bioensayos que utilizan la CL quedan en función de las concentraciones (5 ó más niveles de concentraciones) y un tiempo final de evaluación (24 ó 48 h); en cambio con el TL es posible fijar una concentración y un tiempo total del experimento mucho menor (0,00135 g I.A. de metomilo 45 min⁻¹ de exposición), lo que resulta más rápido, menos laborioso, más preciso y sin mortalidad en el testigo. Con este tiempo de exposición, la mortalidad en todos los grupos de control fue siempre 0% (10 individuos por placa), por lo que el tiempo como tal, no se relacionó con la mortalidad. La limitante de respuestas correlacionadas, mencionadas por Robertson y Preisler (1992), se evitó mediante el uso de grupos independientes de individuos, de manera tal que cada grupo quede en un tiempo de observación diferente.

El ANDEVA resultó útil para detectar y comprobar resistencia en puntos significativos de una regresión estimada por probit. Además, la interpretación del ANDEVA es simple y rápida (lo cual es deseable en un programa de seguimiento de la evolución de resistencia). No obstante, concordando con Perry (1986), el ANDEVA presenta una serie de limitaciones en cuanto a experimentos biológicos, ya que no permite la cuantificación ni estimación de un parámetro de comparación (CL, DL o TL) entre las poblaciones, lo que es de gran importancia al momento de iniciar un monitoreo de resistencia y sólo permite analizar los TL₅₀ o CL₅₀ en un punto de la regresión. Por lo tanto, el ANDEVA debería ser utilizado sólo si se desea evaluar poblaciones donde inicialmente se han determinado los niveles de susceptibilidad mediante regresiones probit, para discriminar de manera rápida entre

poblaciones susceptibles y resistentes en puntos significativos de una regresión, lo que es de gran utilidad en un programa de evaluación de resistencia.

Como tácticas de manejo de resistencia a corto plazo, se sugiere disminuir la aplicación intensiva de metomilo, utilizándolo únicamente en épocas en donde las poblaciones se encuentren en sus estadios más susceptibles y alternar su uso con un insecticida de diferente modo de acción, como buprofezin. Sin embargo, el uso frecuente de buprofezin para el control de mosquita blanca también podría inducir el desarrollo de resistencia. La resistencia a buprofezin ya ha sido documentada en poblaciones de mosquita blanca en Bélgica, las cuales resultaron 154 veces más resistentes que la población susceptible, luego de 24 aplicaciones durante 4 años de uso intensivo (Ishaaya *et al.*, 1995). Otros estudios señalan que con sólo dos aplicaciones de buprofezin, la susceptibilidad de la mosquita blanca disminuyó 4 a 5 veces (Horowitz e Ishaaya, 1994). Se debe considerar que los ensayos de terreno indican una pérdida de susceptibilidad de la población ESO respecto a la población MFE. Sin embargo, este resultado se deberá confirmar en pruebas específicas de laboratorio. Con el fin de conservar la efectividad de buprofezin sobre las poblaciones de mosquita blanca se recomienda no utilizar este producto más de dos veces en una temporada.

Como estrategia a utilizar en el largo plazo para mantener la efectividad de los insecticidas utilizados en el control de mosquita blanca y conservar sus genes susceptibles dentro de la población, será necesario implementar algunas tácticas de manejo de resistencia, ya que una estrategia basada solamente en el uso de rotaciones con insecticidas de diferentes modos de acción, mezclas de insecticidas o mosaicos de aplicación, probablemente no sea una solución a largo plazo para resolver el problema de resistencia. Esto debido a sus potenciales desventajas, tales como el desarrollo de resistencia múltiple y la incompatibilidad con tácticas de control biológico

mediante *Encarsia formosa* (Gahan) y *Eretmocerus corni* (Haldeman). Por lo tanto, el Manejo Integrado de Resistencia (MIR) debe ser dirigido a minimizar el uso de insecticidas y a utilizar preferentemente tácticas no químicas, tales como el uso de enemigos naturales adaptados a las variables climáticas, resistentes a pesticidas o variedades de tomates resistentes a la plaga.

En Chile, se han mencionado una serie de prácticas que permiten ampliar el rango de tácticas de control de la mosquita blanca, como la eliminación de hojas basales y rastrojos, utilización de trampas de color amarillo más una sustancia adhesiva y mallas para evitar infestaciones, las cuales pueden ser usadas de manera práctica e incorporadas al sistema de control de mosquita blanca para disminuir en parte la presión de selección ejercida por insecticidas. Otras tácticas, tales como umbrales económicos, inmigración de poblaciones susceptibles y control biológico, deberían ser estudiadas para su utilización en programas de MIR. Entre las tácticas destinadas a mejorar la eficiencia de aplicación de insecticidas, se recomienda calibrar los equipos pulverizadores, utilizar el volumen de mojamiento óptimo, utilizar las dosis más bajas y aplicarlas en base a un sistema racionalizado de decisión.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos experimentalmente confirman una disminución en la efectividad de control de la mosquita blanca de los invernaderos con metomilo, deduciendo que las fallas observadas en el control de esta plaga se deberían en parte a la aparición de razas resistentes y a las deficiencias de aplicación.
- El complemento de métodos estadísticos, probit como estimador de los TL_5 y el ANDEVA para realizar comparaciones en puntos significativamente distintos de esa regresión, generan una valiosa información acerca del grado de susceptibilidad de las poblaciones, para un programa de manejo de resistencia.

- Buprofezin representa una buena alternativa para disminuir la presión de selección ejercida por metomilo.
- Otras estrategias tales como el control biológico, variedades de tomates resistentes, monitoreo, umbrales de daño, entre otras, deben ser estudiadas y validadas.

RESUMEN

Se evaluó el nivel de susceptibilidad a metomilo en tres poblaciones de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), colectadas de *Lycopersicon esculentum* Mill. en Quillota, Chile. Se estimaron los tiempos letales medios (TL₅₀) mediante el análisis probit, logrando detectar mínimas pérdidas de susceptibilidad en las poblaciones de campo de 1,1; 1,2 y 1,6 veces más que la población susceptible. Complementariamente, el análisis de varianza (ANDEVA) permitió diferenciar en forma rápida entre una población susceptible y una población con menor susceptibilidad. El ensayo de campo validó la pérdida

de susceptibilidad a metomilo y además mostró la eficacia del control con buprofezin. Las fallas de control pueden ser causadas por la pérdida de susceptibilidad a metomilo y a técnicas deficientes de aplicación. Se discute una estrategia de manejo de resistencia, que sugiere la utilización de insecticidas con diferentes modos de acción, manejos culturales e incorporación del control biológico mediante el uso de *Encarsia formosa* y *Eretmocerus corni*.

Palabras clave: monitoreo de resistencia, mosquita blanca de los invernaderos, insecticidas.

LITERATURA CITADA

- AFIPA. 1998. Manual Fitosanitario. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G. Santiago, Chile. p. 45-137.
- BUSVINE, J. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides. 2nd ed. London, UK. Commonwealth Agriculture Bureaux. p. 267-268.
- DE COCK, A.; ISHAAYA, I.; VAN DE VEIRE, M. AND DEGHEELE, D. 1995. Response of buprofezin susceptible and resistant strains of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)) to pyriproxyfen and diafenthiuron. J. Econ. Entomol. 88: 763-767.
- HOROWITZ, A. AND ISHAAYA, I. 1994. Managing resistance to insect growth regulators in the sweetpotato whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)). J. Econ. Entomol. 87: 886-871.
- ISHAAYA, I.; DE COCK, A. AND DEGHEELE, D. 1995. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)). J. Econ. Entomol. 87: 1185-1189.
- PERRY, N. 1986. Multiple-comparison procedures: A dissenting view. J. Econ. Entomol. 79: 1149-1155.
- ROBERTSON, J.L. AND PREISLER, H.K. 1992. Pesticide bioassay with arthropods. Boca Raton, Florida, USA. CRC Press. 121 p.
- ROUSH, T. AND MILLER, L. 1986. Considerations for design of insecticide resistance monitoring programs. J. Econ. Entomol. 79: 293-298.

- SANDERSON, J. AND ROUSH, T. 1992. Monitoring insecticides in greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (West.)) with yellow sticky cards. J. Econ. Entomol. 85: 634-641.
- THRONE, E.; WEAVER, D.; CHEW, V. AND BAKER, E. 1995. Probit analysis of correlated data: Multiple observations over time at one concentration. J. Econ. Entomol. 88: 1510-1512.
- WHALON, E. AND GRAFIUS, J. 1994. Monitoring theory and practice. Global Pest Resistance Management. Michigan State University. Michigan, USA. 5-15 July. p. 79-88.
- ZAR, J. 1984. Biostatistical analysis. 2nd ed. Illinois, USA. Prentice-Hall International, Inc. p. 236-243.