

RESISTENCIA A ACARICIDAS EN *Tetranychus urticae* (Koch) ASOCIADA AL CULTIVO DE FRESA EN ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO

RESISTANCE OF *Tetranychus urticae* (Koch) TO ACARICIDES APPLIED ON STRAWBERRIES IN ZAMORA, MICHOACÁN, MÉXICO

Saúl E. Villegas-Elizalde¹, J. Concepción Rodríguez-Maciel^{1*}, Socorro Anaya-Rosales¹, Hussein Sánchez-Arroyo¹,
Javier Hernández-Morales¹, Rafael Bujanos-Muñiz²

¹Entomología y Acarología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. 56230. Km. 36.5. Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México (concho@colpos.mx). ²Campo Experimental Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya Guanajuato (bujanos@att.net.mx).

RESUMEN

El Valle de Zamora, Michoacán, es la zona productora de fresa (*Fragaria*×*ananassa* Duchesne) más importante de México. En este valle y en muchas otras regiones de México la araña roja *Tetranychus urticae* Koch es la principal plaga de este cultivo; Su combate se sustenta en el uso de acaricidas y se desconoce el nivel de resistencia que tiene a dichos compuestos. Por tanto, se determinó la susceptibilidad a abamectina, endosulfán, fenpropatrín, oxidemetón metílico y propargite en una población de arañas. La población de campo de araña roja manifestó resistencia a abamectina, endosulfán y oxidemetón metílico, cuyos valores de CL₉₅ fueron 4986, 211389 y 390675, lo que correspondió a valores de RR₉₅ de 224.6, 110.2 y 26.2×. En contraste, la población fue susceptible a propargite (RR₉₅=0.4×) y fenpropatrín (RR₉₅=11.0×). Estos resultados coinciden con la frecuencia de uso de los acaricidas en campo. En los casos donde se detectó resistencia, los productores realizan en promedio 30 aplicaciones por ciclo de cultivo y sostienen que su efectividad es baja respecto a la que tenían originalmente dichos productos.

Palabras clave: acaricidas, ácaro de dos manchas, araña roja, susceptibilidad, Tetranychidae.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Zamora, Michoacán, es la zona productora de fresa, *Fragaria*×*ananassa* Duchesne, más importante de México. En esta región, durante el ciclo agrícola 2006-2007 se cultivaron 1905 ha de fresa, con un rendimiento promedio de

ABSTRACT

The Valley of Zamora, Michoacán, is the major strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duchesne) growing region of México. In this valley as in many other regions of México, the red spider mite *Tetranychus urticae* Koch is the main pest of this crop; although its control is mainly based on the use of acaricides and its level of resistance to these compounds is unknown. Therefore, the response of a spider population to abamectine, endosulfan, phenpropatrín, oxidemeton methyl and propargite, was evaluated. The red spider mite field population exhibited resistance to abamectine, endosulfan and oxidemeton methyl, whose LC₉₅ values were 4986, 211389, and 390675 mg L⁻¹, which correspond to RR₉₅ values of 224.6, 110.2 and 26.2-fold. In contrast, the population was susceptible to propargite (RR₉₅=0.4-fold) and phenpropatrín (RR₉₅=11.0-fold). These results coincide with the frequency of acaricide use in the field. In the cases where resistance was detected, growers apply acaricides at an average of 30 times per crop season every crop cycle and perceive that their field effectiveness is lower than it was originally.

Key words: acaricides, two-spotted spider mite, red spider mite, susceptibility, Tetranychidae.

INTRODUCTION

The Valley of Zamora, Michoacán, is the most important strawberry (*Fragaria*×*ananassa* Duchesne)-producing region of México. During the 2006-2007 growing season, 1905 ha of strawberries were cultivated in the region with an average yield of 33.5 t ha⁻¹ (SIAP, 2007), mainly in the municipalities of Zamora (840 ha), Jacona (548 ha), Tangancícuaro (271 ha) and Ixtlán (178 ha) (SIAP, 2007).

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: Noviembre, 2008. Aprobado: Agosto, 2009.

Publicado como NOTA en *Agrociencia* 44: 75-81. 2010.

33.5 t ha⁻¹ (SIAP, 2007). Los principales municipios productores de este cultivo son: Zamora (840 ha), Jacona (548 ha), Tangancicuaro (271 ha) e Ixtlán (178 ha) (SIAP, 2007).

La plaga más importante de la fresa en esta región es la araña roja, *Tetranychus urticae* (Koch). Esta especie, al alimentarse de la savia de la planta reduce su vigor, calidad y rendimiento (Cabrera-Oropeza *et al.*, 1996; Klamkowski *et al.*, 2007). Su combate en la región se sustenta en la aplicación calendarizada de acaricidas. Sin embargo, esta plaga ha mostrado gran capacidad para desarrollar resistencia en poco tiempo (Price *et al.*, 2002; Stumpf y Nauen, 2002; Herron *et al.*, 2004). Esta capacidad se debe a: 1) amplia variación genética heredable en la respuesta a acaricidas (Clark *et al.*, 1995; Stumpf y Nauen, 2002; Wei-Dong *et al.*, 2003); 2) elevada tasa reproductiva, dado que cada hembra puede depositar 50 a 100 huevecillos viables durante su vida (Shaefers y Shanks, 1991); 3) tiempo generacional de 7 a 14 d, dependiendo de la temperatura (Shaefers y Shanks, 1991; Van de Vrie y Price, 1994).

Algunos productores de la zona perciben que los plaguicidas usados para controlar la araña roja ya no tienen la efectividad biológica original y no hay estudios regionales respecto al estado actual de la respuesta a los acaricidas usados contra esta plaga. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de resistencia a abamectina, endosulfán, fenpropatrín, oxidemetón metílico y propargite en una población de araña roja procedente de cultivos de fresa del Valle de Zamora, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Poblaciones de ácaros

La respuesta a acaricidas se determinó en dos poblaciones, una susceptible y otra de campo. Esta última provino del Valle de Zamora en el estado de Michoacán, donde se seleccionaron al azar tres lugares y en cada lugar se ubicaron 10 sitios separados por ≥ 2 km. En cada sitio se recolectaron ≥ 100 individuos (ninfas y adultos) y se colocaron en jaulas entomológicas que contenían plantas de frijol, *Phaseolus vulgaris* (L.), variedad Peruano de 24 ± 4 d de edad, como lo sugieren Helle y Overmeer (1985). Se hicieron tres recolectas (8 de marzo, 8 de abril y 8 de mayo de 2007) y el material biológico se envió al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se reprodujeron hasta F_1 para realizar los ensayos.

The red spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) is the major strawberry pest in the region. By feeding on the sap, it reduces plant vigor, quality and yield (Cabrera-Oropeza *et al.*, 1996; Klamkowski *et al.*, 2007). Its control is based on scheduled applications of acaricides, but this pest has exhibited a notable capacity for developing resistance in a short time (Price *et al.*, 2002; Stumpf and Nauen, 2002; Herron *et al.*, 2004). This ability is due to 1) broad heritable genetic variation in response to acaricides (Clark *et al.*, 1995; Stumpf and Nauen, 2002; Wei-Dong *et al.*, 2003); 2) high rate of reproduction given that each female can lay 50 to 100 viable eggs during her lifetime (Shaefers and Shanks, 1991); 3) generational time-span of 7 to 14 d, depending on temperature (Shaefers and Shanks, 1991; Van de Vrie and Price, 1994).

Growers of the region have noted that the pesticides used to control the red spider mite are not as biologically effective as they were originally, and there are no regional studies on the current state of the pest's response to the acaricides used. Thus, the objective of this study was to determine the level of resistance to abamectine, endosulfan, fenpropatrin, oxidemeton methyl and propargite in a population of red spider mites from strawberry fields of the Valley of Zamora, Michoacán.

MATERIALS AND METHODS

Acarid populations

Response to acaricides was determined in two populations: a susceptible population and a field-collected population. The latter was from the Valley of Zamora in the state of Michoacán, where three zones were selected at random; in each zone 10 sites ≥ 2 km apart were established. At each site, ≥ 100 specimens (nymphs and adults) were collected and placed in entomological cages that contained 24 ± 4 -old common bean plants (*Phaseolus vulgaris* (L.), variety Peruano, as suggested by Helle and Overmeer (1985). Three collections were conducted (March 8, April 8, and May 8, 2007), and the biological material was sent to the Colegio de Postgraduados, Montecillo Campus, where they reproduced up to F_1 , which was used for bioassays.

The susceptible reference population was reared from specimens collected from poinsettia plants, *Euphorbia pulcherrima* (Wild ex. Klotzch), and kept in a greenhouse free of selection pressure from pesticides for three years (approximately 80 generations) in Montecillo, State of México. The specimens

Como población susceptible de referencia se usaron individuos de araña roja recolectados en plantas de nochebuena, *Euphorbia pulcherrima* (Wild ex. Klotzch), y se mantuvieron en invernadero libres de presión de selección por plaguicidas por tres años (aproximadamente 80 generaciones) en Montecillo, Estado de México. La identificación de especie de los individuos la realizó la Dra. Socorro Anaya Rosales del Programa de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados.

Acaricidas

Para los ensayos biológicos se usaron cinco acaricidas autorizados en México contra la araña roja en el cultivo de fresa (SENASICA, 2007): abamectina (Agrimec 1.8 CE[®], concentrado emulsionable, 18 g de i.a. L⁻¹, Syngenta Agro S. A. de C. V.), endosulfán (Thiodan 35 CE[®], concentrado emulsionable, 350 g de i.a. L⁻¹, Bayer de México, S. A. de C. V.), fenpropatrín (Herald 375 CE[®], concentrado emulsionable, 375 g de i.a. L⁻¹, Valent de México, S. A. de C. V.), oxidemetón metílico (Metasystox R-25[®], concentrado emulsionable, 250 g de i.a. L⁻¹, Bayer de México, S. A. de C. V.) y propargite (Omite CE[®], concentrado emulsionable, 720 g de i.a. L⁻¹, Crompton Corporation S. A. de C. V.). Para preparar las concentraciones evaluadas en los ensayos se utilizó agua destilada.

Ensayo biológico

Se usó el método de ensayo propuesto por Cahill *et al.* (1996) con una modificación en la planta utilizada. En vez de discos foliares de algodón, *Gossypium* sp., se usaron discos foliares de frijol (*P. vulgaris* L.). Se cortaron discos (49 mm) del tercio medio de hoja de plantas de frijol var. Peruano de 24±4 d de edad. Se sumergieron los discos por 10 s en la concentración deseada de acaricida y se expusieron 5 min a una corriente suave de aire para eliminar el exceso de humedad. Los discos foliares se colocaron con el envés hacia arriba en cajas petri (50 mm diámetro y 9 mm altura) que contenían agar al 2 %. En cada disco foliar se colocaron 20-30 hembras. La caja petri se invirtió para que los individuos quedaran en la posición que normalmente tienen en la planta. Los individuos tratados se mantuvieron a 25±1 °C, 55-60 % de humedad relativa y fotoperíodo de 16:8 h luz:oscuridad.

Después de 48 h de exposición al acaricida se determinó el porcentaje de mortalidad y se consideró muerto aquel ácaro que no respondía al estímulo de un pincel (FAO, 1984). Inicialmente se determinó, para cada acaricida, el intervalo de concentraciones que producía entre cero y 100 % de mortalidad (ventana de respuesta biológica). Luego se usaron seis a siete concentraciones intermedias que cubrieran dicho intervalo. Se realizaron

were identified by Dr. Socorro Anaya Rosales of the Entomology and Acarology Program of the Colegio de Postgraduados.

Acaricidas

For the bioassays, five acaricides approved in México against the red spider mite in strawberries (SENASICA, 2007) were used: abamectine (Agrimec 1.8 CE[®], emulsible concentrate, 18 g a.i. L⁻¹, Syngenta Agro S. A. de C. V.), endosulfan (Thiodan 35 CE[®], emulsible concentrate, 350 g a.i. L⁻¹, Bayer de México, S. A. de C. V.), phenpropatrin (Herald 375 CE[®], emulsible concentrate, 375 g a.i. L⁻¹, Valent de México, S. A. de C. V.), oxidemeton methyl (Metasystox R-25[®], emulsible concentrate, 250 g a.i. L⁻¹, Bayer de México, S. A. de C. V.), and propargite (Omite CE[®], emulsible concentrate, 720 g a.i. L⁻¹, Crompton Corporation S. A. de C. V.). Distilled water was used to prepare the evaluated concentrations.

Bioassays

The method proposed by Cahill *et al.* (1996) was used with a modification in the species of plant used. Instead of disks of cotton leaves, *Gossypium* sp., disks of common bean (*P. vulgaris* L.) leaves were used. Disks of leaves from the middle third (49 mm) of 24±4-d-old Peruano variety common bean plants were cut. The disks were submerged for 10 s in the desired concentration of acaricide and exposed for 5 min to a soft current of air to eliminate excess moisture. The leaf disks were placed with the underside up in petri dishes (50 mm diameter, 9 mm deep), containing 2 % agar. On each leaf disk, 20-30 females were deposited. The petri dishes were inverted so that the mites would be as their normal position on the plant. The treated individuals were kept at 25±1 °C, with 55-60 % relative humidity and a photoperiod of 16: 8 h light: darkness.

After 48 h of exposure to the acaricide, percentage of mortality was determined; the mite unable to respond to the stimulus of a paint brush was considered dead (FAO, 1984). Initially, for each acaricide, the intervals of concentration that produced zero to 100 % mortality (biological response window) were determined. Six to seven intermediate concentrations were then used to cover this interval. Six replications were done on different days and each replicate included an untreated control. Mortality in the untreated control was ≤10%; this was corrected using Abbott's formula (Abbott, 1925).

Statistical analysis

The results of the bioassays were analyzed using the PROC PROBIT procedure (SAS Institute, 1997) to obtain the LC₅₀,

seis repeticiones y cada repetición incluyó un testigo sin tratar. La mortalidad en el testigo sin tratar fue $\leq 10\%$ y se corrigió con la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

Análisis estadístico

Los resultados de los ensayos biológicos se analizaron mediante PROC PROBIT (SAS Institute, 1997) para obtener los valores de CL_{50} , CL_{95} , límites de confianza al 95 % y respuesta relativa (RR). Los valores de RR a nivel de 50 (RR_{50}) como de 95 % de mortalidad (RR_{95}) se obtuvieron dividiendo los valores de $CL_{50(95)}$ de la población de campo entre los valores de $CL_{50(95)}$ de la población susceptible (Young-Joon *et al.*, 2004). Para determinar diferencias significativas en la respuesta a nivel de CL_{50} o de CL_{95} , se compararon los límites de confianza. La respuesta no fue estadísticamente diferente cuando sus límites de confianza al 95 % se traslaparon (Robertson y Preisler, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de araña roja procedente del cultivo de fresa del Valle de Zamora, Michoacán, es resistente a los acaricidas oxidemetón metílico, endosulfán y abamectina; susceptible al propargite y fenpropatrín. A nivel de la CL_{50} , los límites de confianza al 95 % de las poblaciones de campo no se traslaparon con los correspondientes límites de la población susceptible, excepto para propargite, donde la CL_{50} de la población Valle de Zamora fue 21.7 y en la susceptible 16.4 $mg L^{-1}$, generando un valor de RR_{50} de $1.3\times$ (Cuadro 1). A nivel de la CL_{95} , los límites de confianza entre las poblaciones Valle de Zamora y susceptible se traslaparon sólo para fenpropatrín y propargite, donde los valores de RR fueron 11.0 y $0.4\times$ (Cuadro 1).

Los niveles de resistencia detectados a nivel de CL_{50} y CL_{95} en abamectina (233 y $224.6\times$), endosulfán (203 y $110.2\times$), fenpropatrín (60.9 y $11.0\times$) y oxidemetón metílico (36.3 y $26.2\times$), en la región productora de fresa del Valle de Zamora, se explican por las siguientes causas (Villegas *et al.*, 2007): 1) alta presión de selección, pues 51 % de los agricultores realizan en promedio 30 aplicaciones por ciclo agrícola; 2) 94 % de los productores usan sólo acaricidas para controlar la araña roja; 3) 70 % usan sólo avermectinas como la abamectina contra esta plaga; 4) el uso irracional de plaguicidas abate la densidad de poblaciones de enemigos naturales (Rodríguez *et al.*, 2002); 5) resistencia cruzada entre varios acaricidas usados contra esta plaga.

LC_{95} , 95 % confidence limits, and relative response (RR). The RR values at the level of 50 % (RR_{50}) as well as 95 % mortality (RR_{95}) were obtained by dividing the $LC_{50(95)}$ values of the field population by the $LC_{50(95)}$ values of the susceptible population (Young-Joon *et al.*, 2004). To determine significant differences in the response at the LC_{50} or LC_{95} levels, the confidence limits were compared. The response was not statistically different when the confidence limits at 95 % overlapped (Robertson and Preisler, 1992).

RESULTS AND DISCUSSION

The population of red spider mites from strawberry fields of the Valley of Zamora, Michoacán, is resistant to the acaricides oxidemeton methyl, endosulfan and abamectine, but susceptible to propargite and phenpropatrín. At the LC_{50} level, the 95 % confidence limits of the field population did not overlap with the corresponding limits of the susceptible population, except for propargite, where the LC_{50} of the Valley of Zamora population was 21.7 and that of the susceptible population was 16.4 $mg L^{-1}$, generating an RR_{50} value of 1.3-fold (Table 1). At LC_{95} , the confidence limits between the Valley of Zamora and the susceptible populations overlapped only for phenpropatrín and propargite, for which the RR values were 11.0 and 0.4-fold (Table 1).

The levels of resistance detected at LC_{50} and LC_{95} in abamectine (233 and 224.6-fold) endosulfan (203 and 110.2-fold) phenpropatrín (60.9 and 11.0-fold), and oxidemeton methyl (36.3 and 26.2-fold) in the strawberry-producing region of the Valley of Zamora, can be explained by the following (Villegas *et al.*, 2007): 1) high selection pressure since 51 % of the growers apply acaricides 30 times per growing cycle on average; 2) 94 % of the growers use only acaricides to control red spider mites; 3) 70 % use only avermectins such as abamectine against this pest; 4) the irrational use of pesticides diminishes the density of natural enemy populations (Rodríguez *et al.*, 2002); 5) cross-resistance to several acaricides used against this pest.

In the Valley of Zamora, to control red spider mites, acaricides are used that induce cross-resistance. For example, abamectine and milbectine both activate the sodium channels, and because they belong to the same toxicological group, they lead to the development of the same resistance mechanisms

Cuadro 1. Respuesta a acaricidas en hembras de araña roja, *Tetranychus urticae* (Koch), procedentes del Valle de Zamora, Michoacán.**Table 1. Response to acaricides of female red spider mites, *Tetranychus urticae* (Koch), collected in the Valley of Zamora, Michoacán.**

Población	Acaricida	n [†]	b±EE [‡]	CL ₅₀ [§] (LC 95 % ^b)	CL ₉₅ [§] (LC 95 % ^Ω)	Pr>χ ²	RR ₅₀ [□]	RR ₉₅ [□]
Valle de Zamora Susceptible	Abamectina	1072	0.7±0.04	23.3 (17.2-31.5)	4986.0 (2888-9508)	0.71	233.0	224.6
		1237	0.7±0.08	0.1 (0.05-0.3)	22.2 (5.1-261.2)	<.0001		
Valle de Zamora Susceptible	Endosulfán	1030	0.7±0.13	8953.0 (1585-34412)	211389.0 (29175-514799)	<.0001	203.9	110.2
		1065	0.6±0.05	43.9 (16.3-115.2)	1918.1 (472.9-15083.9)	0.0107		
Valle de Zamora Susceptible	Fenpropratrín	1063	0.8±0.07	14949.0 (7808-27878)	182416.0 (58542-1204305)	0.0197	60.9	11.0
		1246	0.6±0.04	245.6 (131.9-462)	16603.4 (5388.1-75831.8)	0.0831		
Valle de Zamora Susceptible	Oxidemetón metílico	1043	0.6±0.07	1006.0 (376.0-2964)	390675.0 (69902-7844550)	0.002	36.3	26.2
		890	0.6±0.04	27.7 (18.9-39.7)	14928.0 (7331-36282)	0.4966		
Valle de Zamora Susceptible	Propargite	1553	0.6±0.07	21.7 (5.1-58.5)	9355.0 (4622-22671)	0.927	1.3	0.4
		1233	0.5±0.04	16.4 (6.5-38.1)	25255.0 (6097-204807)	0.0109		

[†] Número de hembras tratadas ❖ Number of treated females.

[‡] Pendiente y error estándar de la pendiente ❖ Slope and standard error of the slope.

[§] Concentración letal, CL₅₀, CL₉₅=mg L⁻¹ ❖ Lethal concentration, LC₅₀, LC₉₅=mg L⁻¹.

^b Límites de confianza al 95 % ❖ Confidence limits at 95 %.

[□] Respuesta relativa: RR_{50 (95)} = CL_{50 (95)} población campo/CL_{50 (95)} población susceptible ❖ Relative response: RR_{50 (95)} = LC_{50 (95)} field population/LC_{50 (95)} susceptible population.

En el Valle de Zamora, para controlar la araña roja se usan acaricidas que presentan resistencia cruzada. Por ejemplo, la abamectina y la milbectina actúan como activadores de los canales de sodio y por pertenecer al mismo grupo toxicológico, conllevan al desarrollo de los mismos mecanismos de resistencia (IRAC, 2007). También se ha encontrado resistencia cruzada del fenpyroximate con abamectina, óxido de fenbutatín y fenpropratrín (Young-Joon *et al.*, 2004); y entre dicofol y bifentrina (Kim *et al.*, 1994). Todos estos acaricidas se utilizan contra la araña roja en el Valle de Zamora.

No se encontró resistencia al acaricida propargite ni para fenpropratrín. La falta de resistencia para propargite probablemente se deba al poco uso de este plaguicida en la región. Los agricultores lo

(IRAC, 2007). Cross-resistance has also been found for phenpyroximate with abamectine, phenbutatin with phenpropratrín (Young-Joon *et al.*, 2004), and dicofol with biphentrin (Kim *et al.*, 1994). All of these acaricides are used against red spider mites in the Valley of Zamora.

Resistance to the acaricide propargite or to phenpropratrín was not found. In the case of propargite, this is likely due to the fact that it is rarely used in the region. Growers avoid it because when it is not used strictly as indicated on the label, it causes burns on the foliage of treated plants. The lack of resistance to phenpropratrín is probably explained by the fact that it accounts for only 3 % of the acaricide applications in the region (Villegas *et al.*, 2007). The low frequency of use of phenpropratrín can be

evitan porque cuando no se usa en estricto apego a lo establecido en la etiqueta, produce quemaduras en el follaje de las plantas tratadas. La ausencia de resistencia a fenpropatrín se debe probablemente a que sólo 3 % de las aplicaciones se hacen con este acaricida en la zona (Villegas *et al.*, 2007). El bajo uso de fenpropatrín se atribuye a que durante la década de 1980 la araña roja desarrolló resistencia a esta acaricida, así como otros piretroides, los cuales se sustituyeron por otros plaguicidas. Wei-Dong *et al.* (2003) señalan que se obtiene el doble de resistencia a fenpropatrín (12.1×), comparado con abamectina (6.7×), cuando se aplica la misma presión de selección a poblaciones susceptibles de araña roja durante 12 generaciones consecutivas.

La resistencia a acaricidas en *T. urticae* se ha documentado en varias partes del mundo (Georghiou, 1972; Clark *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 2002). Según Cerna *et al.* (2005) hay una RR₉₅ de 57× a ivermectina, de 8.0× a bifentrina y de 11.3× a óxido de fenbutatín, en una población de araña roja de fresa recolectada en Irapuato, México. Sato *et al.* (2005) reportan una RR₅₀ de 342× a abamectina en una población de esta especie que se alimentaba de fresa en Sao Paulo, Brasil, mientras que Young-Joon *et al.* (2004) documentan un valor de RR₅₀ de 252× a fenpyroximate en Corea del Sur.

Con base en los resultados obtenidos, se justifica que en un programa de manejo integrado de plagas de fresas, se implemente un esquema de manejo de la resistencia a acaricidas en *T. urticae* que ataca a la fresa en el Valle de Zamora. Este programa debe tener alcance regional, porque los individuos de todo ese agroecosistema pueden cruzarse y dejar descendencia con genes de resistencia. El uso de la abamectina debería restringirse a no más de dos aplicaciones por temporada y ampliar el uso de acaricidas ya autorizados para este cultivo-plaga. Una vez realizadas las pruebas de eficacia biológicas en campo de agroquímicos registrados, se debe implementar un sistema de rotación para que las poblaciones de *T. urticae* sean objeto de presión de selección, en cada generación, de acaricidas con diferente modo de acción y detoxificación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de las actividades de la Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad Agroalimentaria y

atribuido a la resistencia la plaga desarrollada a este acaricida, así como a otros piretroides, durante los años 1980, y así fueron substituidos por otros plaguicidas. Wei-Dong *et al.* (2003) reportaron que la resistencia a fenpropatrín puede ser duplicada (12.1-fold), relativa a abamectina (6.7-fold), al aplicar la misma presión de selección en poblaciones susceptibles de araña roja durante 12 generaciones consecutivas.

T. urticae resistencia a acaricidas ha sido documentada en varias partes del mundo (Georghiou, 1972; Clark *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 2002). Según Cerna *et al.* (2005), hay una RR₉₅ de 57-fold a ivermectina, 8.0-fold a bifentrina, y 11.3-fold a fenbutatín óxido en una población de araña roja recolectada de fresas en Irapuato, México. Sato *et al.* (2005) reportaron una RR₅₀ de 342-fold a abamectina en una población de esta especie que se alimenta de fresas en Sao Paulo, Brasil, mientras que Young-Joon *et al.* (2004) documentaron una RR₅₀ de 252-fold a fenpyroximate en Corea del Sur.

Nuestros resultados justifican la implementación de un programa de manejo de la resistencia a acaricidas en *T. urticae* dentro de un programa de manejo integrado de plagas en campos de fresas en el Valle de Zamora. Este programa debe tener alcance regional, porque los individuos de todo este agro-ecosistema pueden cruzarse y dejar descendencia con genes de resistencia. El uso de abamectina debe limitarse a no más de dos aplicaciones por temporada, y el uso de acaricidas aprobados para esta plaga debe ser diversificado. Una vez que se hayan realizado las pruebas de eficacia biológica de agroquímicos registrados en campo, se debe implementar un sistema de rotación para que las poblaciones de *T. urticae* estén sometidas a presión de selección por acaricidas con diferentes modos de acción y detoxificación en cada generación.

—End of the English version—



Bioseguridad del Colegio de Postgraduados. Los autores expresan su agradecimiento por su valiosa ayuda durante la fase de campo al personal del Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 088 de la SAGARPA, del Consejo Estatal de la Fresa de Michoacán, de la Fundación Produce Michoacán; al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán, a la Unión de Productores de Fresa y Hortalizas del Valle de Zamora, a las empresas emparadoras y congeladoras del Valle de Zamora. Un profundo agradecimiento a los

señores Lauro Hernández Pérez y Rubén Pérez Gamero por su apoyo en la cría de araña roja y al Ing. Miguel Machuca Gallegos, Coordinador de Sanidad Vegetal del DDR 088 de la SAGARPA, por su apoyo en los trabajos de recolecta en campo de *T. urticae*.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Cabrera-Oropeza, J. C., G. Otero-Colina, B. Domínguez-Ruiz, M. I. Delgado-Blancas, y J. Rodríguez-Alcázar. 1996. Rendimiento de la fresa (*Fragaria* × *ananassa*) con varias densidades de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en invernadero. *Agrociencia* 30: 91-101.
- Cahill, M. I., K. Gorman, S. Day, I. Denholam, A. Elbert, and R. Nauen. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 86: 343-349.
- Cerna, E., J. Landeros, E. Guerrero, A. E. Flores, and M. H. Badii. 2005. Enzymatic resistance detection by synergist products in a field *Tetranychus urticae* (Koch) strain (Acari: Tetranychidae). *Folia Entomol. Mex.* 44: 287-295.
- Clark, J. M., J. G. Scott, F. Campos, and J. R. Blomquist. 1995. Resistance to avermectins: extent, mechanisms, and management implications. *Ann. Rev. Entomol.* 40: 1-30.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1984. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. 32: 25-27.
- Georghiou, G. P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3: 133-168.
- Helle, W., and W. P. J. Overmeer. 1985. Toxicological test methods. *In: Helle, W., and M. Sabelis W.* (eds). *World Crop Pest: Spider Mites (Their Biology, Natural Enemies and Control)*. Vol. 1A. Elsevier Science Publisher. Amsterdam and New York. pp: 391-395.
- Herron, G. A., J. Rophail, and L. J. Wilson. 2004. Chlorfenapyr resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from Australian cotton. *Exp. Appl. Acarol.* 34: 315-321.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2007. Mode of action and classification of insecticides. Revisado y reeditado en Julio de 2007. http://www.irc-online.org/documents/moa_us.pdf. (Consulta, 11 de agosto de 2008).
- Kim, G. H., C. Song, N. J. Park, and K. Y. Cho. 1994. Inheritance of resistance in dicofol-selected strain of the Two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae), and its cross resistance. *Korean J. Appl. Entomol.* 33: 230-236.
- Klamkowski, K., M. Sekrecka, H. Fonyodi, and W. Treder. 2007. Changes in the rate of gas exchange, water consumption and growth in strawberry plants infested with the Two-spotted spider mite. *J. Fruit and Ornamental Plant Res.* 15: 155-162.
- Price, J. F., D. E. Legard, and C. K. Chandler. 2000. Mite Resistance to abamectin on strawberry and strategies for resistance management. *In: Hietaranta, T., M. M. Linna, P. Palonen, and P. Parikka* (eds). *Proc. 4th Int. Strawberry Symp. Acta Horticulturae* 567. pp: 683-685.
- Robertson, J. L., and H. K. Preisler. 1992. *Pesticide Bioassays with Arthropods*. CRC, Boca Raton, FL. 127 p.
- Rodríguez J. C., P. Guzmán, y O. Díaz. 2002. Manejo racional de insecticidas. *In: Bautista, N., J. Alvarado, J. C. Chavarría, y H. Sánchez* (eds). *Manejo Fitosanitario de Ornamentales*. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Estado de México. pp: 67-96.
- SAS Institute. 1997. *SAS/STAT user's guide*. SAS Institute, Cary, NC. USA, 1028 p.
- Sato, M. E., M. Z. da Silva, A. Raga, and M. F. Souza. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Neotropical Entomol.* 34: 991-998.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2007. Plaguicidas autorizados para su uso en el cultivo de la fresa. <http://www.cesavemich.org.mx/DocumentosSV/FRESA.pdf>. (Consulta, 10 de agosto de 2008).
- Shaefers, A. C., and C. Shanks. 1991. Pest management for strawberry insects. *In: Pimentel, D., and A. Hanson A.* (eds). *CRC Handbook of Pest Management in Agriculture*. Vol. III. CRC Press, Boca Raton. pp: 535-552.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://siap.sagarpa.gob.mx> (Consulta, 15 de agosto de 2007).
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2000. Normales climatológicas. Zamora, Michoacán. Periodo 1971-2000. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/mich>. (Consulta, 18 de septiembre de 2007).
- Stumpf, N., and R. Nauen. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochem. Physiol.* 72: 111-121.
- Van de Vrie, M., and J. F. Price. 1994. *Manual for control of Two-spotted spider mites on strawberry in Florida*. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences Dover Research Report DOV-1994. 9 p.
- Villegas, E. S., R. S. Anaya, J. C. Rodríguez, H. Sánchez, R. Bujanos, y M. J. Hernández. 2007. Riesgos a la salud humana derivados del uso de plaguicidas en fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) en Zamora, Michoacán. En prensa.
- Wei-Dong, Z., W. Kai-Yun, J. Xing-Yin, and Y. Mei-Qin. 2003. Resistance selection by abamectin, pyridaben and fenpropathrin, and changes in the activity of detoxicant enzymes in *Tetranychus urticae*. 2003. *Acta Entomol. Sinica.* 46: 788-792.
- Yang, X., L. L. Buschman, K. Y. Zhu, and D. C. Margolies. 2002. Susceptibility and detoxifying enzyme activity in two spider mite species (Acari: Tetranychidae) after selection with three insecticides. *J. Econ. Entomol.* 95: 399-406.
- Young-Joon, K., L. Si-Hyeock, L. Si-Woo, and A. Young-Joon. 2004. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Manage. Sci.* 60: 1001-1006.