

Resistencia de cuatro poblaciones del acaro (*Tetranychus urticae* Koch.) a propargite en rosa de corte (*Rosa x hybrida*) en el Estado de México, México*

Resistance of four population mites (*Tetranychus urticae* Koch.) to propargite in cut rose (*Rosa x hybrida*) in the State of Mexico, Mexico

Agustín Robles-Bermúdez^{1§}, Guillermo Federico Robles-Bermúdez², J. Concepción Rodríguez-Maciel³, Candelario Santillán-Ortega¹, Ángel Lagunes-Tejeda³, Ricardo Javier Flores-Canales¹ y Jhonathan Octavio Cambero Campos¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. Carretera Federal Tepic-Compostela, km 9 Xalisco, Nayarit, México. (ricardo_flores_uan@hotmail.com), (jhony695@gmail.com). ²Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco km 38.5 Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. (roblesbdez@hotmail.com). ³Programa de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. (conchomexico@hotmail.com), (alagunes43@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: nitsugarobles@hotmail.com.

Resumen

La araña roja, *Tetranychus urticae* Koch., es una de las plagas más importantes de la rosa de corte, (*Rosa x hybrida*), en el Estado de México y su combate se realiza principalmente mediante el uso de acaricidas como el propargite; mismo que los productores usaron inicialmente con resultados satisfactorios y actualmente no controla esta plaga. Con el objetivo de estimar el nivel de resistencia a dicho acaricida, en el año 2007 se evaluó su respuesta a dicho acaricida en poblaciones provenientes de Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero y Zumpahuacán, Estado de México. De cada localidad se recolectaron al menos 4 000 ninfas y 2 000 adultos en el cultivo de rosa de corte bajo invernadero y se reprodujeron hasta *FI* para realizar los bioensayos. Se determinó el rango de dosis que eliminaba el 0 a 100% de los individuos tratados (ventana biológica). Posteriormente se incluyeron de cinco a siete concentraciones que cubrieron dicho rango. Se realizaron cinco repeticiones cuatro en días consecutivos diferentes. Las poblaciones de araña roja provenientes de Coatepec Harinas ($RR_{95} = 7.9\times$), Villa Guerrero ($RR_{95} = 1.3\times$) y Zumpahuacán ($RR_{95} = 11\times$) se consideran susceptibles a propargite; mientras que la población de Tenancingo ($RR_{95} = 90.1\times$) se considera resistente a dicho acaricida.

Abstract

The spider mite, *Tetranychus urticae* Koch., is one of the most important pests of cut rose (*Rosa x hybrida*) in the State of Mexico and, its primary control it's through the use of acaricides, such as propargite; the producers initially used it with satisfactory results and currently it does not control this pest anymore. In order to estimate the level of resistance to that acaricide, in 2007, its response to this acaricide was assessed in populations from Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero and Zumpahuacán, State of Mexico. In each locality at least 4 000 nymphs and 2 000 adults were collected in the cut rose cultivation in greenhouses and were reproduced to *FI* for the bioassays. The dose range that eliminated 0 to 100% of the treated individuals was determined (biological window). Subsequently, from five to seven concentrations were included covering the range. Five repetitions were made, four in different consecutive days. Spider mite populations from Coatepec Harinas ($RR_{95} = 7.9X$, Villa Guerrero ($RR_{95} = 1.3X$ and Zumpahuacán ($RR_{95} = 11X$) are considered susceptible to propargite; while the population of Tenancingo ($RR_{95} = 90.1X$) is considered resistant to the acaricide.

* Recibido: diciembre de 2011
Aceptado: mayo de 2012

Palabras clave: araña roja, bioensayo, torre de Potter.

Key words: spider mites, bioassay, Potter tower.

Introducción

México registra 13 188 ha de cultivos ornamentales, de éstos 1106 ha corresponden al cultivo de rosal, 506 ha en condiciones de invernadero y 600 ha a condiciones de cielo abierto (SIAP, 2009). La araña roja (*Tetranychus urticae* Koch.) es una plaga cosmopolita, afecta a aproximadamente 1 100 especies vegetales en 140 familias diferentes (Grbić *et al.*, 2011) y su ataque es severo en cultivos ornamentales como la rosa de corte (Flores *et al.*, 2007) donde afecta la calidad de la flor y reduce la competitividad de los rosicultores en los mercados internacionales, (Syed, 2006, Orozco, 2007; Orozco *et al.*, 2009). Ésta plaga introduce su aparato bucal a las células y tejidos de las plantas para succionar su contenido (Van Leeuwen *et al.*, 2009). Debido a su ciclo de vida corto, de 22 a 30 días, progenie abundante y partenogénesis tipo arrenotoca, es capaz de desarrollar resistencia y sobrevivir a las aplicaciones comerciales de acaricidas (Van Leeuwen *et al.*, 2010). Por tanto, se incrementan los costos de producción, y se reduce la rentabilidad de dicho cultivo (Mendoza, 1993; Landeros *et al.*, 2004). En el cultivo de rosa puede dañar hasta 3% de lámina foliar (Landeros *et al.*, 2004), y el daño es muy severo cuando la densidad supera 20 ácaros por hoja (Van de Vrie, 1985). Una población inicial de 15 ácaros/hoja a los 37 días puede afectar el 50% de la capacidad fotosintética de las hojas (Reddy y Baskaran, 2006).

Actualmente, para su control se utilizan una gran cantidad de acaricidas, lo que incrementa costos de producción, riesgo ambiental y daños a la salud. Los efectos negativos de los acaricidas son consecuencia de su mal manejo (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010). Por ejemplo, los acaricidas más utilizados para el control esta especie en rosal son la abamectina (Takematsu *et al.*, 1994; Sato *et al.*, 2005), bifentrina (Van Leewen y Tirry, 2007), tebufenpirad, fenperoximato, piridaben y fenazaquin (Van Pottelberge *et al.*, 2009) y el productor tiende a utilizarlos como único método de control, sin considerar que posee alta propensión a resistencia (García, 2005).

Los mecanismos de resistencia metabólica están asociados a varias enzimas desintoxicadoras (Stumpf *et al.*, 2001; Stumpf y Nauen, 2002). Cerna *et al.* (2005) indican que la mayor causa de resistencia fisiológica se debe a enzimas como las oxidasas que metabolizan a compuestos como el

Introduction

Mexico has recorded 13 188 ha of ornamental crops, of which 1106 ha are rosebushes, 506 ha in greenhouse conditions and 600 ha in open-sky conditions (SIAP, 2009). The spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) is a cosmopolitan pest, affecting approximately 1 100 plant species in 140 different families (Grbić *et al.*, 2011) and, its attack is quite severe in ornamental crops, such as cut rose (Flores *et al.*, 2007) affecting the quality of the flower and reducing its competitiveness in international markets (Syed, 2006; Orozco, 2007; Orozco *et al.*, 2009). This pest introduces its mouthparts into the cells and tissues of the plants, sucking its content (Van Leeuwen *et al.*, 2009). Because of its short life cycle, 22 to 30 days, abundant progeny, parthenogenesis arrenotoca is able to develop resistance and survive the applications of commercial acaricides (Van Leeuwen *et al.*, 2010). Therefore increasing production costs, and reducing the profitability of that crop (Mendoza, 1993; Landeros *et al.*, 2004). In the rose crop, it can damage up to 3% of the leaf's blade (Landeros *et al.*, 2004), and the damage is severe when the density exceeds 20 mites per leaf (Van de Vrie, 1985). An initial population of 15 mites/leaf at 37 days may affect 50% of the photosynthetic capacity of the leaves (Reddy and Baskaran, 2006).

Currently, for its control a large amount of acaricides are used, increasing the production costs, environmental risk and damage to health. The negative effects of acaricides are a consequence of bad management (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010). For example, most miticides used to control this species are abamectin (Takematsu *et al.*, 1994; Sato *et al.*, 2005), bifenthrin (Van Leewen and Tirry, 2007) tebufenpyrad, fenperoximato, pyridaben and fenazaquin (Van Pottelberge *et al.*, 2008) and the producers tend to use as the sole method of control, regardless a high propensity of resistance (García, 2005).

Resistance mechanisms are associated with several metabolic enzymes (Stumpf *et al.*, 2001; Stumpf and Nauen, 2002). Cerna *et al.* (2005) indicated that, the major cause of physiological resistance is due to enzymes, such as oxidases that metabolize to compounds, such as dicofol,

dicofol, abamectina, óxido de fenbutatin, bifentrina y naled. En *T. urticae*, existen más de 200 casos documentados de resistencia a nivel mundial (Rizzieri *et al.*, 1988; Georghiou y Lagunes, 1991; Konanz y Nauen, 2004).

Acaricidas como Abamectina y clorfenapir tienen una eficacia biológica alta en poblaciones de *T. urticae* susceptibles (Ay *et al.*, 2005; Sato *et al.*, 2005), pero su uso irracional no permite mantener esta plaga debajo de su umbral económico. Por su precio y nivel de control satisfactorio, el propargite ha sido uno de los acaricidas preferidos por los rosicultores. Sin embargo, recientemente se quejan de falta de control a las dosis inicialmente efectivas. Por tanto, en la presente investigación se planteó como objetivo determinar la respuesta a dicho acaricida en *T. urticae* proveniente de cuatro regiones productoras de rosa de corte del Estado de México.

Materiales y métodos

Poblaciones

Se recolectaron 4 000 ninfas y 2 000 adultos aproximadamente de *T. urticae* en cada una de las cuatro principales zonas productoras de rosal para corte del Estado de México: Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero y Zumpahuacán, mismas que tienen 2 260, 2 490, 2 140 y 1 895 msnmm, respectivamente. Dichos individuos se colocaron en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Peruano con una edad de 22-40 días. Se reprodujeron hasta la generación F₁, para obtener suficientes hembras adultas de cinco días de edad para realizar los bioensayos: Coatepec Harinas, Villa Guerrero y Zumpahuacán (1 000 individuos); Tenancingo (1 300 individuos).

Como población susceptible de referencia se utilizaron individuos recolectados en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Wild ex. Klotzch), provenientes del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas en Montecillo, Texcoco, Estado de México, mismos que se mantuvieron en condiciones de invernadero libre de presión de selección durante 80 generaciones.

Acaricida

Propargite (Omite®- 6E), 68.10%, concentrado emulsionable (CE), 720 g de [IA] L⁻¹, Crompton Corporation, S. A. de C. V. División agrícola, México). El propargite está registrado

abamectin, fenbutatin oxide, bifenthrin and naled. In *T. urticae*, there are over 200 documented cases worldwide of resistance (Rizzieri *et al.*, 1988; Georghiou and Lagunes, 1991; Konanz and Nauen, 2004).

Acaricides, such as Abamectin and chlorfenapyr have a high fitness in populations of *T. urticae* susceptible (Ay *et al.*, 2005; Sato *et al.*, 2005), but its use does not permit unreasonable to keep this pest below its economic threshold. For its price and satisfying control, the propargite has been a favorite acaricides for the rose growers. Recently, however, there are complains of lack of control at doses effective initially. Therefore, the objective in this research was to determine the response to this acaricide in *T. urticae* from four cut rose regions in the State of Mexico.

Materials and methods

Populations

About 4 000 nymphs and 2 000 adults of *T. urticae* were collected in each of the four major producing areas in the State of Mexico: Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero and Zumpahuacán, with 2 260, 2 490, 2 140 and 1 895 msnmm, respectively. These individuals were placed on bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Peruvian with an age of 22-40 days. Bred to the F₁ generation to get enough adult females, five days of age for the bioassays: Coatepec Harinas, Villa Guerrero and Zumpahuacán (1 000 individuals); Tenancingo (1 300 individuals).

As a susceptible reference population, individuals collected in poinsettia plants were used (*Euphorbia pulcherrima* Wild ex. Klotzch), from the Graduate College in Agricultural Sciences in Montecillo, Texcoco, Mexico State, kept under greenhouse conditions free of pressure selection for 80 generations.

Acaricide

Propargite (Omite®- 6E), 68.10% emulsion concentrate (EC), 720 g of [IA] L⁻¹, Crompton Corporation, S. A. C. V. Agricultural Division, Mexico). Propargite is registered for handling *T. urticae* on ornamentals. Distilled water was used to prepare the solutions.

para el manejo de *T. urticae* en ornamentales. Se utilizó agua destilada para preparar las soluciones a las concentraciones requeridas.

Bioensayo

Se utilizó el método de bioensayo descrito por Cahill *et al.* (1996), con leves modificaciones, pues se utilizaron plantas de frijol, *Phaseolus vulgaris*, en vez del algodón *Gossypium hirsutum* L. De los folíolos frijol cultivar Peruano de aproximadamente 22 a 40 días de edad, se cortaron discos de 49 mm de diámetro y se colocaron, individualmente y con el haz hacia abajo, en caja Petri (50 mm de diámetro × 9 mm de altura), que contenían 10 mL de agar al 2% en agua destilada. Posteriormente, se depositaron en cada disco, 25 hembras de cinco días de edad; se anestesiaron con CO₂ durante 15 s, y se asperjaron, mediante el uso de una torre de Potter, con 1.6 mL cm² a 7 psi de presión. Los ácaros se mantuvieron a 23 °C ± 3, humedad relativa 50% ± 4 y fotoperiodo 16:8 h luz: oscuridad.

Inicialmente se determinó el rango de dosis que mataba de cero a 100% de los individuos tratados (ventana biológica). Posteriormente, se incluyeron entre cinco y siete concentraciones que cubrieron dicho rango. En total se realizaron cinco repeticiones en días consecutivos diferentes. El testigo se asperjó con agua destilada, en las condiciones antes descritas. A las 48 h después de exposición al acaricida, se determinó el porcentaje de mortalidad. El criterio de mortalidad establecido fue que el ácaro al tocarse con el pincel mostraba inmovilidad total, desplazamiento descoordinado menor al tamaño de su cuerpo. El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo fue 10% y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

Análisis estadístico

Para obtener los valores de CL₅₀, CL₉₅, límites de confianza al 95% y valores de respuesta relativa de la CL₅₀ (RR₅₀) y CL₉₅ (RR₉₅), se utilizó el procedimiento PROBIT de SAS (SAS institute, 1999). Los valores de respuesta relativa se obtuvieron dividiendo CL₅₀₍₉₅₎ de la población de campo, entre la CL₅₀₍₉₅₎ de la población susceptible. Se consideró que la respuesta de la población de campo era diferente a la del testigo si los límites de confianza respectivos no se traslapaban.

Bioassay

The method of bioassay described by Cahill *et al.* (1996) was used, with slight modifications, using bean plants, *Phaseolus vulgaris*, instead of cotton *Gossypium hirsutum* L. From the growing Peruvian bean leaflets about, 22 to 40 days old, 49 mm discs in diameter were cut and placed individually, with the beam down, in Petri dish (50 mm diameter × 9 mm in height) containing 10 mL, 2% agar in distilled water. Subsequently, they were placed on each disk, 25 females of five days of age were anesthetized with CO₂ for 15 s, and were sprayed, using a Potter tower with 1.6 mL cm² to 7 psi. Mites maintained at 23 ± 3 °C, relative humidity 50% ± 4 and photoperiod 16:8 h light: dark.

Initially we determined the dose range killing, 0 to 100% of the treated individuals (biological window). Subsequently, we included five to seven concentrations covering the range. In total, there were five different repetitions on consecutive days. The control was sprayed with distilled water, under the conditions just described. At 48 h after exposure to acaricide, we determined the percentage of mortality. The criterion of death established that, the mite when touched with the brush showed total immobility, uncoordinated movement less than the size of its body. The maximum acceptable level for the control mortality was 10% and, was corrected by Abbott's formula (Abbott, 1925).

Statistical analysis

In order to obtain the values of CL₅₀, CL₉₅, confidence limits and 95% relative response values of CL₅₀ (RR₅₀) and CL₉₅ (RR₉₅), we used the PROBIT procedure of SAS (SAS institute, 1999). The relative response values were obtained by dividing CL₅₀₍₉₅₎ of the field population, between the CL₅₀₍₉₅₎ of the susceptible population. It was considered that, the response of the field population was different from that of the control if the respective confidence limits were not overlapped.

Surveys applied to the farmer's of ornamentals

The State of Mexico has a total of 1 154 farmer's of ornamentals, which surveyed 148 which corresponds to 12.8%. Were asked questions related to active ingredients used, periods of application, water volume, and frequency of application, mixtures used and the biological efficiency perceived.

Encuestas aplicadas a productores de ornamentales

En el Estado de México registra un total de 1 154 productores de ornamentales, de los cuales se encuestaron a 148 que corresponde a 12.8%. Se les hicieron preguntas relacionadas a ingredientes activos utilizados, periodos de aplicación, volumen de agua, frecuencias de aplicación, mezclas utilizadas y percepción de eficacia biológica.

Resultados y discusión

Población susceptible. Como referencia de susceptibilidad se utilizó una población de *T. urticae* que se ha reproducido en condiciones de invernadero, libres de presión de selección con acaricidas. La respuesta de población susceptible al Propargite registró los valores más bajos a nivel de CL₅₀ y CL₉₅ en comparación con las demás poblaciones evaluadas, y se necesitó 11.1 mg L⁻¹ y 165.3 mg L⁻¹ para ocasionar 50 y 95% de mortandad en la población (Cuadro 1).

Cuadro 1. Susceptibilidad al acaricida Omite® - CE (Propargite) en hembras adultas de *Tetranychus urticae* Koch, utilizando aspersión en Torre de Potter.

Table 1. Acaricide susceptibility - EC (Propargite) in female adults of *Tetranychus urticae* Koch, using Potter spray tower.

	n	b ± ES	CL ₅₀ (95% LC)	CL ₉₅ (95% LC)	Pr > χ ²	RR ₅₀	RR ₉₅
Propargite							
Coatepec Harinas	1000	1.67 ± 0.09	136.3 (118.6-156.6)	1311 (1007 - 1809)	0.0001	12.2	7.9
Tenancingo	1300	0.98 ± 0.05	314 (255.9-384.5)	14910 (10139 - 23691)	0.0001	28.2	90.1
Villa Guerrero	1000	1.36 ± 0.08	13.4 (11.4-15.8)	216.5 (156.1- 324.6)	0.0001	1.2	1.3
Zumpahuacán	1000	1.75 ± 0.10	211.9 (186.6-240.5)	1826 (1425 - 2471)	0.0001	19	11
Susceptible	1000	1.40 ± 0.08	11.1 (9.4-13)	165.3 (120.7 - 243.4)	0.0001		

n= Número de hembras adultas tratadas; b ± ES =Error estándar de la pendiente; CL₅₀ y CL₉₅= Concentración letal= mg·L⁻¹; LC= Límites de confianza al 95%; RR₅₀= Proporción de resistencia al nivel de la CL₅₀= CL₅₀ población de campo / CL₅₀ población susceptible; RR₉₅= Proporción de resistencia al nivel de la CL₉₅= CL₉₅ población de campo / CL₉₅ población susceptible.

Población Coatepec. Se mantuvo en los niveles de CL₅₀ y CL₉₅ de 136.3 y 1311 mg L⁻¹. Los valores de RR₅₀ y RR₉₅ fueron de 12.2 y 7.9×, respectivamente.

Población Tenancingo. Los valores de CL₅₀ y CL₉₅ fueron 314.0 y 14910 mg L⁻¹. En ambos niveles de mortalidad, no hubo traslazo con los observados en la población

Results and discussion

Susceptible population. As reference we used a susceptible population of *T. urticae*, reproduced under greenhouse conditions, free from selection pressure. The response of the susceptible population to Propargite recorded the lowest level of CL₅₀ and CL₉₅ in comparison with other populations evaluated, and it took 11.1 mg L⁻¹ and 165.3 mg L⁻¹ to cause 50 and 95% mortality in the population (Table 1).

Population Coatepec. Remained in the CL₅₀ and CL₉₅ levels of 136.3 and 1311 mg L⁻¹. RR₅₀ and RR₉₅ were 12.2 and 7.9 X respectively.

Population Tenancingo. CL₅₀ and CL₉₅ values were 314.0 and 14 910 mg L⁻¹. At both levels of mortality, there was no overlap with those observed in the susceptible population and, RR₅₀ and RR₉₅ were 28.2 and 90.1X, respectively (Table 1). The population of Tenancingo

recorded higher values of 28.2 and 90.1X resistant to propargite. Probably being made, up to 25 per year of propargite applications.

Population Villa Guerrero. The response to propargite CL₅₀ level (13.4 mg L⁻¹) was different from that presented in the susceptible population (11.1 mg L⁻¹). However,

susceptible y los valores de RR_{50} y RR_{95} fueron 28.2 y 90.1 \times , respectivamente (Cuadro 1). La población de Tenancingo registró mayores valores de resistencia 28.2 y 90.1 \times a propargite. Probablemente a que se realizan hasta 25 aplicaciones de propargite por año.

Población Villa Guerrero. La respuesta a propargite a nivel de CL_{50} (13.4 mg L⁻¹) fue diferente a la que presentó la población susceptible (11.1 mg L⁻¹). Sin embargo, a nivel de la CL_{95} no hubo diferencias significativas y los valores de RR_{50} y RR_{95} fueron ≤ 1.2 y 1.3 \times respectivamente (Cuadro 1).

Población Zumpahuacán. Hubo diferencias significativas en la respuesta a propargite tanto a nivel de CL_{50} (211.9 mg L⁻¹) como de CL_{95} (1826 mg L⁻¹). Los valores de RR_{50} y RR_{95} fueron 19 y 11 \times , respectivamente (Cuadro 1).

En Coatepec Harinas, el propargite se aplica una vez cada mes de enero a noviembre. También se suministra abamectina, bifenazate, spirodiclofen y mezclas de azufre con sustancias minerales como Proteck® (Cuadro 2). Kim *et al.* (2006) seleccionó una población de *T. urticae* con pyridaben por 20 generaciones y encontró que desarrolló resistencia cruzada a fenpiroximate, acrinathrin, benzoximate y expresó niveles bajos de resistencia a propargite. Por tanto se infiere que el propargite no está relacionado con los tres acaricidas indicados. La población recolectada de Coatepec Harinas se considera susceptible al propargite dado que la eficacia biológica de este producto en campo es satisfactoria ($\geq 80\%$).

CL_{95} level had no significant differences and, the values of RR_{50} and RR_{95} were ≤ 1.2 y 1.3X respectively (Table 1).

Population Zumpahuacán. There were significant differences in the response to propargite in both CL_{50} (211.9 mg L⁻¹) and CL_{95} (1826 mg L⁻¹). RR_{50} and RR_{95} were 19 and 11X, respectively (Table 1).

In Coatepec Harinas, propargite is applied once a month, from January to November. Abamectin, bifenazate, spirodiclofen and mixtures of sulfur with mineral substances, such as Proteck® are also supplied (Table 2). Kim *et al.* (2006) selected a population of *T. urticae* with pyridaben for 20 generations and found that developed cross-resistance to fenpyroximate, acrinathrin, benzoximate and expressed low levels of resistance to propargite. Therefore, it's inferred that the propargite is related to the three acaricides indicated. The population collected from Coatepec is considered susceptible to propargite as the biological efficacy of this product in the field is satisfactory ($\geq 80\%$).

The frequency of application is of six applications per year so that, the selection pressure is quite low. The results of susceptibility of the population of Coatepec agree with those found by Flores *et al.* (2007) in species *Primula abconica* Hance who mentioned that, the mite is susceptible to abamectin, azadirachtin, sulfur, dicofol, pyridaben and fenazaquin, and also coincide with those

Cuadro 2. Relación de dosis y costo de los acaricidas utilizados en la región florícola del Estado de México (Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero y Zumpahuacán) para el control de *T. urticae* en el cultivo del rosal.

Table 2. Dose ratio and cost of acaricides used in the flowering-region of the State of Mexico (Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero and Zumpahuacán) for the control of *T. urticae* in the cultivation of roses.

Nombre comercial	Ingrediente activo	ml o gr/ 200 L de agua	Costo por tambo de 200 L (en moneda nacional)
Pyramite	Pyridaben	30	125.00
Agrimec® 1.8 % CE	Abamectina	50	93.00
Agriver® 1.8 CE	Abamectina	50	60.00
Omite® - 6E	Propargite	120	49.00
Dicarzol® 50 PS	Clorhidrato de formetanato	150	171.00
Acaristop® 50 SC	Clofentezine	80	184.00
Cascade® 5% CD	Flufenoxurón	100	83.00
Amitraz 200 CE	Amitraz	450	159.00
Protek®	Aceite Vegetal	200	66.00
SunFire® 2SC	Clorfenapyr	85	50.00
Floramite™	Bifenazate	25	500.00
Avolant®	Fenpiroximate	100	90.00
Kanemite®	Acequinocyl	100	95.00
Danisaraba®	Cyflutofen	150	243.00

La frecuencia de aplicación es de seis aplicaciones por año, por lo que la presión de selección es baja. Los resultados de susceptibilidad de la población de Coatepec Harinas coinciden con los encontrados por Flores *et al.* (2007) en la especie *Primula abconica* Hance quienes mencionan que el ácaro es susceptible a abamectina, azadiractina, azufre, dicofol, fenazaquin y pyridaben, y también coinciden con lo obtenido por Ay *et al.* (2005) que aseveran que la proporción de resistencia del ácaro al acaricida propargite es baja (2-3×).

Los pequeños productores de Tenancingo, aplican propargite debido a su bajo precio (Cuadros 2 y 3) y la frecuencia entre aplicación es de 15-22 días en los meses de febrero y junio. Sin embargo, cuando aumenta la humedad relativa (junio a noviembre), su uso disminuye dado que este factor reduce las poblaciones de araña roja.

obtained by Ay *et al.* (2005) who claimed that, the proportion of mite resistance to the acaricide propargite is quite low (2-3 ×).

Small producers from Tenancingo, apply propargite due to its low price (Tables 2 and 3), frequency of application is 15-22 days in February and June. However, with increasing relative humidity (June to November), its use decreases as this factor reduces the spider mite populations.

Sokeli *et al.* (2007) mentioned that, the resistance to *T. urticae* to acaricides directly depend on the frequency of use of agrochemicals, high selection pressure that has a negative effect by increasing the strength and eliminate natural or induced enemies. The originally recommended doses of the

Cuadro 3. Relación de dosis y costo de las mezclas de acaricidas utilizadas en la región florícola del Estado de México (Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero y Zumpahuacán) para el control de *T. urticae* en el cultivo del rosal.

Table 3. Dose ratio and cost of acaricide mixtures used in the flowering-region of the State of Mexico (Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero and Zumpahuacán) for the control of *T. urticae* in the cultivation of roses.

Mezcla	ml o gr/ 200 L de agua	Costo por tambo de 200 L (en moneda nacional)
Sal potásica de ácidos grasos + Clorfenapyr	500 + 85	130.00
Abamectina + amitraz	50 + 450	252.00
Abamectina + flufenoxuron	50 + 100	173.00
Abamectina + clofentezine	50 + 80	277.00
Amitraz + flufenoxuron	450 + 100	239.00
Propargite + amitraz	120 + 450	138.00
Propargite + clofentezine	120 + 80	233.00
Clofentezine + amitraz	80 + 450	233.00
Pyridaben + flufenoxuron	30 + 100	205.00

Sokeli *et al.* (2007) mencionan que la resistencia de *T. urticae* a acaricidas depende directamente de la frecuencia del uso del agroquímico, la alta presión de selección que tiene efecto negativo al incrementar la resistencia y eliminar enemigos naturales nativos o inducidos. Las dosis originalmente recomendadas del producto no han aumentado significativamente debido sus efectos fitotóxicos. Sin embargo, las frecuencias de aplicación si han aumentado.

El control de la araña roja en campo con el propargite en la población de Tenancingo se considera baja, pues manifiesta una eficacia biológica de 30-40%, lo que coincide con la percepción del agricultor sobre el bajo desempeño de este producto. Con base en los valores de RR_{50} y 95 de 28 y 90× respectivamente y a su eficacia en campo, la población de Tenancingo se considera resistente a propargite.

product have not increased significantly because of phytotoxic effects. However, if applicable the frequencies have increased.

The control of spider mites with propargite in Tenancingo is considered low, as it manifests biological efficacy of 30-40%, which coincides with the perception of farmers on the poor performance of this product. Based on the values of RR_{50} and 95 of 28 and 90X respectively and their effectiveness in the field, the population of Tenancingo is considered resistant to propargite.

In Villa Guerrero, propargite is hardly used, applied on average every three months and only when the population density is low (≤ 10 mites, per leaf). The chemical control of this pest is carried out in new acaricides, such as

En Villa Guerrero el propargite se utiliza poco, pues se aplica en promedio cada tres meses y sólo cuando la densidad de población es baja (≤ 10 ácaros por hoja). El combate químico de esta plaga se realiza con acaricidas novedosos como Floramite™ (bifenazate), Pyramite® (pyridaben), Envidor® (spirodiclofen), Acaristop® 50SC (clofentezine), Cascade® 5% CD (flufenoxurón) y SunFire® 2SC (clorfenapir) (Cuadro 2). Los productores de esta zona consideran que la efectividad biológica del propargite en campo es satisfactoria (85-90%), por tanto dicha población de araña roja se considera susceptible. Otro factor por que impide el desarrollo de resistencia se debe este compuesto ocasiona fitotoxicidad al cultivo cuando se aumenta la dosis, situación que favorece la susceptibilidad de *T. urticae*. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Villegas-Elizalde *et al.* (2010), quien encontró valores de RR_{50} y RR_{95} de 1.3 y 0.4 \times , respectivamente. Los resultados difieren con los encontrados por Aguilar-Medel *et al.* (2011) quien estimó que la RR_{50} y RR_{95} fueron de 17.5 y 365296.2 \times , respectivamente.

En Zumpahuacán, el propargite es de uso común, y se hacen hasta dos aplicaciones por mes, en los meses de mayor prevalencia de la plaga (enero-junio), y se utiliza tanto a densidad baja (10 a 20 ácaros por hoja completa), media (de 21 a 40 ácaros por hoja) o alta (más de 41 ácaros por hoja) de la araña roja. Los productores evitan el uso del propargite cuando la temperatura es alta dado que afecta al cultivo. Zumpahuacán está a 1 895 m de altitud; por tanto, la calidad de los tallos florales es menor como sugieren Brown y Ormrod (1980), al documentan que temperaturas ambientales superiores a los 25 °C se acorta el tiempo entre la emisión de yema floral y el punto de corte, pero la longitud y calidad del tallo disminuye como una respuesta fisiológica al stress provocado por la transpiración de la planta. Los acaricidas de mayor uso en esta región son el Cascade® 5% CD (flufenoxurón), Micromite® 2L (diflubenzuron), Protek® (aceite vegetal), Dicarzol® 50 PS (clorhidrato de formetanato), Impide (sal potásica de ácidos grasos), SunFire® 2SC (clorfenapir), Herald 375 (fenpropathrin) y Amitraz 200 CE (amitraz), (Cuadro 2).

Sólo en la producción de flores que se cosecharán en fechas importantes (14 de febrero, 10 de mayo y 12 de diciembre), se aplican acaricidas más costosos como abamectinas, clofentezine, clorfenapir, pyridaben y spirodiclofen. Este esquema desordenado de aplicación de varios acaricidas provoca un mosaico de resistencia cruzada (Kim *et al.*, 2005; Lin *et al.*, 2009). Para Zumpahuacán, propargite manifiesta una eficacia biológica; 80%, misma que los productores consideran satisfactoria.

Floramite™, (bifenazate), Pyramite® (pyridaben), Envidor® (spirodiclofen), Acaristop® 50SC (Clofentezine), Cascade® 5% CD (flufenoxurón) and, SunFire® 2SC (clorfenapir), Table 2. The producers in this area believe that, the biological effectiveness of propargite in the field is quite satisfactory (85-90%), so that the population of spider mites is considered susceptible. Another factor that impedes the development of resistance to this compound causes phytotoxicity to the crop when the dose is increased, a situation that favors the susceptibility of *T. urticae*. These results agree with those obtained by Villegas-Elizalde *et al.* (2009), who found values RR_{50} and RR_{95} of 1.3 and 0.4 \times respectively. The results differ from those reported by Aguilar-Medel *et al.* (2011) who estimated that, RR_{50} and RR_{95} were 17.5 and 365296.2 \times , respectively.

In Zumpahuacán, the propargite is commonly used, and made up to two applications per month for the months of highest prevalence of the pest (January-June), and is used in low density (10-20 mites per full leaf), medium (21 to 40 mites, per leaf) or high (more than 41 mites, per leaf) of the red spider. The producers avoid using propargite when the temperature is high, since it affects the crop. Zumpahuacán is 1 895 m elevation, so the quality of the flower stems is lower as suggested by Brown and Ormrod (1980), documented that temperatures above 25 °C shortens the time between the emission of flower bud and the cutting point, but the quality of the stem length and physiological response to stress caused by perspiration of the plant decreases. The most commonly used acaricides in this region are the Cascade® 5% CD (flufenoxurón), Micromite® 2L (diflubenzuron), Protek® (vegetable oil), 50 PSDicarzol® (formetanate hydrochloride) prevents (potassium salt of fatty acids), SunFire® 2SC (clorfenapir), Herald 375 (fenpropathrin) and, Amitraz 200 CE (amitraz) Table 2.

Only in the production of flowers to be harvested on important dates (February 14th, May 10th and December 12th) they apply more expensive acaricides, such as abamectinas, clofentezine, clorfenapir, pyridaben and spirodiclofen. This messy scheme application of various acaricides causes a mosaic of cross resistance (Kim *et al.*, 2005; Lin *et al.*, 2009). For Zumpahuacán, propargite manifests effectiveness, 80%, the same as the producers considered satisfactory.

Zumpahuacán populations, because of its values in the bioassay and field performance of propargite are considered susceptible. In the strawberry crop, Villegas-Elizalde (2010) found populations of *T. urticae* with a resistance ratio of 4 x, similar to values were obtained for the populations of Coatepec (7.9 x), Villa Guerrero (1.3 x) and Zumpahuacán

La población Zumpahuacán, por los valores del bioensayo y el desempeño del propargite en campo, se considera susceptible. En el cultivo de fresa, Villegas-Elizalde (2010) encontró poblaciones *T. urticae* con una proporción de resistencia de 4x, similares a los valores obtenidos para las poblaciones de Coatepec Harinas (7.9x), Villa Guerrero (1.3x) y Zumpahuacán (11x). En general, Grafton-Cardwell *et al.* (1987) sugieren que la resistencia a propargite es inestable. Ay (2005) estimó resistencia de esta especie para clorpirifos de 988x, y sugiere la rotación de ingredientes activos con diferentes sitios de acción para manejar la resistencia.

El productor de ornamentales utiliza, con alta frecuencia, mezclas de acaricidas. De 148 productores encuestados 107 (72%) han mezclado acaricidas en alguna ocasión, 98 (66%) han aplicado más de cinco ingredientes activos diferentes, en Coatepec Harinas 25 de 30 (83%) productores aplican con una frecuencia mensual el propargite y en el municipio de Zumpahuacán nueve de 13 (69%) productores aplican propargite una vez por mes, cuatro (31%) lo hacen con una frecuencia de 45 días, en Villa Guerrero, 58 de 75 (77%) productores aplican propargite con la frecuencia mensual y en Tenancingo 23 productores de 30 (77%) realizan aplicaciones de propargite dos veces por mes, y el resto cada 22 días.

Para el manejo de *T. urticae* se debe sustentar en un programa de manejo integrado, que incluya acciones sistematizadas de muestreo y seguimiento del comportamiento de dispersión, detección de poblaciones iniciales y enemigos naturales preferenciales nativos. Además, el seguimiento de la resistencia con el objeto de implementar estrategias de manejo *T. urticae* de manera oportuna y dirigida a los conglomerados donde inicia la infestación y dispersión. Las acciones a implementar implican la identificación de los acaricidas autorizados, el ordenamiento de los grupos químicos, la caracterización de los sitios de acción de los acaricidas, el cambio de ingredientes activos de amplio espectro por productos selectivos, Gauraha and Singh (2011) utilizaron aceite de nim en mezcla con propargite y aseveran que esta combinación tiene un efecto de potenciación al incrementar de 71 a 83% el promedio de mortalidad en *T. urticae*. Se debe considerar la diversificación de los métodos de control con enemigos naturales como *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus*.

(11 x). In general, Grafton-Cardwell *et al.* (1987) suggested that propargite resistance is unstable. Ay (2005) estimated resistance of this species for chlorpyrifos of 988 x, and suggested the rotation of active ingredients with different sites of action to deal with the resistance.

Ornamental producers use with high frequency, mixtures of acaricides. Of 148 producers surveyed 107 (72%) have occasionally mixed acaricides, 98 (66%) have applied five different active ingredients in Coatepec, 25 of 30 (83%) producers apply on a monthly basis and the propargite Zumpahuacán 9 of 13 (69%) producers propargite applied once a month, four (31%) do so with a frequency of 45 days in Villa Guerrero, 58, 75 (77%) producers as often applied propargite Tenancingo monthly and 23 producers of 30 (77%) have propargite applications twice a month, and the rest every 22 days.

The management of *T. urticae* must be built on an integrated management program that includes systematic sampling actions, monitoring the behavior of dispersion, detection of initial populations and natural enemies. Besides this, monitoring the resistance in order to implement management strategies for *T. urticae* in timely and targeted clusters where the infestation begins and spreads. The actions to be implemented involve the identification of acaricides approved, the arrangement of chemical groups, characterization of sites of action, change of active ingredients of broad-spectrum selective products Gauraha and Singh (2011) used oil neem mixed with propargite and claimed that, this combination has an enhancing effect by increasing from 71 to 83% the average mortality in *T. urticae*. The diversification of methods to control with natural enemies, such as *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* must be considered.

Conclusions

T. urticae populations of Coatepec Harinas ($RR_{95}= 7.9 x$), Villa Guerrero ($RR_{95}= 1.3 x$) and Zumpahuacán ($RR_{95}= 11 x$) are susceptible to propargite. Tenancingo population ($RR_{95}= 90.1 x$) is resistant to this acaricide.

End of the English version



Conclusiones

Las poblaciones de *T. urticae* de Coatepec Harinas ($RR_{95}=7.9\times$), Villa Guerrero ($RR_{95}=1.3\times$) y Zumpahuacán ($RR_{95}=11\times$) son susceptibles a propargite. La población de Tenancingo ($RR_{95}=90.1\times$) es resistente a dicho acaricida.

Agradecimientos

El presente estudio se llevó a cabo con fondos del proyecto 15-2006-5354 "Manejo integrado de plagas y enfermedades en ornamentales de corte" financiado por la Fundación Produce del Estado de México.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. USA. J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- Aguilar-Medel, S.; Díaz-Gómez, O.; Rodríguez-Maciél, J. C.; González-Camacho, J. E.; García-Velazco, R.; Martínez-Carrillo, J. L. y Resendiz-García, B. 2011. Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a Acaricidas Usados en la Producción de Rosal de Invernadero en México. USA. Southwestern Entomologist 36(3):363-371.
- Ay, R.; Sökeli, E.; Karaca, I. y Gurkan, M. O. 2005. Response to some acaricides of two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae* Koch) from protected vegetable in Isparta. Turk. Turkia. J. Agric. For. 29:165-171.
- Ay, R. 2005. Determination of susceptibility and resistance of some greenhouse populations of *Tetranychus urticae* Koch to chlorpyrifos (Dursban 4) by petri dish-Potter tower method. Austria. J. of Pest Sci. 78:139-143.
- Cahill, M.; Gorman, K.; Day, S. y Denholm, I. 1996. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). UK. Bull. Entomol. Res. 86:343-349.
- Cerna, E.; Landeros, J.; Guerrero, E.; Flores, A. E. y Badii, M. H. 2005. Detección de resistencia enzimática por productos sinérgicos en una línea de campo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). México. Folia Entomol. Mex. 44(3):287-295.
- Flores, F. A.; Silva, A. G.; Tapia, V. M. y Casals, B. P. 2007. Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) colectada en *Primula abconica* Hance y *Convolvulus arvensis* L. a acaricidas. Chile. Agricultura Técnica. 67(2):219-224.
- García, M. F. 2005. Resistencia de *Tetranychus urticae* y *panonychus citri* a acaricidas en el cultivo de los cítricos. España. Phytoma España 173:71-79.
- Gauraha, R. y Singh, R. N. 2011. Effect of bio-pesticides on various stages of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). Rumania. Res. J. Agric. Sci. 2(2):301-303.
- Georghiou, G. y Lagunes, A. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. 318 p. FAO/ University of California, Riverside, California, USA.
- Grafton-Cardwell, E. E.; Granett, J. and Leiggh, T. F. 1987. Spider mite species (Acari: Tetranychidae) response to propargite: Basis for an acaricide resistance management program. USA. J. Econ. Entomol. 80(3):579-587.
- Grbic, M.; Van Leeuwen, T.; Clark, R. M.; Rombauts, S.; Rouzé, P.; Grbic, V.; Osborne, E. J.; Dermauw, W.; Thi Ngoc, P. C.; Ortego, F.; Hernández-Crespo, P.; Díaz, I.; Martínez, M.; Navajas, M.; Sucena, E.; Magalhães, S.; Nagy, L.; Pace, R. M.; Djuranovic, S.; Smagghe, G.; Iga, M.; Christiaens, O.; Veenstra, J. A.; Ewer, J. and Mancilla, V. R. 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. UK. Nature. 479:(487-492).
- Kim, M.; Sim, C.; Shin, D.; Suh, E. and Cho, K. 2005. Residual and sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on the instantaneous rate of increase of *Tetranychus urticae*. Holanda. Crop Protec. 25(6):542-548.
- Kim, Y. J.; Parque, H. M.; Cho, J. R. y Ahn, Y. J. 2006. Multiple resistance and biochemical mechanisms of pyridaben resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). USA. J. Econ. Entomol. 99(3):954-958.
- Konanz, S. y Nauen, R. 2004. Purification and partial characterization of a glutathione S-transferase from the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Holanda. Pestic. Biochem. Physiol. 79:49-57.
- Landeros, J.; Guevara, L.; Badii, M. H.; Flores, A. E. and Pámanes, A. 2004. Effect of different densities of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on CO₂ assimilation, transpiration, and stomatal behaviour in rose leaves. Holanda. Exp. and App. Acarol. 32(3):187-198.

- Lin, S.; Hue, H. C.; Wang, J. J.; Li, M.; Lu, W. C. and Zhao, Z.M. 2009. Resistance selection and biochemical mechanisms of resistance to two acaricides in *Tetranychus cinnabarinus* (Boiduval). USA. Pesticide Biochem. and Physiol. 93(1):47-52.
- Mendoza, Z. C. 1993. Enfermedades del rosal en México. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de patronato universitario. Chapingo, Estado de México, México. 62 p.
- Orozco, H. M. E. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: Floricultura comercial en el Estado de México. México. Convergencia 14(45):111-160.
- Orozco, H. M. E.; Campos, M. E. y Guerrero, P. A. 2009. Hacia la gestión de un nuevo desarrollo rural: El caso de los pequeños productores de flor en Villa Guerrero, México. Quivera 11(1):91-102.
- Reddy, G. V. P. and Baskaran, P. 2006. Damage potential of the spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on four varieties of eggplant. Kenya. International J. of Trop. Insect Sci. 26:48-56.
- Rizzieri, D. A.; Dennehy, T. J. and Glover, T. J. 1988. Genetic analysis of Dicofol resistance in two populations of Two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from New York apple orchards. USA. J. Econ. Entomol. 81(5):1271-1276.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999. SAS Institute Computer Systems, FSP user's. Cary, N. C. E.E. U. U.
- Sato, M. E.; Silva da, M.; Raga, A. and Souza De, M. F. 2005. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. Brasil. Neotropical Entomol. 34(6):991-998.
- Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). 2009. SAGARPA. www.siap.sagarpa.gob.mx (Consultado febrero, 15 del 2011).
- Sokeli, E.; Ay R. and Karaca, I. 2007. Determination of the resistance level of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) population in Apple orchards in Sparta province against some pesticides. Turkia. Tarim Bilimleri Dergisi 13(4):326-330.
- Stumpf, N.; Claus, P. W.; Kraus, W.; Moores, G. D. y Nauen, R. 2001. Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Holanda. Pestic. Biochem. Physiol. 69:131-142.
- Stumpf, N. y Nauen, R. 2002. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Holanda. Pestic. Biochem. Physiol. 72:111-121.
- Syed, A. R. 2006. Pest and disease management for crop production inside greenhouses. Belgica. Acta Hort. (ISHS) 710:89-102.
- Takematsu, A. P.; Filho, N. S.; De Souza Filho, M. F. y Sato, M. E. 1994. Sensibilidade de *Tetranychus urticae* (Koch) proveniente de roseira (*Rosa* sp.) de Holambra-SP a alguns acaricidas. Brasil. Rev. Agric. (Piracicaba) 69(2):129-137.
- Van de Vrie, M. 1985. Apple. Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Holanda. Vol. 1B. Sabelis W. Helle & M.W, Sabelis. Elsevier-Amsterdam: 311-325.
- Van Lewwen, T. and Tirry, L. 2007. Esterase-mediated resistance in a multiresistant strain of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. UK. Pest Management Science 63(2):150-156.
- Van Leewen, T.; Vohtas, J.; Tsagkarakou, A. and Tirry, L. 2009. Mechanisms of acaricide resistance in two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Holanda. Biorational Control of Arthropod Pest. 343-393
- Van Leewen, T.; Vohtas, J.; Tsagkarakou, A.; Dermauw, W. and Tirry, L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important acari: a review. Korea. Insect Biochem. and Molec. Biol. 40(8):563-572.
- Van Pottelberge, S.; Van Leewen, T.; Nauen, R. y Tirry, L. 2009. Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). UK. Bulletin Entomol. Res. 99(1):23-31.
- Villegas-Elizalde, S.; Rodríguez- Maciel, J. C.; Anaya-Rosales, S.; Sánchez-Arroyo, H.; Hernández-Morales, J. y Bújanos-Muñiz, R. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de la fresa en Zamora, Michoacán, México. México. Agrociencia 44:75-81.