

SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS EN DOS POBLACIONES MEXICANAS DEL SALERILLO, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

SUSCEPTIBILITY TO INSECTICIDES IN TWO MEXICAN POPULATIONS OF TOMATO-POTATO PSYLLID, *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

Marco T. Vega-Gutiérrez¹, J. Concepción Rodríguez-Maciel^{1*}, Ovidio Díaz-Gómez², Rafael Bujanos-Muñiz³, David Mota-Sánchez⁴, J. Luis Martínez-Carrillo⁵, Ángel Lagunes-Tejeda¹ y José A. Garzón-Tiznado⁶

¹Entomología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (concho@colpos.mx). ²Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón 64. 78000, San Luis Potosí, San Luis Potosí. ³Programa de Entomología, Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, 38010. Celaya, Guanajuato. ⁴Department of Entomology, Michigan State University, East Lansing, MI 48824. USA. ⁵Campo Experimental Valle del Yaqui, CIR Noroeste, INIFAP, Sonora, México. ⁶Programa de Biotecnología, Campo Experimental Valle de Culiacán, INIFAP. Carretera a El Dorado km 16.5 Culiacán, Sinaloa, México.

RESUMEN

El salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) es una de las plagas más importante del chile (*Capsicum* spp.), jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) en México. Para su control se usan insecticidas y los agricultores perciben que su eficacia biológica no es satisfactoria. En ninfas se determinaron los valores de CL_{50} , CL_{95} , límites de confianza al 95% y valores de proporción de resistencia a nivel de CL_{50} (RR_{50}) y CL_{95} (RR_{95}) a seis insecticidas en una población susceptible y dos de campo (El Huizache, Estado de San Luis Potosí, y Arteaga-Galeana de Coahuila y Nuevo León). Todas las poblaciones fueron susceptibles a fenpropatrín, abamectina, cyfluthrín, dimetoato, esfenvalerato y pyriproxyfen. Se documenta que la falta de eficacia biológica en campo no se debe a la resistencia a insecticidas.

Palabras clave: resistencia a insecticidas, salerillo, Paratrioza

INTRODUCCIÓN

En México se documentó la presencia del salerillo, *Bactericera* (= *Paratrioza*) *cockerelli* (Sulc), en 1947, con efecto en solanáceas en Durango, Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas (Plesch, 1947). A partir de los 70 esta especie es una plaga primaria de la papa (*Solanum tuberosum* L.), chile (*Capsicum* spp.) y jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Garzón *et al.*, 1992; Garzón, 2003).

B. cockerelli ocasiona daños directos a la planta al succionar la savia (Munyaneza *et al.*, 2007) e indirectos al transmitir fitoplasmas (Garzón *et al.*, 2004). Dichos fitoplasmas producen la enfermedad punta

*Autor responsable.

Recibido: Julio, 2007. Aprobado: Febrero, 2008.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 42: 463-471. 2008.

ABSTRACT

The tomato-potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc.), is one of the most important pests of chili pepper (*Capsicum* spp.), tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and potato (*Solanum tuberosum* L.) in México. Insecticides are used for its control, and the farmers perceive that their biological effectiveness is not satisfactory. In nymphs, LC_{50} , LC_{95} , confidence limits at 95%, values of resistance ratio at a level of LC_{50} (RR_{50}) and LC_{95} (RR_{95}) to six insecticides were determined in one susceptible and two field-collected populations (El Huizache, State of San Luis Potosí, and Arteaga-Galeana of Coahuila and Nuevo León). All the populations were susceptible to fenpropathrin, abamectin, cyfluthrin, dimetoate, esfenvalerate, and pyriproxyfen. It is documented that the lack of biological effectiveness in field is not due to resistance to insecticides.

Key words: resistance to insecticides, tomato-potato psyllid, Paratrioza

INTRODUCTION

In México, the presence of tomato-potato psyllid, *Bactericera* (= *Paratrioza*) *cockerelli* (Sulc.) was documented in 1947, affecting solanaceae in Durango, State of México, Guanajuato, Michoacán, and Tamaulipas (Plesch, 1947). Since the seventies, this species is a primary pest of potato (*Solanum tuberosum* L.), chili pepper (*Capsicum* spp.), and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Garzón *et al.*, 1992; Garzón, 2003).

B. cockerelli causes direct damages to the plant at sucking the sap (Munyaneza *et al.*, 2007) and indirect ones at transmitting phytoplasmas (Garzón *et al.*, 2004), which produce the disease purple tip on potato or permanent on tomato (Garzón, 2002; Garzón *et al.*,

morada en papa o permanente del tomate en jitomate (Garzón, 2002; Garzón *et al.*, 2005). Sus síntomas se deben a la interferencia que tienen los fitoplasmas con el transporte de nutrientes, a los daños mecánicos ocasionados por la alimentación, y a las toxinas que inyectan los adultos al alimentarse (List y Daniels 1934; Garzón, 1984; Munyaneza *et al.*, 2007).

En el Estado de Guanajuato *B. cockerelli* mermó 60% de la producción de jitomate en los 90. En los años siguientes la superficie cultivada se redujo 85% (Garzón, 2003). En San Luis Potosí, se ha comportado como plaga primaria de los cultivos de chile y jitomate (Díaz *et al.*, 2005).

En regiones productoras de hortalizas del centro y altiplano de San Luis Potosí los productores, en coordinación con la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) han implementado acciones de manejo que incluyen el uso de *Chrysoperla carnea* (Stephens) y de insecticidas como los extractos de margosa, *Azadirachta indica* A. Juss. Además, se aplican medidas de control legal sustentadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001, que se refiere al manejo y eliminación de focos de infestación de plagas mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra y destrucción de residuos de cosecha (SAGARPA, 2001).

En los Estados de Coahuila y San Luis Potosí es común que se realicen hasta doce aplicaciones de insecticidas durante la temporada de cultivo (jitomate y papa) y se desconoce el estado de la susceptibilidad a dichos agroquímicos. Los productores de jitomate y papa de San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León han manifestado preocupación por la falta de control de *B. cockerelli* con thiacloprid, imidacloprid y otros insecticidas convencionales. La falta de control se puede deber a factores como deficiente calibración del equipo de aplicación, uso de equipo de aplicación en mal estado, baja cobertura de la aspersión en el follaje y expresión fenotípica de la resistencia a insecticidas en el salerillo. El uso irracional de insecticidas contra esta plaga sugiere la hipótesis de que dicha plaga ha desarrollado resistencia a los insecticidas utilizados para su control. Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar la susceptibilidad a ocho insecticidas en ninfas de *B. cockerelli* en una población susceptible a insecticidas (Susc) y dos poblaciones de campo (El Huizache y Arteaga-Galeana).

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos

La respuesta a insecticidas se determinó en una población susceptible y dos de campo (El Huizache y Arteaga-Galeana). La

2005). Its symptoms are due to the interference of phytoplasmas with the nutrient transport, to the mechanical damages caused by feeding, and to the toxins the adults inject at feeding (List and Daniels, 1934, Garzón, 1984; Munyaneza *et al.*, 2007).

In the State of Guanajuato, *B. cockerelli* diminished 60% of the tomato production in the nineties. In the following years, the cultivated area was reduced by 85% (Garzón, 2003). In San Luis Potosí, it has behaved as a primary pest of chili pepper and tomato crops (Díaz *et al.*, 2005).

In vegetable-producing regions of the center and high plain of San Luis Potosí, the producers in coordination with the Department of Agriculture, Rural Development, Fishery and Food (SAGARPA), have implemented management actions including the use of *Chrysoperla carnea* (Stephens) and of insecticides such as neem extracts, *Azadirachta indica* A. Juss. Furthermore, legal control measures are applied, supported by the Mexican Official Norm NOM-081-FITO-2001, which refers to management and elimination of sources of pest infestation by means of establishing sowing dates and destruction of crop residues (SAGARPA, 2001).

In the States of Coahuila and San Luis Potosí it is common that up to twelve insecticide applications during the crop season (tomato and potato) are carried out, and the current state of susceptibility to such agrichemicals is unknown. Tomato and potato producers of San Luis Potosí, Coahuila, and Nuevo León have expressed their concern about the lack of *B. cockerelli* control, using thiacloprid, imidacloprid, and other conventional insecticides. The lack of control may be due to factors such as deficient gauging of application equipment, use of application equipment in bad conditions, low covering of foliage spraying, and phenotypic expression of the resistance to insecticides, in tomato-potato psyllid. The irrational use of insecticides against this pest suggests the hypothesis that it has developed resistance to the insecticides utilized for its control. Therefore, the objective of the present research was to determine the susceptibility to eight insecticides in nymphs of *B. cockerelli* in one population susceptible to insecticides (Susc) and two field-collected populations (El Huizache and Arteaga-Galeana).

MATERIALS AND METHODS

Insects

The response to insecticides was determined in one susceptible and two field-collected populations (El Huizache and Arteaga-Galeana). The El Huizache population came from the municipality El Huizache in the State of San Luis Potosí and was collected from crops of

población El Huizache provino del municipio El Huizache en el estado de San Luis Potosí y se recolectó de los cultivos de chile tipo Jalapeño y jitomate tipo Saladette. La población Arteaga-Galeana provino de dos municipios cercanos: Arteaga en el estado de Coahuila y Galeana en el estado de Nuevo León; los individuos de esta población se recolectaron de las variedades de papa Golden y Atlantic.

De julio a septiembre de 2006 se realizaron cuatro recolectas de cada población. Para cada población se determinaron al azar cinco sitios de muestreo con una distancia ≥ 2 km entre ellos; se recolectaron al menos 100 hojas infestadas con ninfas (≥ 500 ninfas en total). Además, se realizaron 100 redazos entomológicos para capturar ≥ 300 adultos por sitio. Los individuos recolectados en cada sitio se unieron para integrar la población respectiva.

El material biológico se trasladó al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México donde los individuos de cada población, por separado, se colocaron en jaulas (110×50×50 cm) que contenían, cada una, cinco plantas de chile Jalapeño (90 d edad).

Como referencia de susceptibilidad se usó una población recolectada en plantas silvestres en Celaya, Guanajuato. Dicha población se ha reproducido en invernadero libre de presión de selección desde 2002 en el Campo Experimental Bajío, del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias).

Cría

Se hizo sobre plantas de chile tipo Jalapeño de 90 d de edad. Para tener un control de la edad de las ninfas, las plantas con huevecillos de *B. cockerelli* se retiraron de la jaula de adultos cada 24 h. La cría de esta especie se realizó en condiciones ambientales controladas: 23 ± 3 °C, 70% humedad relativa y 14:10 h luz: oscuridad.

Insecticidas

Los ensayos se hicieron con seis insecticidas de uso común para el control de *B. cockerelli* (Anónimo, 2005a): abamectina (Agrimec 1.8 CE[®]), concentrado emulsionable, 18 g de i.a. L⁻¹, Syngenta Agro S.A. de C. V.), cyfluthrín (Baytroid 050 CE[®], concentrado emulsionable, 50 g de i. a. L⁻¹, Bayer de México. S.A. de C. V.), dimetoato (Aflix[®] concentrado emulsionable, 400 g de i.a. L⁻¹, Bayer de México. S.A. de C. V.); esfenvalerato (Sumi-Alpha XL[®] concentrado emulsionable, 72 g de i.a. L⁻¹, Valent de México S.A. de C.V.), pyriproxyfen (Knack[®], concentrado emulsionable, 103 g de i.a. L⁻¹, Valent 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.). Las concentraciones seriadas de insecticida se prepararon en agua destilada.

Procedimiento experimental

Se utilizó el ensayo de inmersión de hoja para el psílido del peral, *Psylla* spp, propuesto por el Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC, por su siglas en inglés), con ligeras modificaciones

Jalapeño type chili and Saladette type tomato. The Arteaga-Galeana population originated from two neighboring municipalities: Arteaga in the State of Coahuila, and Galeana in the State of Nuevo León; the individuals of this population were collected from the potato varieties Golden and Atlantic.

From July to September 2006, four collections of each population were carried out. For each population five sampling sites were randomly determined, with ≥ 2 km distance between each other, at least 100 leaves infested with nymphs (≥ 500 nymphs on the whole) were collected. Furthermore, 100 entomological nettings were conducted to capture ≥ 300 adults per site. The individuals collected at each site were mixed to integrate the respective population.

The biological material was transferred to the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, located in Montecillo, Texcoco, State of México, where the individuals of each population were separately placed in cages (110×50×50 cm), each containing five 90-day-old Jalapeño chili plants.

As a reference of susceptibility, a population collected on wild plants in Celaya, Guanajuato, was utilized. This population has been reproduced under greenhouse conditions free of selection pressure since 2002, at the Bajío Experimental Field, which belongs to the INIFAP (National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research).

Rearing

It was carried out on 90-day-old Jalapeño-type chili plants. In order to obtain age control of the nymphs the plants with *B. cockerelli* eggs were removed from the cage of the adults every 24 h. Rearing of this species was conducted under controlled environmental conditions: 23 ± 3 °C, 70% relative humidity, and 14:10 h light: darkness.

Insecticides

The bioassays were carried out with, six insecticides of common use for *B. cockerelli* control (Anonymous, 2005a): abamectin (Agrimec 1.8 CE[®]) emulsifiable concentrate, 18 g of a.i. L⁻¹, Syngenta Agro S.A. de C.V.), cyfluthrin (Baytroid 050 CE[®], emulsifiable concentrate, 50 g of a.i. L⁻¹, Bayer de México S.A. de C.V.), dimetoate (Aflix[®] emulsifiable concentrate, 400 g of a.i. L⁻¹, Bayer de México S.A. de C.V.); esfenvalerate (Sumi-Alpha XL[®] emulsifiable concentrate, 72 g of a.i. L⁻¹, Valent de México S.A. de C.V.), pyriproxyfen (Knack[®], emulsifiable concentrate, 103 g of a.i. L⁻¹, Valent de México S.A. de C.V.), fenpropathrin (Herald 375 CE[®], emulsifiable concentrate, 375 g of a.i. L⁻¹, Valent de México S.A. de C. V.). The serial insecticide concentrations were prepared in distilled water.

Experimental protocol

The leaf immersion assay was used for the pear tree psyllid, *Psylla* spp., proposed by the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) with slight modifications (IRAC, 2005) From leaves of the

(IRAC, 2005). De las hojas del estrato medio de plantas de Chile de 80 d de edad se cortaron discos (33 mm diámetro) y se colocaron 15 ninfas sanas en el envés de cada disco. A los 60 min los discos de hoja con las ninfas se sumergieron 10 s en la concentración respectiva de insecticida y se colocaron 40 min en la campana de flujo laminar para eliminar el exceso de humedad. Los discos de hoja tratados se colocaron con el envés hacia abajo en cajas de Petri (4 cm diámetro), cada una con 3 mL de agar al 2%.

Se utilizaron ninfas del tercer instar (fenpropatrín) y cuarto instar (abamectina, cyfluthrín, dimetoato, esfenvalerato, y pyriproxyfen). Debido a la falta de información sobre métodos confiables de evaluación de plaguicidas en laboratorio en esta especie, se hicieron ensayos preliminares con los insecticidas en los instares tercero y cuarto de la población susceptible, pues estos instares mostraron buenas características para su manejo. Con los resultados por ejemplo mayor valor de la pendiente y mejor ajuste a una línea recta para cada tóxico, se eligió el instar con una respuesta más clara y que permitiera una mejor distinción entre una población resistente y una susceptible (Roush y Daly, 1990).

El porcentaje de mortalidad se registró 48 h después de la exposición al insecticida. Se consideró ninfa muerta aquella que presentaba los apéndices pegados al cuerpo, estaba deshidratada o no reaccionaba al estímulo del pincel. Inicialmente, para cada insecticida se determinó el intervalo de concentraciones que producían de cero a 100% de mortalidad (ventana de respuesta biológica). Luego se usaron 6 a 7 concentraciones dentro de dicho intervalo. En cada ensayo se hicieron cinco repeticiones en días diferentes, y cada repetición incluyó un testigo sin tratar. El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo absoluto fue 10% y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

Análisis estadístico

Los datos de mortalidad se sometieron a un análisis Probit mediante el procedimiento PROBIT (SAS Institute, 1998). Los valores de RR_{50} y RR_{95} se determinaron dividiendo la $CL_{50(95)}$ de la población de campo entre la $CL_{50(95)}$ de la susceptible. Se consideró que las respuestas de las poblaciones comparadas no son estadísticamente diferentes cuando los límites de confianza se traslapan (Robertson y Preisler, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para El Huizache y Arteaga-Galeana no hubo diferencias en la respuesta a fenpropatrín a nivel de CL_{50} y de CL_{95} ; los valores de RR_{50} y RR_{95} fueron ≤ 1.1 y ≤ 0.8 (Cuadro 1). Con abamectina se observaron diferencias significativas al nivel de CL_{50} entre la población susceptible y Arteaga-Galeana (Cuadro 2) con un RR_{50} de 4.0x para esta población. En cyfluthrín sólo se presentaron diferencias a nivel de la CL_{50} entre la población susceptible y Arteaga-Galeana, y los valores de RR_{50} y RR_{95} fueron bajos en ambos casos ($\leq 2.1 \times$) (Cuadro 2). Hubo diferencias significativas entre la

middle stratum of 80-day-old chili plants, disks were cut (33 mm diameter) and 15 healthy nymphs were placed on the underside of each disk. At 60 minutes, the leaf disks with the nymphs were submerged for 10 s in the respective insecticide concentration and placed under laminar flow cover during 40 minutes in order to eliminate moisture excess. The treated leaf disks were placed upside down in Petri dishes (4 cm diameter), each of them containing 3 mL of agar at 2%.

Nymphs of third instar (fenpropathrin) and fourth instar (abamectin, cyfluthrin, dimetoate, esfenvalerate, and pyriproxyfen) were used. Due to the lack of information about reliable methods of pesticide assessment in laboratory, in this species preliminary assays were carried out with the insecticides in third and fourth instar of the susceptible population, since these instars showed good characteristics for their management. With the results, for example, higher slope value and better fitting to a straight line for each toxic, the instar with a clearer response and allowing better distinction between a resistant and a susceptible population, was chosen (Roush and Daly, 1990).

Mortality percentage was recorded 48 h after the exposure to the insecticide. Those nymphs that had their appendages close to their body, were dehydrated, or did not react to the stimulus of the brush, were considered dead. Initially, for each insecticide the interval of concentrations producing from 0 to 100% mortality (biologic response window) was determined. Subsequently, 6 to 7 concentrations within this interval were used. In each assay, five replications on different days were carried out, and each replication included an untreated control. The maximum acceptable mortality level for the untreated control was 10%, which was corrected by means of Abbott's formula (Abbott, 1925).

Statistical Analysis

Mortality data were subjected to a Probit analysis by means of PROBIT procedure (SAS Institute, 1998). The RR_{50} and RR_{95} values were determined dividing $LC_{50(95)}$ of the field-collected population by $LC_{50(95)}$ of the susceptible one. It was considered that the response of the compared populations is not statistically different when the confidence levels overlap (Robertson and Preisler, 1992).

RESULTS AND DISCUSSION

For El Huizache and Arteaga-Galeana, there were no differences in response to fenpropathrin at LC_{50} and LC_{95} level; the values of RR_{50} and RR_{95} were ≤ 1.1 and ≤ 0.8 (Table 1). With abamectin significant differences at LC_{50} level were observed between the susceptible population and Arteaga-Galeana (Table 2) with an RR_{50} of 4.0 for this population. In cyfluthrin only differences at LC_{50} were presented between the susceptible and Arteaga-Galeana population, and the RR_{50} and RR_{95} values were low in both cases ($\leq 2.1 \times$) (Table 2). There were significant differences between the susceptible population and the field-collected ones

Cuadro 1. Respuesta a insecticidas en ninfas del tercer instar de *Bactericera cockerelli* (Sulc.).
Table 1: Response to insecticides in nymphs of the third instar of *Bactericera cockerelli* (Sulc.).

| Insecticida Población | n [†] | b±ES [‡] | CL ₅₀ [§] (95% LC) ^Φ | CL ₉₅ [§] (95% LC) ^Φ | Pr>χ ² [□] | RR ₅₀ ^{††} | RR ₉₅ ^{††} |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Ensayo con ninfas del tercer instar | | | | | | | |
| Fenpropatrin | | | | | | | |
| El Huizache | 312 | 1.1±0.1 | 48.5 (17.9-135.1) | 1707 (433.6-48633) | 0.06 | 1.1 | 0.5 |
| Arteaga-Galeana | 441 | 0.8±0.1 | 25.2 (16.1-39.8) | 2807 (1188-8758) | 0.1 | 0.6 | 0.8 |
| Susceptible | 243 | 0.8±0.1 | 42.5 (8.8-212.9) | 3730 (569.6-317020) | 0.07 | | |
| Ensayo con ninfas del cuarto instar | | | | | | | |
| Abamectina | | | | | | | |
| El Huizache | 252 | 1.1±0.1 | 0.03 (0.01-0.12) | 1.2 (0.2-43.2) | 0.09 | 3.0 | 2.0 |
| Arteaga-Galeana | 316 | 0.9±0.1 | 0.04 | 3.4 (0.03-0.06) | 0.6 (1.4-12.5) | 4.0 | 5.6 |
| Susceptible | 295 | 0.9±0.1 | 0.01 | 0.6 (0.009-0.02) | 0.1 (0.3-1.9) | | |
| Cyflutrin | | | | | | | |
| El Huizache | 315 | 1.5±0.2 | 22.4 (11.4-41.7) | 265.1 (107-2682) | 0.1 | 1.7 | 0.3 |
| Arteaga-Galeana | 366 | 1.8±0.1 | 27.2 | 210.5 (22-33.4) | 0.1 (149-333) | 2.1 | 0.3 |
| Susceptible | 567 | 0.9±0.1 | 13.1 | 786.5 (8.8-17.8) | 0.8 (437-1833) | | |
| Dimetoato | | | | | | | |
| El Huizache | 281 | 2.1±0.2 | 199.4 (164.6-242) | 1253 (871-2129) | 0.7 | 2.6 | 2.1 |
| Arteaga-Galeana | 299 | 2.5±0.2 | 175.9 | 798.3 (149-206) | 0.3 (606-1168) | 2.3 | 1.3 |
| Susceptible | 284 | 1.8±0.2 | 76.5 | 599.2 (55.8-96.9) | 0.7 (418-1053) | | |
| Esfenvalerato | | | | | | | |
| El Huizache | 431 | 1.5±0.1 | 5.6 (4.5-7.0) | 67.3 (46.1-111) | 0.7 | 0.9 | 0.8 |
| Arteaga-Galeana | 421 | 1.3±0.1 | 6.0 | 101.7 (4.7-7.6) | 0.2 (65.4-186) | 1.0 | 1.3 |
| Susceptible | 436 | 1.4±0.1 | 6.0 | 80.9 (4.7-7.5) | 0.4 (54.9-135) | | |
| Pyriproxyfen | | | | | | | |
| El Huizache | 298 | 0.8±0.1 | 12.8 (8.3-19.8) | 1189 (430-6452) | 0.3 | 1.2 | 1.2 |
| Arteaga-Galeana | 314 | 0.6±0.1 | 11.8 | 3787 (7.1- 20.9) | 0.4 (926-43396) | 1.1 | 3.7 |
| Susceptible | 303 | 0.8±0.1 | 10.5 | 1018 (6.8-16.7) | 0.6 (365-5211) | | |

[†] Número de ninfas tratadas ♦ Number of treated nymphs.

[‡] Error estándar de la pendiente ♦ Slope and its standard error.

[§] Concentración letal=mg L⁻¹ ♦ Lethal concentration=mg L⁻¹.

^Φ Límites de confianza al 95% ♦ Confidence limits at 95%.

[□] Probabilidad de que la línea log Dosis-Probit ajuste a una línea recta ♦ Probability that the log dose-Probit line fits to a straight line.

^{††} Proporción de resistencia al nivel de CL₅₀=CL₅₀ población de campo/CL₅₀ población susceptible ♦ Resistance ratio at LC₅₀ level=LC₅₀ field-collected population LC₅₀ susceptible population.

^{††} Proporción de resistencia al nivel de CL₉₅=CL₉₅ población de campo/CL₉₅ población susceptible ♦ Resistance ratio at LC₉₅ level=LC₉₅ field-collected population LC₉₅ susceptible population.

población susceptible y las de campo al nivel de CL_{95} . Los valores de RR_{50} fueron $\leq 1.2 \times$ y los de RR_{95} $\leq 0.3 \times$ (Cuadro 2). La respuesta a dimetoato fue similar entre las poblaciones de campo y la susceptible y los valores de RR_{50} y de RR_{95} fueron ≤ 2.6 y ≤ 2.1 (Cuadro 2).

No hubo diferencias significativas a esfenvalerato a nivel de CL_{50} y de CL_{95} (Cuadro 2); los valores de RR_{50} fueron ≤ 1.0 y los de RR_{95} $\leq 1.3 \times$ en ambas poblaciones. A nivel de la CL_{50} y de CL_{95} , las poblaciones de campo no mostraron diferencias significativas en su respuesta a pyriproxifen respecto a la población susceptible (Cuadro 2). Los valores de RR_{50} fueron ≤ 1.2 y los de RR_{95} $\leq 3.7 \times$ para ambas poblaciones (Cuadro 2).

El dimetoato es un insecticida sistémico que controla los insectos chupadores que se alimentan de la planta tratada. Sin embargo, selecciona simultáneamente varios mecanismos de resistencia, es de baja propensión a resistencia, pero cuando ésta ocurre, impacta una amplia variedad de insecticidas organofosforados (Lagunes y Villanueva, 1994); además, es de aplicación poco frecuente (una por temporada). Esto explica los valores de RR_{50} y RR_{95} obtenidos para este insecticida.

La abamectina tiene acción translaminar y es posible que su aplicación en campo seleccione un elevado porcentaje de los individuos. Sin embargo, su uso es poco frecuente (no más de una aplicación por temporada) y la resistencia generalmente se desarrolla sólo con dosis altas y aplicaciones frecuentes (Clark *et al.*, 1995). Esto explica por qué no se observaron diferencias en la respuesta a este producto entre la población susceptible y las de campo, como ha ocurrido en otros artrópodos. Por ejemplo, en Villa Guerrero, Estado de México, el uso irracional de la avermectina contra la araña roja, *Tetranychus urticae* Koch causó que dicha especie desarrollara $50 \times$ resistencia a nivel de CL_{95} (Reséndiz, 1998).

Los otros insecticidas evaluados (fenpropathrín, cyfluthrín, esfenvalerato y pyriproxifen) también son de escaso uso. Por tanto, de potencial reducido para desarrollar resistencia en *B. cockerelli*.

Para obtener el registro de uso de estos insecticidas contra *B. cockerelli*, la autoridad requiere que la empresa realice pruebas rigurosas de eficacia biológica en campo (Anónimo, 2005b), las que fueron satisfactorias para dichos agroquímicos. Sin embargo los agricultores suponen que hay resistencia dado que no reducen la densidad poblacional de *B. cockerelli*. La experiencia en la zona agrícola de origen de las poblaciones evaluadas de salerillo indica que esta falta de control se debe a: los agricultores no calibran su equipo de aplicación, el caldo de aplicación se dirige al haz de

at LC_{95} level. The values of RR_{50} were $\leq 1.2 \times$ and those of RR_{95} $\leq 0.3 \times$ (Table 2). The response to dimetoate was similar among field-collected populations and the susceptible one and the values of RR_{50} and RR_{95} were ≤ 2.6 and ≤ 2.1 (Table 2).

There were no significant differences to esfenvalerato at LC_{50} level as well as LC_{95} did not exist (Table 2). The values of RR_{50} were ≤ 1.0 and those of RR_{95} $\leq 1.3 \times$ in both populations. At level LC_{50} and LC_{95} , the field-collected populations did not show significant differences in their response to pyriproxifen with respect to the susceptible population (Table 2). The values of RR_{50} were ≤ 1.2 , and those of RR_{95} $\leq 3.7 \times$ for both populations (Table 2).

Dimetoate is a systemic insecticide which controls sucking insects feeding on the treated plant. However, it selects simultaneously several resistance mechanisms, is of low propensity to resistance, but once it occurs, it affects a wide-ranged variety of organophosphorous insecticides (Lagunes and Villanueva, 1994); besides, it is of low-frequency application (once per crop season). This explains the values of RR_{50} and RR_{95} , obtained for this insecticide.

Abamectin has translaminar action and it is possible that its field application selects a high percentage of the individuals. Nevertheless, its use is little frequent (not more than one application per crop season) and the resistance generally is developed only when high doses and frequent applications are used (Clark *et al.*, 1995). This explains why differences in the response to this product between the susceptible and field-collected population were not observed, as occurred with other arthropods. For instance, in Villa Guerrero, State of México, the irrational use of avermectin against the two-spotted spider, *Tetranychus urticae* Koch, caused $50 \times$ resistance at CL_{95} level (Reséndiz, 1998).

All other insecticides evaluated (fenpropathrin, cyfluthrin, esfenvalerate, and pyriproxifen) are also of limited use. Therefore, of reduced potential to develop resistance in *B. cockerelli*.

In order to obtain the authorization for the use of these insecticides against *B. cockerelli*, the authority requires from the company that rigorous tests of biologic field efficacy be carried out (Anonymous, 2005b), which were satisfactory for such agrichemicals. The farmers, however, assume that there is resistance, given that they do not reduce population density of *B. cockerelli*. The experience in the agricultural zone of origin of the assessed tomato-potato psyllid populations indicates that this lack of control is due to: farmers do not gauge their application equipment, the spraying is directed to the upper part of the leaves, and there are no programs of integrated pest management. The doses of insecticides registered for pest control are supported by field studies

las hojas, y no hay programas de manejo integrado de plagas. Las dosis de insecticidas autorizadas para el control de plagas se sustentan en estudios de desarrollo que hacen las compañías de insecticidas y en experimentos realizados en campo por investigadores aprobados por el Gobierno Federal, y cuyos datos se usan para aprobar el registro de dichos insumos agrícolas. La calibración del equipo de aplicación permite al agricultor usar la dosis correcta. El uso de una dosis mayor puede conllevar riesgo de fitotoxicidad al cultivo y aumenta costos de producción; pero dosis inferiores se reflejan en falta de control. Las aplicaciones deficientes causan baja cobertura del follaje; por ejemplo, cubren el haz de la hoja y no el envés, situación crítica cuando se usan insecticidas que no tienen acción traslaminar. Considerando que las ninfas se desarrollan principalmente en el envés de las hojas, estas áreas no tratadas permiten el desarrollo normal de la plaga. Además, generalmente hacen aplicaciones de insecticidas cuando la densidad de *B. cockerelli* es alta (más de 30 ninfas por planta) (Liu y Trumble, 2006). En este caso, es común que los agricultores consideren que se ha desarrollado la resistencia al insecticida.

En experimentos controlados se ha observado que la abamectina, permetrina y lambda cialothrina, independientemente de la cantidad de individuos presentes, eliminan 95% de las ninfas de *B. cockerelli* a las 48 h de la aplicación (Maya *et al.*, 2003). Por tanto, cuando la densidad es elevada antes de hacer una aplicación de insecticidas, los supervivientes pueden ser suficientes para ocasionar daño a la planta y sugerir que la aplicación de insecticidas no fue efectiva. Una hembra de *B. cockerelli* puede depositar 1400 huevecillos en su vida (Knowlton y James, 1931; Plesh, 1947; Liu y Trumble, 2004) y el ciclo biológico se puede completar en 17 d (Marín *et al.*, 2002). En México es común observar, en promedio, 20 ninfas por hoja (Lomelí y Bueno, 2002). Sin embargo, 30 ninfas por planta pueden causar la muerte de 95% de las plantas (Liu y Trumble, 2005; 2006).

Generalmente el agricultor recurre al uso de insecticidas como única herramienta de combate de *B. cockerelli*, cuando la solución apropiada consiste en programas de manejo integrado de plagas (MIP) en la región (Trumble, 1990; Lomelí y Bueno, 2002; Norris *et al.*, 2003).

El uso de carbamatos de amplio espectro como el metomilo aumenta la densidad de esta plaga (Cranshaw, 1985); en consecuencia, deben excluirse del MIP. Además, se debe entender la relación entre variedades y plaguicidas, dado que afectan el control de *B. cockerelli* (Liu y Trumble, 2004). Por ejemplo, disminuye la tasa de alimentación de esta plaga en un cultivar resistente (Abro y Wright, 1989); los individuos

which the insecticide companies carry out, and in experiments conducted under field conditions by independent researchers, authorized by the Federal Government, and whose data are utilized to approve the commercial use of those agricultural products. Gauging the application equipment allows the farmer to utilize the correct dose. The use of a higher dose may entail risk of phytotoxicity for the crop and increases production costs; but lower doses result in lack of control. Deficient applications lead to low foliage covering; for example, they cover the upper part of the leaf but not the underside, critical situation when insecticides without traslaminar action are used. Considering that the nymphs mainly develop on the underside of the leaves, these untreated areas allow the normal development of the pest. Besides, generally, insecticide applications are made when *B. cockerelli* density is high (when there are more than 30 nymphs per plant) (Liu and Trumble, 2006). In this scenario, it is common that the farmers consider that resistance to the insecticide has been developed.

In controlled experiments, it has been observed that abamectin, permetrin and lambda cyalothrin, independently of the quantity of present individuals eliminate 95% of *B. cockerelli* nymphs at 48 h of application (Maya *et al.*, 2003). Therefore, when density is high before an insecticide application, the survivors may be sufficient to cause damage to the plant and may suggest that the insecticide application was not effective. A *B. cockerelli* female may deposit 1400 eggs in its life (Knowlton and James, 1931; Plesh, 1947; Liu and Trumble, 2004) and the biological cycle may be completed in 17 d (Marin *et al.*, 2002). In México, it is common to observe 20 nymphs per leaf on average (Lomelí and Bueno, 2002). However, 30 nymphs per plant may cause the death of 95% of the plants (Liu and Trumble, 2005; 2006).

Generally, the farmer turns to the use of insecticides as the only tool of *B. cockerelli* combat, when the appropriate solution consists in programs of integrated pest management (IMP) at the region (Trumble, 1990; Lomelí and Bueno, 2002; Norris *et al.*, 2005).

The use of broad-spectrum carbamates as well as metomil increases the density of this pest (Cranshaw, 1985); consequently, they must be excluded from the IPM. Furthermore, the relationship among varieties and pesticides must be understood, given that they affect *B. cockerelli* control (Liu and Trumble, 2004). For example, the feeding rate of this pest in a resistant cultivar diminishes (Abro and Wright, 1989); the individuals are less vigorous (Eigenbrode and Trumble, 1994), which increases biological effectiveness of the pesticides (Liu and Trumble, 2004). Some potato genotypes, like the advanced clone BGPM-6, are

son de menor vigor (Eigenbrode y Trumble, 1994), lo que aumenta la efectividad biológica de los plaguicidas (Liu y Trumble, 2004). Algunos genotipos de papa, como el clon avanzado BGPM-6 son tolerantes a los fitoplasmas que transmite *B. cockerelli* (Cadena, 1993; Cadena, 1996).

En este trabajo se documenta un caso donde la falta de control no se debe al desarrollo de resistencia sino al uso inadecuado de plaguicidas y a la carencia de programas de manejo integrado de plagas para reducir la densidad poblacional de una plaga tan importante como es el salerillo.

CONCLUSIONES

Dos poblaciones de campo del salerillo, *B. cockerelli*, una proveniente del municipios de El Huizache, Estado de San Luis Potosí (población El Huizache) y otra de los municipios de Arteaga en el Estado de Coahuila y Galeana del Estado de Nuevo León (población Arteaga-Galeana), mostraron susceptibilidad a los insecticidas fenpropatrín, abamectina, cyfluthrín, dimetoato, esfenvalerato y pyriproxifen. La baja eficacia de dichos insecticidas en campo no se atribuye a que el salerillo ha desarrollado resistencia sino a deficiencias en su uso.

LITERATURA CITADA

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.

Abro, G. H., and D. F. Wright. 1989. Host plant preferences and influence of different cabbage cultivars on the toxicity of abamectin and cypermethrin against *Plutella xylostella*. *Ann. Appl. Biol.* 115: 481-487.

Anónimo. 2005a. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. Ed. Thomson/PLM 15a Edición. 1899 p.

Anónimo. 2005 b. NOM-032-FITO-1005. Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico. Publicada el 8 de enero de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. http://senasica.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/senasica_principal/normalizacion/normas_relacionas_con_inocuidad_alimentaria_fitosanitarias.html (fecha de consulta: agosto 02, 2007).

Cadena, H. M. A. 1993. La punta morada de la papa en México: incidencia y búsqueda de resistencia. *Agrociencia.* 4: 247-256.

Cadena, H. M. A. 1996. La punta morada de la papa en México: efecto de cubiertas flotantes, genotipos y productos químicos. *Rev. Mex. Fitopatol.* 14: 20-24.

Clark, J. K., J. G. Scott, F. Campos, and J. R. Bloomquist. 1995. Resistance to avermectins: extent, mechanisms, and management implications. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 1-30.

Cranshaw, W. S. 1985. Control of potato insects with soil applied systemic insecticides. Greeley CO. *Insecticide Acaricide Tests* 10: 32

Díaz, G. O., E. I. Tejeda M., y A. L. Avalos. 2005. Efecto de insecticidas biorracionales y mezclas de hongos sobre *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae). *Entomología Mex.* 5: 539-541.

tolerant to the phytoplasmas transmitted by *B. cockerelli* (Cadena, 1993; Cadena, 1996).

In this paper, a case is documented, where the lack of control is not due to resistance development, but to the inadequate use of pesticides and to the lack of integrated pest management programs, in order to reduce the population density of a pest of such importance like tomato-potato psyllid.

CONCLUSIONS

Two field populations of tomato-potato psyllid, *B. cockerelli*, one originating from the municipalities El Huizache, State of San Luis Potosí (population El Huizache) and the other from the municipalities of Arteaga in the State of Coahuila and Galeana from the State of Nuevo León (population Arteaga-Galeana), showed susceptibility to the insecticides fenpropathrin, abamectin, cyfluthrin, dimetoate, esfenvalerate, and pyriproxifen. The low effectiveness of these insecticides in field is not attributed to the fact that tomato-potato psyllid has developed resistance, but to the deficiencies in its use.

End of the English version—



Eigenbrode, S. D., and J. T. Trumble. 1994. Host plant resistance to arthropods in vegetables: potential in integrating pest management. *J. Agric. Entomol.* 11: 201-224.

Garzón, T. J. A. 1984. Enfermedad del "permanente" del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Celaya, Gto. *In: Resúmenes del XI Congreso Nacional de Fitopatología.* Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. México. p: 138.

Garzón, T. J. A. 2002. Asociación de *Paratrysoza cockerelli* Sulc. con enfermedades en papa (*Solanum tuberosum*) y tomate (*Lycopersicon lycopersicum* Mill. Ex. Fawnl) en México. *In: Memoria del Taller sobre Paratrysoza cockerelli* (Sulc.) como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa, México. pp: 79-87.

Garzón, T. J. A. 2003. El pulgón Saltador o la Paratrysoza, una amenaza para la horticultura de Sinaloa. *In: Memoria del Taller sobre Paratrysoza cockerelli* Sulc. como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa. México. pp: 9-12.

Garzón, T. J. A., F. A. Becerra, A. Marín, A. C. Mejía, y M. K. F. Byerly. 1992. Manejo integrado de la enfermedad "Permanente del tomate" (*Lycopersicon lycopersicum* Karst ex Fawll Mill.), en el Bajío. *In: Urías, C., R. Rodríguez, y T. Alejandro* (eds). Afidos como vectores de virus en México. Colegio de Postgraduados, Centro de Fitopatología. Vol. 1. pp: 116-129.

Garzón, T. J. A., R. Bujanos, F. S. Velarde, J. A. Marín, T. V. M. Parga, M. C. Avilés, L., I. H. Almeida, S., A. J. Sánchez, C., J. L. Martínez y C. J. A. Garzón. 2004. *Bactericera* (*Paratrysoza*) *cockerelli* Sulc, vector de fitoplasmas en México. *In: Flores, O. A., M. G. Gallegos, y M. O. García* (eds). Memorias del Simposio Punta Morada de la Papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp: 64-84.

Garzón, T. J. A., J. A. Garzón-Ceballos, S. Velarde-Félix, A. Marín-Jarillo, y O. G. Cárdenas-Valenzuela. 2005. Ensayos de transmisión

- del fitoplasma asociado al "Permanente del tomate" por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc., en México. *Entomología Mex.* (4). México. pp: 672-675.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2005. Susceptibility Test Methods Series: Method 2 "Psylla spp." *In: www.irac-online.org/documents/method2.pdf* (fecha de consulta: mayo 10, 2007)
- Knowlton, G. F., and M. J. James. 1931. Studies on the biology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 24: 283-291.
- Lagunes, T. A., y J. A. Villanueva. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 264 p.
- List, G. M., and L. B. Daniels. 1934. A promising control for psyllid yellows of potatoes. *Science*: 79: 79.
- Liu G., and J. T. Trumble. 2004. Tomato psyllid behavioral responses to tomato plant lines and interactions of plant lines with insecticides. *J. Econ. Entomol.* 97: 1078-1085.
- Liu, D., and J. T. Trumble. 2005. Interaction of plant resistance on the development and survival of *Bactericera cockerelli* [Sulc] (Homoptera: Psyllidae). *Crop Prot.* 24: 111-117.
- Liu, D., and J. T. Trumble. 2006. Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato-potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bull. Entomol. Res.* 96: 197-204.
- Lomelí, F. J., y R. Bueno. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomol. Mex.* 41: 375-376.
- Marín, J. A., J. A. Garzón, A. Becerra, C. Mejía, R. Bujanos, y K. F. Byerly. 2002. Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae), como vector de la enfermedad "permanente del jitomate" en el Bajío. *In: Memoria del Taller sobre Paratrioza cockerelli* (Sulc.) como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa, México. pp: 37-45.
- Maya, H. V. Ramírez, J. R. Cortés, R. Vega, y J. G. Moreno. 2003. Manejo integrado del pulgón saltador en jitomate en el estado de San Luís Potosí. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Palma de la Cruz, Instituto nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarías. Folleto Técnico No. 22. México. 16 p.
- Munyaneza, J.E., J. M. Crosslin, and J. E. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "Zebra Chip," a new potato disease in Southwestern United States and México. *J. Econ. Entomol.* 100: 656-663.
- Norris, R. F., E. P. Caswell-Chen, and M. Kogan. 2003. Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall. USA. 586 p.
- Plesch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agricultural Experimental Station Bulletin* 446. 95 p.
- Reséndiz, G. B. 1998. Resistencia a acaricidas de una población de *Tetranychus urticae* koch procedente de Villa Guerrero, Estado de México. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Estado de México. 45 p.
- Robertson, J. L., and H. K. Preisler. 1992. Pesticide Bioassays with Arthropods. CRC, Boca Raton, FL. 127 p.
- Roush, R. T., and J. C. Daly. 1990. The role of population genetics in resistance research management. *In: Roush R. T., and B. E. Tabashnik* (eds). *Pesticide Resistance in Arthropods*. Chapman and Hall. pp: 97-152.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2001. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001, Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/nom/noms/Doc88/NOM-081-FITO-2001DOF.doc> (fecha de consulta: mayo 10, 2007)
- SAS Institute. 1998. SAS®. Language Guide for Personal Computers release 8.1 Edition. SAS Institute Cary N.C. USA. 1028 p.
- Trumble, J. T. 1990. Vegetable insect control with minimal use of insecticides. *HortScience* 25: 159-164.