

## Atracción de adultos y preferencia de oviposición de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) en genotipos de *Capsicum annuum*\*

### Adult attraction and oviposition preference of whitefly (*Bemisia tabaci*) in genotypes of *Capsicum annuum*

Wilberth Chan Cupul<sup>1</sup>, Esau Ruiz Sánchez<sup>2§</sup>, Juan Rogelio Chan Díaz<sup>2</sup>, Luis Latournerie Moreno<sup>2</sup>, Agatha Teresa Rosado Calderón<sup>2</sup> y Daniel González Mendoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología A. C. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México. C. P. 91070. Tel. 01 228 8421800. Ext. 4404, (wilberth.chan@posgrado.inecol.edu.mx). <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Antigua carretera Mérida-Motul, km 16.3, Conkal, Yucatán, México. C. P. 97345. Tel. (999) 9124135. (rogelio\_chan@hotmail.com; sayilhahil@yahoo.com.mx; agatha\_rosadoc@gmail.com). <sup>3</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC). Carretera a Delta s/n C. P. 21705. Ejido Nuevo León, Baja California, México. Tel. (686) 523 0088/79. Ext. 130. (daniassaf@gmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: esau\_ruiz@hotmail.com.mx.

#### Resumen

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga que limita el desarrollo de un gran número de cultivos hortícolas por la succión de savia y transmisión de begomovirus. Con el objetivo de encontrar algunas fuentes de resistencia se evaluó la atracción de adultos y preferencia de oviposición de *B. tabaci* en genotipos regionales de *C. annuum* colectados en el sureste de México. Se observó significativamente ( $p=0.006$ ) menor atracción de adultos en el genotipo Maax ik (0.6 y 0 adultos cm<sup>2</sup> a las 24 y 48 h de exposición) comparado con el genotipo comercial Jalapeño (8.2 y 4.2 adultos cm<sup>2</sup> a las 24 y 48 h de exposición). De igual manera se registró que *B. tabaci* presentó significativamente ( $p=0.048$ ) menor preferencia de oviposición en el follaje del genotipo Maax ik (0.5 y 0.7 huevos cm<sup>2</sup> a las 24 y 48 h de exposición) comparado con la preferencia al genotipo Jalapeño (12 y 16.5 huevos cm<sup>2</sup> a las 24 y 48 h de exposición). El genotipo de chile regional Maax ik puede ser usado como fuente de resistencia a *B. tabaci* en programas de mejoramiento genético de *C. annuum*.

**Palabras claves:** *Capsicum annuum*, *Bemisia tabaci*, chile, resistencia vegetal.

#### Abstract

The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a plague that limits the development of a large number of horticultural crops by sucking sap and begomovirus transmission. With the aim of finding some sources of resistance was evaluated attracting adults and oviposition preferably *B. tabaci* regional genotypes *C. annuum* collected in southeastern Mexico. Also showed a significant ( $p=0.006$ ) lower adult attraction Maax genotype ik (0.6 and 0 adults cm<sup>2</sup> at 24 and 48 h exposure) compared to the commercial genotype Jalapeño (8.2 and 4.2 cm<sup>2</sup> to 24 adults and 48 h exposure). Similarly, it is recorded that *B. tabaci* had significantly ( $p=0.048$ ) lower in oviposition preference Maax genotype foliage ik (0.5 to 0.7 cm<sup>2</sup> eggs at 24 and 48 h exposure) compared to genotype Jalapeño preference (12 cm<sup>2</sup> and 16.5 eggs at 24 and 48 h of exposure). The regional chili Maax ik genotype can be used as a source of resistance to *B. tabaci* in breeding programs of *C. annuum*.

**Key words:** *Capsicum annuum*, *Bemisia tabaci*, chili pepper plant resistance.

\* Recibido: febrero de 2013  
Aceptado: octubre de 2013

## Introducción

El chile (*Capsicum annuum*) es una especie ampliamente cultivada y consumida en el mundo. *C. annuum* es demandado por su valor nutricional, contenido de vitaminas y principalmente su agradable sabor en la preparación de alimentos en muchos países del mundo (Casseres, 1981). Uno de los problemas técnicos en la producción de *C. annuum* es la mosquita blanca *Bemisia tabaci*, (Hemiptera: Aleyrodidae), que limita el desarrollo de este cultivo y de una amplia gama de cultivos hortícolas y básicos (Brown, 1993). Los daños que causa pueden ser directos mediante la succión de savia, e indirectos al transmitir begomovirus y manchar frutos y hojas por la excreción de sustancias azucaradas sobre las cuales se desarrollan hongos formadores de fumaginas que impiden el intercambio de gases y fotosíntesis, y afectan la cantidad y calidad de la producción (Ortega, 2002). En América Latina y el Caribe, *B. tabaci* ha causado serios problemas en *C. annuum* tanto directamente, como por la transmisión de enfermedades virales (Brown, 1990).

Particularmente en México, este insecto afecta la producción de chile en todas las regiones donde se cultiva, mediante la transmisión de begomovirus, entre los cuales destacan el virus huasteco del chile (PHV), el virus texano del chile variante Tamaulipas (TPV-T) (Garzón *et al.*, 2002) y el virus del mosaico dorado del chile variante Tamaulipas (PepGMV-Tam) (Stenger *et al.*, 1990). En algunas zonas productoras del país, como el estado de Jalisco, Guanajuato y San Luis Potosí, en donde se cultiva 20% de la superficie del chile a nivel nacional, *B. tabaci* ha llegado a dañar por transmisión de virus 30 a 40% del área sembrada (Garzón *et al.*, 2002).

Para controlar a *B. tabaci* se recurre de forma constante a la aplicación de insecticidas a pesar de los costos ecológicos y sobre la salud humana que su empleo conlleva (García, 1999). Por ello, es necesario emplear estrategias de control menos agresivas para el medio ambiente que permitan proteger a los cultivos a través del uso eficiente de recursos y de manera. El uso de genotipos resistentes ha mostrado resultados prometedores en la lucha contra *B. tabaci* en varios cultivos.

Por ejemplo, algunos estudios sobre la resistencia de diferentes genotipos de tomate a *B. tabaci*, como los realizados por Fancelli *et al.* (2003), en el cual se evaluaron

## Introduction

The pepper (*Capsicum annuum*) is a widely cultivated and consumed worldwide. *C. annuum* is sued for its nutritional value, mainly vitamins and pleasant taste in the preparation of food in many countries (Casseres, 1981). One of the technical problems in the production of *C. annuum* is the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), which limits the development of this crop and a wide range of horticultural and basic (Brown, 1993). The damage it causes may be direct by sucking sap, and indirectly by transmitting begomoviruses and stain fruits and leaves by the excretion of sugary substances on which they develop fumaginas forming fungi preventing gas exchange and photosynthesis, and affect quantity and quality of production (Ortega, 2002). In Latin America and the Caribbean, *B. tabaci* has caused serious problems in *C. annuum* both directly by the transmission of viral diseases (Brown, 1990).

Particularly in Mexico, this insect affects the production of chili in all growing regions, through the transmission of begomoviruses, among which are the chili huasteco virus (PHV), the virus variant Tamaulipas Texas Chili (POS -T) (Garzón *et al.*, 2002) and the golden mosaic virus variant chili Tamaulipas (PepGMV-Tam) (Stenger *et al.*, 1990). In some areas of the country, as the State of Jalisco, Guanajuato and San Luis Potosí, where it grows 20% of the national chili, *B. tabaci* has reached virus transmission damage by 30-40 % of sown area (Garzón *et al.*, 2002).

To control *B. tabaci* is used consistently to insecticide application despite the ecological costs on human health and their use entails (García, 1999). Therefore, it is necessary to use less aggressive control strategies for the environment that can protect crops through the efficient use of resources and so. The use of resistant genotypes has shown promising results in fighting *B. tabaci* in several crops.

For example, some studies on resistance of different genotypes of *B. tabaci* in tomato, such as those by Fancelli *et al.* (2003), which evaluated the attraction of adults and oviposition preference where differences were observed on the resistance of genotypes. Also, Toscano *et al.* (2002) studied the oviposition preference not at different tomato genotypes, and found lower oviposition of *B. tabaci* those wild genotypes. Meanwhile, Fancelli and Vendramin (2002)

la atracción de adultos y preferencia de oviposición, donde se observaron diferencias sobre la resistencia de los genotipos evaluados. Asimismo, Toscano *et al.* (2002) estudiaron la no preferencia de oviposición en diferentes genotipos de tomate, y encontraron menor oviposición de *B. tabaci* en aquellos genotipos silvestres. Por su parte, Fancelli y Vendramin (2002) encontraron que algunos genotipos pueden ocasionar que no exista oviposición o retrasar el tiempo de desarrollo de las ninfas. En el cultivo de chile son escasos los estudios que se han llevado a cabo en este sentido. Al respecto, Muñiz (2000) evaluó modelos fenológicos de *B. tabaci* en tres variedades de chile, y encontró que en el chile Morrón el tiempo de desarrollo generacional de *B. tabaci* fue mayor que en las variedades Piquillo y Yolo-Wonder.

La exploración de genotipos regionales de chiles silvestres y semidomesticados puede ofrecer una excelente oportunidad para encontrar fuentes de resistencia a *B. tabaci*. En un estudio sobre diversidad genética y estructura de *C. annuum* semisilvestre y domesticado en México se observó que el sur de México contiene un gran número de genotipos de chiles, muchos de los cuales son únicos, representando una región importante de domesticación y centro de diversidad del chile (Aguilar *et al.*, 2009).

Específicamente en algunos estados, como Tabasco, Castañon *et al.* (2008) evaluaron y caracterizaron chiles (*Capsicum* spp.) silvestres y domesticados registrando once morfotipos de *C. annuum* la mayoría silvestres. Latournerie *et al.* (2002) estudiaron la variabilidad fenotípica y morfológica de *Capsicum* spp. en la comunidad de Yáxcaba, Yucatán, donde fueron evaluadas las características de la planta, flor y fruto de 75 poblaciones en 43 puntos de los agroecosistemas locales de maíz (milpa) y huertos familiares. Con base de la taxonomía de los agricultores, siete morfotipos de las variedades locales fueron clasificados; seis de éstos pertenecen taxonómicamente a *C. annuum* L.

Tomando en consideración que México es uno de los centros de diversidad genética de *C. annuum*, en el presente trabajo se colectaron genotipos regionales de *C. annuum* en el sureste de México y se estudió la atracción de adultos y preferencia para la oviposición de *B. tabaci* para detectar posibles fuentes de resistencia a esta plaga.

found that some genotypes may cause absence or delay oviposition development time of nymphs. In the cultivation of chili are few studies that have been conducted in this regard. In this regard, Muñiz (2000) evaluated phenology models *B. tabaci* in three varieties of chili, and found that in the Red Chili Pepper generational development time of *B. tabaci* was higher than in the varieties Piquillo and Yolo-Wonder.

Exploring regional genotypes and semi-wild chilies can offer an excellent opportunity to find sources of resistance to *B. tabaci*. In a study of genetic diversity and structure of *C. annuum* semi-wild and domesticated in Mexico found that southern Mexico contains a large number of genotypes of peppers, many of which are unique, representing a region important center of domestication and diversity of chili (Aguilar *et al.*, 2009).

Specifically, in some States, such as Tabasco, Castanon *et al.* (2008) evaluated and characterized peppers (*Capsicum* spp.) recorded eleven wild and domesticated morphotypes of *C. annuum* in the wild. Latournerie *et al.* (2002) studied the morphological and phenotypic variability of *Capsicum* spp. In Yaxcabá community, Yucatán, where they evaluated the characteristics of the plant, flower and fruit of 75 populations in 43 points of local maize agro-ecosystems (milpa) and gardens. Based on the taxonomy of farmers, seven morphotypes were classified local varieties; six of these belong taxonomically to *C. annuum* L.

Considering that Mexico is one of the centers of genetic diversity of *C. annuum*, in the present study were collected regional genotypes of *C. annuum* in southeastern Mexico and studied adult attraction and preference for oviposition by *B. tabaci* to identify potential sources of resistance to this pest.

## Materials and methods

### Study site

The experiments were conducted in the greenhouse horticultural production unit Conkal Institute of Technology, Yucatán, Mexico, located at 21° 04' 42.40"

## Materiales y métodos

### Sitio de estudio

Los experimentos se realizaron en los invernaderos de la unidad de producción hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México, ubicada a 21° 04' 42.40" latitud norte y 89° 30' 01.82" longitud oeste, a 8 msnm, con un clima  $Aw_0$  de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por García (1988). La mayor proporción de lluvias se presenta durante los meses de junio a octubre, con 900 mm de precipitación y una temperatura media anual de 29 °C.

### Selección y obtención de genotipos de chile

Para los ensayos de atracción de adultos y preferencia de oviposición se seleccionaron y evaluaron 14 genotipos regionales del sureste de México, colectados en los estados de Yucatán, Tabasco y Chiapas. Se usó como testigo susceptible el genotipo comercial "Jalapeño" (Cuadro 1).

#### Cuadro 1. Genotipos de chile seleccionados y evaluados y sitio de colecta.

Table 1. Genotypes selected and evaluated and collection site.

Genotipo	Lugar de colecta	Sitio de colecta	Ubicación geográfica
X'cat ik	Mercado rural	Conkal, Yucatán	21° 04' 30.96" N, 89° 31' 09.42" O
Chawa	Cultivo de traspatio	Conkal, Yucatán	21° 04' 55.83" N, 89° 29' 52.52" O
Yax ik	Cultivo de traspatio	Tizimín, Yucatán	21° 23' 56.36" N, 87° 52' 41.92" O
Maax ik	Hábitat silvestre	Tizimín, Yucatán	21° 24' 13.67" N, 87° 52' 38.56" O
Payaso	Cultivo de traspatio	Tizimín, Yucatán	21° 23' 56.36" N, 87° 52' 41.92" O
Pico paloma	Cultivo de traspatio	Tizimín, Yucatán	21° 23' 56.36" N, 87° 52' 41.92" O
Simojovel	Mercado rural	Simojovel, Chiapas	17° 08' 26.98" N, 92° 42' 39.09" O
Blanco	Cultivo de traspatio	Villaflores, Chiapas	15° 45' 57.51" N, 92° 16' 03.59" O
Pozol	Mercado rural	Tuxtla Gtz, Chiapas	16° 45' 27.43" N, 93° 06' 27.70" O
Huero	Cultivo de traspatio	Villahermosa, Tabasco	17° 59' 00.81" N, 92° 49' 55.74" O
Amaxito	Mercado rural	Villahermosa, Tabasco	17° 59' 06.66" N, 92° 56' 03.78" O
Bolita	Cultivo de traspatio	Suchiapa, Chiapas	16° 37' 48.15" N, 90° 05' 17.81" O
Parado	Mercado rural	Suchiapa, Chiapas	16° 37' 23.62" N, 90° 06' 02.64" O
Jalapeño	Comercial	-	-

Las semillas se obtuvieron de frutos maduros y secos colectados en campo o adquiridos en mercados locales rurales. Para homogenizar la germinación, las semillas se sumergieron durante 24 h en matraces de 250 mL que contenían agua con 250 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico (PHC®, México). Los matraces se mantuvieron con oxigenación constante mediante una bomba de aire para pecera. Posteriormente, se sembraron en charolas de poliestireno,

north latitude and 89° 30' 01.82" W, to 8 m, with a climate  $Aw_0$  according to the Köppen climate classification, modified by García (1988). The largest proportion of rainfall occurs during the months of June to October, with 900 mm of rainfall and an average temperature of 29 °C.

### Selecting and obtaining chili genotypes

For adult trials Attraction and oviposition preference were selected and evaluated 14 genotypes Southeast Regional Mexico, collected in the States of Yucatán, Tabasco and Chiapas. We used as susceptible control commercial genotype "Jalapeño" (Table 1).

The seeds were obtained from ripe and dry collected in the field or purchased in local markets in rural areas. To homogenize the germination, the seeds were immersed for 24 hours in flasks containing 250 mL of water with 250 mg L<sup>-1</sup> gibberellic acid (PHC®, Mexico). The flasks were maintained with constant aeration by an air pump to

tank. Thereafter planted in trays of polystyrene, using as substrate Cosmopeat®. The seedlings were kept irrigated maintaining constant humidity of 80% in the substrate, in addition, twice weekly Triple fertilized with 17® at a rate of 2 g L<sup>-1</sup>, through the irrigation water. Seedlings 25 days old they were transplanted into polystyrene cups, using as substrate Cosmopeat® until they reached 45 days for bioassays.

utilizando como sustrato Cosmopeat®. El semillero se mantuvo con riego constante conservando 80% de humedad en el sustrato; adicionalmente, dos veces por semana se fertilizó con Triple 17®, a razón de 2 g L<sup>-1</sup>, mediante el agua de riego. Las plántulas de 25 días de edad se trasplantaron en vasos de unicel, utilizando como sustrato Cosmopeat® hasta que alcanzaron los 45 días para realizar los bioensayos.

### **Establecimiento de la colonia de *Bemisia tabaci***

Para establecer la colonia de *B. tabaci* se obtuvieron adultos de cultivos de *C. chinense* Jacq. establecidos previamente en invernaderos del Instituto Tecnológico de Conkal. La identificación de los insectos se corroboró con base en las características morfológicas de las ninfas y adultos, propuestas por Ortega (2002). Los adultos fueron confinados en jaulas entomológicas (1.2 x 1.2 x 1.0 m) construidas con aluminio y malla antiáfidos de 16/16 hilos cm<sup>2</sup>, las cuales contenían plántulas de *C. chinense* de 30 d de edad, establecidas en macetas de plástico rellenas de Cosmopeat® como sustrato. Los adultos de *B. tabaci* fueron retirados 48 h después de su introducción a las jaulas entomológicas, permitiendo que los huevos ovipositados dieran origen a la colonia de *B. tabaci* utilizada en el estudio. Cada 30 d se introdujeron plántulas nuevas con el fin de proveer plantas sanas como hospedantes de *B. tabaci*.

### **Atracción de adultos y oviposición por bioensayos de libre elección**

En una jaula entomológica con dimensiones de 1.2 x 1.2 x 1 m se depositó una planta de cada genotipo de *C. annuum* de 45 d de edad y se liberaron 420 adultos de *B. tabaci* sin sexar, con una proporción de 30 insectos por planta. La atracción de adultos se evaluó entre 6:00 y 7:00 am, contabilizando los insectos posados en las dos primeras hojas totalmente extendidas de cada planta a las 24 y 48 h después de la liberación. También se evaluó la oviposición, contabilizando con un microscopio estereoscópico (Leica Inc, USA) el número de huevos en cada una de las dos hojas seleccionadas en un periodo de 24 y 48 h. El área foliar de las hojas fue medida con un integrador de área foliar LI-3000C (LICOR®, USA). Para este experimento se emplearon ocho repeticiones para cada genotipo de *C. annuum*. Los resultados se expresaron como número de adultos cm<sup>2</sup> y número de huevos cm<sup>2</sup>.

El índice de atracción de adultos (IA) se obtuvo como lo indican Baldini y Lara (2001):

$$IA = 2G / (G + P),$$

### **Establishment of the colony of *Bemisia tabaci***

To establish the colony of *B. tabaci* adults were obtained from cultures of *C. chinense* Jacq. previously established in greenhouses Conkal Institute of Technology. The identification of the insects was confirmed based on the morphological characteristics of the nymphs and adults, proposed by Ortega (2002). Adults were confined in entomological cages (1.2 x 1.2 x 1.0 m) constructed of aluminum and mesh anti-aphids of 16/16 threads cm<sup>2</sup>, which contained seedlings of *C. chinense* 30 d old, established in plastic pots filled Cosmopeat® as substrate. Adults *B. tabaci* were removed 48 h after introduction to entomological cages, allowing the eggs laid give rise to the colony of *B. tabaci* used in the study. 30 d each new seedlings were introduced in order to provide healthy plants as hosts for *B. tabaci*.

### **Attraction of adults and oviposition choice bioassays**

In an entomological cage with dimensions of 1.2 x 1.2 x 1 m was deposited on each plant genotype *C. annuum* 45 d of age and 420 were released adults of *B. tabaci* unsexed, with a ratio of 30 insects per plant. The attraction of adults was assessed between 6:00 am and 7:00 am counting insects perched on the first two fully expanded leaves of each plant at 24 and 48 h after release. Oviposition was also evaluated, counting with a stereoscopic microscope (Leica Inc., USA) the number of eggs in each of the two leaves selected in a period of 24 and 48 h. The leaf area of the leaves was measured with an integrator LI-3000C leaf area (LICOR®, USA). For this experiment eight replicates were used for each genotype of *C. annuum*. Results were expressed as number of adults cm<sup>2</sup> and number of eggs cm<sup>2</sup>.

The adult attraction index (AI) was obtained as indicated by Baldini and Lara (2001):

$$IA = 2G / (G + P),$$

Where: G= number of insects attracted to the regional genotype, and P= number of insects attracted to the commercial genotype susceptible (Jalapeño).

The IA was obtained with the overall mean for each genotype insect. IA values vary between 0 and 2, IA = 1 indicates similar attraction between genotype and regional trade, IA > 1 indicates greater attraction in relation to regional genotype commercial genotype, and IA < 1 indicates less attraction of genotype regional relation to commercial genotype.

Donde: G= número de insectos atraídos en el genotipo regional; y P= número de insectos atraídos en el genotipo comercial susceptible (Jalapeño).

El IA se obtuvo con las medias generales de insectos en cada genotipo. Los valores de IA varían entre 0 y 2, IA= 1 indica atracción semejante entre el genotipo regional y el comercial, IA>1 indica mayor atracción en el genotipo regional con relación al genotipo comercial, y un IA<1 indica menor atracción del genotipo regional con relación al genotipo comercial.

El índice de preferencia de oviposición (IPO) se obtuvo de acuerdo a la fórmula propuesta por Oriani *et al.* (2005):

$$IPO = [(T-P)/(T+P)] * 100,$$

Donde: T= número de huevos ovipositados en el genotipo regional; y P= número de huevos registrado en el genotipo comercial o susceptible. Los índices oscilan de +100 (preferencia total) a -100 (no preferencia).

### Preferencia de oviposición por bioensayos de no elección

Las pruebas se llevaron a cabo siguiendo la metodología propuesta por Muñiz y Nombela (2001). En hojas superiores completamente extendidas se sujetaron microjaulas de 1 cm de diámetro con 5 hembras adultas. Los adultos se confinaron durante 48 h para permitir que ovipositaran. Al término de este periodo, las microjaulas y adultos fueron retirados. La preferencia para la ovoposición se evaluó contabilizando el número de huevos en cada hoja con ayuda de un microscopio estereoscópico. En éste caso las unidades experimentales fueron las secciones de hojas que contenían las microjaulas. Se establecieron cinco repeticiones para cada genotipo de *C. annuum*.

### Análisis estadístico

Se empleó un diseño completo al azar. Los análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se llevaron a cabo con el programa estadístico GraphPad InStat (GraphPad Software Inc., 2000). Los valores utilizados para realizar el análisis de varianza se transformaron mediante la función raíz cuadrada.

The oviposition preference index (IPO) was obtained according to the formula proposed by Oriani *et al.* (2005):

$$IPO = [(T- P) / (T+P)] * 100$$

Where: T= the number of eggs laid on the regional genotype, and P = number of eggs registered trade or susceptible genotype. The rates range from +100 (total preference) to -100 (no preference).

### Oviposition preference for no choice bioassays

The tests were carried out following the methodology proposed by Muñiz and Nombela (2001). In fully expanded upper leaves was subjected micro-cages 1 cm in diameter with five adult females. Adults were confined for 48 h to allow oviposit. At the end of this period, the micro-cages and adults were removed. The preference for oviposition was assessed by counting the number of eggs in each sheet using a stereoscopic microscope. In this case the experimental units were leaf sections containing the micro-cages. Five replicates were established for each genotype of *C. annuum*.

### Statistical analysis

We used a randomized complete design. The analysis of variance and comparison of means by Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) were performed with the statistical program GraphPad InStat (GraphPad Software Inc., 2000). The values used for the analysis of variance were transformed by the square root function.

## Results and discussion

### Determination of attracting adults

At 24 h of infestation, attracting adult whiteflies in genotypes of *C. annuum* varied significantly from 0.6 to 8.2 adults per cm<sup>2</sup> (Table 2). In this evaluation, the genotypes that had lower number of adults in the foliage were Maax ik Simojovel and Chawa, with respect to commercial genotype Jalapeño. Attraction rates for genotypes Maax ik, Simojovel and Chawa were 0.14, 0.24 and 0.31, respectively.

## Resultados y discusión

### Determinación de la atracción de adultos

A las 24 h de la infestación, la atracción de adultos de moscas blancas en los genotipos de *C. annuum* varió significativamente de 0.6 a 8.2 adultos por cm<sup>2</sup> (Cuadro 2). En esta evaluación los genotipos que presentaron menor número de adultos en el follaje fueron Maax ik, Simojovel y Chawa, con respecto al genotipo comercial Jalapeño. Los índices de atracción para los genotipos Maax ik, Simojovel y Chawa fueron 0.14, 0.24 y 0.31, respectivamente.

In the second evaluation, 48 h after infection, there was lower overall adult attraction genotypes with respect to the first evaluation. Values ranged from 0 to 4.6 adults per cm<sup>2</sup> (Table 2). Was observed in genotype Maax ik attracting adults significantly lower than in the genotype Jalapeño. In the case of pull rates were recorded values ranging from 0 to 1 cm<sup>2</sup> adults. The attraction index for genotype Maax ik was 0. Taking into account both evaluations (24 and 48 h after infestation) and the calculation of the indices of attraction, the genotype that showed less attraction of adult whiteflies was Maax ik (Table 2).

The selection of the most suitable plants for feeding herbivores is influenced by visual and olfactory attractiveness (Prokopy and Owens, 1983; Visser, 1988). In this context

**Cuadro 2. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de número de adultos de *B. tabaci* cm<sup>2</sup> e índice de atracción (IA) a las 24 y 48 horas después de la infestación en prueba de libre elección.**

**Table 2. Average values ( $\pm$  standard error) number of adults of *B. tabaci* cm<sup>2</sup> and attraction index (IA) at 24 and 48 hours after infestation in choice test.**

Genotipo	Adultos cm <sup>2</sup>		Índice de atracción (IA)	
	24 h	48 h	24 h	48 h
Jalapeño	8.2 $\pm$ 1.7 a <sup>z</sup>	4.2 $\pm$ 1.9 a	1.00	1.00
Huero	6.7 $\pm$ 2.8 abc	4.6 $\pm$ 1.4 ab	0.90	1.05
Parado	7.1 $\pm$ 0.8 ab	2.5 $\pm$ 0.9 ab	0.93	0.75
Pozol	4.0 $\pm$ 1.1 abcd	3.7 $\pm$ 1.4 ab	0.66	0.94
Pico paloma	5.2 $\pm$ 1.1 abcd	1.7 $\pm$ 0.7 ab	0.78	0.58
Payaso	4.5 $\pm$ 1.6 abcd	2.3 $\pm$ 1.0 ab	0.71	0.71
Bolita	5.0 $\pm$ 1.0 abcd	1.2 $\pm$ 0.7 ab	0.76	0.44
X'cat ik	2.8 $\pm$ 1.0 abcd	1.1 $\pm$ 0.3 ab	0.51	0.42
Yaax ik	2.5 $\pm$ 0.6 abcd	1.5 $\pm$ 0.6 ab	0.47	0.53
Blanco	2.6 $\pm$ 0.7 abcd	1.3 $\pm$ 0.8 ab	0.48	0.47
Amaxito	3.2 $\pm$ 0.9 abcd	0.5 $\pm$ 0.3 ab	0.56	0.21
Chawa	1.5 $\pm$ 0.8 bcd	0.6 $\pm$ 0.3 ab	0.31	0.25
Simojovel	1.1 $\pm$ 0.4 cd	0.2 $\pm$ 0.2 ab	0.24	0.09
Maax ik	0.6 $\pm$ 0.9 d	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.14	0.00

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la segunda evaluación, 48 h después de la infestación, en general se encontró menor atracción de adultos a los genotipos, con respecto a la primera evaluación. Los valores variaron de 0 a 4.6 adultos por cm<sup>2</sup> (Cuadro 2). Se observó en el genotipo Maax ik significativamente menor atracción de adultos que en el genotipo Jalapeño. En el caso de los índices de atracción se registraron valores que oscilaron de 0 a 1 adultos cm<sup>2</sup>. El índice de atracción para el genotipo Maax ik fue 0. Tomando en cuenta ambas evaluaciones (24 y 48 h postinfestación) y el cálculo de los índices de atracción, el genotipo que presentó menor atracción de moscas blancas adultas fue Maax ik (Cuadro 2).

it could be considered that the genotypes that had lower number of adults in the foliage, possibly derived from physical characteristics (type IV glandular trichomes and VI) and chemical (volatile and exudates) did not favor the attraction of *B. tabaci*. In this regard, the release of volatile compounds have been reported in defense other solanaceous species, such as tomato, where these substances are mainly glucosides, phenolic compounds, ketones, carboxylic acids and derivatives sesquiterpene mimes involved repel pests ( França and Castelo, 1987; Frelichowski and Juvikm, 2005). In this type of genetic

La selección de las plantas más adecuadas para la alimentación de fitófagos está condicionada por el atractivo visual y olfativo (Prokopy y Owens, 1983; Visser, 1988). En éste contexto podría considerarse que los genotipos que presentaron menor número de adultos en el follaje, posiblemente derivado de características físicas (tricomas glandulares tipo IV y VI) y químicas (volátiles y exudados) que no favorecieron la atracción de *B. tabaci*. En éste sentido, la liberación de compuestos volátiles de defensa han sido reportados en otras especies solanáceas, como el tomate, donde estas sustancias principalmente son alcaloides, glucósidos, compuestos fenólicos, cetonas, compuestos carboxílicos y derivados del sesquiterpeno, mimos que intervienen para repeler las plagas (França y Castelo, 1987; Frelichowski y Juvikm, 2005). En este tipo de materiales genéticos, *B. tabaci* tendría baja colonización, lo cual impactaría negativamente en el desarrollo de las poblaciones de esta plaga en tales genotipos si se establecieran en campo.

### Preferencia de oviposición

En pruebas de oviposición por libre elección se observó diferencia significativa en el número de huevos de *B. tabaci* en los genotipos de *C. annuum* estudiados. En la evaluación a las 24 horas después de la infestación, los genotipos Jalapeño y Parado presentaron mayor cantidad de huevos  $\text{cm}^2$  en el follaje con respecto a Blanco, X'cat ik, Simojovel, Chawa y Maax ik. En éste último grupo de genotipos el número de huevos varió de 0.5 a 2 huevos  $\text{cm}^2$  y los índices de preferencia de oviposición variaron de -71.4 a -92.0.

En la segunda evaluación, 48 h después de la infestación, se observó que el número de huevos ovipositados por *B. tabaci* aumentó en todos los genotipos, observándose nuevamente que los genotipos Blanco, X'cat ik, Simojovel, Chawa y Maax ik presentaron menor número de huevos  $\text{cm}^2$ , comparado con los genotipos Jalapeño y Parado. Los índices de preferencia de oviposición variaron de -65.0 a -91.9 en los genotipos con menores valores de huevos  $\text{cm}^2$ .

Con respecto a la evaluación de oviposición en pruebas de no elección, se observó diferencia no significativa en el número de huevos  $\text{cm}^2$  en cada genotipo. Los valores oscilaron de 29 a 62 huevos  $\text{cm}^2$ , a las 48 h postinfestación. Cabe resaltar que en esta prueba, los adultos de *B. tabaci* son confinados en microjaulas en el follaje de cada genotipo, y la oviposición muchas veces no refleja la preferencia que tendría *B. tabaci* en la naturaleza, donde puede elegir libremente su hospedero.

materials, *B. tabaci* have low colonization, which negatively impact the development of pest populations in these genotypes if established in the field.

### Oviposition preference

In tests of oviposition by choice was no significant difference in the number of eggs of *B. tabaci* genotypes of *C. annuum* studied. On assessment at 24 h after infestation, and Jalapeño Standing genotypes had higher numbers of eggs on the foliage  $\text{cm}^2$  with respect to Blanco, X'cat ik, Simojovel, Maax ik and Chawa. In the latter group of genotypes the number of eggs ranged from 0.5 to 2  $\text{cm}^2$  eggs and oviposition preference indices ranged from -71.4 to -92.0.

In the second evaluation, 48 h after infection, it was observed that the number of eggs laid by *B. tabaci* increased in all genotypes, showing again that genotypes Blanco, X'cat ik, Simojovel, Maax ik and Chawa, fewer eggs presented  $\text{cm}^2$ , compared with Jalapeño and Standing genotypes. Indices oviposition preference -65.0 to -91.9 varied in genotypes eggs with lower values of  $\text{cm}^2$ .

With respect to the evaluation of oviposition no choice tests; there was no significant difference in the number of eggs in each genotype  $\text{cm}^2$ . Values ranged from 29-62 eggs  $\text{cm}^2$ , at 48 h after infestation. Significantly, in this test, the adults of *B. tabaci* micro-cages are confined to the foliage of each genotype, and oviposition often does not reflect the preference would *B. tabaci* in nature, where you may choose your host.

The oviposition preference of *B. tabaci* is influenced by several factors, among which are the plant age and leaf position (De Lima and Fields, 2008), and foliage quality and chemical composition (Walker and Perring, 1994). In a previous study, in *C. annuum*, Muñoz and Nombela (1997) found significant differences in the fecundity of *B. tabaci* in different varieties of *C. annuum*, indicating that in this vegetable is possible to find genotypes that have negative effects on oviposition preference. This feature of some genotypes can be utilized as a desirable skill in breeding programs.

In the this paper, genotype Maax ik was commonly found on lots of houses and backyard plants and plants growing in scrub areas, reported lower preference to oviposition of



**Cuadro 3. Valores promedio ( $\pm$  error estándar) de número de huevos e índice de preferencia de oviposición (IPO) de *B. tabaci* en genotipos de *C. annuum* a las 24 y 48 h después de la infestación en prueba de libre elección.****Table 3. Average values ( $\pm$  standard error) number of eggs and oviposition preference index (IPO) of *B. tabaci* genotypes of *C. annuum* at 24 and 48 h after infestation in choice test.**

Genotipo	Huevos cm <sup>2</sup>		IPO	
	24 h	48 h	24 h	48 h
Jalapeño	12 $\pm$ 4.35 ab <sup>z</sup>	16.5 $\pm$ 6.49 a	00.0	00.0
Parado	13 $\pm$ 4.75 a	16.3 $\pm$ 4.05 a	04.0	-0.6
Huero	5.7 $\pm$ 1.67 abc	9.7 $\pm$ 2.33 ab	-35.6	-26.0
Pozol	3.1 $\pm$ 1.06 bc	9.0 $\pm$ 3.25 ab	-58.9	-29.4
Bolita	5.8 $\pm$ 2.09 abc	7.5 $\pm$ 2.11 ab	-34.8	-37.5
Pico paloma	5.8 $\pm$ 2.09 abc	6.1 $\pm$ 1.27 ab	-34.8	-46.0
Yaax ik	4.0 $\pm$ 0.77 abc	5.3 $\pm$ 1.91 ab	-50.0	-51.4
Payaso	2.2 $\pm$ 0.86 bc	4.8 $\pm$ 2.00 ab	-69.0	-54.9
Amaxito	2.6 $\pm$ 0.96 bc	4.1 $\pm$ 1.61 ab	-64.4	-60.2
Blanco	2.0 $\pm$ 0.71 c	3.5 $\pm$ 1.21 b	-71.4	-65.0
X'cat ik	1.7 $\pm$ 0.64 c	2.6 $\pm$ 0.49 b	-75.2	-72.8
Simojovel	1.5 $\pm$ 0.84 c	2.2 $\pm$ 0.97 b	-77.8	-76.5
Chawa	1.5 $\pm$ 0.98 c	2.2 $\pm$ 0.95 b	-77.8	-76.5
Maax ik	0.5 $\pm$ 0.32 c	0.7 $\pm$ 0.31 b	-92.0	-91.9

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

La preferencia de oviposición de *B. tabaci* es influenciada por diversos factores, entre los que se encuentran la edad de la planta y posición de las hojas (De la Lima y Campos, 2008); así como la calidad del follaje y su composición química (Walkery Perring, 1994). En un estudio previo, en *C. annuum*, Muñiz y Nombela (1997) encontraron diferencia significativa en la fecundidad de *B. tabaci* en diferentes variedades de *C. annuum*, lo que indica que en esta hortaliza es posible encontrar genotipos que presentan efectos negativos sobre la preferencia de oviposición. Esta característica propia de algunos genotipos se puede aprovechar como una aptitud deseable en programas de mejoramiento genético.

En el presente estudio, el genotipo Maax ik encontrado comúnmente en los solares de las casas como plantas de traspatio y plantas que crecen en áreas de monte bajo, registró menor preferencia a la oviposición de *B. tabaci*. Este mismo genotipo también sobresalió en las pruebas de atracción de adultos, lo cual sugiere éste puede contener características morfológicas y/o compuestos químicos en el follaje que evita que *B. tabaci* se pose y permanezca mucho tiempo en el follaje de la planta. Este mecanismo de resistencia sería deseable en los genotipos para evitar colonizaciones e incrementos poblacionales de esta plaga en los agroecosistemas de Chile.

*B. tabaci*. This same genotype also excelled in testing adult attraction, suggesting this may contain morphological and/or chemical compounds on the foliage that prevents *B. tabaci* pose and stays a long time in the foliage of the plant. This mechanism of resistance genotypes would be desirable to prevent colonization and increased population of this pest in agro-ecosystems Chile.

## Conclusions

Regional genotype *C. annuum* collected in southeastern Mexico attraction significant differences in adult and oviposition preference of *B. tabaci*. Lower levels were observed attracting adults and low preference for oviposition *B. tabaci* genotype Maax ik. This genotype can be considered a source of resistance to *B. tabaci* in breeding programs of *C. annuum*.

End of the English version



## Conclusiones

Los genotipos regionales de *C. annuum* colectados en el sureste de México presentaron diferencias significativas en atracción de adultos y preferencia de oviposición de *B. tabaci*. Se observaron niveles bajos de atracción de adultos y bajos niveles de preferencia para oviposición de *B. tabaci* en el genotipo Maax ik. Este genotipo puede considerarse una fuente de resistencia a *B. tabaci* en programas de mejoramiento de *C. annuum*.

## Agradecimientos

El presente proyecto se llevó a cabo con financiamiento del proyecto CONACYT CB-83498 y DGEST 4543.12-P.

## Literatura citada

- Aguilar, M. A.; Morell, P. L.; Roose, M. L. and Kim, S. C. 2009. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*: solanacea) from Mexico. *Am. J. Bot.* 96(6):1190-1202.
- Baldini, E. L. L. e Lara, F. M. 2001. Atratividade e consumo foliar por adultos de *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes genótipos de abóbora. *Neotropical Entomol.* 30(4):675-679.
- Brown, J. K. 1990. An update on the whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin. *FAO. Plant Protection Bulletin.* 39(1):5-23.
- Brown, J. K. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. *In: las moscas blancas* (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L. y Arboleda, O. (Eds.). Turrialba, CR. Serie Técnica. Informe técnico Núm. 205. CATIE. 1-9 p.
- Casseres, E. 1981. Producción de hortalizas. 3ª edición. San José, Costa Rica. IICA. 295 p.
- Castañón, N. G.; Latournerie, M. L.; Mendoza, E. M.; Vargas, L. A. y Cárdenas, M. H. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Pyton J. Int. Exp. Bot.* 77:189-202.
- De la Lima, L. C. e Campos, A. R. 2008. Fatores que afetam a oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae) em pimentão. *Neotropical Entomol.* 37(2):180-184.
- Fancelli, M. and Vendramin, J. D. 2002. Development of *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biotype B on *Lycopersicon* spp. genotypes. *Scientia Agric.* 59:665-669.
- Fancelli, M.; Vendramin, J. D.; Lourenção D. e Dias, C. T. S. 2003. Atratividade e preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) biótipo B em genótipos de tomateiro. *Neotropical Entomol.* 32:319-328.
- França, F. e Castelo, B. M. 1987. Resistência varietal a insetos e ácaros em hortalizas. *Horticultura Brasileira.* 5:8-11.
- Frelichowski, J. and Juvik, J. A. 2005. Inheritance of sesquiterpenes carboxylic acid synthesis in crosses of *Lycopersicon hirsutum* with insects susceptible tomatoes. *Plant Breed.* 124:277-281.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Offset Larios S. A. México, D. F.* 46-52 p.
- García, J. E. 1999. El mito del manejo seguro de los plaguicidas en los países en desarrollo. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica).* 52:25-41.
- Garzón, T. J. A.; Acosta, G. G.; Torres, P. I.; González, M. CH.; Rivera, B. R. F.; Maya, H. V. y Guevara G. R. G. 2002. Presencia de los geminivirus Huasteco del chile (PHV), texano del chile variante Tamaulipas (TPV-T) y chino del tomate (VCDT), en los estados de Guanajuato, Jalisco y San Luis Potosí, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20(1):45-52.
- GraphPad InStat. 2000. GraphPad Software. La Joya, California, USA. Software en CD.
- Latournerie, M. L.; Chávez, S. J. L.; Pérez, P. M.; Castañón, N. G.; Rodríguez, H. S. A.; Arias, R. L. M. y Ramírez, V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1):25-33.
- Muñiz, M. 2000. Desarrollo del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Gennadius 1889) (Homoptera: Aleyrodidae) en tres variedades de pimiento a temperaturas constantes. *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas.* 26:605-618.
- Muñiz, M. and Nombela, G. 1997. Development, oviposition and female longevity of two biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on three varieties of *Capsicum annuum* L. *Bolletín of International Organization for Biological Control - West Palaearctic Regional Section.* 20(4): 143-146.
- Muñiz, M. and Nombela, G. 2001. Differential variation in development of the B- and Q- biotypes of *Bemisia tabaci* on sweet pepper *Capsicum annuum* L. at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 30(4):720-727.
- Oriani, M. G.; Vendramim, J. D. e Brunherotto, E. R. 2005. Atratividade e não-preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae) em genótipos de feijoeiro. *Neotropical Entomol.* 34(1):105-111.
- Ortega, A. L. D. 2002. Moscas blancas en ornamentales. *In: Bautista-Martínez, N.; Alvarado-López, J.; Chavarín-Palacios, C. y Sánchez-Arroyo, H. (Eds.). Manejo Fitosanitario de Ornamentales. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.* 41-54 pp.
- Prokopy, R. J. and Owens, E. D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Ann. Rev. Entomol.* 28:337-364.
- Stenger, D. C.; Duffus, J. E. and Villalon, B. 1990. Biological and genomic properties of a geminivirus isolated from pepper. *Phytopathology.* 80:704:709.
- Toscano, L. C.; Boica J. R. and Maruyama, W. I. 2002. Nonpreference of whitefly for oviposition in tomato genotypes. *Scientia Agricola.* 59:677-681.
- Visser, J. H. 1988. Host-plant finding by insects: orientation, sensory input and search patters. *J. Insect Physiol.* 34:259-268.
- Walker, G. P. and Perring, T. M. 1994. Feeding and oviposition behavior of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) interpreted from AC electronic feeding monitor waveforms. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87(3):363-374.