

CRECIMIENTO Y RESPUESTA A *Bemisia tabaci* EN GENOTIPOS DE *Capsicum annuum* INOCULADOS CON *Brevibacillus brevis* CEPA CBTC1

GROWTH AND RESPONSE TO *Bemisia tabaci* IN DIFERENT *Capsicum annuum* GENOTYPES INOCULATED WITH *Brevibacillus brevis* CBTC1

V. Manuel Chalé-Carrillo, Esaú Ruiz-Sánchez*, Arturo Reyes-Ramírez, Lizette Borges-Gómez,
Jairo Cristobal-Alejo, Jesse Pacheco-Aguirre

Instituto Tecnológico de Conkal. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Km 16.3.
Antigua Carretera Mérida-Motul. 97345. Conkal, Yucatán. (esau_ruiz@hotmail.com).

RESUMEN

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal son una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes químicos e inducir cierto grado de resistencia a insectos fitófagos. En este estudio se evaluó el efecto de la inoculación con la rizobacteria *Brevibacillus brevis* CBTC1 en el crecimiento y respuesta a la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) de genotipos de *Capsicum annuum*. Los experimentos se establecieron en un diseño completamente al azar. En 15 repeticiones (plantas) se evaluaron las variables de promoción de crecimiento vegetal y en cuatro (compuestas por la mezcla de follaje de cinco plantas) se hizo el análisis de N foliar. Para evaluar la respuesta de las plantas a *B. tabaci* se utilizaron 20 repeticiones (hojas). La rizobacteria *B. brevis* CBTC1, productora de ácido indolacético, se aisló de suelo del estado de Yucatán, México. La inoculación de la cepa en genotipos de *C. annuum* (Simojovel, Amaxito, Jalapeño e X-kat ik) tuvo efectos significativos en el diámetro de tallo, altura de planta, biomasa, número de hojas y biomasa de raíz en Simojovel y Amaxito. La inoculación de la rizobacteria no modificó la concentración de N foliar ni la atracción de adultos de *B. tabaco* en los genotipos. En contraste, la densidad de huevos disminuyó en Simojovel y aumentó la mortalidad de ninfas en Jalapeño.

Palabras clave: Rizobacteria, promoción de crecimiento, insecto fitófago.

INTRODUCCIÓN

El uso de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) es una aplicación tecnológica racional en los procesos de producción

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2015. Aprobado: enero, 2016.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 323-334. 2016.

ABSTRACT

The plant growth promoting rhizobacteria are an alternative to reduce the use of chemical fertilizers as well as induce some degree of resistance to phytophagous insects. In this study the effect of the inoculation with the rizobacteria *Brevibacillus brevis* CBTC1 on growth and response to whitefly (*Bemisia tabaci*) in different genotypes of *Capsicum annuum* was evaluated. Experiments were established in a randomized design. In 15 repetitions (plants) the plant growth promoting variables were evaluated, and in four (composed by mixing foliage of five plants) foliar N evaluations were made. To assess the response of plants to *B. tabaci*, 20 repetitions (leaves) were used. The rizobacteria *B. brevis* CBTC1, an indole acetic acid producer, was isolated from soil from the state of Yucatan, Mexico. Inoculating the strain in four genotypes of *C. annuum* (Simojovel, Amaxito, Jalapeño and X-kat ik) had significant effects on stem diameter, plant height, biomass, leaf number and root biomass in the Simojovel and Amaxito genotypes. Rizobacteria inoculation did not change the foliar N concentration or the attraction of *B. tobaci* adults in the evaluated genotypes. In contrast, the eggs density decreased in the Simojovel variety, and nymphal mortality increased in the Jalapeno.

Keywords: Rizobacteria, growth promoting, phytophagous insect.

INTRODUCTION

The use of plant growth promoting rhizobacteria (RPCV) is a rational technological application in agricultural production processes (Lugtenberg and Kamilova, 2009). The RPCV can increase the availability of

agrícola (Lugtenberg y Kamilova, 2009). Las RPCV pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes en la rizósfera y estimular el crecimiento vegetal a través de la fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes y producción de sideróforos (Loredo *et al.*, 2004) y ácido indolacético (AIA), hormona vegetal que promueve el desarrollo radical, vegetativo y producción de frutos (Martínez *et al.*, 2013). Varias especies de RPCV tienen un impacto en la producción agrícola al usarse como biofertilizantes (Lugtenberg y Kamilova, 2009; Das *et al.*, 2013).

La RPCV *Brevibacillus brevis* pertenece a la Clase Bacilli y se ha estudiado poco. Jha y Saraf (2011) reportaron que *B. brevis* MS1 aplicado a *Jatropha curcas* causó un incremento significativo en longitud (7 %) y biomasa (103 %) de la raíz, después de 60 d de la inoculación. Vivas *et al.* (2003) y Vivas *et al.* (2005) observaron que la inoculación con *B. brevis* en *Trifolium* sp. aumentó el crecimiento aéreo, biomasa de raíz y tolerancia a metales pesados. Estudios en *C. annuum* con RPCV del género *Bacillus*, perteneciente a la Clase Bacilli, mostraron resultados positivos en el crecimiento vegetal: aumento en altura de las plantas (21 a 65 %) e incremento en biomasa de raíz (35 a 75 %) y aérea (15 a 37 %) (Lamsal *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013). Además, el contenido de algunos elementos minerales en el follaje, en particular el N, incrementa en respuesta a las inoculaciones con estas rizobacterias (Christinal y Tholkkappian, 2013; Rezvani *et al.*, 2013). En varias especies vegetales el contenido de N foliar puede tener impactos directos en la susceptibilidad de las plantas huéspedes a insectos fitófagos (Lu *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008).

Las RPCV de la Clase Bacilli pueden modular el efecto de fitófagos en el follaje (Pineda *et al.*, 2010). Los efectos positivos de la inoculación de RPCV están documentados contra insectos fitófagos, como la mosca blanca (*B. tabaci*) en tomate (*Solanum lycopersicum*), donde se redujo 43 % la densidad de ninfas de *B. tabaci* por la inoculación a la semilla de varias especies de *Bacillus* (Murphy *et al.*, 2000). Soto *et al.* (2010) también reportaron reducción significativa (36 %) en la población de ninfas de *B. tabaci* en plantas de *S. lycopersicum* inoculadas con *B. subtilis*.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la rizobacteria *B. brevis* CBTC1 en el crecimiento y contenido de nitrógeno foliar de tres genotipos criollos y uno comercial de *C. annuum*, también se evaluó la respuesta de resistencia a *B. tabaci* de los genotipos inoculados.

nutrients in the rhizosphere and stimulate plant growth through nitrogen fixation, of nutrients solubilization and siderophores production (Loredo *et al.*, 2004), indole acetic acid (IAA) plant hormone that promotes radical and vegetative development as well as fruit production (Martínez *et al.*, 2013). Several RPCV species have an impact in agricultural production as they are been used as biofertilizers (Lugtenberg and Kamilova, 2009; Das *et al.*, 2013.).

The RPCV *Brevibacillus brevis* belongs to the Bacilli class and there are few studies. Jha and Saraf (2011) reported that *B. brevis* MS1 applied on *Jatropha curcas* caused significant increase in length (7 %) and biomass (103 %) of the roots after 60 d of inoculation. Vivas *et al.* (2003) and Vivas *et al.* (2005) observed that inoculation with *B. brevis* on *Trifolium* sp. increased aerial growth, root biomass and tolerance to heavy metals. Studies in *C. annuum* with RPCV from the *Bacillus* genus, from to the Bacilli class, showed positive results on plant growth: increased plant height (21 to 65 %), and increased root biomass (35 to 75 %) and area (15 to 37 %) (Lamsal *et al.*, 2012; Castillo *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013). Furthermore, the content of some mineral elements in the foliage, particularly N, increases in response to inoculation with these rhizobacteria (Christinal and Tholkkappian, 2013; Rezvani *et al.*, 2013). In several plant species, foliar N content can have a direct impact on the susceptibility of host plants to herbivore insects (Lu *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008).

The RPCV from the Bacilli class can modulate the effects of phytophagous in leaves (Pineda *et al.*, 2010). The positive effects that the RPCV inoculation has against phytophagous insects, such as the whitefly (*Bemisia tabaci*) in tomato (*Solanum lycopersicum*) are documented, with a 43 % decrease in the density of *B. tabaci* nymphs observed by inoculating seeds with several *Bacillus* species (Murphy *et al.*, 2000). Soto *et al.* (2010) also reported a significant reduction (36 %) in the population of *B. tabaci* nymphs in *S. lycopersicum* plants inoculated with *B. subtilis*.

The aim of this study was to evaluate the effect of the rizobacteria *B. brevis* CBTC1 in growth as well as the leaf nitrogen content of three landraces and one commercial genotypes of *C. annuum*. The resistance response to *B. tabaci* was also evaluated in the inoculated genotypes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

Muestras de suelo se recolectaron en la península de Yucatán para el aislamiento de la rizobacteria. Las muestras se tomaron a una profundidad aproximada de 10 cm, cerca de la rizósfera de plantas en zonas cultivadas y no cultivadas. Las muestras se depositaron en bolsas plásticas y se trasladaron al laboratorio donde se realizó el aislamiento e identificación de la cepa.

El efecto de la inoculación de la rizobacteria en genotipos de *C. annuum* se evaluó en un invernadero rústico en Conkal, Yucatán, México, en los genotipos criollos Simojovel, Amaxito y X-kat ik de chile del sureste de México y el comercial Jalapeño. Estas muestras se recolectaron en un estudio de potenciación de germoplasma (Hernández *et al.*, 2012).

Aislamiento de la cepa bacteriana

Muestras de suelo de 2 g y se mezclaron con 10 mL de agua destilada estéril en tubos Falcon de 15 mL, se agitaron energicamente 30 a 40 s, se calentaron en baño maría a 80 °C por 15 min, e inmediatamente después se sumergieron en hielo 15 min. Un mL de la solución y se mezcló con 1 mL de agua destilada estéril en un microtubo de 2 mL y se repitió el calentamiento y enfriamiento anterior. Una alícuota de 50 μ L se sembró en cajas Petri de 100 mm de diámetro con agar nutritivo (AN). Las cajas Petri se incubaron a 28 °C por 24 h (Travers *et al.*, 1987).

Selección de la cepa bacteriana

Las colonias bacterianas cuya morfología, tinción de Gram y formación de esporas fueran las características de bacterias pertenecientes a la Clase Bacilli, se seleccionaron y cultivaron en cajas Petri, de 100 mm de diámetro, en AN. Después de 24 h de crecimiento se realizaron pruebas de tinción de Gram y de catalasa. La detección de esporas mediante frotis se hizo en colonias de 5 d de crecimiento. Así se aislaron 36 cepas con características morfológicas similares a la Clase Bacilli, en las cuales se determinó producción de ácido indolacético (AIA), por el método colorimétrico con el reactivo de Salkowski (Patten y Glick, 2002). La rizobacteria cepa CBTC1 se seleccionó para estudiar la promoción de crecimiento porque produjo más AIA (26.80 μ g mL⁻¹ de cultivo).

Identificación de la cepa bacteriana

La extracción de ADN se realizó con el paquete comercial DNA Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega).

MATERIALS AND METHODS

Experimental site

Soil samples were collected in the Yucatan Peninsula in order to isolate its rizobacteria. Samples were taken at 10 cm depth, close to the rhizosphere, from plants at cultivated and non-cultivated areas. Samples were placed in plastic bags and taken to a laboratory where the isolation and identification of the strain was performed.

The effect of the rizobacteria inoculation in different *C. annuum* genotypes was evaluated in a rustic greenhouse in Conkal, Yucatan, Mexico. In the chili landraces Simojovel, Amaxito and X-kat ik which are from Southeast Mexico and the commercial jalapeno were evaluated. These samples were collected in a germplasm enhancement study (Hernández *et al.*, 2012).

Isolation of the bacterial strain

Two g soil samples were mixed with 10 mL of sterile distilled water in 15 mL Falcon tubes, they were vigorously stirred 30 to 40 s, heated in a water bath at 80 °C for 15 min, and then immediately immersed in ice for 15 min. One mL of the solution was mixed with 1 mL of sterile distilled water in a 2 mL microtube and then heating and cooling above described. A 50 mL aliquot was placed in 100 mm diameter Petri dishes in nutrient agar (NA). Petri dishes were incubated at 28 °C for 24 h (Travers *et al.*, 1987).

Selection of the bacterial strain

Bacterial colonies with morphology, Gram staining and spore formation features of the Bacilli class were selected and cultured in 100 mm diameter Petri dishes with AN. After 24 h of growth, Gram staining and catalase tests were performed. Spores detection was done by smear in colonies with 5 d of growth. In that manner 36 strains with similar morphology to that of the Bacilli class were isolated. Their indoleacetic acid (IAA) production was assessed via the colorimetric method with the Salkowski reagent (Patten and Glick, 2002). The strain rizobacteria CBTC1 was selected to study the growth promotion because it produced more IAA (26.80 μ g mL⁻¹ of culture).

Bacterial strain identification

DNA extraction was performed with the Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega) commercial package. The 16s rRNA gene was amplified with Eubac27F and Eubac149R

El gen 16s ARN se amplificó con los iniciadores Eubac27F y Eubac149R según Singh (2010). La integridad de los fragmentos amplificados se visualizó en geles de agarosa al 1 %. Los productos de amplificación los secuenciaron en Macrogen, EE.UU. Las secuencias se analizaron en el programa Blast del NCBI.

Obtención e inoculación de las plantas de *C. annuum*

Las semillas se sembraron en charolas de unigel, con 200 cavidades, y un sustrato comercial (cosmopeat®); las charolas con 50 % de las semillas germinadas se trasladaron a un invernadero. El trasplante se realizó 35 d después de la siembra (dds) en vasos de unigel de 1 L con una mezcla de suelo, sustrato comercial (cosmopeat®) y gravilla 50:30:20 (vol:vol:vol); la mezcla se desinfectó con formol al 2 %, 15 d antes del trasplante.

Dos inoculaciones con la rizobacteria se realizaron a las plantas de chile, la primera 15 dds y la segunda al trasplante (35 dds). Cada planta se inóculo con 3 mL de una suspensión de bacterias con 1×10^8 esporas mL^{-1} . La suspensión bacteriana se obtuvo de las colonias establecidas en AN de 8 d de cultivo.

Evaluación de las variables indicadoras de promoción del crecimiento

Para evaluar el efecto de la rizobacteria en la promoción de crecimiento de *C. annuum*, 10 d después del trasplante (45 dds) se registró: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm) y número de hojas. La altura se midió con un flexómetro y el diámetro de tallo con un vernier digital. La producción de biomasa (g) y el contenido foliar de N se evaluó 15 d después del trasplante (50 dds). Para esto, la raíz y el vástago separados en bolsas de papel se secaron hasta peso constante en estufa con aire forzado a 65 °C. La cuantificación de N foliar se realizó por el método Kjeldhal.

Atracción y oviposición de *B. tabaci* en plantas de chile

Adultos de *B. tabaci* se obtuvieron de una colonia establecida en plantas de chile y que ha permanecido en confinamiento varios años (Ballina-Gómez *et al.*, 2013). Para los bioensayos, los genotipos de chile se inocularon con la rizobacteria en la misma forma como se describió para evaluar la promoción de crecimiento.

Para evaluar la atracción de adultos y preferencia de oviposición se usaron plantas de 10 d de trasplante (45 dds). Las plantas se confinaron en jaulas entomológicas y se liberaron en promedio 30 adultos de *B. tabaci* por planta. A las 48 h se contabilizó el número de adultos posados en dos hojas totalmente extendidas del tercio apical, esta medición se realizó a las 06:00 h para evitar alta actividad de vuelo de los adultos de *B. tabaci*. A las 72 h

primers as reported by Singh (2010). The integrity of the amplified fragments was visualized on 1 % agarose gels. The amplification products were sequenced at Macrogen, USA. Sequences were analyzed in NCBI Blast program.

Acquisition and inoculation of *C. annuum* plants

Seeds were sown in styrofoam trays with 200 cavities, in a commercial substrate (cosmopeat®); trays with 50 % of the germinated seeds were moved to a greenhouse. The transplant was performed 35 d after sowing (DAS) in 1 L foam cups with a mixture consisting on soil, commercial substrate (cosmopeat®) and gravel 50:30:20 (vol:vol:vol); the mixture was disinfected with 2 % formalin, 15 d before transplant.

Two inoculations with rizobacteria were made on the chili plants, the first 15 DAS and second at the transplant (35 DAS). Each plant was inoculated with 3 mL of a bacterial suspension containing 1×10^8 spores mL^{-1} . The bacterial suspension was obtained from the colonies established in AN 8 d of culture.

Evaluation of variables indicating growth promotion

To evaluate the effects of rhizobacteria in promoting *C. annuum* growth, 10 d after transplant (45 DAS) we recorded: plant height (cm), stem diameter (mm) and number of leaves. Height was assessed with a measuring tape and the stem diameter with a digital vernier. Biomass production (g) and leaf N content was evaluated 15 d after transplant (50 DAS). For this, roots and stem were placed in separate paper bags, and then dried until constant weight in a forced air oven at 65 °C. Foliar N quantification was performed by the Kjeldahl method.

Attraction and oviposition of *B. tabaci* in chili plants

Brevibacillus tabaci adults were obtained from a colony previously established in chili plants, which has been in confinement for several years (Ballina-Gómez *et al.*, 2013). For the bioassay, all the evaluated chili genotypes were inoculated with rhizobacteria in the same way described for evaluating the growth promotion.

To evaluate the attraction of adults and oviposition preference, plants 10 d from transplantation (45 DAS) were used. The plants were confined in entomological cages. An average of 30 *B. tabaci* adults was released per plant. The number of adults perching on two fully extended leaves at the apical third was recorded at 48 h; this assessment was made at 06:00 h in order to avoid flying high activity of *B. tabaci* adults. At 72 h the amount of oviposited eggs in two fully extended leaves at the apical third was evaluated, the

se evaluó la cantidad de huevos ovipositados en dos hojas, del tercio apical completamente extendidas, se midió su área foliar para obtener la relación del número de huevos por cm² (Ballina-Gómez *et al.*, 2013).

La mortalidad de ninfas se evaluó con el método de “no elección” (Nombela *et al.*, 2001). Treinta adultos de *B. tabaci* se confinaron en jaulas clip colocadas en hojas totalmente expandidas del tercio apical de plantas de 10 d de trasplante (45 dds). Los adultos se eliminaron 24 h después de haberse confinado. Los huevos ovipositados eclosionaron y las ninfas permanecieron en las secciones de las hojas que contenían las jaulas clip. Después de 15 d de la oviposición la mortalidad de ninfas se evaluó con un microscopio estereoscópico. Las ninfas parecían deshidratadas y su cuerpo era color café oscuro a negro.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar. Los efectos de la inoculación de la rizobacteria en las variables de crecimiento de la planta y en la respuesta a *B. tabaci* se analizaron separados en las plantas inoculadas con la rizobacteria y sin inocular (testigo). Los tratamientos se establecieron en 15 repeticiones para evaluar el crecimiento, cuatro para el análisis de N foliar, y 20 para la respuesta de las plantas a *B. tabaci*. El análisis estadístico (t de Student; $p \leq 0.05$) se realizó con Statgraphics Centurion (versión 15.2.06).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación molecular de la cepa bacteriana

Las secuencias directa e inversa se obtuvieron, se ensamblaron con el programa CAP3, y se secuenciaron en duplicado de dos extracciones de ADN de la misma cepa y cultivos diferentes. Una secuencia de 1423 bases se obtuvo y de acuerdo con el análisis del gen 16s ARN, la cepa CTB1 tiene un 99 % de identidad con el género *Brevibacillus* (Cuadro 1) y con la especie *B. brevis*. La cepa seleccionada se denominó *B. brevis* CTB1C1.

Crecimiento de diámetro de tallo y altura de plantas

Las plantas de todos los genotipos aumentaron significativamente su altura y diámetro de tallo por efecto de la inoculación con *B. brevis* CBTC1

leaf area coverage was measured to obtain the ratio of the number of eggs per cm² (Ballina-Gómez *et al.*, 2013).

The nymph mortality was evaluated with the method of “no choice” (Nombela *et al.*, 2001). Thirty *B. tabaci* adults were confined in cages clip placed in fully expanded leaves at the apical third on plants 10 d after transplantation (45 DAS). Adults were removed 24 h after being confined. The oviposited eggs hatched and the nymphs remained within the section contained by the clip cage. After 15 d of oviposition nymphal mortality was evaluated with a stereoscopic microscope. Nymphs appeared dehydrated and their bodies were dark brown to black coloured.

Experimental design

The experimental design was completely randomized. The effects of the rhizobacteria inoculation on the growth variables of the plant and regard the response to *B. tabaci* were analyzed in separate plants inoculated with rhizobacteria and uninoculated (control). Treatments were established in 15 repetitions to assess growth, four for the foliar N analysis, and 20 for the response of the plants to *B. tabaci*. Statistical analysis (Student t test; $p \leq 0.05$) was performed with Statgraphics Centurion (version 15.2.06).

RESULTS AND DISCUSSION

Molecular identification of the bacterial strain

The forward and reverse sequences were obtained, were assembled with CAP3 program, and were sequenced in duplicate from two DNA extractions of the same strain and different crop. A 1423 base sequence was obtained, according to the 16s rRNA gene analysis, CTB1 strain has 99 % identity to the *Brevibacillus* genus (Table 1) and the *B. brevis* species. The selected strain was named *B. brevis* CTB1C1.

Growth of stem diameter and plant height

Plants of all the evaluated genotypes significantly increased their height and stem diameter because of the inoculation with *B. brevis* CBTC1 (Table 2). The most significant increases in stem diameter (11.3 %) and plant height (41 %) were observed in the Amaxito genotype. In contrast, the smallest increase in stem diameter (7.4 %) was recorded in the X-kat ik genotype. The smallest increase in plant height was recorded in the Jalapeño genotype (15.8 %).

(Cuadro 2). Los incrementos más sobresalientes del diámetro de tallo (11.3 %) y altura de planta (41 %) se observaron en Amaxito. En contraste, el incremento menor de diámetro del tallo (7.4 %) se registró en X-kat ik, en tanto que el incremento menor en altura de planta se registró en Jalapeño (15.8 %).

La promoción de crecimiento vegetal por la inoculación de especies de rizobacteria de la Clase Bacilli en *C. annuum* ya se ha evaluado. Kokalis *et al.* (2002) observaron incremento de 50 % en diámetro de tallo en plantas inoculadas con una mezcla de *B. subtilis* y *B. cereus*. Akgül y Mirik (2008) inocularon plantas con *B. megaterium* y obtuvieron aumento de 23 % en diámetro del tallo. Guillen *et al.* (2006) reportaron que la inoculación de *Bacillus* spp. incrementó 20 % la altura de plantas además, la inoculación con *B. cereus* incrementó 76 % la altura de plantas (Damayanti *et al.* 2007). El aumento de 11 % en diámetro de tallo en nuestro estudio fue menor que lo observado en los estudios previos, pero la altura de planta no (41 %).

The plant growth promotion by inoculation rizobacteria species from the Bacilli class in *C. annuum* has already been evaluated. Kokalis *et al.* (2002) observed a 50 % increase in stem diameter in plants inoculated with a mixture of *B. subtilis* and *B. cereus*. Akgül and Mirik (2008) inoculated plants with *B. megaterium* and reported a 23 % increase in stem diameter. Guillen *et al.* (2006) reported that the inoculation of *Bacillus* spp. increased plant height 20 %; besides, the inoculation with *B. cereus* increased plant height 76 % (Damayanti *et al.*, 2007). The 11 % increase in stem diameter reported in the present study was lower than that observed in previous studies, but not the plant height (41 %).

Leaves formation and biomass accumulation

Inoculation with *B. brevis* CBTC1 increased primary and axillary leaves formation in all genotypes except X-kat ik (Table 3). In Simojovel, Amaxito and Jalapeño genotypes significantly increased the number of main leaves up to 25 %.

Cuadro 1. Identificación por el gen 16s ARN de la cepa CBTC1.

Table 1. Identification of the CBTC1 strain by the 16s rRNA gene.

Organismo relacionado	Max score	Identidad (%)	Núm. de recolecta
<i>Brevibacillus</i> sp. 100-9	2614	99	FJ959374.1
<i>Brevibacillus</i> sp. 100-5	2612	99	FJ959373.1
<i>Brevibacillus brevis</i> NBRC 100599	2608	99	AP008955.1
<i>Brevibacillus brevis</i> DYJL44	2593	99	HQ317185.1

Cuadro 2. Efecto de la inoculación con *B. brevis* CBTC1 en el crecimiento en diámetro de tallo y altura de plantas en *Capsicum annuum*.

Table 2. Effect of inoculation of *B. brevis* CBTC1 in growth of stem diameter and plant height in *Capsicum annuum*.

Genotipos	Diámetro del tallo (mm)		Altura de la planta (cm)	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Simojovel	3.29±0.20 [†]	2.96±0.70	20.40±0.67 [†]	14.70±0.37
Amaxito	3.34±0.08 [†]	3.0 ±0.06	14.10±0.24 [†]	10.0 ±0.32
Jalapeño	4.30±0.04 [†]	3.97±0.09	29.20±0.2 [†]	25.20±0.49
X-kat ik	3.91±0.08 [†]	3.64±0.11	26.80±0.37 [†]	22.70±0.58

[†]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; p≤0.05, n=15). Medias±error estándar de la media ♦ Indicates statistical difference from control (t-Student; p≤0.05, n=15). Mean ± mean standard error.

Formación de hojas y acumulación de biomasa

La inoculación con *B. brevis* CBTC1 incrementó la formación de hojas principales y axilares en todos los genotipos, excepto X-kat ik (Cuadro 3). En Simojovel, Amaxito y Jalapeño se observó aumento significativo en el número de hojas principales hasta 25 %.

La inoculación con *B. brevis* CBTC1 incrementó la biomasa aérea en todos los genotipos, y la de raíz de Simojovel y Amaxito (Cuadro 4). El incremento mayor en biomasa aérea (45.2 %) y de raíz (44.4 %) se observó en Amaxito.

El efecto de la inoculación de rizobacteria de la Clase Bacili en la biomasa aérea en *C. annuum* ya se ha evaluado, y aumenta el número y tamaño de las hojas. Según Damayanti *et al.* (2007), hay incremento significativo en tamaño de hojas al inocular plantas con una cepa de *B. cereus*. En nuestro estudio, las plantas de Simojovel y Amaxito inoculadas tuvieron hasta 42 % más hojas axilares. Esto puede mejorar la productividad biológica de las plantas y, de acuerdo con Ashrafuzzaman *et al.* (2011), mayor número de hojas en las plantas proporciona mayor intercepción de luz, fotosíntesis y acumulación de fotoasimilados, lo cual resulta en aprovechamiento mayor de los recursos hídricos y nutrimentales, y el aumento en rendimiento de frutos.

El incremento de biomasa en nuestro estudio (44 y 45 %) fue cercano al intervalo observado en otros estudios. Akgül y Mirik (2008) registraron aumento de 52 % en la biomasa foliar y 48 % en biomasa de raíz en *C. annuum* inoculado con *B. megaterium*. Similarmente, Nautiyal *et al.* (2013) obtuvieron incrementos de hasta 43 % en la biomasa de raíz en plantas inoculadas con *B. amyloliquefaciens*.

Inoculation with *B. brevis* CBTC1 increased the aerial biomass in all genotypes, and Simojovel and Amaxito root biomass (Table 4). The largest biomass gain (45.2 %) and root (44.4 %) was observed in Amaxito.

The effect of the inoculation of rhizobacteria from the Bacili class in the aerial biomass in *C. annuum* has already been evaluated, and there is an increase in the number and size of the leaves. According to Damayanti *et al.* (2007), there is a significant increase in the leaf size on plants inoculated with a *B. cereus* strain. In our study, plants from the Simojovel and Amaxito genotypes had up to 42 % more axillary leaves. This can improve the biological productivity of plants, and according to Ashrafuzzaman *et al.* (2011) a higher number of leaves in plants increase light interception, photosynthesis and accumulation of fotoasimilates, which results in better usage of the water and nutrient resources, along with increased fruit yield.

In our research, the increase in biomass (44 and 45 %) was close to the range observed in other studies. Akgül and Mirik (2008) reported a 52 % increase in leaf biomass and 48 % in root biomass in *C. annuum* inoculated with *B. megaterium*. Similarly, Nautiyal *et al.* (2013) report an increase of up to 43 % in root biomass in plants inoculated with *B. amyloliquefaciens*.

In our study the largest biomass in the inoculated plants resulted from the increase in length and diameter of stems and leaf number. This increase confirms that inoculation promoted root development, probably favoured water and nutrients uptake, and therefore the biomass production.

Cuadro 3. Efecto de la inoculación con *B. brevis* CBTC1 en la formación de hojas principales y hojas axilares en plantas de *Capsicum annuum*.

Table 3. Effect of *B. brevis* CBTC1 inoculation in primary and axillary leaves formation on *Capsicum annuum* plants.

Genotipos	Hojas principales por planta		Hoja axilares por planta	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Simojovel	21.80 ± 1.46 [†]	17.40 ± 0.60	30.60 ± 4.9 [†]	22.00 ± 5.4
Amaxito	16.80 ± 0.37 [†]	13.80 ± 0.37	28.0 ± 2.28 [†]	19.60 ± 1.29
Jalapeño	21.0 ± 1.0	18.40 ± 1.9	0.60 ± 0.4	1.40 ± 0.2
X-kat ik	18.20 ± 0.66	19.0 ± 1.64	17.40 ± 2.01	18.40 ± 2.11

[†]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; p ≤ 0.05, n=15). Medias ± error estándar de la media ♦ Indicates statistical difference from control (t-Student; p ≤ 0.05, n=15). Mean ± mean standard error.

Cuadro 4. Efecto de la inoculación con *B. brevis* CBTC1 en la acumulación de biomasa en *Capsicum annuum*.**Table 4. Effect of *B. brevis* CBTC1 inoculation on biomass accumulation in *Capsicum annuum*.**

Genotipos	Biomasa aérea (g) por planta		Biomasa de raíz (g) por planta	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Simojovel	1.44±0.14 [†]	1.0±0.09	0.56±0.06 [†]	0.39±0.03
Amaxito	1.06±0.07 [†]	0.73±0.06	0.39±0.02 [†]	0.27±0.03
Jalapeño	2.02±0.05 [†]	1.81±0.15	0.53±0.01	0.54±0.06
X-kat ik	1.75±0.06 [†]	1.48±0.09	0.51±0.04 [†]	0.40±0.03

[†]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; $p \leq 0.05$, $n=15$). Medias \pm error estándar de la media \diamond Indicates statistical difference from control (t-Student; $p \leq 0.05$, $n=15$). Mean \pm mean standard error.

En nuestro estudio la biomasa aérea mayor en plantas inoculadas resultó del incremento en longitud y diámetro de tallos y en número de hojas. Ese aumento confirmó que la inoculación promovió el desarrollo de la raíz, lo que probablemente favoreció la asimilación de agua y nutrientes, y en consecuencia la producción de biomasa.

Análisis químico foliar de nitrógeno

En el contenido de nitrógeno de las hojas de plantas inoculadas y sus testigos no se observó diferencia significativa. Pero, sí hubo un efecto significativo para gramos de N foliar en plantas de Amaxito (33 %) y X-kat ik (17 %) (Cuadro 5).

Jones *et al.* (1991) clasificaron el contenido de nitrógeno en tres grupos: 1) valores altos, mayores a 4.5 %; 2) valores óptimos o suficientes, 3.5 a 4.5 %; y 3) valores bajos, 3 a 3.49 %. De acuerdo con esta clasificación, los porcentajes de nitrógeno en plantas inoculadas y testigo en el presente estudio se ubicaron entre los valores óptimos o suficientes. Es probable que los genotipos evaluados sin inocular asimilen nitrógeno suficiente, por lo que la inoculación con *B. brevis* CBTC1 no coadyuvó al aumento del contenido de N en el follaje.

Christinal y Tholkappian (2013) encontraron contenido mayor de N foliar en plantas de *C. annuum* inoculadas con *B. megaterium*. Según Rezvani *et al.* (2013), plantas de *C. annuum* inoculadas con *Bacillus* spp. presentaron contenido mayor de N foliar en comparación con el testigo. En nuestro estudio hubo diferencia en la cantidad (g) de N foliar por

Chemical analysis of leaf nitrogen

The nitrogen content in the leaves of the inoculated plants and their controls no significant differences were observed. However, there was a significant effect for the foliar N grams in the Amaxito (33 %) and X-kat ik (17 %) plants (Table 5).

Jones *et al.* (1991) classified nitrogen content into three groups: 1) high values, greater than 4.5 %; 2) optimum or sufficient values, between 3.5 to 4.5 % and; 3) low values from 3 to 3.49 %. According to this classification, the nitrogen percentage in inoculated and control plants in this study were within the best or sufficient group. It is likely that the evaluated genotypes themselves assimilate enough nitrogen, so that the *B. brevis* CBTC1 inoculation did not increase the N content in the foliage.

Christinal and Tholkappian (2013) report a higher N content in leaf of *C. annuum* plants inoculated with *B. megaterium*. Rezvani *et al.* (2013) found that *C. annuum* plants inoculated with *Bacillus* spp. had higher foliar N content compared with the control. In our study differences were observed in the amount of foliar N (g) per plant of X-kat ik and Amaxito. The differences are related to the aerial biomass accumulation.

Adult attraction, oviposition preference and mortality of *B. tabaci* on *C. annuum* genotypes

No significant effect of the *B. brevis* CBTC1 inoculation in attracting *B. tabaci* adults (Table 6) among the genotypes studied was detected. Only

Cuadro 5. Efecto de la inoculación con *B. brevis* CBTC1 en la concentración de nitrógeno foliar en plantas de *Capsicum annuum*.

Table 5. Effect of *B. brevis* CBTC1 inoculation on the nitrogen foliar concentration in *Capsicum annuum* plants.

Genotipos	N foliar (%)		N foliar (g por planta)	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Simojovel	4.13±0.18	4.69±0.25	0.06±0.01	0.05±0.0
Amaxito	3.91±0.08	3.92±0.03	0.04±0.0 [†]	0.03±0.0
Jalapeño	3.94±0.06	3.94±0.06	0.08±0.0	0.07±0.01
X-kat ik	4.06±0.03	4.09±0.09	0.07±0.0 [†]	0.06±0.0

[†]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; p≤0.05, n=4). Medias ± error estándar de la media ♦ [†]Indicates statistical difference from control (t-Student; p≤0.05, n=15). Mean ± mean standard error.

planta en X-kat ik y Amaxito. Las diferencias están relacionadas con la acumulación de biomasa aérea.

Atracción de adultos, preferencia de oviposición y mortalidad de *B. tabaci* en genotipos de *C. annuum*

No hubo efecto significativo de la inoculación con *B. brevis* CBTC1 en la atracción de adultos de *B. tabaci* (Cuadro 6) entre los genotipos estudiados. Sólo en Simojovel hubo disminución (60.5 %) significativa (p≤0.05) en la oviposición. (Cuadro 6).

Jalapeño fue el único que mostró efecto significativo (p≤0.05) en mortalidad (38.6 %) de ninfas de *B. tabaci* por la inoculación con *B. brevis* CBTC1, respecto al testigo (Figura 1).

La inoculación de las plantas con rizobacterias induce cierto grado de resistencia a varias especies de insectos fitófagos. Este fue el caso de la disminución (44 %) en la alimentación del escarabajo (*Diabrotica undecimpunctata* howardi Barber) en plantas de pepino inoculadas con *Bacillus pumilus* (Zehnder *et al.*, 1997). También hubo disminución significativa en la población de pulgón verde (*Myzus persicae* Zulcer) en plantas de *C. annuum* tratadas con *B. subtilis* y *B. amyloliquefaciens* (Herman *et al.*, 2008). El retardo en el crecimiento y tamaño de la población de áfidos del algodón (*Aphis gossypii*) se observó en plantas de pepino tratadas con una cepa de *Bacillus* sp. (Stout *et al.*, 2002).

La inducción de resistencia a *B. tabaci* por la inoculación con especies de Bacilli ha sido poco estudiada. Murphy *et al.* (2000) observaron que plantas de tomate de semillas inoculadas con *Bacillus* spp.

on the Simojovel genotype a significant (p≤0.05) decrease (60.5 %) was observed on the oviposition (Table 6).

The Jalapeño genotype was the only one that showed significant (p≤0.05) effect on mortality (38.6 %) of *B. tabaci* nymphs by the inoculation with *B. brevis* CBTC1, compared to the control (Figure 1).

Inoculation of plants with rhizobacteria induces some degree of resistance to several species of phytophagous insects. This was the case of the reduction of feeding (44 %) in a beetle (*Diabrotica undecimpunctata* howardi Barber) from cucumber plants inoculated with *Bacillus pumilus* (Zehnder *et al.*, 1997). A significant decrease in the population of aphids (*Myzus persicae* Zulcer) was also observed in *C. annuum* plants treated with *B. subtilis* and *B. amyloliquefaciens* (Herman *et al.*, 2008). The delay in growth and population size of a cotton aphid (*Aphis gossypii*) was also observed in cucumber plants treated with a *Bacillus* sp. strain (Stout *et al.*, 2002).

The induction of resistance to *B. tabaci* by inoculation with *Bacilli* species has been little studied. Murphy *et al.* (2000) found that tomato plants from seeds inoculated with *Bacillus* spp. had a significant decrease (40-43 %) in the *B. tabaci* nymph population. Soto *et al.* (2010) reported that inoculation of *B. subtilis* in tomato (*Solanum lycopersicum*) significantly decreased the development of *B. tabaci* nymphs, from the fourth instar to adults. This effect was attributed to the induction of factors involved in induced systemic resistance (ISR) (Rojas-Solís *et al.*, 2013). The results in our study indicated that the effect of the rhizobacteria varies

Cuadro 6. Efecto de la inoculación de *B. brevis* CBTC1 en la atracción de adultos y oviposición de *Bemisia tabaci* en follaje de *Capsicum annuum*.**Table 6. Effect of *B. brevis* CBTC1 inoculation in attraction of adults and oviposition of *Bemisia tabaci* in *Capsicum annuum* foliage.**

Genotipos	Adultos cm ⁻²		Huevos cm ⁻²	
	Inoculado	Testigo	Inoculado	Testigo
Simojovel	2.19±0.49	2.53±0.78	0.88±0.36 [†]	2.23±0.50
Amaxito	3.19±0.71	2.17±0.66	0.66±0.25	1.13±0.36
Jalapeño	6.31±1.22	6.17±0.88	0.25±0.08	0.18±0.05
X-kat ik	3.65±0.88	4.57±0.97	1.72±0.85	2.75±0.72

[†]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; $p \leq 0.05$, $n=20$). Medias \pm error estándar de la media \diamond Indicates statistical difference from control (t-Student; $p \leq 0.05$, $n=15$). Mean \pm mean standard error.

tuvieron disminución significativa (40 a 43 %) en la población de ninfas de *B. tabaci*. Soto *et al.* (2010) reportaron que la inoculación de *B. subtilis* en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) disminuyó significativamente el desarrollo de ninfas de *B. tabaci* de cuarto instar a adultos. Este efecto se atribuyó a la inducción de factores involucrados en la resistencia sistémica inducida (RSI) (Rojas-Solís *et al.* 2013). Los resultados de nuestro estudio indicaron que el efecto de las rizobacterias varían entre genotipos de la misma especie, ya que la respuesta en la oviposición y mortalidad de *B. tabaci* en plantas inoculadas con *B. brevis* CBTC1 se detectó únicamente en los genotipos Simojovel y Jalapeño. Esta respuesta de resistencia vegetal producida por la inoculación de RPCV y atribuida en parte a RSI, varía entre especies o genotipos probablemente por la capacidad diferente de sus raíces para percibir los estímulos provocados por las rizobacterias (De Vleeschauwer *et al.*, 2008).

En nuestro estudio la inoculación de los genotipos de *C. annuum* con *B. brevis* CBTC1 promovió crecimiento diferente de las plantas, pues permitió incremento de biomasa aérea, pero no modificó el grado de atracción de adultos de *B. tabaci*. Sin embargo, la inoculación indujo cierto grado de resistencia a oviposición de *B. tabaci* en el genotipo Simojovel y mayor mortalidad de ninfas en el genotipo Jalapeño. Esta respuesta de las plantas inoculadas a *B. tabaci* podría estar relacionada con factores de calidad nutricional del follaje, pero no al contenido de N foliar.

among genotypes from the same species, because the oviposition and mortality of *B. tabaci* in plants inoculated with *B. brevis* CBTC1 was only detected in the Simojovel and Jalapeño genotypes. This plant resistance response produced by the inoculation of

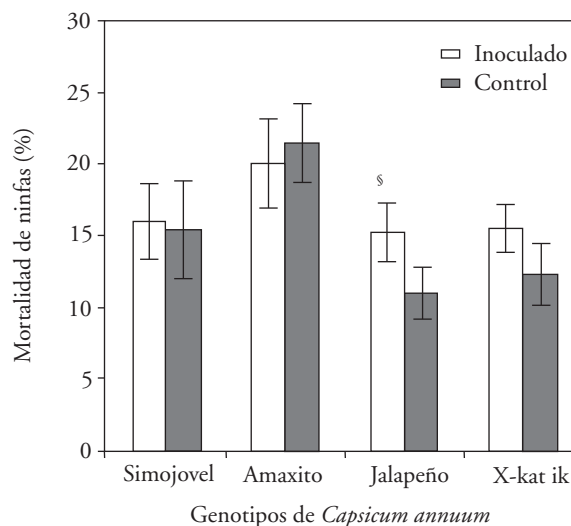


Figura 1. Mortalidad de ninfas de *Bemisia tabaci* en genotipos de *Capsicum annuum* inoculados y no inoculados con CBTC1.

[§]Indica diferencia estadística con respecto al testigo (t-Student; $p < 0.05$, $n=20$).

Figure 1. Mortality of *Bemisia tabaci* nymphs on different *Capsicum annuum* genotypes inoculated and uninoculated with CBTC1.

[§]Indicates statistical difference from control (t-Student; $p \leq 0.05$, $n=20$).

CONCLUSIONES

La bacteria aislada (CBTC1) presentó 99 % de homología con *Brevibacillus brevis*. La inoculación de *B. brevis* CBTC1 en *C. annuum* incrementó el diámetro de tallo y altura de planta. En los genotipos Simojovel y Amaxito también aumentó el número de hojas y biomasa de raíz.

La inoculación de los genotipos de *C. annuum* con *B. brevis* CBTC1 no tuvo efecto en la atracción de adultos de *B. tabaci*. Pero, la inoculación en Simojovel y Jalapeño permitió cierto grado de resistencia debido a menor oviposición o mayor mortalidad de ninfas.

LITERATURA CITADA

- Akgül, D. S., and M. Mirik. 2008. Biocontrol of *Phytophthora capsici* on pepper plants by *Bacillus megaterium* strains. *J. Plant Pathol.* 90: 29-34.
- Ashrafuzzaman, M., M. A. Halim, M. R. Ismail, S. M. Shahidullah, and M. A. Hossain. 2011. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Braz. Arch. Biol. Technol.* 54: 321-330.
- Ballina-Gómez, H. S., E. Ruiz-Sanchez, W. Chan-Cupul, L. Latournerie, L. Alvarado, I. Islas, and J. J. Zuñiga. 2013. Response of *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B to genotypes of pepper *Capsicum annuum* (Solanaceae). *Neotrop. Entomol.* 42: 205-210.
- Castillo, H. F., C. F. Reyes, G. G. Morales, R. R. Herrera, and C. Aguilar. 2013. Biological control of root pathogens by plant-growth promoting *Bacillus* spp. *In: Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges.* Chapter 4. pp: 79-103.
- Chen, Y., J. R. Ruberson, and D. M. Olson. 2008. Nitrogen fertilization rate affects feeding, larval performance, and oviposition preference of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, on cotton. *Entomol. Exp. Appl.* 126: 244-255.
- Christinal, V., and P. Tholkappian. 2013. Interaction effects of AM fungi with rhizobacteria and phosphate solubilizing bacteria on the growth and nutrient uptake of chilli. *J. Appl. Chem.* 2: 33-41.
- Damayanti, A. T., H. Pardede, and N. R. Mubarik. 2007. Utilization of root-colonizing bacteria to protect hot-pepper against tobacco mosaic tobamovirus. *J. Biosci.* 14: 105-109.
- Das, A. J., M. Kumar, and R. Kumar. 2013. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): An alternative of chemical fertilizer for sustainable, environment friendly agriculture. *Res. J. Agric. For. Sci.* 1: 21-23.
- De Vleeschauwer, D., M. Djavaheri, P. A. Bakker, and M. Höfte. 2008. *Pseudomonas fluorescens* WCS 374r-induced systemic resistance in rice against *Magnaporthe oryzae* is based on pseudobactin-mediated priming for a salicylic acid-repressible multifaceted defense response. *Plant Physiol.* 148: 1996-2012.
- Guillen, C., R., H. D. Castillo F., G. Morales G., R. Herrera R., N. A. González C., P. Corral E., y H. R. Valdés M. 2006. *Bacillus* spp. como biocontrol en el suelo infestado con *Fu-*

RPCV and partially attributed to RSI, varies between species or genotypes probably because of the different capacities of its roots to perceive stimuli caused by rhizobacteria (De Vleeschauwer *et al.*, 2008).

In our study the inoculation of different genotypes of *C. annuum* with *B. brevis* CBTC1 promoted different plant growth, as it allowed increased aerial biomass, but did not alter the attraction of *B. tabaci* adults. However, the inoculation induced a degree of resistance to *B. tabaci* oviposition in the Simojovel genotype and increased nymph mortality in the Jalapeño genotype. This response from the plants inoculated with *B. tabaci* could be related to nutritional factors of the foliage quality, but not the N foliar content.

CONCLUSIONS

The isolated bacteria (CBTC1) showed 99 % homology with *Brevibacillus brevis*. Inoculation of *B. brevis* CBTC1 in *C. annuum* increased stem diameter and plant height. In the Simojovel and Amaxito genotypes leaf number and root biomass were also increased.

Inoculation of *C. annuum* genotypes with *B. brevis* CBTC1 had no effect on the attraction of *B. tabaci* adults. But the inoculation in the Simojovel and Jalapeño genotypes allowed some resistance due to low oviposition or increased nymph mortality.

—End of the English version—



- sarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 24: 105-114.
- Herman, M. A. B., B. A. Naultb, and C. D. Smart. 2008. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestations in New York. *Crop Protect.* 27: 996-1002.
- Hernández, A., L. A., E. Ruiz S., L. Latournerie M., P. S. Sánchez A., y A. Pérez G. 2012. Resistencia de genotipos de *Capsicum annuum* a *Bemisia tabaci*. *In: Memorias Del VI Congreso de Biotecnología y Bioingeniería del Sureste Mérida, Yucatán del 24 a 26 de octubre del 2012.*
- Jha, K. S., and M. Saraf. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination behaviour and seedling vigor of *Jatropha curcas*. *Int. J. Biotech. Biosci.* 1: 101-113.

- Jones, J. B., B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Taylor & Francis. Boca Raton, Fl. 213 p.
- Kokalis, N. B., C. S. Vavrina, E. N. Roskopf, and R. A. Shelby. 2002. Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida. *Plant Soil* 238: 257-266.
- Lamsal, K., S. W. Kim, Y. S. Kim, and Y. S. Lee. 2012. Application of rhizobacteria for plant growth promotion effect and biocontrol of anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* on pepper. *Mycobiology* 40: 244-251.
- Loredo, O., L. López, y D. Espinosa. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramínea: Una revisión. *Terra Latinoam.* 22: 225-239.
- Lu, Z. X., X. P. Yu, K.L. Heong, and C. Hu. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice. *Rice Sci.* 14: 56-66.
- Lugtenberg, B. and F. Kamilova. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 63: 541-556.
- Martínez, L. L., R. A. P. Martínez, M. I. Hernández, S. M. A. Medrano, y J. R. P. Aguilar. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* 36: 63-69.
- Murphy, J. F., G. W. Zehnder, D. J. Schuster, E. J. Sikora, J. E. Polston, and J. W. Kloepper. 2000. Plant growth-promoting rhizobacterial mediated protection in tomato against Tomato mottle virus. *Plant Dis.* 84: 779-784.
- Nautiyal, S. C., S. Suchi., C. S. Puneet., S. Karishma., M. Aradhana, and S. K. Sudhir. 2013. Plant growth-promoting bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* NBRISN13 modulates gene expression profile of leaf and rhizosphere community in rice during salt stress. *Plant Physiol. Biochem.* 66: 1-9.
- Nombela, G., F. Beitia, and M. Muñiz. 2001. A differential study of *Bemisia tabaci* Q-biotype on commercial tomato varieties with or without the Mi resistance gene, and comparative host responses with the B-biotype. *Entomol. Exp. Appl.* 98: 333-334.
- Patten, L. C., and B. R. Glick. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 3795-3801.
- Pineda, A., S. Zheng, J. J. A. Van Loon, C. M. J. Pieterse, and M. Dicke. 2010. Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes. *Trends Plant Sci.* 15: 507-514.
- Rezvani, H. T., P. Moradi, and F. Soltani. 2013. The effect of nitrogen fixation and phosphorus solvent bacteria on growth physiology and vitamin C content of *Capsicum annum* L. *Iranian J. Plant Physiol.* 3: 673-682.
- Rojas-Solís, D., M. Contreras-Pérez, y G. Santoyo. 2013. Mecanismos de estimulación del crecimiento vegetal en bacterias del género *Bacillus*. *Biológicas* 15: 36-41.
- Singh, S. K., P. Verma, N. Ramaiah, A. A. Chandrashekar, y Y. S. Shouche. 2010. Phylogenetic diversity of archaeal 16S rRNA and ammonia monooxygenase genes from tropical estuarine sediments on the central west coast of India. *Res. Microbiol.* 161: 177-186.
- Soto, V. J. H., M. G. E. Hernández, E. I. Laclette, and J. P. D. Frier. 2010. Inoculation of tomato plants (*Solanum lycopersicum*) with growth-promoting *Bacillus subtilis* retards whitefly *Bemisia tabaci* development. *Planta* 231: 397-410.
- Stout, M. J., G. W. Zehnder, and M. E. Baur. 2002. Potential for the use of elicitors of plant defense in arthropod management programs. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 51: 222-235.
- Travers, S. R., A. W. M. Phyllis, and F. C. Reichelderfer. 1987. Selective process for efficient isolation of soil *Bacillus* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 1263-1266.
- Vivas, A., I. Vörös, B. Biró, E. Campos, J. M. Barea, and R., Azcón. 2003. Symbiotic efficiency of autochthonous arbuscular mycorrhizal fungus (*G. mosseae*) and *Brevibacillus brevis* isolated from cadmium polluted soil under increasing cadmium levels. *Environ. Pollut.* 126: 179-189.
- Vivas, A., J. M. Barea, and R. Azcón. 2005. Interactive effect of *Brevibacillus brevis* and *Glomus mosseae*, both isolated from Cd contaminated soil, on plant growth, physiological mycorrhizal fungal characteristics and soil enzymatic activities in Cd polluted soil. *Environ. Pollut.* 134: 257-266.
- Zehnder, G., J. Kloepper, S. Tuzun, C. Yao, G. Wei, O. Chambliss, and R. Shelby. 1997. Insect feeding on cucumber mediated by rhizobacteria-induced plant resistance. *Entomol. Exp. Appl.* 83: 81-85.