

Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annuum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias*

Growth and yield of *Capsicum annuum* L. inoculated with endomycorrhiza and rhizobacterias

Juan Francisco Aguirre-Medina^{1§} y Jorge Alejandro Espinosa Moreno¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas- Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660. Huehuetán, Chiapas, México. (elcampirano@yahoo.com). [§]Autor para correspondencia: juanf56@prodigy.net.mx.

Resumen

Se evaluó la efectividad de la coinoculación micorriza-rizobacterias en el crecimiento, rendimiento y colonización del chile jalapeño *Capsicum annuum* L. El presente estudio se realizó de septiembre de 2013 a mayo de 2014. Se utilizó suelo Andosol- mólico al cual se agregó arena de río lavada y tamizada, en proporción 1:1 (V/V) y al mismo se le adicionó 30% de gallinaza (v/v). Los tratamientos consistieron en la inoculación y la coinoculación de micorriza y rizobacterias y el testigo. En total, ocho tratamientos con cinco repeticiones distribuidas en un diseño completamente al azar. Se consideró una planta como repetición. Se realizaron tres muestreos destructivos cada 28 días. Los resultados mostraron un efecto positivo de la coinoculación en el crecimiento de las plantas, con variaciones iniciales y finales contrastantes en interacción con los diversos microorganismos. La inoculación individual de los microorganismos *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* y la coinoculación de *R. intraradices* + *A. brasilense* incrementaron el número de frutos. La coinoculación de *R. intraradices* + *P. fluorescens* y *A. brasilense* indujeron frutos más grandes.

Palabras clave: *Rhizophagus intraradices*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, colonización micorrízica.

Abstract

The effectiveness was evaluated of mycorrhizal inoculation-rhizobacteria on growth, yield and colonization of jalapeno pepper *Capsicum annuum* L. This study was conducted from September 2013 to May 2014. The mollic-andosol soil was used, which sand washed and sieved was added, in the ratio 1:1 (V/V) and yet it is added 30% chicken manure (v/v). The treatments consisted of inoculation and co-inoculation of mycorrhizal and rhizobacteria and the witness. In total, eight treatments with five replicates distributed in a completely randomized design. A plant was considered as repetition. Three destructive samplings were made every 28 days. The results showed a positive effect of co-inoculation on plant growth, with initial variations and contrasting finals in interaction with various microorganisms. Individual inoculation of microorganisms *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* and co-inoculation of *R. intraradices* + *A. brasilense* increased the number of fruits. The co-inoculation of *R. intraradices* + *P. fluorescens* and *A. brasilense* induced larger fruits.

Keywords: *Rhizophagus intraradices*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense*, mycorrhizal colonization.

* Recibido: febrero de 2016
Aceptado: mayo de 2016

Introducción

La interacción entre los componentes de una comunidad microbiana en los sistemas agrícolas puede manifestarse o no en algún atributo morfológico o fisiológico de interés antropocéntrico de la planta huésped. En algunos cultivos anuales y perennes se ha encontrado incremento en los diferentes componentes del rendimiento al inocular juntos hongos y bacterias (Aguirre-Medina *et al.*, 2012). Estos beneficios se han intentado en otros cultivos con el fin de identificar los sinergismos entre algunas asociaciones de microorganismos del suelo y el cultivo de interés. Algunos de los beneficios sobre el crecimiento de las plantas se expresan con la combinación de las bacterias asociativas y los hongos micorrízicos.

La interacción entre rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y hongos endomicorrízicos, puede ser selectiva y dependiente de la bacteria y el hongo implicado (Azcón, 2000). Interacción positiva en el crecimiento y rendimiento de algunos cultivos se ha encontrado con la inoculación de *Rhizophagus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y/o *Rhizobium etli* (Aguirre Medina, 2006), además de incrementos en el contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) en el tejido vegetal y el grano (Aguirre-Medina *et al.*, 2012). Las *pseudomonas* son un grupo importante de microorganismos que pueden promover el crecimiento de plantas y protegerlas de patógenos (Unno *et al.*, 2005).

Para la producción de chile es de gran importancia la evaluación en conjunto, de la utilización de los biofertilizantes a base de hongos-rizobacterias que han sido evaluadas en otros cultivos y han demostrado acción eficaz sobre las plantas. Tomando en cuenta estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la efectividad agrobiológica de la coinoculación micorriza-rizobacterias sobre el crecimiento y rendimiento del chile.

Materiales y métodos

Sitio experimental, suelo y material biológico

La investigación se desarrolló en el vivero del Campo Experimental Rosario Izapa, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 18 de la Carretera Tapachula-Cacaohatán

Introduction

The interaction between the components of a microbial community in agricultural systems may manifest or not any morphological or physiological attribute of anthropocentric interest of the host plant. In some annuals and perennials found in the different components increase performance by inoculating fungi and bacteria together (Aguirre-Medina *et al.*, 2012). These benefits have been tried in other crops in order to identify synergism between some associations of soil microorganisms and growing interest. Some of the benefits on plant growth are expressed with the combination of associative bacteria and mycorrhizal fungi.

The interaction between rhizobacteria promoting plant growth and fungi endomycorrhizal, can be selective and dependent bacteria and fungus involved (Azcon, 2000). The positive interaction in the growth and yield of some crops has encountered inoculating of *Rhizophagus intraradices*, *Azospirillum brasilense* and/or *Rhizobium etli* (Aguirre Medina, 2006), along with increases in the nitrogen content (N) and phosphorus (P) in plant tissue and grain (Aguirre-Medina *et al.*, 2012). The pseudomonas are an important group of microorganisms that can promote the growth of plants and protect them from pathogens (Unno *et al.*, 2005).

For the production of chili is of great importance the overall evaluation of the use of bio-fertilizers based fungi-rhizobacteria that have been evaluated in other cultures and have proven effective action on plants. Given this background, this study aimed to study agricultural biological effectiveness of mycorrhiza-rizobacterias co-inoculation on the growth and yield of chile.

Materials and methods

Experimental site, soil and biological material

The research was conducted in the nursery of the Experimental Rosario Izapa, the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), located at km 18 of the Tapachula-Cacaohatan municipality of Tuxtla Chico, Chiapas, geographically Highway at 14° 40' north latitude and 92° 10' west longitude to 435 masl, from September 2013 to May 2014.

municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, geográficamente en 14° 40' latitud norte y 92° 10' longitud oeste a 435 msnm, de septiembre de 2013 a mayo de 2014.

En el sitio la precipitación media anual es de 4700 mm, la temperatura media máxima de 25.4 °C, la mínima de 17 °C con una humedad relativa del 85 %. El suelo utilizado se obtuvo de 0-30 cm de profundidad en los terrenos de Rosario Izapa Chiapas, caracterizados como andosoles (Grajales, De la Piedra y López, 2008).

El sustrato se formó con la mezcla de suelo y arena de río lavada y tamizada, en proporción 1:1 (V/V) se agregó 30% de gallinaza (v/v). El sustrato presentó las siguientes características físico-químicas; textura arena-migajosa, (Bouyucos), (78.66 % de arena, 18.36% de limo, 2.98% de arcilla), porosidad (36.12%), densidad real (1.91 g m⁻¹), densidad aparente (1.22 g ml⁻¹), materia orgánica (7.3%), pH de 6.64, N (0.32%), P (136 ppm), K (825 ppm) y con el mismo se llenaron bolsas de plástico con capacidad de ocho kg que se colocaron sobre bancales o camas de fierro.

Tratamientos y su aplicación. Se sembraron las semillas de *Capsicum annuum* L tipo jalapeño regional en charolas con el sustrato y antes de la siembra fueron adheridos a la semilla los microorganismos *Azospirillum brasilense*, *Rhizophagus intraradices* y *Pseudomonas fluorescens* con carboximetilcelulosa, individualmente o juntos. En los tratamientos con más de un microorganismo, primero fue adherida la bacteria y después el hongo endomicorrízico. El trasplante se realizó 30 días después a bolsas de polietileno con un par de hojas verdaderas. La bacteria *A. brasilense* fue adquirida en la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) con una concentración de 10⁹ bacterias por (g) de turba, *P. fluorescens* fue proporcionada por el INIFAP-Campo Experimental Celaya, con 9 x 10⁶ UFC por gramo de turba y *R. intraradices* se desarrolló en el INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas, con al menos 40 esporas por g de suelo y 95% de colonización radical en la planta huésped de *Brachiaria decumbens* L. Los datos de las concentraciones de microorganismos se indican en cada producto.

La cantidad de hongo utilizada se calculó con base 6% del peso de la semilla y de las bacterias *A. brasilense* y *P. fluorescens* se calculó con base 4% del peso de la semilla. Los tratamientos fueron el testigo, *R. intraradices*, *A. brasilense*, *P. fluorescens*, *R. intraradices* + *A. brasilense*, *A. brasilense* + *P. fluorescens* y *R. intraradices* + *A. brasilense* + *P. fluorescens* con cinco

On the site the annual average rainfall is 4 700 mm, the average maximum temperature of 25.4 °C, with a minimum of 17 °C with a relative humidity of 85%. The soil used was obtained from 0-30 cm depth in the grounds of Rosario Izapa Chiapas, characterized as andosols (Grajales, De la Piedra and López, 2008).

The substrate was formed with the mixture of soil and sand washed and sifted river, in the ratio 1:1 (V/V) chicken manure was added 30% (v/v). The substrate had the following physical and chemical characteristics; crumbly texture-sand (Bouyucos), (78.66% sand, 18.36% silt, 2.98% clay), porosity (36.12%), true density (1.91 g ml⁻¹), bulk density (1.22 g ml⁻¹), organic matter (07.03%), pH 6.64, N (0.32%), P (136 ppm), K (825 ppm) and with the same plastic bags with a capacity of eight kg were placed on terraces or filled iron beds.

Treatments and application. The seeds *Capsicum annuum* L., regional jalapeno type trays were seeded with the substrate before planting and were attached to the seed microorganisms *Azospirillum brasilense*, *Rhizophagus intraradices* and *Pseudomonas fluorescens* with carboxymethylcellulose, individually or together. In most treatments of a microorganism, it was first adhered bacteria and the fungus after endomycorrhizal. Transplanting was done 30 days to polyethylene bags with a pair of true leaves. The bacterium *A. brasilense* was acquired at the Autonomous University of Puebla (UAP) at a concentration of 10⁹ bacteria per (g) of peat, *P. fluorescens* was provided by the INIFAP-Campo Experimental Celaya, with 9 x 10⁶ UFC per gram of peat and *R. intraradices* developed in the INIFAP Experimental Rosario Izapa-Campo, Chiapas, with at least 40 spores per g soil and 95% of root colonization in the host *Brachiaria decumbens* L. The data concentrations of microorganisms plant indicate on each product.

The amount of fungus used was calculated based 6% by weight of the seed and the bacteria *A. brasilense* and *P. fluorescens* was calculated based 4% by weight of the seed. The treatments were the witness, *R. intraradices*, *A. brasilense*, *P. fluorescens*, *R. intraradices* + *A. brasilense*, *A. brasilense* + *P. fluorescens* and *R. intraradices* + *A. brasilense* + *P. fluorescens* with five repetitions distributed a completely randomized design. A plant was considered as repetition. Plants were watered with approximately 100 ml of water every other day.

repeticiones distribuidas en un diseño completamente al azar. Se consideró una planta como repetición. Las plantas se regaron con aproximadamente 100 ml de agua cada tercer día.

VARIABLES. Las variables morfológicas (altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y frutos) y fisiológicas (biomasa seca de la raíz, tallo y hoja) se registraron cada 28 días hasta el día 84. Así mismo la colonización radical cada 28 días y el número y peso fresco de fruto a la cosecha. La altura de planta se registró con cinta métrica en cm a partir de la corona radical hasta la yema apical. El diámetro del tallo en mm con vernier digital (AutoTEC™, China) a cinco cm de distancia de la corona radical hacia el ápice de la planta después de la deshidratación, además del número total de hojas en cada plantas y el número y peso de frutos al momento de la cosecha determinando su peso individual en báscula semianalítica (Ohaus, Adventurer Pro, USA).

La biomasa como peso seco de parte aérea y radical, fue obtenida mediante una báscula semianalítica (Ohaus Adventurer Pro, USA) después de secarse en estufa de aire forzado a 75-80 °C hasta peso constante. La colonización micorrízica expresada como porcentaje, se determinó según Phillips y Hayman (1970). El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete Statistical Analysis System, versión 8.1 (SAS, 1999-2000) y las comparación entre medias de tratamientos por Tukey con un $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra el crecimiento de las plantas de *C. annuum* L. con los tratamientos aplicados. La altura de la planta fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) durante los tres muestreos. En los dos primeros muestreos se incrementó la altura de las plantas al inocular las semillas con un microorganismo en comparación con la inoculación de dos o los tres microorganismos. La altura máxima alcanzada fue de 63 cm y se registró en las plantas inoculadas con *A. brasilense*. Con *Azospirillum* se favorece el crecimiento vegetal por el incremento en el desarrollo radical de la planta huésped mediante la producción de hormonas y la fijación de nitrógeno (Bashan y de-Bashan 2010).

Las plantas inoculadas con los tres microorganismos presentaron aproximadamente la mitad de la altura en comparación con *A. brasilense*. En tomate Alonso y Galán (2006) citan incremento de la altura de las plantas

VARIABLES. The morphological variables (plant height, stem diameter, number of leaves and fruits) and physiological (dry biomass of root, stem and leaf) were recorded every 28 days until day 84. Likewise, the radical colonization every 28 days and the number and fresh weight of fruit harvest. The plant height was recorded with tape measure in cm from the root crown to the apical bud. The stem diameter in mm with digital vernier (AutoTEC™, China) to five cm away from the root crown to the apex of after dehydration plant, in addition to the total number of leaves on each plant and the number and weight of fruits at harvest time determining their individual weight in semi-analytical scale (Ohaus, Adventurer Pro, USA).

The biomass dry weight of shoot and root was obtained by a semi-analytical scale (Ohaus Adventurer Pro, USA) after drying in forced air oven at 75-80 °C to constant weight. The mycorrhizal colonization expressed as a percentage, was determined by Phillips and Hayman (1970). The statistical analysis was performed using the Statistical Analysis System package, version 8.1 (SAS, 1999-2000) and the comparison between treatment means by Tukey with $\alpha=0.05$.

Results and discussion

In the Table 1 shows the growth of *C. annuum* L. plant with the treatments applied. The plant height was statistically different ($p \leq 0.05$) for all three samples. In the first two sampling the plant height increased by inoculating seeds with a microorganism compared to the inoculation of two or all three microorganisms. The maximum height was 63 cm and recorded in plants inoculated with *A. brasilense*. With *Azospirillum* is favored the plant growth by the increase in the radical development of the host plant by producing hormones and nitrogen fixation (Bashan and Bashan-2010).

The inoculated with microorganisms three plants showed about half of the height compared to *A. brasilense*. Alonso and Galán (2006) cite in tomato increase in plant height with *A. brasilense*. Karthikeyan *et al.* (2009) recorded increase in plant height to inoculate the seeds of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. two bacteria, *A. brasilense* and *P. fluorescens* and Neetu *et al.* (2012) cite tallest plants to inoculate *Linum usitatissimum* L. with *P. fluorescens* + *G. mosseae*. Meanwhile Reyes-Ramírez *et al.* (2014) reported increased height habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.)

con *A. brasilense*. Karthikeyan *et al.* (2009) consignan aumento en la altura de planta al inocular las semillas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. con dos bacterias, *A. brasilense* y *P. fluorescens* y Neetu *et al.* (2012) citan mayor altura de planta al inocular *Linum usitatissimum* L. con *P. fluorescens* + *G. mosseae*. Por su parte Reyes-Ramírez *et al.* (2014) informaron de incremento en altura en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de 90 días de ser inoculadas con *Pseudomonas* spp. en comparación con las plantas inoculadas con *A. brasilense* y el testigo.

after 90 days of being inoculated with *Pseudomonas* spp. compared with plants inoculated with *A. brasilense* and the witness.

In some cultures the response to inoculation is higher with a single microorganism and may be related to the increased demand for carbon colonization more symbionts (Sylvia, 2005). In annual crops such as corn and beans, we found differential response to the simple inoculation and co-inoculation of more than one microorganism (Aguirre-Medina, 2006), the previous answer seems to be influenced

Cuadro 1. Comparaciones de medias de altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo de *Capsicum annuum* L. biofertilizada con diferentes microorganismos en suelo andosol-mólico del Soconusco, Chiapas.

Table 1. Comparisons of average plant height, leaf number and stem diameter of *Capsicum annuum* L. bofertilized with different microorganisms in andosol-mollic of Soconusco, Chiapas soil.

| Tiempo (dds) | Tratamientos | Altura (cm planta ⁻¹) | Diámetro de tallo (mm planta ⁻¹) | Hojas (número planta ⁻¹) |
|--------------|---|-----------------------------------|--|--------------------------------------|
| 28 | Testigo | 16.3 c* | 0.9 bc | 7.7 b |
| | <i>R. intraradices</i> | 14.3 cd | 0.64 d | 7.7 b |
| | <i>A. brasilense</i> | 25.5 a | 1.26 a | 11 a |
| | <i>P. fluorescens</i> | 12.7 cde | 1.34 a | 10 ab |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | 20.8 b | 1.13 ab | 8 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | 10.6 de | 0.78 cd | 7.7 b |
| | <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 9.7 e | 0.79 cd | 8.5 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 11.6 de | 0.76 cd | 8.3 b |
| | CV | 12.1 | 11.5 | 11.7 |
| 56 | Testigo | 43.2 ab | 4.23 abc | 46 ab |
| | <i>R. intraradices</i> | 23.2 d | 3.64 bc | 47 ab |
| | <i>A. brasilense</i> | 47.8 a | 4.33 ab | 50 a |
| | <i>P. fluorescens</i> | 43.2 ab | 4.52 a | 52 a |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | 41.4 b | 4.16 abc | 46 ab |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | 39.5 b | 4.04 abc | 47 ab |
| | <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 32.8 c | 3.8 abc | 48 ab |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 29.6 d | 3.57 bc | 33 c |
| | CV | 6.5 | 9.6 | 6.8 |
| 84 | Testigo | 58.4 a | 4.68 a | 53.8 ab |
| | <i>R. intraradices</i> | 55.2 bc | 4.6 a | 54.4 ab |
| | <i>A. brasilense</i> | 63.4 a | 5.16 a | 59.8 ab |
| | <i>P. fluorescens</i> | 54 bc | 5.44 a | 60.4 a |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | 50.6 c | 5.22 a | 56.4 ab |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | 55.8 ab | 5.04 a | 52 ab |
| | <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 50.4 c | 4.5 a | 50.8 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 32.6 d | 4.82 a | 38 c |
| | CV | 7 | 11.29 | 8.3 |

CV= coeficiente de variación (%). *Valores con diferente letra dentro de cada factor y columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

En algunos cultivos la respuesta a la inoculación es más alta con un solo microorganismo y puede estar relacionada con el incremento de la demanda de carbono por la colonización de más simbioses (Sylvia, 2005). En cultivos anuales como maíz y frijol, se ha encontrado respuesta diferencial con la inoculación simple y la coinoculación de más de un microorganismo (Aguirre-Medina, 2006), la respuesta anterior parece estar influenciada por la capacidad de colonización de los microorganismos, por la interacción con la planta y con los microorganismos naturalizados presentes en el suelo.

El diámetro del tallo también presentó diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados durante los dos primeros muestreos. A los 28 días después del trasplante (ddt), el mayor grosor del tallo se encontró con la inoculación de *A. brasilense* y *P. fluorescens*. A los 56 ddt, el diámetro del tallo fue muy semejante entre los tratamientos, pero las diferencias estadísticas favorecieron al tratamiento inoculado con *P. fluorescens*. Resultados contrarios presentan Reyes-Ramírez *et al.* (2014) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) quienes no encontraron diferencias entre los tratamientos para diámetro del tallo en las primeras fechas de muestreo, sino a partir de los 90 ddt y fue mayor con la inoculación de *Pseudomonas* spp. en comparación al testigo y las plantas inoculadas con *A. brasilense*.

En otros cultivos perennes se ha consignado este mismo efecto pero con *G. intraradices* (Chattopadhyay *et al.*, 2006; Aguirre-Medina *et al.*, 2007 y 2011), y con *Gigaspora margarita* en plantas de *C. canephora* (Tristão *et al.*, 2006). El número de las hojas presenta respuesta contrastante entre tratamientos a los 28 ddt y con *A. brasilense* inoculada individualmente fue estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. En los siguientes muestreos, el número de hojas fue similar entre los tratamientos, incluyendo al testigo, y la menor cantidad de hojas se presentó con la inoculación de los tres microorganismos. Al respecto existen evidencias que la combinación de más de un microorganismos no necesariamente induce un efecto aditivo o sinérgico en la planta huésped (Trabelsi y Mhamdi, 2013), como sucedió en nuestra investigación.

En los muestreos dos y tres se incrementó el número de hojas de las plantas inoculadas con un microorganismo y fue muy semejante entre las coinoculaciones de dos microorganismos. Es probable que a este tiempo se haya mejorado la relación planta-microorganismo. Entre las plantas y las bacterias existe también un lenguaje dinámico

by the ability of colonization of microorganisms, by interaction with the ground and naturalized microorganisms present in the soil.

Stem diameter also showed statistically significant difference ($p \leq 0.05$) between treatments during the first two samples. At 28 days after transplanting (ddt), the largest stem thickness was found with inoculation *A. brasilense* and *P. fluorescens*. At 56 ddt, stem diameter was very similar among treatments, but the statistical differences favored inoculated with *P. fluorescens* treatment. Results contrary presented Reyes-Ramírez *et al.* (2014) in habanero chile (*Capsicum chinense* Jacq.) Who found no differences between treatments for stem diameter at the first sampling dates, but from 90 ddt and was higher with inoculation of *Pseudomonas* spp. and compared to the control plants inoculated with *A. brasilense*.

In other perennial crops it has consigned the same effect but with *G. intraradices* (Chattopadhyay *et al.*, 2006; Aguirre-Medina *et al.*, 2007 and 2011), and with *Gigaspora margarita* in plants of *C. canephora* (Tristão *et al.*, 2006). The number of sheets presents contrasting response between treatments at 28 ddt and individually inoculated *A. brasilense* was statistically different ($p \leq 0.05$) the rest of the treatments. In the following samples, the number of leaves was similar between treatments, including the witness, and the least amount of leaves was presented with the inoculation of the three microorganisms. In this regard there is evidence that the combination of more than one microorganisms not necessarily induce an additive or synergistic effect on the host plant (Trabelsi and Mhamdi, 2013), as in our investigation.

Sampling in two and three the number of leaves of plants inoculated with a microorganism increased and was very similar between the two microorganisms coinoculaciones. It is likely that this time has been improved plant-microbe relationship. Between plants and bacteria there is also a complex and dynamic language for colonization, as their ability to use root exudates as carbon sources and their ability to interact and collaborate with other microorganisms in the rhizosphere (Holguin, 2008). In perennial greenhouse crops, plant microorganisms response thereof is expressed about 90 days after inoculation, as in *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina *et al.*, 2014), in *Cedrela odorata* L. (Aguirre-Medina *et al.*, 2014) and Robusta coffee *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner (Ibarra-Puon *et al.*, 2014).

y complejo para su colonización, como su capacidad de utilizar los exudados radicales como fuentes de carbono y su habilidad para interactuar y colaborar con otros microorganismos en la rizosfera (Holguín, 2008). En cultivos perennes en invernadero, la respuesta vegetal de los mismos microorganismos se expresa alrededor de 90 días después de la inoculación, como en *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina *et al.*, 2014), en *Cedrela odorata* L. (Aguirre-Medina *et al.*, 2014) y en café robusta *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner (Ibarra-Puón *et al.*, 2014).

En el caso del tratamiento testigo, la respuesta se debe a la presencia de otros microorganismos naturalizados asociados en su sistema radical que favorecieron su desarrollo. En ésta investigación, solamente se realizó el conteo de la colonización radical por el hongo endomicorrízico y en el caso del testigo, la colonización radical inicial fue de 72% y al final 27%. Valores muy semejantes a los encontrados en los tratamientos donde se aplicó *R. intraradices*. Estos antecedentes sugieren la contrastante funcionalidad de las coinoculaciones en interacción con las plantas (Jäderlund *et al.*, 2008).

Peso seco de lámina foliar, tallo y raíz. La mayor acumulación de biomasa seca de la lámina foliar en las plantas inoculadas se presentó con *A. brasilense*, *P. fluorescens* y la combinación *R. intraradices* + *A. brasilense* a los 28 ddt, *R. intraradices* y *A. brasilense* inoculadas por separado a los 56 ddt, y al final de la evaluación a los 84 ddt, todos los tratamientos superaron al tratamiento inoculado con los tres microorganismos (Cuadro 2). Reyes-Ramírez *et al.* (2014) no encontraron diferencia en la biomasa de la lámina foliar del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al inocularse con *Pseudomonas* spp., *R. irregularis* o *A. brasilense*. En cultivos perennes como *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit y *Theobroma cacao* L. coinoculado con los microorganismos *Glomus-Rhizobium* y *Azospirillum* respectivamente, se presentan incrementos en estos mismos componentes del rendimiento (Aguirre-Medina *et al.*, 2007).

El crecimiento inicial lento en los tratamientos inoculados con dos microorganismos, es probable que se relacione a la mayor demanda de fotosintatos requerida por los mismos durante la fase de establecimiento de la simbiosis y en consecuencia, disminuye su crecimiento inicial. En *Tabebuia donnell-smithii* Rose al evaluar diversas colectas de hongos endomicorrízicos de diferentes regiones del sur sureste de México, se encontró que la inducción en el crecimiento de los componentes del rendimiento se expresó en tiempos diferentes (Aguirre-Medina *et al.*, 2014).

For the control treatment, the response is due to the presence of other microorganisms associated naturalized in their root system that favored its development. In this research, only counting the radical colonization was performed by the endomycorrhizal fungus and in the case of the witness, the initial radical colonization was 72% and finally 27%. Very similar values to those found in the treatments where was applied *R. intraradices*. These facts suggest the contrasting functionality coinoculaciones interacting with plants (Jäderlund *et al.*, 2008).

Dry weight of leaf blade, stem and root. The greatest accumulation of dry biomass of the leaf in plants inoculated was presented with *A. brasilense*, *P. fluorescens* and the combination *R. intraradices* + *A. brasilense* at 28 ddt, *R. intraradices* and *A. brasilense* inoculated separately 56 ddt, and at the end of the evaluation at 84 ddt, all treatments outperformed the treatment inoculated with the three microorganisms (Table 2). Reyes-Ramírez *et al.* (2014) found no difference in the leaf biomass habanero chile (*Capsicum chinense* Jacq.) inoculated with *Pseudomonas* spp., *R. irregularis* or *A. brasilense*. In perennial crops such as *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit and *Theobroma cacao* L. coinoculated with *Glomus-Rhizobium* and *Azospirillum* microorganisms respectively, increases occur in these same yield components (Aguirre-Medina *et al.*, 2007).

The slow initial growth in the treatments inoculated with two microorganisms, is likely related to the increased demand for photosynthates required by them during the establishment phase of symbiosis and consequently decreases its initial growth. In *Tabebuia donnell-smithii* Rose to evaluate various collections of endomycorrhizal fungi from different regions of Southeast Mexico, he found that induction in the growth of yield components was expressed at different times (Aguirre-Medina *et al.*, 2014).

The dry weight of main stem showed higher biomass in treatments inoculated with *P. fluorescens* at 28 and 84 ddt and symbiosis *R. intraradices* + *A. brasilense* at 56 ddt compared with inoculation of the three organisms and were statistically higher ($p \leq 0.05$) than the other treatments. With *Pseudomonas* spp. stem biomass habanero chile (*C. chinense* Jacq.) increased but not with the combination of endomycorrhizal fungus (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014). In *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner, stem biomass also increased with inoculation separately from the same microorganisms (Aguirre-Medina *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Peso seco de lámina foliar, tallo y raíz en plantas de *Capsicum annum* L. biofertilizadas con diferentes microorganismos en un suelo andosol-mólico del Soconusco, Chiapas.

Table 2. Dry weight of leaf blade, stem and root in plants *Capsicum annum* L. biofertilizers with different microorganisms in soil andosol-mollic in Soconusco, Chiapas.

| Tiempo (dds) | Tratamientos | Biomasa seca (g planta ⁻¹) | | |
|---|---|--|------------------|-------------------|
| | | Lámina foliar | Tallo | Raíz |
| 28 | Testigo | 0.074 ± 0.004* b** | 0.041 ± 0.002 cd | 0.051 ± 0.0018 c |
| | <i>R. intraradices</i> | 0.065 ± 0.004 b | 0.078 ± 0.003 b | 0.016 ± 0.0003 e |
| | <i>A. brasilense</i> | 0.253 ± 0.01 a | 0.085 ± 0.007 b | 0.071 ± 0.0035 b |
| | <i>P. fluorescens</i> | 0.248 ± 0.025 a | 0.139 ± 0.002 a | 0.096 ± 0.006 a |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | 0.23 ± 0.041 a | 0.048 ± 0.003 cd | 0.034 ± 0.0019 d |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | 0.073 ± 0.013 b | 0.038 ± 0.001 d | 0.045 ± 0.0015 cd |
| | <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 0.132 ± 0.004 b | 0.084 ± 0.003 b | 0.069 ± 0.0009 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 0.144 ± 0.014 b | 0.055 ± 0.001 c | 0.074 ± 0.0013 b |
| | CV | 23.2 | 10 | 10.8 |
| | 56 | Testigo | 7.14 ± 0.56 ab | 2.86 ± 0.19 bc |
| <i>R. intraradices</i> | | 7.78 ± 0.62 a | 2.44 ± 0.25 cd | 0.65 ± 0.025 c |
| <i>A. brasilense</i> | | 7.94 ± 0.79 a | 3.09 ± 0.15 b | 1.3 ± 0.124 a |
| <i>P. fluorescens</i> | | 7 ± 0.37 ab | 3.27 ± 0.16 ab | 0.99 ± 0.08 ab |
| <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | | 6.18 ± 0.63 bc | 3.71 ± 0.16 a | 1.05 ± 0.096 ab |
| <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | | 5.38 ± 0.28 c | 2.05 ± 0.09 d | 0.96 ± 0.044 bc |
| <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | | 6.34 ± 0.97 bc | 2.47 ± 0.1 cd | 0.83 ± 0.076 bc |
| <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | | 3.84 ± 0.93 d | 2.31 ± 0.12 cd | 0.91 ± 0.043 bc |
| CV | | 10.6 | 10.13 | 16.8 |
| 84 | | Testigo | 10.42 ± 0.54 a | 9.09 ± 0.59 a |
| | <i>R. intraradices</i> | 10.32 ± 0.64 a | 5.11 ± 0.27 c | 3.25 ± 0.46 b |
| | <i>A. brasilense</i> | 10.42 ± 0.28 a | 9.77 ± 0.1 a | 7.56 ± 0.12 a |
| | <i>P. fluorescens</i> | 9.94 ± 0.71 a | 6.18 ± 0.21 bc | 3.1 ± 0.39 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> | 10.08 ± 0.35 a | 6.67 ± 0.11 b | 3.27 ± 0.17 b |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>P. fluorescens</i> | 9.25 ± 0.3 a | 4.94 ± 0.25 c | 2.27 ± 0.17 bc |
| | <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 10.21 ± 0.95 a | 4.83 ± 0.22 c | 2.00 ± 0.27 bc |
| | <i>R. intraradices</i> + <i>A. brasilense</i> + <i>P. fluorescens</i> | 6.09 ± 0.69 b | 2.73 ± 0.32 d | 1.42 ± 0.25 c |
| | CV | 6.29 | 10.6 | 19 |

CV= coeficiente de variación (%). * ± error estándar. *Valores con diferente letra dentro de cada factor y columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El peso seco del tallo principal presentó mayor biomasa en los tratamientos inoculados con *P. fluorescens* a los 28 y 84 ddt y la simbiosis *R. intraradices* + *A. brasilense* a los 56 ddt en comparación con la inoculación de los tres microorganismos y fueron estadísticamente superiores ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. Con *Pseudomonas* spp. se incrementó la biomasa del tallo en chile habanero (*C. chinense* Jacq.) pero no con la combinación del hongo endomicorrízico (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014). En *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner, la biomasa del tallo también se incrementa con la inoculación por separado de los mismos microorganismos (Aguirre-Medina *et al.*, 2011).

Most biomass accumulated in the root system was recorded with *P. fluorescens* and was statistically different ($p \leq 0.005$) to the other treatments and coincides with that reported by Reyes-Ramírez *et al.* (2014) in *C. chinense* Jacq. During the next sampling, this response was also presented with *A. brasilense*. The greatest growth in the root system may be related to the increased growth of some substances, the result of the symbiosis between the plant and microorganisms. *A. brasilense* and *P. fluorescens* promote root development by producing indole acetic acid (Patten and Glick, 2002; Hungria *et al.*, 2004; Ahmad *et al.*, 2006; Neetu *et al.*, 2012) amending root morphology and increase biomass.

La mayor biomasa acumulada en el sistema radical se registró con *P. fluorescens* y fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.005$) a los otros tratamientos y coincide con lo reportado por Reyes-Ramírez *et al.* (2014) en *C. chinense* Jacq. Durante los siguientes muestreos, esta respuesta también se presentó con *A. brasilense*. El mayor crecimiento en el sistema radical puede estar relacionado con el incremento de algunas sustancias del crecimiento, producto de la simbiosis entre la planta y los microorganismos. *A. brasilense* y *P. fluorescens* promueven el desarrollo de la raíz mediante la producción de ácido indol acético (Patten y Glick, 2002; Hungria *et al.*, 2004; Ahmad *et al.*, 2006; Neetu *et al.*, 2012) que modifica la morfología de la raíz e incrementan su biomasa.

De igual forma, *A. brasilense* puede inducir mayor desarrollo radical en diferentes plantas anuales cuando se inoculan juntos *Azospirillum*+*Glomus* en *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. (Dobbelaere *et al.*, 2003). *P. fluorescens* puede estimular la proliferación de raíces y ha sido relacionada con la promoción del crecimiento vegetal (Gamalero *et al.*, 2004) y la posible supresión de microorganismos patógenos en el suelo (Neetu *et al.*, 2012). Los resultados anteriores indican que la acumulación de materia seca en los componentes de la planta de *Capsicum annuum* L., varía según el microorganismo aplicado a través del tiempo. Al inicio de la evaluación, los tratamientos inoculados con *A. brasilense*, *P. fluorescens* y la simbiosis doble *R. intraradices*+*A. brasilense*, acumularon la mayor cantidad de materia seca en sus diferentes componentes del rendimiento, y a este tiempo se alcanzó la mayor colonización micorrízica en el tratamiento combinado, que fue superior a 90%.

Con el registro individual del peso de los frutos se clasificaron en tres categorías. Del promedio total de frutos por planta, los que pesaron arriba de diez g representaron 13.7% del total de la producción. El 41% de los frutos pesaron entre cinco y diez g y menor a cinco g, 45.5% de los mismos (Figura 1).

Los frutos con peso superior a 10 g fueron dos en promedio casi en todos los tratamientos, con excepción del tratamiento con la simbiosis *R. intraradices*, *P. fluorescens*, y con los tres microorganismos.

En el rango de peso de cinco a diez g, la proporción entre los tratamientos fue muy semejante, es decir, se produjeron entre seis y siete frutos. La mayor variación se presentó en los frutos que pesaron menos de cinco g. Al respecto, con la simbiosis doble *R. intraradices* + *A. brasilense* se encontró el mayor número de frutos de tamaño menor a cinco g,

Similarmente, *A. brasilense* puede inducir mayor desarrollo en plantas anuales inoculadas con *Azospirillum*+*Glomus* en *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. (Dobbelaere *et al.*, 2003). *P. fluorescens* puede estimular la proliferación de raíces y ha sido relacionada con la promoción del crecimiento vegetal (Gamalero *et al.*, 2004) y la posible eliminación de microorganismos patógenos en el suelo (Neetu *et al.*, 2012). Los resultados anteriores indican que la acumulación de materia seca en los componentes de *Capsicum annuum* L., aplicada por el microorganismo varía con el tiempo. Al inicio de la evaluación, los tratamientos inoculados con *A. brasilense*, *P. fluorescens* y la simbiosis doble *R. intraradices*+*A. brasilense*, acumularon la mayor cantidad de materia seca en diferentes componentes del rendimiento, y a este tiempo se alcanzó la mayor colonización micorrízica en el tratamiento combinado, que fue superior a 90%.

Con el registro individual del peso de los frutos se clasificaron en tres categorías. Del promedio total de frutos por planta, los que pesaron arriba de diez g representaron 13.7% del total de la producción. El 41% de los frutos pesaron entre cinco y diez g y menor a cinco g, 45.5% de los mismos (Figura 1).

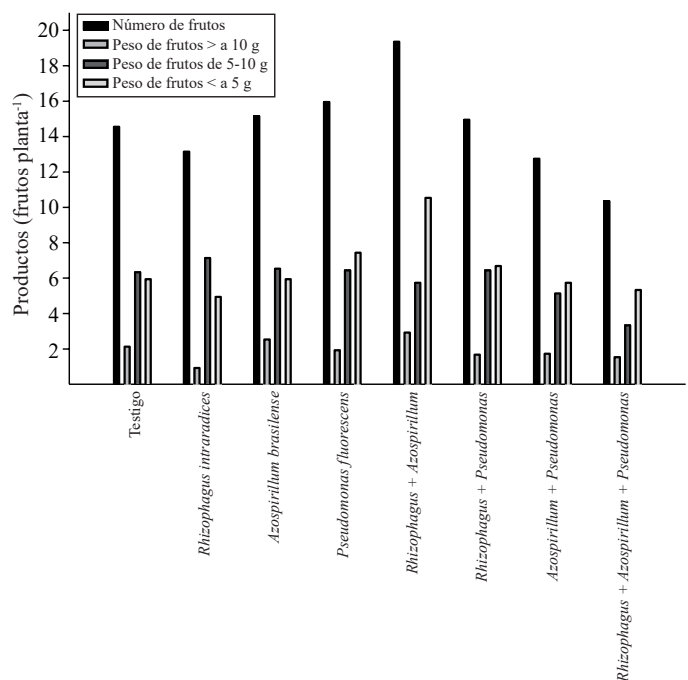


Figura 1. Número y peso fresco de frutos de *Capsicum annuum* L. biofertilizado con diferentes microorganismos solos o combinados en un suelo Andosol mólico de Chiapas. Los valores son promedios de cinco repeticiones.

Figure 1. Number and fresh weight of fruits of *Capsicum annuum* L. biofertilizers with different microorganisms alone or combined in a soil Andosol mollic of Chiapas. The values are averages of five repetitions.

y representó aproximadamente 50% de este excedente. Este hecho sugiere la importancia de la inoculación de un microorganismo a las plantas de chile para favorecer la fructificación. Si se introducen más de un microorganismo, es probable que la demanda de fotosintatos por los mismos, reduzca la posibilidad de que sean transportados a la floración y el amarre de frutos. Se ha demostrado que *P. fluorescens* en la rizosfera aumenta la biomasa y la productividad en los cultivos (Sood, 2003), como en el caso de chile habanero (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014).

Colonización radical. La colonización radical de las plantas a los 28 ddt, fue alta en todos los tratamientos donde se aplicaron los microorganismos (Figura 2). En promedio, el rango de colonización fue del orden de 60% a 96%. En el caso del testigo sin aplicación de microorganismos la colonización radical inicial fue alta, 72%, seguramente por hongos endomicorrízicos presentes en el sustrato y la misma es común en especies que se han adaptado a las condiciones ambientales de la región.

Se esperaba que la inoculación de las bacterias *Azospirillum* y *Pseudomonas* favorecerían el incremento de la colonización radical, como ha sucedido en otras plantas (Aguirre-Medina, 2006); sin embargo, en el segundo y tercer muestreo, los valores de colonización radical, cuando se aplicaron los microorganismos solos, fue de 60 a 68% y se incrementó de 80 a 86% cuando se incluyó *R. intraradices*.

El menor porcentaje de colonización micorrízica en los tratamientos inoculados con las bacterias se debe a la colonización de los hongos endomicorrízicos presentes en el sustrato. Cuando se aplicaron juntos *R. intraradices* + *P. fluorescens*, también el porcentaje de colonización fue bajo, del orden de 66% y con las dos bacterias juntas, lo fue de 29%. Esto indica que no todos los microorganismos tienen la facultad de asociarse para inducir mayores beneficios a la planta huésped.

En la evaluación final, los porcentajes de colonización radical por hongos micorrízicos fue 76% con *R. intraradices*, 69% con *A. brasilense*, 64% con *P. fluorescens* y 73% con la simbiosis doble *R. intraradices* + *A. brasilense* y fue en estos tratamientos donde se encontraron los efectos mayores en el incremento de biomasa de la planta, el mayor grosor del diámetro del tallo, el número de hojas, de flores y de frutos. En los otros tratamientos con la coinoculación de dos microorganismos, la colonización radical fue menor de 53 y 29% para *R. intraradices* + *P. fluorescens* y *A. brasilense*

The fruits with greater than 10 g weight was two on average almost in all treatments, except treatment symbiosis *R. intraradices*, *P. fluorescens* and the three microorganisms.

Weight in the range of five to ten g, the ratio between treatments was very similar, i.e., there were six to seven fruits. The greatest variation occurred in the fruits that weighed less than 5 g. In this regard, with the double symbiosis *R. intraradices* + *A. brasilense* as many fruits of less than 5 g size was found, and represented approximately 50% of this surplus. This suggests the importance of inoculating a microorganism chili plants to encourage fruiting. If you enter more than one organism, it is likely that the demand for photosynthates by them, reduce the possibility that they are transported to the flowering and fruit set. It has been shown that *P. fluorescens* in the rhizosphere increased biomass and crop productivity (Sood, 2003), as in the case of habanero (Reyes-Ramírez *et al.*, 2014).

Colonization radical. The root colonization of plants at 28 ddt, was high in all treatments where microorganisms (Figure 2) were applied. On average, the range of colonization was the order of 60% to 96%. In the case of control without application of microorganisms initial radical colonization was high, 72%, probably because endomycorrhizal fungi present in the substrate and it is common in species that have adapted to the environmental conditions of the region.

It was expected that the inoculation of *Azospirillum* and *Pseudomonas* bacteria favor increased root colonization, as has happened in other plants (Aguirre-Medina, 2006); however, in the second and third sampling values of root colonization, when applied alone microorganisms, it was 60 to 68% and increased 80 to 86% from when included *R. intraradices*.

The lowest percentage of mycorrhizal colonization in treatments inoculated with bacteria due to the colonization of endomycorrhizal fungi present in the substrate. When *R. intraradices* + *P. fluorescens*, were applied together, also the percentage of colonization was low, on the order of 66% and with the two bacteria together, it was 29%. This indicates that not all microorganisms have the ability to associate to induce greater benefits to the host plant.

In the final evaluation, the percentages of root colonization by mycorrhizal fungi was 76% with *R. intraradices*, 69% with *A. brasilense*, 64% with *P. fluorescens* and 73% with double symbiosis *R. intraradices* + *A. brasilense* and was these treatments where the greatest effect on increasing plant biomass, the thicker the stem diameter, number of

+ *P. fluorescens* y en ninguna de las variables evaluadas presentaron valores importantes o superiores a los otros, tampoco diferencias estadísticas significativas.

Los efectos de los microorganismos en el desarrollo vegetal de las plantas se han documentado (Barea *et al.*, 2002) y en otros casos, la aplicación de hongos micorrízicos seleccionados han favorecido el rendimiento de diversos cultivos, cuando se aplican solos, o en combinación con alguna bacteria, como *P. fluorescens*, que en tomate estimula la colonización micorrízica e incrementa la producción (Gamalero *et al.*, 2004).

Conclusiones

Los componentes morfológicos y fisiológicos de la planta de chile presentan variaciones iniciales y finales contrastantes en interacción con los diversos microorganismos. La inoculación individual de los microorganismos *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* y la coinoculación de *R. intraradices* + *A. brasilense* incrementaron el número de frutos. La coinoculación de *R. intraradices* + *P. fluorescens* y la inoculación individual de *A. brasilense* indujeron frutos más grandes

Literatura citada

- Aguirre, M. J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Libro técnico Núm. 2. 201 p.
- Aguirre, M. J. F.; Mendoza, L. J. A. Cadena, I. y Avendaño, A. C. 2007. La Biofertilización del cacao (*Theobroma cacao*) L. en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg et Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk et Smith. *Interciencia*. 32(8):1-6.
- Aguirre, M. J. F.; Moroyoqui, O. D. M.; Mendoza, L. A.; Cadena, I. J.; Avendaño, A. C. H. y Aguirre, C. J. F. 2011. Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. *Agron. Mesoam*. 1(22):1-10.
- Aguirre, M. J. F.; Culebro, C. J. F.; Cadena, I. y Aguirre, C. J. F. 2014. Crecimiento de *Tabebuia Donnell-Smithii* (Rose) Inoculada con Hongos Micorrízicos y *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia*. 48(3):331-345
- Aguirre, M. J. F.; Aguirre, C. J. F.; Cadena, I. J. y Avendaño, A. C. H. 2012. Biofertilización en plantas de la selva húmeda tropical. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 99 p.
- Ahmad, F.; Ahmad, I. and Khan, M. S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res*. 36:1-9.

leaves, flowers and fruit found. In the other co-inoculation treatments two microorganisms, root colonization was less than 53 and 29% for *R. intraradices* + *P. fluorescens* and *A. brasilense* + *P. fluorescens* and none of the evaluated variables showed significant or higher values others, not statistically significant differences.

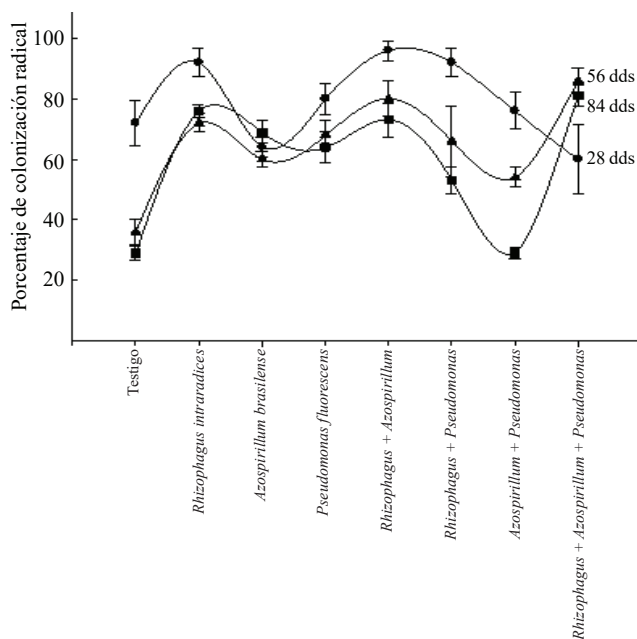


Figura 2. Colonización radical de *Capsicum annuum* L. biofertilizado con diferentes microorganismos solos o combinados en un suelo Andosol mólico de Chiapas. Los valores son promedios de cinco repeticiones \pm el error estándar en cada muestreo.

Figure 2. Radical colonization of *Capsicum annuum* L. biofertilizers with different microorganisms alone or combined in a soil adosol mollic of Chiapas. The values are averages of five replicates \pm standard error for each sample.

The effects of microorganisms in plant development of plants have been documented (Barea *et al.*, 2002) and in other cases, the application of selected mycorrhizal fungi have favored the performance of various crops, when applied alone, or in combination with bacteria, such as *P. fluorescens*, which stimulates mycorrhizal colonization tomato and increases production (Gamalero *et al.*, 2004).

Conclusions

The morphological and physiological components chili plant present contrasting initial and final changes in interaction with various microorganisms. Individual inoculation of

- Alonso, E. T. y Galán, A. L. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agron. Costarric.* 30(1):65-73.
- Azcón, R. 2000. Papel de la simbiosis micorrizica y su interacción con otros Microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. *In*. Alarcón A. y Ferrera-Cerrato, R. (Eds.). *Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Mundi Prensa México. 251 p.
- Barea, J. M.; Azcon, R. and Azcon, A. C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie Van Leeuwenhoek. Int. J. General Mol. Microbiol.* 81(1-4):343-351.
- Bashan Y. and de-Bashan Luz E. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth- a critical assessment. *Adv. Agron.* 108:77-136.
- Chattopadhyay, N.; Swain, S. S. and Hore, J. K. 2006. Response of coffee seedlings to nitrogen fixing biofertilizers. *Agric. Sci. Digest.* 26(2):103-106.
- Dey, R.; Pal, K.; Bhatt, D. and Chauhan, S. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiol. Res.* 159(4):371-394.
- Dobbelaere, S.; Croonenborghs, A.; Thys, A.; Ptacek, D.; Vanderleyden, J.; Dutto, P.; Labandera, G. C.; Caballero, M. J, Aguirre, M. J. F.; Kapulnik, Y.; Brener, S.; Burdman, S.; Kadouri, D.; Sang, S. and Okon, J. 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Aust. J. Plant Physiol.* 28(9):871-879.
- Dobbelaere, S.; Vanderleyden, J. and Okon, Y 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 07-149.
- Gamalero, E.; Trotta, A.; Massa, N.; Copetta, A.; Martinotti, M. and Berta, G. 2004. Impact of two *Pseudomonas fluorescens* and an arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. *Mycorrhiza.* 14:185-192.
- Grajales, M.; De la Piedra, R. y López, J. 2008. Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la parte media y alta de la subcuena Cohatán en el Soconusco, Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 12(1):29-44.
- Holguín, Z. G. 2008. La comunicación entre bacterias y plantas. *Rev. Ciencia.* 72-78 p.
- Hungria, M.; Campo, R. J.; Souza, E. M. and Pedrosa, F. O. 2004. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil.* 331:413-425
- Ibarra, P. J. C.; Aguirre, M. J. F.; De Coss, A. L.; Cadena, I. J. y Zavala, M. A. 2014. Inoculación de *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner con *Rhizophagus intraradices* (Schenck et Sm.) Walker et Schuessler y *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner en vivero. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 20(2):201-213.
- Jäderlund, L.; Arthurson, U.; Granhall, V. and Jansson, J. K. 2008. Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: as revealed by different combinations. *FEMS Microbiology Letter.* 287(2):174-180.
- microorganisms *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum brasilense* and co-inoculation of *R. intraradices* + *A. brasilense* increased the number of fruits. The co-inoculation of *R. intraradices* + *P. fluorescens* and individual inoculation of *A. brasilense* induced larger fruits

End of the English version



- Karthikeyan, B.; Cheruth, A. J. and Azooz, M. M. 2009. Individual and combined effects of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. *Academic J. Plant Sci.* 2(2):69-73.
- Mohandas, S. 1987. Field response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill "Pusa Ruby") to inoculation with V-A fungus *Glomus fasciculatum* and with *Azotobacter vinelandii*. *Plant Soil.* 98:295-297.
- Neetu, N.; Ashok, A.; Anju, T. and Alpa, A. 2012. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* at different superphosphate levels on linseed (*Linum usitatissimum* L.) growth response. *Chilean J. Agric. Res.* 72(2):237-243.
- Patten, C. L. and Glick, B. R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(8):3795-3801.
- Phillips, J. M. and Hayman, D. J. 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Reyes, R. A.; López, A. M.; Ruiz, S. E.; Latournerie, M. L.; Pérez, G. A.; Lozano, C. M. G. y Zavala, L. M. J. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia* 48:285-294.
- Russo, A.; Götz, C. M.; Felici, C. C.; Moëne, L. Y.; Vanderleyden, A. J.; Toffanin, J. M.; Barea, K.; Smalla, and Nuti, N. 2005. Effect of *Azospirillum* inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. *Biol. Fertility Soils.* 41(5):301-309.
- Sood, G. 2003. Chemotactic response of plant-growth-promoting bacteria toward root of vesicular-arbuscular mycorrhizal tomato plants. *Microbiol. Ecol.* 45:219-227.
- Sylvia, M. D. Mycorrhizal symbioses. 2005. *In*: Sylvia, M. D., Fuhrmann, J. J.; Harte, G. P. and Zuberer, A. D. (Ed.). *Principles and applications of soil microbiology*. Second Edition, New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall. 263-282 p.
- Trabelsi, D. and Mhamdi, R. 2013. Microbial Inoculants and Their Impact on Soil Microbial Communities: a review. *BioMed Res. Inter.* 1-11 pp.
- Tristão, F. S. M.; López de A, S. A. e Parada, D. S. A. 2006. Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia.* 65(4):649-658.
- Unno, Y.; Okubo, K.; Wasaki, J.; Shinano, T. and Osaki, M. 2005. Plant growth promotion abilities and microscale bacterial dynamics in the rhizosphere of Lupin analysed by phytate utilization ability. *Environ. Microbiol.* 7(3):396-404.