

# Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afroditita en invernadero

## *Inoculation of greenhouse tomato (Solanum lycopersicum L.) cv. afroditita with plant growth-promoting rhizobacteria*

Bernardo Espinosa Palomeque<sup>1</sup>, Alejandro Moreno Reséndez<sup>2†</sup>, Pedro Cano Ríos<sup>3†</sup>,  
Vicente de Paul Álvarez Reyna<sup>4</sup>, Jorge Sáenz Mata<sup>5</sup>,  
Homero Sánchez Galván<sup>5</sup> y Gabriela González Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias, <sup>2</sup> Departamentos de Suelos, <sup>3</sup> Departamento de Horticultura, <sup>4</sup> Departamento de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. <sup>†</sup> Integrante del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria UAAAN-CA-14. Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe S/N. 27059 Torreón, Coahuila, México.

<sup>‡</sup> Autor responsable (alejamosa@yahoo.com.mx)

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia. 35010 Gómez Palacio, Durango, México.

### RESUMEN

La producción de los cultivos agrícolas, entre otros factores, es impactada por el clima, el suelo, el agua y los microorganismos rizosféricos. De estos últimos, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), desempeñan funciones importantes para las plantas como es la producción de reguladores del crecimiento vegetal y disminuir o prevenir los efectos de microorganismos fitopatógenos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inoculación de tres RPCV: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp., y *Pseudomonas lini* Delorme, utilizando dos sustratos: 1) compost+arena de río+perlita; y 2) arena de río; y como testigos ambos sustratos sin RPCV (lo que dio un total de 8 tratamientos), sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Afroditita) desarrollado bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cinco repeticiones, con arreglo factorial 2 × 4, los factores fueron: A) sustratos y B) RPCV. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro polar y ecuatorial, espesor de pericarpio, contenido de sólidos solubles, firmeza, fenoles totales y capacidad antioxidante, así como rendimiento total. Los datos fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza y las comparaciones de medias mediante la prueba de DMS 0.05%. Los frutos del tratamiento T1 (50 compost+40 arena de río+10 perlita+*Bacillus* spp.) presentaron los mayores diámetros polar y ecuatorial,

contenido de sólidos solubles, firmeza, contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, 6.54 cm, 5.50 cm, 5.94 °Brix, 12.54 N, 51.70 mg de AG 100 g<sup>-1</sup> FF y 66.68 μM Trolox g<sup>-1</sup> FF, respectivamente; en comparación con el resto de los tratamientos. La aplicación de RPCV y la utilización de sustratos a base de compost podrían ser una alternativa de manejo en la producción de tomate en invernadero para incrementar el rendimiento y la calidad nutracéutica de los frutos sin la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

**Palabras claves:** *bacillus*, control biológico, calidad nutracéutica, diferentes sustratos.

### SUMMARY

Production of agricultural crops is affected by weather, soil, water, and microorganisms in the rhizosphere, among other factors. Of these factors, plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) have important functions, such as the production of plant growth regulators and reduction or prevention of effects of pathogenic microorganisms. The objective of this study was to evaluate the effect of inoculating greenhouse tomatoes with three PGPR: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp., and *Pseudomonas lini* Delorme, using two substrates: 1) compost+river sand+perlite; and 2) river sand, and as controls both substrates without PGPR (T1-T8), on fruit yield and quality. The experimental design used was completely randomized

#### Cita recomendada:

Espinosa Palomeque, B., A. Moreno Reséndez, P. Cano Ríos, V. P. Álvarez Reyna, J. Sáenz Mata, H. Sánchez Galván y G. González Rodríguez. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afroditita en invernadero. Terra Latinoamericana 35: 169-178.

Recibido: noviembre de 2016. Aceptado: febrero de 2017.

Publicado en Terra Latinoamericana 35: 169-178.

blocks with five replicates in a  $2 \times 4$  factorial arrangement, the factors were: A) substrates and B) PGPR. The evaluated variables in fruit were polar and equatorial diameter, pericarp thickness, content of soluble solids, firmness, total phenols and antioxidant capability, as well as total yield. The data were statistically analyzed through analysis of variance and comparison of means with the DMS test, 0.05%. The fruits from treatment T1 (50 compost + 40 river sand + 10 perlite + *Bacillus* spp.) had the highest values in polar and equatorial diameters, content of total soluble solids, firmness, total phenol content, and antioxidant capability: 6.54 cm, 5.50 cm, 5.94 °Brix, 12.54 N, 51.70 mg AG 100 g<sup>-1</sup> FF, and 66.68 μM Trolox g<sup>-1</sup> FF, respectively. Application of PGPR and use of the compost based substrate could constitute alternative fertilization for greenhouse tomato production to increase yield and nutraceutical quality of the fruits without inorganic fertilizers.

**Index words:** *bacillus*, *biocontrol*, *nutraceutical quality*, *substrates*.

## INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas más cultivada y de mayor valor económico a nivel mundial, su demanda se incrementa de forma permanente aunado a mayor producción y comercio (Ortega-Martínez *et al.*, 2010). Este fruto constituye uno de los principales componentes de la alimentación diaria de la población de muchos países, ya que es una fuente importante de minerales, vitaminas y compuestos antioxidante (Fraser *et al.*, 2009). En México 70% de la superficie total cultivada en agricultura protegida es dedicada al cultivo de tomate (Juárez-Maldonado *et al.*, 2015).

En la actualidad los productores están interesados en la búsqueda de nuevos sistemas de producción que incrementen los rendimientos y generen productos de excelente calidad (Santiago-López *et al.*, 2016). Debido a lo anterior han surgido insumos agrícolas con base en microorganismos y otros materiales de origen orgánico, por ejemplo las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) (Kloepper y Schroth, 1978) y los sustratos a base de compost (Raviv, 2015), como opciones que fortalecen el enfoque de la agricultura sustentable (Pretty, 2008).

Para incrementar los rendimientos del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Afrodita, tanto en condiciones de campo abierto como en condiciones de agricultura protegida, es de vital importancia la obtención de plántulas sanas y vigorosas (Costales *et al.*, 2007), en este sentido se ha propuesto el uso de RPCV (Vessey, 2003) entre las que se encuentran los géneros *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterim*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* entre otros (Rodríguez y Fraga, 1999; Spaepen *et al.*, 2009), los cuales son capaces de estimular el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismos: (i) fijación biológica de nitrógeno; (ii) solubilización de fosfatos; (iii) síntesis de fitohormonas, como las auxinas y principalmente el ácido indolacético (AIA); e (iv) inhibición del desarrollo de microorganismos fitopatógenos por la síntesis de antibióticos o sideróforos (Khan *et al.*, 2007; Lucy *et al.*, 2004; Saharan y Nehra, 2011; Vessey, 2003). Bashan y de-Bashan (2010), destacan que las RPCV actúan como elicitores naturales mejorando el crecimiento y rendimiento de los cultivos vegetales. Por consiguiente, el empleo de insumos a base de RPCV, aplicados al suelo o a las plantas, podría ser una alternativa biotecnológica para la producción de cultivos agrícolas, reduciendo la aplicación de fertilizantes sintéticos y agroquímicos que deterioran el ambiente (Yang *et al.*, 2009). Se ha demostrado en varios estudios que la inoculación con RPCV ha logrado mejorar el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate (Noh *et al.*, 2014; Rojas-Solís *et al.*, 2016; Santillana *et al.*, 2005).

Por otra parte, el compost como abono orgánico contiene elementos nutritivos que puede complementar la nutrición de las plantas (Raviv *et al.*, 2005), su aplicación mejora el crecimiento, desarrollo y por consecuencia una mayor productividad de los cultivos, lo cual se debe a las propiedades físicas y químicas del abono (de la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009), aporta N, P, K, Ca, Mg y hormonas promotoras del crecimiento (Olivares-Campos *et al.*, 2012). Según Viti *et al.* (2010) una de las características del compost es estimular el desarrollo de las RPCV. Por lo que el compost puede usarse como sustrato para la producción de cultivos hortícolas en invernadero (Rodríguez *et al.*, 2008). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto

de la inoculación de tres RPCV (*Bacillus* spp., *Aeromonas* spp. y *Pseudomonas lini* Delorme) utilizando sustratos a base de compost o arena de río sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate cv. Afrodita, bajo condiciones de invernadero.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015, en la Comarca Lagunera (101° 40' y 104° 45' O y 25° 05' y 26° 54' N), en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. El invernadero cuenta con un área de 200 m<sup>2</sup>, es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y extractores de aire.

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) utilizadas fueron: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp. y *P. lini*, pertenecientes a la colección microbiana del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México. Para la preparación de los inóculos bacterianos, las tres cepas fueron inoculadas individualmente en medio líquido Luria Bertani® y colocadas en una incubadora durante 24 h a 30 °C, con agitación de 200 rpm (Precisión Scientific 815®) las concentraciones bacterianas se ajustaron a 1 × 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> con buffer fosfato salino al 0.5X.

El material vegetal empleado fue el tomate cv. Afrodita, el cual se sembró en bandejas de poliestireno

de 200 cavidades, utilizando Peat moss (Premier, México®) como sustrato. Las bandejas fueron colocadas en el interior del invernadero, éstas se cubrieron con plástico negro durante 72 h, aplicando cada 24 h riego, las características del agua fueron: pH 7.38, RAS 3.2 y CE 1.18 dS m<sup>-1</sup>, clasificada como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (Ayers y Westcot, 1994). La inoculación de las RPCV se realizó a los 12 días después de la emergencia de las plántulas, empleando el método de inmersión, durante un periodo de 5 minutos, en una suspensión bacteriana de 4 L, a una concentración de 1 × 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>, los tratamientos testigos solo se trataron con agua destilada (Cuadro 1).

El trasplante se efectuó a los 46 días después de la siembra, cuando las plántulas presentaron, en promedio, 15 cm de altura, colocando una planta en el centro de las bolsas de polietileno negro de 18 L de capacidad. Las bolsas se llenaron con sustratos a base de compost, arena de río y perlita y otras sólo con arena (Cuadro 1). Éstas fueron colocadas en doble hilera, con una separación de 1.60 m entre hileras, con arreglo “tresbolillo”, y a 0.30 m de centro a centro entre las bolsas, para obtener una densidad de 4.2 plantas m<sup>-2</sup>. Las características nutrimentales de los sustratos se presentan en el Cuadro 2. La arena de río utilizada se desinfectó con una solución al 5% de hipoclorito de sodio y se dejó secar al ambiente por tres días. Al sustrato a base de compost, arena de río y perlita se le aplicó un lavado para lixiviar el exceso de sales de acuerdo a la metodología de Cano *et al.* (2011).

Después del trasplante los riegos se dosificaron según las etapas de desarrollo del cultivo. A los cuatro días después del trasplante (ddt) se aplicaron en

**Cuadro 1. Tratamientos establecidos con diferentes composiciones de sustrato y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) inoculadas en tomate bajo condiciones de invernadero.**

Tratamiento	RPCV inoculadas	Composición del sustrato v/v/v†
T1	<i>Bacillus</i> spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T2	<i>Aeromonas</i> spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T3	<i>Pseudomonas lini</i>	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T4	Testigo 1	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T5	<i>Bacillus</i> spp.	100 arena
T6	<i>Aeromonas</i> spp.	100 arena
T7	<i>Pseudomonas lini</i>	100 arena
T8	Testigo 2	100 arena

† Volumen: volumen: volumen

**Cuadro 2. Características químicas del compost y arena empleados como medio de crecimiento de tomate bajo condiciones de invernadero.**

Sustrato	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE <sup>†</sup>
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----										
Compost	120.1	42.0	610.6	90.0	85.0	3.0	7.5	5.1	4.1	8.56	6.7
Arena de río	1.15	11.2	100.2	45.0	4.30	0.17	5.75	0.7	4.43	7.5	0.65

<sup>†</sup> Conductividad eléctrica.

promedio 0.5 L de agua por maceta día<sup>-1</sup>, el volumen se incrementó a 1 y 2 L día<sup>-1</sup>, a los 30 y 71 ddt, respectivamente. La solución nutritiva empleada en los tratamientos testigos (T4 y T8) durante todo el ciclo del cultivo fue la recomendada por Castellano y Ojodeagua (2009). La demanda nutricional del cultivo para los tratamientos inoculados con las RPCV fue cubierta utilizando Maxifrut y Maxiquel, ambos productos de la compañía BioCampo®, para aplicar macro y micro elementos. Estos productos han sido aprobados por las normas de producción orgánica certificada IFOAM (2003). De ambos productos se prepararon soluciones madre a razón de 10 y 50 g 20 L<sup>-1</sup> de agua de riego, para la fertilización de las bolsas se realizaron diluciones de 1 y 0.5 L en 1000 L de agua, respectivamente. La dilución del Maxifrut se aplicó todos los días y la del Maxiquel cada semana, a través de los volúmenes de riego ya mencionados. El manejo y cuidado del cultivo se realizó de acuerdo con lo establecido por Muñoz (2009).

La cosecha de frutos se efectuó del primer al octavo racimo, cuando éstos presentaron un color rosa de 30 y 60% de acuerdo a la clasificación de color de la USDA (1991). El ciclo de cultivo duró 120 ddt, la temperatura mínima y máxima al interior del invernadero fluctuó entre 17.4 y 32.6 °C respectivamente, mientras que la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 30 y 70%.

La calidad del tomate se determinó en 18 frutos por planta, correspondientes a cada repetición de los tratamientos, registrándose los diámetros polar y ecuatorial, y el espesor de pericarpio con un vernier (Truper, México®), el contenido de sólidos solubles con un refractómetro (Master-T ATAGO, Tokio, Japón®), la firmeza con un penetrómetro (FHT200, Exttech Instruments, USA®), con émbolo de 3 mm, y el peso de fruto con una balanza (Ohaus 3729, México®). El contenido de fenoles totales se determinó de acuerdo al método descrito por Waterman y Mole (1994),

realizando la extracción con metanol y la cuantificación mediante la reacción con el reactivo Folin Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, USA®); los datos se reportaron como miligramos de ácido gálico por 100 g en fruto fresco (FF) (mg de AG 100 g<sup>-1</sup> FF). La capacidad antioxidante se evaluó de acuerdo al método desarrollado por Brand-Williams *et al.* (1995), los resultados se expresaron en actividad equivalente a Trolox (µM Trolox g<sup>-1</sup> FF). El rendimiento total se estimó con el peso del fruto, considerando el número total de frutos obtenidos en la cosecha y la densidad de plantas.

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con arreglo factorial (2 × 4), con ocho tratamientos y cinco repeticiones: el factor A correspondió a los sustratos, mientras que el factor B fueron las RPCV: *Bacillus* spp., *Aeromonas* spp. y *P. lini*. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, en los casos en los que se encontró diferencia estadística, se realizaron comparación de medias aplicando la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05% (Olivares-Sáenz, 1993).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los diámetros ecuatorial y polar de los frutos de los diferentes tratamientos, así como el contenido de sólidos solubles, presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), del mismo modo, se encontraron significancias estadísticas en espesor de pericarpio y firmeza de fruto ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de la interacción sustratos × RPCV. En el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante se registró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la interacción sustratos × RPCV. En el peso de fruto se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de las RPCV, sin embargo no hubo diferencias significativas entre diferentes sustratos, ni en la interacción sustratos × RPCV (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables de calidad de fruto y rendimiento total en el cultivo de tomate desarrollado en invernadero.**

Variable	Sustratos	RPCV	Sustratos × RPCV	Error	CV
					% †
Peso de fruto	0.441 NS	303.023 **	43.146 NS	28.046	7.5
Diámetro polar	0.001 NS	0.963 **	0.362 **	0.264	2.7
Diámetro ecuatorial	0.020 NS	0.096 **	0.2033 **	0.009	1.8
Espesor de pericarpio	0.011 NS	0.019 **	0.012 *	0.004	9.2
Sólidos solubles	0.600 **	0.3929 **	0.154 **	0.027	3.0
Firmeza	3.088 NS	2.312 NS	4.065 *	1.137	9.5
Fenoles totales	1017.042 **	208.538 **	30.308 *	9.837	7.9
Capacidad antioxidante	2591.134 **	100.962 *	74.393 *	24.898	9.4
Rendimiento	737.970 *	656.866 **	273.420 NS	118.3	14.3

RPCV = rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal; † Coeficiente de variación; NS = no significativo; \* = significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\* = altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

Para los diámetros polar y ecuatorial los mayores valores se registraron en el tratamiento T1, con medias de 6.54 y 5.50 cm respectivamente (Cuadro 4), los cuales corresponden a frutos de calidad comercial aceptable (Mena-Violante y Olalde-Portugal, 2007). Estos valores superaron en 15.14 y 4.76%, respectivamente, a los valores registrados en el tratamiento T8. Por lo anterior, la inoculación con RPCV y el compost generaron efectos positivos en la calidad y tamaño de los frutos, efectos que coinciden con lo establecido por Bhattacharjee *et al.* (2015). El

diámetro polar registrado resultó ser similar al valor promedio reportado por Mena-Violante *et al.* (2009) en frutos de tomate cv. Río Fuego, provenientes de plantas inoculadas con *B. Subtilis* BEB-13bs. Por su parte, el diámetro ecuatorial fue superior en 11 y 17% a los valores promedios reportados por Mena-Violante *et al.* (2009) en condiciones de manejo ya descrita y Mena-Violante y Olalde-Portugal (2007) al evaluar la calidad y el rendimiento de tomate cv. Río Fuego inoculado con *B. subtilis* BEB-13bs en condiciones de invernadero, respectivamente.

**Cuadro 4. Calidad de fruto del cultivo de tomate con diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero.**

Tratamiento	PF	DP	DE	EP	SS	F
	g	cm	cm	° Brix	Newton	
T1 = 50 compost + 40 arena + 10 perlita + <i>Bacillus</i> spp.	77.90	6.54 a†	5.50 a	0.70 ab	5.94 a	12.54 a
T2 = 50 compost + 40 arena + 10 perlita + <i>Aeromonas</i> spp.	71.80	5.93 c	5.12 d	0.74 a	5.68 b	11.92 a
T3 = 50 compost + 40 arena + 10 perlita + <i>Pseudomonas lini</i>	65.28	6.06 c	5.15 cd	0.72 ab	5.36 cd	11.47 ab
T4 = 50 compost + 40 arena + 10 perlita (testigo 1)	66.30	5.46 e	4.95 e	0.58 d	5.26 cd	10.23 b
T5 = 100 arena + <i>Bacillus</i> spp.	77.66	6.06 c	5.16 cd	0.62 cd	5.42 c	11.21 ab
T6 = 100 arena + <i>Aeromonas</i> spp.	69.84	6.31 b	5.32 b	0.69 abc	5.30 cd	10.14 b
T7 = 100 arena + <i>Pseudomonas lini</i>	71.46	5.94 c	5.16 cd	0.64 bcd	5.38 c	11.30 ab
T8 = 100 arena (testigo 2)	63.16	5.68 d	5.25 bc	0.65 bcd	5.16 d	11.30 ab
Media	70.43	6.00	5.20	0.67	5.44	11.26
DMS	6.86	0.21	0.12	0.07	0.21	1.38

† Promedios con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (DMS,  $P \leq 0.05$ ). NS = no significativo; \* = significativo; \*\* = altamente significativo. PF = peso de frutos; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pericarpio; SS = sólidos solubles; F = firmeza del fruto.

En el caso de espesor de pericarpio el mayor valor se presentó en el tratamiento T2, con 0.74 cm, superando al menos en 2.78% a los valores registrados en el resto de los tratamientos (Cuadro 4). Este valor fue superior al promedio de espesor de pericarpio, 0.39 cm, reportado por Pal *et al.* (2015), en tomate cv. Azad T-6, al evaluar la fertilización sintética más la aplicación de la cepa *Azotobacter*. A su vez resultó ligeramente inferior al valor promedio de 0.8 cm reportado por Rodríguez *et al.* (2009), para frutos de tomate empleando abonos orgánicos. Lo anterior permite suponer que la aplicación del compost y de las RPCV promovió el desarrollo de un mayor grosor del pericarpio, lo cual es deseable ya que contiene los niveles más altos de antioxidantes en comparación con la pulpa y las semillas de frutos de tomate (Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014), además, está relacionado con el peso del fruto, así también podría aumentar la vida de anaquel (Coelho *et al.*, 2003).

En relación al contenido de sólidos solubles el mayor valor se registró en el tratamiento T1, con un media de 5.94 °Brix, y fue superior en 4.38, 9.76, 11.45, 8.75, 10.77, 9.43 y 13.13% a los contenidos de sólidos solubles registrados en los tratamientos T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8, respectivamente (Cuadro 4). El valor 5.94 °Brix coincide con lo establecido por Kumar *et al.* (2015), quienes indican que los sustratos orgánicos más la aplicación de RPCV generan frutos de mayor contenido de sólidos solubles. Al respecto Cuartero y Fernández (1998), destacan que el contenido de sólidos solubles se incrementa debido a la mayor concentración de sales presentes en los sustratos orgánicos. Por otra parte, el contenido de sólidos solubles registrado en el tratamiento T1 superó en 32% al contenido de sólidos solubles reportado por de la Cruz-Lázaro *et al.* (2009) en frutos de tomate cv. SUN 7705, cuyas plantas fueron fertilizadas con solución nutritiva inorgánica, bajo condiciones de invernadero. Por lo cual se fortalece la hipótesis de que el desarrollo de los cultivos será favorable si se aplican los bioinsumos a base de RPCV mezclados con abonos orgánicos, como el compost.

La firmeza del fruto se incrementó 8.5 y 3.7% en los tratamientos T1 y T2, respectivamente, en comparación a las plantas desarrolladas en el tratamiento T8 (Cuadro 4). Este comportamiento coincide con lo establecido por Mena-Violante *et al.* (2009) quienes reportaron que la firmeza es significativamente mayor en frutos de tomate proveniente de plantas inoculadas

con RPCV. Por otro lado, el valor de firmeza, 12.54 N, obtenido en los frutos del tratamiento T1, fue superior en 19.08% a la firmeza reportada por Mena-Violante y Olalde-Portugal (2007), en frutos de tomate cv. Río Fuego, fertilizadas con solución Long Ashton e inoculadas con la cepa *B. subtilis* BEB-13bs, en condiciones de invernadero. De acuerdo con Cooper *et al.*, 1998 los frutos más firmes podrían ser más resistentes al ataque de microorganismos causantes del decaimiento, por lo tanto, las plantas inoculadas con RPCV no solo incrementaron la firmeza, sino que además podrían disminuir la incidencia del deterioro del fruto.

Los mayores contenidos de fenoles totales se obtuvieron en el tratamiento T1, con una media de 51.70 mg de AG 100<sup>-1</sup> FF, superando en 26.05 y 44.29% al contenido determinado en los tratamientos testigos T4 y T8, respectivamente (Cuadro 5), comportamiento que coincide con lo establecido por Dashti *et al.* (2014), quienes resaltaron que el contenido de fenoles totales se incrementa en frutos de tomate, provenientes de plantas inoculadas con RPCV en comparación a plantas sin inocular. Los compuestos fenólicos se acumulan como un mecanismo de defensa contra un estrés biótico y abiótico (Rivero *et al.*, 2001; Toor *et al.*, 2006). Esta situación pudo contribuir a que los frutos del tratamiento T1 hayan destacado en la mayoría de las variables evaluadas en el presente experimento.

**Cuadro 5. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de frutos de tomate en diferentes tratamientos con inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV).**

Tratamiento	Fenoles totales	Capacidad antioxidante
	mg de AG 100 g <sup>-1</sup> FF	µM Trolox g <sup>-1</sup> FF
T1	51.70 a <sup>†</sup>	66.68 a
T2	45.38 b	58.66 bc
T3	43.05 b	64.55 ab
T4	38.00 c	55.62 c
T5	36.47 c	48.58 d
T6	37.64 c	42.51 d
T7	34.87 c	43.03 d
T8	28.80 d	47.00 d
Media	39.49	53.33
DMS	1.38	4.06

<sup>†</sup> Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadísticas significativas (DMS  $P \leq 0.05$ ).

Adicionalmente, es posible que las diferencias determinadas para fenoles totales pudieran ser atribuidas a las temperaturas máximas registradas en el interior del invernadero (Wahid *et al.*, 2007). Los valores obtenidos superaron ampliamente al valor de 26.22 mg AG 100 g<sup>-1</sup> FF reportados por Kim *et al.* (2013) en frutos de tomate. Por otro lado, el valor 51.70 mg de AG 100 g<sup>-1</sup> FF registrado en el tratamiento T1, superó en 207% al contenido de fenoles totales de 16.8 mg AG 100 g<sup>-1</sup> FF en frutos de tomate cv. Río Grande, cuyas plantas se desarrollaron con aplicación de fertilizantes sintéticos (Ilahy *et al.*, 2011). En general, los resultados obtenidos coinciden con los informes de otros investigadores que han reportado un mayor contenido de fenoles totales en frutos de tomate, al aplicar abonos orgánicos contra la aplicación de fertilizantes sintéticos (Bhattacharjee *et al.*, 2015; Toor *et al.*, 2006).

En relación a la capacidad antioxidante destacó el valor 66.68 μM Trolox g<sup>-1</sup> FF registrado en el tratamiento T1, superando en al menos 3.30% al resto de los tratamientos (Cuadro 5). Estos resultados coinciden con lo establecido por Ordookhani *et al.* (2010) quienes indican que el uso de RPCV puede aumentar el contenido de licopeno y la actividad antioxidante en frutos de tomate. Por otro lado, el contenido de sales presentes en el sustrato orgánico podría causar estrés nutricional en las plantas de tomate, promoviendo el incremento de la producción de compuestos fenólicos, lo que provoca un aumento en la actividad antioxidante en los frutos (Preciado-Rangel *et al.*, 2015; Wang y Lin, 2003). Por lo tanto, es factible recomendar la aplicación de la cepa *Bacillus* spp., más la utilización del sustrato a base de compost, como una alternativa de fertilización, para la producción de tomate en invernadero con calidad comercial aceptable y una mejor capacidad antioxidante.

En cuanto al peso del fruto del tomate, el cual fue significativamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de las RPCV, las plantas inoculadas con la cepa *Bacillus* spp., presentaron el mayor peso, con una media de 77.78 g, superando en 8.95, 12.10 y 16.78% al peso de fruto obtenido en las plantas inoculadas con las cepas *Aeromonas* spp., *P. lini* y al testigo sin inocular, respectivamente (Cuadro 6). El que haya sobresalido *Bacillus* spp., puede deberse a que, la promoción del crecimiento vegetal (p. ej.: peso seco de los brotes, altura de planta, número de frutos y rendimiento (Lucy *et al.*, 2004) está relacionada con la capacidad

de cada microorganismo de sintetizar reguladores de crecimiento como AIA, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico, entre otros (Adriano *et al.*, 2011). Los resultados sugieren que los bioinsumos basados en RPCV pueden aumentar la capacidad de absorción de los elementos nutritivos por las plantas, y de este modo evidenciar los efectos positivos sobre los cultivos (Adesemoye *et al.*, 2009). En un estudio sobre el rendimiento y peso del fruto de tomate Mayak *et al.* (2004), determinaron resultados significativamente mayores en plantas de tomate inoculadas con *A. piechaudii*, respecto a plantas testigo sin inocular. Resultados semejantes observaron Dursun *et al.* (2010), con la aplicación de las cepas *A. baumannii* y *B. megaterium* en los cultivos de tomate y pepino (*Cucumis sativus* L.).

Los resultados del presente estudio muestran que el rendimiento total fue influenciado positivamente por las RPCV, sin embargo no hubo diferencias significativas para esta variable entre los diferentes sustratos, ni para la interacción sustratos × RPCV (Cuadro 3). De acuerdo con Vessey (2003) el incremento en el rendimiento de los cultivos vegetales por la aplicación de RPCV puede ser debido a la producción de metabolitos secundarios, tales como fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas), riboflavina y vitaminas (tiamina, niacina y ácido pantoténico). Existen relaciones positivas entre la inoculación de raíces de tomate con RPCV, ya que la inoculación de la cepa *B. subtilis* al cultivo de tomate superó en 28% al rendimiento del tratamiento testigo (Mena-Violante y Olalde-Portugal, 2007).

**Cuadro 6. Peso de fruto y rendimiento total del cultivo de tomate inoculado con RPCV, bajo condiciones de invernadero.**

RPCV	Peso de fruto g	Rendimiento Mg ha <sup>-1</sup>	Incremento del rendimiento <sup>‡</sup> %
<i>Bacillus</i> spp.	77.78 a <sup>†</sup>	86.693 a	25.06
<i>Aeromonas</i> spp.	70.82 b	78.051 ab	12.59
<i>Pseudomonas lini</i>	68.37 bc	70.176 b	1.23
Testigo	64.73 c	69.321 b	--
Media	70.43	76.06	
DMS	4.85	9.96	

RPCV = rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. <sup>†</sup> Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadísticas significativas (DMS  $P \leq 0.05$ ). <sup>‡</sup> Incremento con relación al testigo.

El rendimiento promedio, al aplicar las RPCV, fue de 76.06 Mg ha<sup>-1</sup>, es decir, se incrementó 34.82% con respecto al rendimiento promedio obtenido, por los productores mexicanos en condiciones de riego y temporal (SAGARPA, 2014). Las plantas inoculadas con la cepa *Bacillus* spp., presentaron el mayor rendimiento, con una media de 86.69 Mg ha<sup>-1</sup>, superando en 25.06% al rendimiento obtenido en el testigo sin inocular (Cuadro 6). Resultados similares han sido reportados por Xue *et al.* (2009) quienes evidenciaron que los géneros *Acinetobacter* y *Enterobacter* mejoraron significativamente el rendimiento del cultivo de tomate. Los resultados obtenidos en el presente experimento, de acuerdo con Sánchez *et al.* (2012), sugieren que la inoculación de las plantas de tomate con RPCV exhibe un gran potencial para estimular el crecimiento y producción en este cultivo.

### CONCLUSIONES

La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) y la utilización del sustrato a base de compost incrementaron el rendimiento y la calidad nutraceutica de los frutos de tomate producido bajo condiciones de invernadero. Específicamente el uso de la cepa *Bacillus* spp. con el sustrato a base de compost tuvo efectos positivos sobre el diámetro polar y ecuatorial, contenido de sólidos solubles, fenoles totales y capacidad antioxidante de frutos de tomate cv. Afrodita. Los bioinsumos basados en RPCV y el compost podrían ser una alternativa de fertilización en la producción de tomate en agricultura protegida, puesto que se incrementa el rendimiento y la calidad nutraceutica de los frutos sin el suministro de fertilizantes inorgánicos.

### AGRADECIMIENTO

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar estudios de maestría No. 001924, CVU No. 661904. También se agradece la revisión crítica del documento realizada por el Dr. José Luis Reyes Carrillo.

### LITERATURA CITADA

- Adesemoye, A. O., H. A. Torbert, and J. W. Kloepper. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbiol. Ecol.* 58: 921-929. doi:10.1007/s00248-009-9531-y.
- Adriano A., M. L., R. Jarquín G., C. Hernández R., M. Salvador F. y C. T. Monreal V. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2: 417-431.
- Ayers, R. S. and W. D. Westcot. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Rome. ISBN 92-5-102263-1.
- Bashan, Y. and L. E. de-Bashan. 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - A critical assessment. *Adv. Agron.* 108: 77-136. doi:10.1016/s0065-2113(10)08002-8.
- Bhattacharjee, P., B. Chakraborty, and U. Chakraborty. 2015. Field evaluation of vermicompost and selective bioinoculants for the improvement of health status of tomato plants. *J. Biol. Earth Sci.* 5: 25-33.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Cano R., P., U. Figueroa V., J. M. Cruz M., I. A. Araiza E. y A. Moreno R. 2011. Determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en composta y sustratos para la producción en invernadero. pp. 320-334. *In:* M. Fortis H., E. Salazar S., J. Dimas López M. y P. Preciado R. (eds.). *Agricultura orgánica: Cuarta parte.* Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México.
- Castellano, Z. J. y J. L. Ojodeagua. 2009. Formulación de la solución nutritiva. pp. 131-156. *In:* J. Z. Castellano (ed.). *Manual de producción de tomate en invernadero.* Intagri, S. C. Celaya, Gto., México.
- Coelho, E. L., P. C. Rezende F., F. L. Finger, e A. A. Cardoso. 2003. Qualidade do fruto de melão rendilhado em função de doses de nitrogênio. *Bragantia* 62: 173-178.
- Cooper, W., M. Bouzayen, A. Hamilton, C. Barry, S. Rossall, and D. Grierson. 1998. Use of transgenic plants to study the role of ethylene and polygalacturonase during infection of tomato fruit by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathol.* 47: 308-316.
- Costales, D., L. Martínez y M. Núñez. 2007. Efecto del tratamiento de semillas con una mezcla oligogalacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cul. Trop.* 28: 85-91.
- Cuartero, J. and R. Fernández Muñoz. 1998. Tomato and salinity. *Sci. Hortic.* 78: 83-125.
- Dashti, N. H., M. S. Montasser, N. Y. A. Ali, and V. M. Cherian. 2014. Influence of plant growth promoting rhizobacteria on fruit yield, pomological characteristics and chemical contents in cucumber mosaic virus-infected tomato plants. *Kuwait J. Sci.* 41: 205-220.



- de la Cruz-Lázaro, E., M. A. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. Márquez-Hernández y R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Univ. Cienc.* 25: 59-67.
- Dursun, A., M. Ekinçi, and M. F. Dönmez. 2010. Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pak. J. Bot.*, 42: 3349-3356.
- Fraser, P. D., E. M. Enfissi, and P. M. Bramley. 2009. Genetic engineering of carotenoid formation in tomato fruit and the potential application of systems and synthetic biology approaches. *Arch. Biochem. Biophys.* 483: 196-204. doi:10.1016/j.abb.2008.10.009.
- Ilahy, R., C. Hdider, M. S. Lenucci, I. Tlili, and G. Dalessandro. 2011. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *J. Food Compos. Anal.* 24: 588-595. doi:10.1016/j.jfca.2010.11.003.
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2003. Norma para la producción y procesado orgánico. Die Deutsche Bibliothek. Frankfurt, Germany. ISBN: 3-934055-24-9.
- Juárez-Maldonado, A., K. de Alba R., A. Zermeño G., H. Ramírez y A. Benavides M. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agrar.* 6: 943-954.
- Khan, M. S., A. Zaidi, and P. A. Wani. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - A review. *Agron. Sust. Dev.* 27: 29-43. doi:10.1051/agro:2006011.
- Kim, I. S., S. K. Jin, M. R. Yang, G. M. Chu, J. H. Park, R. H. I. Rashid, J. Y. Kim, and S. N. Kang. 2013. Efficacy of tomato powder as antioxidant in cooked pork patties. *Asian Aust. J. Anim. Sci.* 26: 1339-1346. doi:10.5713/ajas.2013.13079.
- Kloepper, J. W. and M. N. Schroth. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. pp. 879-882. *In: Gilbert-Clorey* (ed.). *Proceeding of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria* Vol. 2. France.
- Kumar, N., H. K. Singh, and P. K. Mishra. 2015. Impact of organic manures and biofertilizers on growth and quality parameters of *Strawberry* cv. Chandler. *Indian J. Sci. Technol.* 8: 1-6. doi:10.17485/ijst/2015/v8i15/51107.
- Lucy, M., E. Reed, and B. R. Glick. 2004. Application of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 86: 1-25.
- Luna-Guevara, M. L. y A. Delgado-Alvarado. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avan. Invest. Agropec.* 18: 51-66.
- Mayak, S., T. Tirosh, and B. R. Glick. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Sci.* 166: 525-530. doi:10.1016/j.plantsci.2003.10.025.
- Mena-Violante, H. G., A. Cruz-Hernández, O. Paredes-López, M. Á. Gómez-Lim y V. Olalde-Portugal. 2009. Cambios relacionados con textura de frutos y mejoramiento de la vida de anaquel por la inoculación de raíces de tomate con *Bacillus subtilis* BEB-13BS. *Agrociencia* 43: 559-567.
- Mena-Violante, H. G. and V. Olalde-Portugal. 2007. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. *Sci. Hortic.* 113: 103-106. doi:10.1016/j.scienta.2007.01.031.
- Muñoz R., J. J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. pp. 63-108. *In: J. Z. Castellano* (ed.). *Manual de producción de tomate en invernadero*. Intagri, S. C. Celaya, Gto., México.
- Noh, M. J., C. Yam C., L. Borges G., J. J. Zúñiga A. y G. Godoy H. 2014. Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate. *Terra Latinoamericana* 32: 273-281.
- Olivares-Campos, M. A., A. Hernández-Rodríguez, C. Vences-Contretas, J. L. Jáquez-Balderrama y D. Ojeda-Barrios. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Univ. Cienc.* 28: 27-37.
- Olivares-Sáenz, E. 1993. Paquete de diseños experimentales versión 2.4. Facultad de Agronomía UANL. Marín, NL, México.
- Ordookhani, K., K. Khavazi, A. Moezzi, and F. Rejali. 2010. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African J. Agric. Res.* 5: 1108-1115. doi:10.5897/ajar09.183.
- Ortega-Martínez, L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz, y J. Ocampo-Mendoza. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai* 6: 365-372.
- Pal, A., S. Maji, Govid, R. Kumawat, S. Kumar, and D. C. Meena. 2015. Efficacy of various sources of nutrients on growth, flowering, yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum*) cv. Azad T-6. *The Bioscan Int. Quat. J. Life Sci.* 10: 473-477.
- Preciado-Rangel, P., K. M. García-Villela, M. Fortis-Hernández, R. Trejo Valencia, E. O. Rueda Puente, and J. R. Esparza-Rivera. 2015. Nutraceutical quality of cantaloupe melon fruits produced under fertilization with organic nutrient solutions. *Cienc. Invest. Agra.* 42: 475-481. doi:10.4067/s0718-16202015000300015.
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363: 447-465. doi:10.1098/rstb.2007.2163.
- Raviv, M. 2015. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *HortTechnology* 15: 52-57.
- Raviv, M., Y. Oka, J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2005. High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. *Bioresour. Technol.* 96: 419-427. doi:10.1016/j.biortech.2004.06.001.
- Rivero, M. R., M. J. Ruiz, C. P. García, R. L. López-Lefebvre, E. Sánchez, and L. Romero. 2001. Resistance to cold and heat stress: Accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Sci.* 160: 315-321.
- Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., E. Favela C., A. Moreno R., C. Márquez H., E. Ochoa M. y P. Preciado R. 2009. Uso de abonos orgánicos producción tomate invernadero. *Terra Latinoamericana* 27: 319-327.
- Rodríguez D., N., P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela C., V. P. Álvarez R., C. Márquez H. y A. Moreno R. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 265-272.

- Rodríguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.* 17: 319-339.
- Rojas-Solís, D., C. E. Hernández-Pacheco, and G. Santoyo. 2016. Evaluation of *Bacillus* and *Pseudomonas* to colonize the rhizosphere and their effect on growth promotion in tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.). *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 22: 45-57. doi:10.5154/r.rchsh.2015.06.009.
- SAGARPA ( Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Anuario Estadístico de Producción Agrícola. Producción Agrícola de Tomate Rojo (Jitomate). <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: mayo 4, 2016).
- Saharan, B. S. and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. *Life Sci. Med. Res.* 21: 1-30.
- Sánchez L., D. B., R. M. Gómez V., M. F. Garrido R. y R. R. Bonilla B. 2012. Inoculación con bacterias de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3: 1401-1415.
- Santiago-López, G., P. Preciado-Rangel, E. Sánchez-Chavez, J. Esparza-Rivera, M. Fortis-Hernández, and A. Moreno-Reséndez. 2016. Organic nutrient solutions in production and antioxidant capacity of cucumber fruits. *Emir. J. Food Agric.* 28: 518-521. doi:10.9755/ejfa.2016-01-083.
- Santillana, N., C. Arellano y D. Zúñiga. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Ecol. Apl.* 4: 47-51.
- Spaepen, S., J. Vanderleyden, and Y. Okon. 2009. Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. *Adv. Bot. Res.* 51: 283-320. doi:10.1016/s0065-2296(09)51007-5.
- Toor, R. K., G. P. Savage, and A. Heeb. 2006. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *J. Food Composit. Anal.* 19: 20-27. doi:10.1016/j.jfca.2005.03.003.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1991. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. <https://www.ams.usda.gov/?dDocName=STELPRDC5050331> (Consulta: marzo 02, 2016).
- Vessey, K. J. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255: 571-586.
- Viti, C., E. Tatti, F. Decorosi, E. Lista, E. Rea, M. Tullio, E. Sparvoli, and L. Giovannetti. (2010). Compost effect on plant growth-promoting rhizobacteria and mycorrhizal fungi population in maize cultivations. *Compost Sci. Util.* 18: 273-281. doi:10.1080/1065657x.2010.10736966.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Exp. Bot.* 61: 199-223. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.05.011.
- Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2003. Compost as soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. *J. Agric. Food Chem.* 51: 6844-6850.
- Waterman, P. G. and S. Mole. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. Black Scientific Publications. Oxford, UK.
- Xue, Q. Y., Y. Chen, S. M. Li, L. F. Chen, G. C. Ding, D. W. Guo, and J. H. Guo. 2009. Evaluation of the strains of *Acinetobacter* and *Enterobacter* as potential biocontrol agents against Ralstonia wilt of tomato. *Biol. Control* 48: 252-258. doi:10.1016/j.biocontrol.2008.11.004.
- Yang, J., J. W. Kloepper, and C. M. Ryu. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Sci.* 14: 1-4. doi:10.1016/j.tplants.2008.10.004.