



**AgEcon** SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON *Azospirillum* sp., Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.)

## EFFECT OF INOCULATION WITH *Azospirillum* sp., AND NITROGENOUS FERTILIZATION ON THE GROWTH AND PRODUCTION OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* MILL.)

Esquivel-Cote, R.<sup>1\*</sup>; Tsuzuki-Reyes, G.<sup>1</sup>; Ramírez-Gama, R.M.<sup>1</sup>; Huante, P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Microbiología Experimental, Departamento de Biología, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F. (55) 01 56223763, <sup>2</sup>Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México, CDMX. (55) 01 56229008.

\*Autor de correspondencia: rosesquivelcote@gmail.com

### RESUMEN

La inoculación de cultivos agrícolas con bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como *Azospirillum*, ha sido una práctica complementaria a la fertilización química para evitar su uso excesivo. El objetivo del presente, fue evaluar el efecto de *Azospirillum* sp., y la fertilización química nitrogenada (FQN) en el crecimiento y producción de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*), en un sistema de manejo intensivo en condiciones de invernadero en San Santiago Tepalcatlalpan, Xochimilco, CDMX. Se evaluó el efecto de tres cepas de *Azospirillum* y dos dosis de FQN (170 kg ha<sup>-1</sup> y 255 kg ha<sup>-1</sup>) en variables de crecimiento, producción y calidad de frutos. En la etapa de almácigo, las cepas AMs3 de *Azospirillum* sp. y AZm5 de *Azospirillum lipoferum* favorecieron el crecimiento y fisiología de plántula e incrementaron significativamente la tasa de asignación neta y tasa relativa de crecimiento. En producción, la inoculación y las dos dosis de nitrógeno no mostraron diferencias significativas entre las variables de crecimiento en las plantas, pero favorecieron la producción de frutos. Aquellos cosechados de plantas inoculadas con la cepa AZm5 fertilizadas con 255 kg de N ha<sup>-1</sup>, registraron alto contenido en potasio, sugiriendo que la inoculación con *Azospirillum*, coadyuva al crecimiento y producción del cultivo bajo condiciones intensivas, que podría reducir la contaminación del suelo por agroquímicos.

**Palabras clave:** análisis de crecimiento, *Azospirillum*, biofertilizante, hortaliza.

### ABSTRACT

The inoculation of agricultural crops with plant growth-promoting bacteria, such as *Azospirillum*, has been a complementary practice to chemical fertilization to avoid its excessive use. The objective of this study was to evaluate the effect of *Azospirillum* sp., and chemical nitrogen fertilization (CNF) on the growth and production of tomato plants (*Solanum lycopersicum*), in an intensive management system under greenhouse conditions in San Santiago Tepalcatlalpan, Xochimilco, CDMX. The effect of the three *Azospirillum* strains and two doses of CNF (170 kg ha<sup>-1</sup> and 255 kg ha<sup>-1</sup>) was evaluated on the variables of growth, production and fruit quality. During the seedbed phase, the strains AMs3 of *Azospirillum* sp. and AZm5 of *Azospirillum lipoferum* favored the growth and physiology of the seedling and significantly increased the net allocation rate and relative growth rate. In production, the inoculation and two doses of nitrogen did not show significant differences between the growth variables in the plants, but they favored fruit production. The fruits harvested from plants inoculated with the strain AZm5 fertilized with 255 kg of N ha<sup>-1</sup>, recorded a high content of potassium, suggesting that inoculation with *Azospirillum* contributes to the growth and production of the crop under intensive conditions, which could reduce soil contamination from agrichemicals.

**Keywords:** growth analysis, *Azospirillum*, biofertilizer, vegetable.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 7, julio, 2017. pp: 88-93.

**Recibido:** diciembre, 2016. **Aceptado:** junio, 2017.



## INTRODUCCIÓN

**El jitomate** (*Solanum lycopersicum* Mill) o tomate rojo es una especie hortícola económicamente más importantes que se cultivan en México (SIAP-SAGARPA, 2012; SRE, 2015). Para su cultivo, los agricultores aplican agroquímicos en dosis que resultan excesivas, como ocurre con los fertilizantes nitrogenados. Datos recolectados indican que para obtener rendimientos máximos, en diferentes estados de México, se aplican de 150 hasta 450 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante nitrogenado. El nitrógeno excedente, que no es aprovechado por la planta, es lixiviado a mantos freáticos en forma de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), provocando problemas mediatos (Malleville y Chambolle, 1990). Una alternativa ante esta situación, es el empleo de inoculantes o "biofertilizante" a base de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PCV), que han permitido reducir las dosis de fertilizante químico (Adesemoye et al., 2009). *Azospirillum* es una de las rizobacterias mejor caracterizadas como PCV (Bashan y de Bashan, 2010). Su uso se ha extendido a nivel comercial para reducir la cantidad de fertilizante químico nitrogenado aplicado al suelo, especialmente en gramíneas. En México, los trabajos dirigidos al estudio del efecto de *Azospirillum* en el crecimiento y producción vegetal, o como sustituto parcial o complementario de la fertilización química en hortalizas, son escasos. Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto de cepas de *Azospirillum* en el crecimiento y producción de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*), fertilizadas con dosis medias de nitrógeno, bajo condición de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en San Santiago Tepalcatlapan, Xochimilco, Ciudad de México (CDMX), en un invernadero de 240.25 m<sup>2</sup>, con cubierta plástica (90% de paso de luz natural), con temperatura de 35-40/10-15 °C (día/noche) y una humedad relativa del 80 %. Para la **siembra**, se utilizó semilla certificada de jitomate bola, variedad Juanita (832, Hazera Seeds, Inc., FL, EU), mediante un almácigo, con charolas de unicel y como sustrato, una mezcla de turba (Lambert Peat Moss Inc.) y agrolita en proporción 10:1 (v/v), humedecido a saturación con una solución de dos fungicidas (Terrazan 75 PH y Ridomil Gold Bravo 76.5 PH, Syngenta Agro, S.A de C.V.; 1 g L<sup>-1</sup> de cada uno). Los almácigos se regaron por aspersión con agua potable con un nebulizador de bronce de 25 μL de partícula de agua y un rendimiento de 0.5 gal min<sup>-1</sup>.

Los inoculantes se prepararon con las cepas: AMs3 (*Azospirillum* sp.), AZm5 (*A. lipoferum*) y VS9 (*A. brasilense*), que se propagaron a 34±2 °C, 150 rpm por 48 h en medio de cultivo NFb líquido (Döbereiner et al., 1976) suplementado con NH<sub>4</sub>Cl (1 g L<sup>-1</sup>). Cada inóculo se ajustó a una concentración de 1×10<sup>8</sup> células mL<sup>-1</sup> (0.01, 560 nm). Quince días después de la siembra (DDS) se llevó a cabo la inoculación aplicando 200 μL del inóculo correspondiente al tratamiento en la base del tallo de cada plántula.

**Trasplante.** El trasplante se realizó a los 71 DDS. Se emplearon bolsas de plástico negro perforadas en la base, con 21.5 kg de sustrato (tezontle rojo de tamaño de partícula de 5 mm de diámetro y suelo no estéril, en proporción 3:1 v/v). Cada bolsa se consideró como la unidad experimental. El suelo fue de textura arenosa (arena 84.76%, limo 8.92%, arcilla 5.32%); densidad aparente 1.435 g cc<sup>-1</sup>; pH 7.73; materia orgánica, 3.19%; nitrógeno total, 0.1%; P total, 785.34 μg mL<sup>-1</sup>, K 968.5 μg mL<sup>-1</sup>, y Ca 1036.5 μg mL<sup>-1</sup>. El sustrato se irrigó 24 h previas al trasplante con agua potable hasta capacidad de campo. Se consideró una densidad de seis plantas por metro cuadrado. En esta etapa se llevó a cabo una cuantificación de células de *Azospirillum* en las raíces de jitomate, empleando seis plantas de cada tratamiento mediante la técnica del número más probable (NMP) con tres repeticiones.

**Fertilización y riego.** El fertilizante se aplicó en forma líquida como solución nutritiva (SN) después de 15 días del trasplante, de acuerdo a la dosis recomendada por Hazera Seeds, Inc. (FL, EU), de 340 kg N ha<sup>-1</sup>. La formulación fue en mg L<sup>-1</sup>: KNO<sub>3</sub>, 50; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 950; NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 40; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 100; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 500; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 800; FeSO<sub>4</sub>, 15; MnSO<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O, 5; Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O, 5; CuSO<sub>4</sub>, 0.5; ZnSO<sub>4</sub>, 0.5; y pH 6.0±0.2. Se evaluaron dos niveles de nitrógeno: 170 kg ha<sup>-1</sup> y 255 kg ha<sup>-1</sup>, 50 %N y 75%N, respectivamente a la dosis recomendada. Se emplearon dos tanques de agua con una capacidad 1200 L, los cuales se adecuaron con su propio sistema de riego para aplicar la cantidad de nitrógeno correspondiente. Cada SN se aplicó dosificadamente en el riego por goteo (1.5 L min<sup>-1</sup>), tres veces por semana, alternado con un riego de solo agua, cada dos semanas para evitar la acumulación de sales.

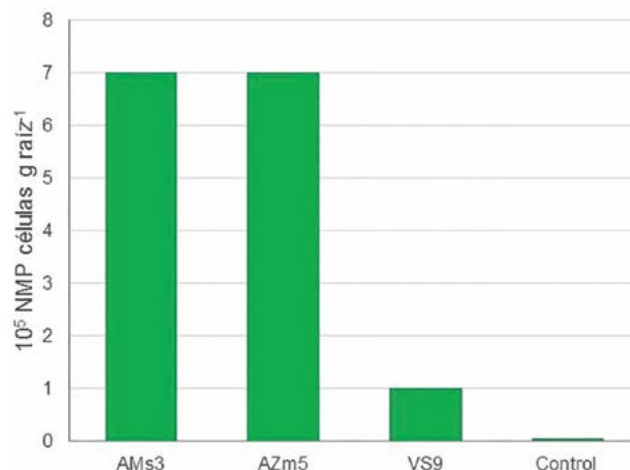
**Análisis de crecimiento y producción.** A los 71 y 122 DDS las plantas se escindieron, según el caso, en hojas,

tallo, raíz y frutos, y se secaron a  $70 \pm 2$  °C por 72-120 h. Se calculó el área foliar (AF,  $\text{cm}^2$ ), biomasa seca de cada órgano y total para realizar el análisis de crecimiento (Cuadro 1). La producción se determinó mediante el registro del peso fresco de frutos ( $\text{g}^{-1}$  planta) provenientes del primer racimo floral de cada planta. Se consideraron ocho frutos al azar por tratamiento, los cuales se secaron a  $70 \pm 2$  °C hasta peso constante para realizar un análisis químico proximal (AQP): materia seca (%), humedad (%), proteína cruda  $\text{Nx}6.25$  (%), cenizas (%), fibra cruda (%), extracto libre de nitrógeno (%), potasio (%) y pH (AOAC 1990).

El diseño del experimento fue factorial  $4 \times 2$  con cuatro niveles de inoculación y dos niveles de fertilización nitrogenada, incluyendo ocho tratamientos con seis repeticiones cada uno, distribuidos en tres bloques al azar. Los datos fueron analizados mediante el software Statistica 7.0 (StatSoft Inc., TX, EU). Las medias se compararon mediante el procedimiento de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher ( $p \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Colonización bacteriana en raíces.** A los 71 DDS, se comprobó que las tres cepas de *Azospirillum* fueron capaces de colonizar las raíces de las plantas de jitomate, aún sobre un sustrato no estéril (Figura 1). La población de  $10^5$  NMP células  $\text{g raíz}^{-1}$ , fue similar a la reportada en otras variedades de jitomate en cultivos *in vitro* (Terry et



**Figura 1.** Número de células de *Azospirillum* presentes en las raíces de jitomate variedad Juanita a 71 DDS (tiempo del trasplante).

al., 2000; Grilli-Caiola et al., 2004; Esquivel-Cote et al., 2010; Botta et al., 2013).

**Análisis de crecimiento.** El análisis de crecimiento vegetal permite tener una aproximación cuantitativa del estado fisiológico de las plantas en determinada etapa del cultivo (Kru, 1997). A 71 DDS, la inoculación favoreció significativamente la biomasa foliar, ya que las plántulas inoculadas con las cepas AMs3 y AZm5 incrementaron significativamente la TAN ( $p=0.05$ ) y en la TRC ( $p=0.001$ ) (Cuadro 2). De acuerdo a lo reportado por Hunt (1990) y Larcher (2003), lo anterior representa mayor producción de biomasa vegetal en peso por unidad de tiempo,

**Cuadro 1.** Variables para el análisis de crecimiento vegetal.

Análisis <sup>†</sup>	Fórmula	Unidades
Área foliar específica (AFE)	AF / peso seco de hojas	$\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$
Razón foliar específica (RAF)	AFE/ peso seco de hojas	$\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$
Tasa de asimilación neta (TAN)	$[(\text{peso seco total T2} - \text{peso seco total T1} / t1 - t2) (\ln \text{AF2} - \ln \text{AF1} / \text{AF2} - \text{AF1})]$	$\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$
Tasa relativa de crecimiento (TRC)	(RAF) (TAN)	$\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$

<sup>†</sup>De acuerdo a Hunt (1990); AF=área foliar; t (tiempo, d).

**Cuadro 2.** Análisis de crecimiento de plántulas de *Solanum lycopersicum* Mill., var. Juanita, inoculadas con cepas de *Azospirillum*, a los 71 DDS.

Tratamiento	AFE ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )	RAF ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )	TAN ( $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )	TRC ( $\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
AMs3	396.244	162.389	0.00055*	0.0855*
AZm5	377.791	156.290	0.00056*	0.0866*
VS9	410.485	163.881	0.00045	0.0731
Control	402.056	173.619	0.00040	0.0693

AFE: área foliar específica, RAF: razón de área foliar, TAN: tasa de asimilación neta, TRC: tasa relativa de crecimiento. \*Tratamientos con diferencias estadísticamente significativas respecto al control (DMS 5%, cinco repeticiones).

como resultado de la elongación celular y asimilación del carbono por fotosíntesis. Uno de los fitoreguladores relacionados con el incremento en el contenido de clorofila, promoción indirecta de la biogénesis de cloroplastos y estimulación de la tasa fotosintética son las giberelinas (Jiang *et al.*, 2012), comúnmente producidas por el género *Azospirillum* (Perrig *et al.*, 2007). Al respecto, se ha reportado que la inoculación de plántulas de trigo con *Azospirillum*, incrementa la cantidad de varios pigmentos fotosintéticos (Bashan *et al.*, 2006). Este resultado, puede representar ventajas durante la producción de plantas que pasan por un periodo de almácigo, ya que estas plantas deben estar sanas y vigorosas, con buena formación de raíz, hojas y con tallos gruesos para soportar eficientemente el estrés producido durante el trasplante (Grime, 1979; Leskovar y Cantliffe, 1991; Chapin III *et al.*, 2002) (Figura 2).

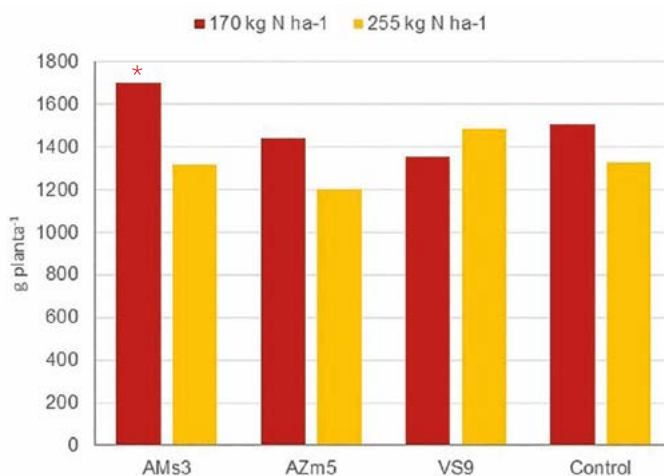


**Figura 2.** Aspecto de las plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill., var. Juanita) inoculadas con cepas de *Azospirillum* al tiempo del trasplante (71 DDS).

A los 122 DDS, etapa del primer corte de frutos, y a diferencia de la etapa en almácigo, no se observaron diferencias significativas en las variables de crecimiento en las plantas de jitomate (Cuadro 3). Del mismo modo, ambas dosis de fertilizante nitrogenado (170 y 255 kg de N ha<sup>-1</sup>) no mostraron diferencias significativas en las variables de crecimiento de las plantas no inoculadas, por tanto, al generar el mismo efecto en las plantas con ambas dosis de nitrógeno, se demuestra que es posible reducir 50% la dosis de fertilizante nitrogenado, respecto a la dosis recomendada. Este fenómeno coincide con

Castañeda-Saucedo *et al.* (2013) quienes reportaron que la inoculación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) con *Azospirillum brasilense* y fertilizadas con nitrógeno no presentan diferencias significativas en variables del crecimiento durante la etapa de producción del cultivo.

Las plantas fertilizadas con 170 kg de N ha<sup>-1</sup> registraron mayor rendimiento con respecto a las plantas fertilizadas con 255 kg de N ha<sup>-1</sup>, excepto cuando se combinó con la inoculación de la cepa VS9 (Figura 3). El trata-



**Figura 3.** Producción de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill., var. Juanita) del primer racimo floral en plantas inoculadas con *Azospirillum* y fertilizadas con dos dosis de nitrógeno, a 122 DDS. \* diferencias estadísticamente significativas respecto al control (DMS 5%, cinco repeticiones).

**Cuadro 3.** Análisis de crecimiento de plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill., var. Juanita) inoculadas con cepas de *Azospirillum* y fertilizadas con dos dosis de nitrógeno, a los 122 DDS.

Tratamiento	kg N ha <sup>-1</sup>	AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	RAF (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	TAN (g m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	TRC (mg g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
AMs3	170	209.64	74.072	0.00082	0.0606
	255	250.49	76.908	0.00085	0.0606
AZm5	170	269.58	89.878	0.00073	0.0623
	255	252.96	84.287	0.00075	0.0623
VS9	170	213.73	65.230	0.00100	0.0603
	255	223.14	87.199	0.00074	0.0626
Control	170	219.28	73.082	0.00087	0.0615
	255	208.79	76.855	0.00082	0.0623

AFE: área foliar específica, RAF: razón de área foliar, TAN: tasa de asimilación neta, TRC: tasa relativa de crecimiento.

miento fertilizado con 170 kg de N ha<sup>-1</sup> e inoculado con AMs3 registró mayor producción de frutos respecto a plantas no inoculadas y fertilizadas con 170 kg de N ha<sup>-1</sup> (13%) y con 255 kg de N ha<sup>-1</sup> (28%). Al respecto, Madhaiyan *et al.* (2010) y Terry *et al.* (2000) reportaron que *A. brasilense* aumenta el vigor y rendimiento de frutos de jitomate ya sea en condiciones de invernadero o de campo, respectivamente.

El AQP mostró en general que no hubo diferencias significativas entre variables de frutos de los ocho tratamientos evaluados (datos no mostrados). Sin embargo, los frutos cosechados de las plantas inoculadas con la cepa AZm5 y fertilizadas con 255 kg de N ha<sup>-1</sup>, registraron significativamente ( $p=0.0001$ ) un alto contenido de potasio (5.59 % K<sup>+</sup>) respecto a las plantas no inoculadas y fertilizadas con 255 kg de N ha<sup>-1</sup> (3.98 % K<sup>+</sup>). El contenido de K<sup>+</sup> en el fruto de jitomate es una característica muy importante, ya que incrementa la acidez, firmeza, uniformiza la maduración y mejora su sabor (Ho y Adams, 1995). El efecto de *Azospirillum* y de otras rizobacterias PCV en la absorción y asimilación de K<sup>+</sup> en tejido vegetal o en frutos no ha sido documentado, pero se ha demostrado la contribución de las citocininas en la absorción de K<sup>+</sup> (Taiz y Zeiger, 2006). En este sentido, la cepa AZm5 produce *in vitro* cantidades significativas de t-zeatina (Esquivel-Cote *et al.*, 2010), una de las citocininas más importantes para las plantas (Taiz y Zeiger, 2006). Ante tal efecto, resulta interesante encaminar más estudios que confirmen el efecto de cepas de *Azospirillum* en la absorción o asimilación de K<sup>+</sup>, y de otros macronutrientes, en las plantas inoculadas.

## CONCLUSIONES

La inoculación con la cepa AZm5 (*Azospirillum lipoferum*) favorece el crecimiento de plántulas de jitomate en la etapa de almácigo. La dosis de 170 kg de N ha<sup>-1</sup> es suficiente para promover el crecimiento y producción de plantas de jitomate variedad Juanita, en combinación con la inoculación con la cepa AMs3 (*Azospirillum* sp).

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Alarcón por la revisión y crítica al presente manuscrito. A Fermín Jiménez Flores e Irma Acosta por el apoyo técnico



**Figura 4.** Aspecto del cultivo y las plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill., var. Juanita) a 122 DDS.

brindado. Rosalba Esquivel-Cote, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca CONACyT-181624 y dedica el presente a la memoria del Sr. Pedro Jiménez Olivares, quien gracias a su amable disposición y apoyo se llevaron a cabo los experimentos en invernadero.

## LITERATURA CITADA

- Adesemoye A.O., Torbert H.A., Kloepper J.W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbiology Ecology*, 58: 921-929.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist 1990. Official methods of analysis. 5th edition. AOAC, Washington, DC. 1094 p.
- Bashan Y., Bustillos J.J., Leyva L.A., Hernández J.P., Bacilio M. 2006. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. *Biology and Fertility Soils*, 42: 279-285.
- Botta A.L., Santacecilia A., Ercole C., Cacchio P., del Gallo M. 2013. *In vitro* and *in vivo* inoculation of four endophytic bacteria on *Lycopersicon esculentum*. *New Biotechnology*, 30: 666-674.
- Castañeda-Saucedo M.A., Gómez-González G., Tapia-Ramos E., Nuñez-Maciel O., Barajas-Pérez J.S., Rujano-Silva M.L. 2013. Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria xananassa* Duch). *Interciencia*, 38:737-744.
- Chapin III.F.S., Matson P., Mooney H.A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer-Verlag, New York. 436 p.
- Döbereiner J., Marriel I.E., Nery M. 1976. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Canadian Journal of Microbiology*, 22: 1464-1473.
- Esquivel-Cote R., Ramírez-Gama R.M., Tsuzuki-Reyes G., Orozco-Segovia A., Huante P. 2010. *Azospirillum lipoferum* strain AZm5 containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase improves early growth of tomato seedlings under nitrogen deficiency. *Plant and Soil*, 337: 65-75.

- Grilli-Caiola M., Canini A., Botta A.L., del Gallo M. 2004. Localization of *Azospirillum brasilense* Cd in inoculated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) roots. *Annals of Microbiology*, 54: 365-380.
- Grime J.P. 1979. Plant strategies and vegetation process. Wiley, Chichester, Reino Unido. 410 pp.
- Ho L.C., Adams P. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Horticulturae*, 396: 33-44.
- Hunt R. 1990. Basic growth analysis. Unwin Hyman Ltd, London, United Kingdom. 112 p.
- Jiang X., Li H., Wang T., Peng C., Wang H., Wu H., Wang X. 2012. Gibberellin indirectly promotes chloroplast biogenesis as a means to maintain the chloroplast population of expanded cells. *Plant Journal*, 72: 768-780.
- Kru G.H. 1997. Environmental influences on development growth and yield. pp. 101-180. En: Wien, H.C. (ed.) *The physiology of vegetable crops*. CABI Publishing, London.
- Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology*. 4a. ed. Springer-Verlag, Berlin. 513 p.
- Leskovar D.I., Cantliffe D.J. 1991. Tomato transplant morphology affected by handling and storage. *HortScience*, 26: 1377-1379.
- Madhaiyan M., Poonguzhali S., Kang B.G., Lee Y.J., Chung J.B., Sa T.M. 2010. Effect of co-inoculation of methylotrophic *Methylobacterium oryzae* with *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia pyrrocina* on the growth and nutrient uptake of tomato, red pepper and rice. *Plant and Soil*, 328: 71-82.
- Malleville J., Chambolle T. 1990. Calidad del agua. *Mundo Científico*, 10: 768-778.
- Perrig D., Boiero M.L., Masciarelli O.A., Penna C., Ruiz O.A, Cassán F.D., Luna M.V. 2007. Plant -growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. *Applied of Microbiology and Biotechnology*, 75: 1143-1150.
- SIAP-SAGARPA. 2012. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Consulta: agosto de 2014).
- SRE. 2015. México: Primer exportador mundial de tomate. Secretaría de Relaciones Exteriores. <http://consulmex.sre.gob.mx/omaha/images/JITOMATE/jitomate.pdf>. (Consulta: septiembre de 2016).
- Taiz L., Zeiger E. 2006. *Plant Physiology*. 5a. ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Mass, EU. 565 p.
- Terry E., Pino M.A., Medina N. 2000. Application times of an *Azospirillum* bioproduct in tomato growth, development and yield. *Cultivos Tropicales*, 21: 5-8.

