



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,  
A.C.  
México

Velasco Velasco, J.; Ferrera Cerrato, R.; Almaraz Suárez, J. J.  
Vermicomposta, micorriza arbuscular y Azospirillum brasilense en tomate de cáscara  
Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 3, julio-septiembre, 2001, pp. 241-248  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319305>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# VERMICOMPOSTA, MICORRIZA ARBUSCULAR Y *Azospirillum brasilense* EN TOMATE DE CÁSCARA

## Vermicompost, Arbuscular Mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* on Tomatillo

J. Velasco Velasco<sup>1</sup>, R. Ferrera-Cerrato<sup>1</sup> y J.J. Almaraz Suárez<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se estudió el efecto de la adición de vermicomposta e inoculación con el hongo endomicorrízico arbuscular *Glomus intraradix* y la bacteria *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate de cáscara. Se observaron poblaciones de *A. brasilense* de  $3.26 \times 10^3$  y  $4.17 \times 10^5$  unidades formadoras de colonias  $g^{-1}$  de suelo en rizósfera y rizoplane de tomate, respectivamente, mientras que en endorrizósfera se cuantificó 72% de infección. La fijación de nitrógeno por *A. brasilense* + *G. intraradix* superó al testigo en 100%. La inoculación por separado de *G. intraradix* y *A. brasilense* presentó efectos positivos en la tasa fotosintética de plantas inoculadas comparados con el tratamiento no inoculado, debido a que la bacteria aportó nitrógeno a través de la fijación biológica y el hongo facilitó la absorción de fósforo por la planta. La adición de vermicomposta, ya sea sola o combinada con *G. intraradix* y *A. brasilense*, mostró efecto positivo sobre la tasa fotosintética, acumulación de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara. Se observó efecto sinérgico en la combinación de vermicomposta + *G. intraradix*; este tratamiento superó al testigo en peso seco total en 120% y en rendimiento en 26%. La micorriza arbuscular y la vermicomposta pueden ser buena herramienta en la producción orgánica de tomate de cáscara.

**Palabras clave:** Bioproducción, vermicomposta, micorriza arbuscular, *Azospirillum brasilense*, *Physalis ixocarpa*.

### SUMMARY

The effect of the vermicompost incorporation and inoculation with the arbuscular endomycorrhizal fungus *Glomus intraradix* and the bacterium *Azospirillum brasilense* on tomatillo was studied. Great population of

*A. brasilense* were present in tomatillo rhizosphere, rhizoplane and endorhizosphere. Nitrogen fixation caused by *A. brasilense* increased 100% compared with the control when the bacterium was combined with the endomycorrhizal fungus. The individual inoculation of *G. intraradix* and *A. brasilense* produced higher photosynthetic rate in the tomatillo plants. This effect was caused probably because of the N fixation and P translocation caused by microbial inoculation. Vermicompost incorporation alone or in combination with *G. intraradix* or *A. brasilense* increased the photosynthetic rate, dry matter accumulation and tomatillo yield. A synergic effect was produced between vermicompost and *G. intraradix*; increasing 120% the dry weight and 26% the yield compared with the control. The arbuscular endomycorrhizae and vermicompost could be very helpful in the organic production of tomatillo.

**Index words:** Bioproduction, vermicompost, arbuscular mycorrhizae, *Azospirillum brasilense*, *Physalis ixocarpa*.

### INTRODUCCION

En México, el deterioro ecológico causado por la agricultura tiene diversas causas, dentro de las cuales están: el manejo inadecuado de los recursos naturales, intenso uso de agroquímicos, prácticas agrícolas mal empleadas y fuerte dependencia de insumos externos. Esto hace necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. En este sentido, la aplicación de abonos orgánicos, la inoculación de hongos endomicorrízicos y microorganismos fijadores de nitrógeno son alternativas que pueden emplearse en la producción agrícola.

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards *et al.*, 1984); al utilizar este biofertilizante, puede reducirse el uso de fertilizantes químicos. Los hongos micorrízicos son importantes en las plantas porque penetran y colonizan

<sup>1</sup>Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Edo. de México. (joel42ts@colpos.colpos.mx)

las células radicales del hospedante, forman un sistema de transferencia bidireccional, llevan nutrientes minerales del suelo a la planta y compuestos orgánicos de la planta al suelo. De este modo, la asociación posibilita, mediante mecanismos bioquímicos, mayor absorción de nutrientes, principalmente fósforo (Bethlenfalvay, 1993; González, 1993). Referente a la bacteria fijadora de nitrógeno *Azospirillum brasilense*, ésta se ha probado principalmente en gramíneas con resultados positivos; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que tenga buenos resultados en solanáceas como tomate de cáscara. Hay pocas investigaciones que demuestren la efectividad de la vermicomposta y no hay referencias sobre la inoculación en campo de *A. brasilense* y endomicorriza arbuscular a tomate de cáscara. El objetivo planteado fue evaluar el efecto de vermicomposta, endomicorriza arbuscular *Glomus intraradix* y *A. brasilense* en la producción de materia seca, el contenido de nitrógeno y fósforo en la planta y el rendimiento de tomate; así como evaluar la supervivencia de *A. brasilense* en rizósfera, rizoplano y endorrizósfera, y el efecto en la actividad nitrogenasa.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el Lote 4B del campo experimental del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, estado de México. Se utilizó semilla de tomate de cáscara variedad Rendidora. La siembra se realizó directamente en surcos de 1 m de ancho con distancia entre matas de 50 cm. Se aclaró a 25 días después de la siembra (dds), dejando dos plantas por mata para tener una densidad de población de 40 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se probó la dosis de 10 t ha<sup>-1</sup> de vermicomposta, la cual se incorporó al suelo 30 días antes de la siembra; el inóculo de *A. brasilense* se obtuvo a partir de la cepa CPMEX 167 marcada con 500 µg espectinomicina (sp)/500 µg estreptomycin (st); la carga bacteriana de la semilla fue 4.7 x 10<sup>6</sup> bacterias por semilla. El hongo micorrízico utilizado fue *G. intraradix*; la inoculación se hizo al momento de la siembra, aplicando 30 g por mata de una mezcla de arena y raíz de alfalfa colonizada con el hongo. Se utilizó un diseño experimental factorial 2<sup>3</sup> en bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 24 m<sup>2</sup> y se estudiaron ocho tratamientos: testigo, *G. intraradix*, vermicomposta, *A. brasilense*, vermicomposta + *A. brasilense*, *G. intraradix* + *A. brasilense*, vermicomposta + *G. intraradix*, vermicomposta + *G. intraradix*, vermicomposta +

*G. intraradix* + *A. brasilense*. Se realizaron tres muestreos destructivos a 40, 60 y 90 dds; se determinó peso seco total (PST), área foliar (AF), volumen radical (VR), contenido de nitrógeno y fósforo en la planta por los métodos de microkjeldahl y mezcla biácida (HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-digestión), respectivamente (Etchevers, 1988); actividad nitrogenasa por el método de reducción de acetileno (Rennie, 1981), colonización micorrízica por el método de Phillips y Hayman (1970); supervivencia de *A. brasilense* en suelo de rizoplano y rizósfera por el método de dilución en placa; la supervivencia en endorrizósfera se determinó a través de la siembra de segmentos de raíz en tubo con medio de cultivo de carbón combinado semisólido (Rennie, 1981). La tasa fotosintética (TF) se determinó a 47, 58 y 64 dds con el medidor portátil de fotosíntesis (Photosynthesis System Li-COR, inc. modelo Li-6200). Los datos generados se analizaron estadísticamente y se sometieron a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Supervivencia de *Azospirillum brasilense*

En el suelo rizosférico, el tratamiento *A. brasilense* presentó la mayor población con 3.26 x 10<sup>3</sup> unidades formadoras de colonias (UFC) g<sup>-1</sup> de suelo seco y el más bajo fue el tratamiento *A. brasilense* + *G. intraradix* con 1.2 x 10<sup>3</sup> UFC g<sup>-1</sup> de suelo. En rizoplano, nuevamente el tratamiento *A. brasilense* presentó mayor población con 4.17 x 10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup> de raíz y le siguió la combinación entre *A. brasilense* + *G. intraradix* con 3.57 x 10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup> de raíz; ambos superaron a los tratamientos *A. brasilense* + vermicomposta y *A. brasilense* + vermicomposta + *G. intraradix* en más de 50% (Cuadro 1).

En la zona de la endorrizósfera, el tratamiento *G. intraradix* + *A. brasilense* mostró 72% de raíces infectadas, le siguió *A. brasilense* + vermicomposta + *G. intraradix* con 58% y 44% del tratamiento *A. brasilense* (Cuadro 1). La infección de *A. brasilense* a la raíz de tomate, se afectó positivamente con la inoculación del hongo micorrízico arbuscular y se presentó un efecto sinérgico entre ambos. Se observó un incremento de las UFC de rizósfera a rizoplano, esto probablemente se debe a que esta última es la zona que está más cerca de la raíz, tiene mayor influencia de los exudados radicales y favorece el incremento de las poblaciones de microorganismos, en este caso de *A. brasilense* (Campbell y Greaves, 1990). La

**Cuadro 1. Supervivencia de *Azospirillum brasilense* (500 µg sp/500 µg st)<sup>†</sup> en rizósfera, rizoplano y endorrizósfera de tomate de cáscara, a 60 días después de la siembra (dds).**

Tratamiento	Rizósfera	Rizoplano	Endorrizósfera
	UFCx10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> suelo	UFCx10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> raíz	% <sup>‡</sup>
<i>A. brasilense</i>	3.26	4.17	44
<i>A. brasilense</i> + Vermicomposta	2.43	1.46	16
<i>A. brasilense</i> + <i>Glomus intraradix</i>	1.20	3.57	72
<i>A. brasilense</i> + Vermicomposta+ <i>G. Intraradix</i>	2.88	1.90	58

<sup>†</sup> sp = espectinomicina, st = estreptomina.

<sup>‡</sup> Porcentaje de infección radical.

interacción sinérgica entre *A. brasilense* y endomicorriza arbuscular se ha observado en varios estudios, aunque el mecanismo es controversial ya que, en algunas ocasiones, se incrementa la biomasa de la planta o la producción de grano, también hay un incremento en la colonización micorrízica de las plantas, pero hay un decremento en la fijación de N posiblemente por la competencia de C entre el hongo y la bacteria (Linderman, 1992). Aunado a esto, Harris *et al.* (1985) mencionaron que la presencia de micorriza redujo la fijación de N<sub>2</sub> por *A. brasilense* en 60% y decreció la fijación neta de CO<sub>2</sub> aunque la presencia de endomicorriza arbuscular incrementó la distribución de C en la raíz de 4 a 7%.

### Actividad Nitrogenasa

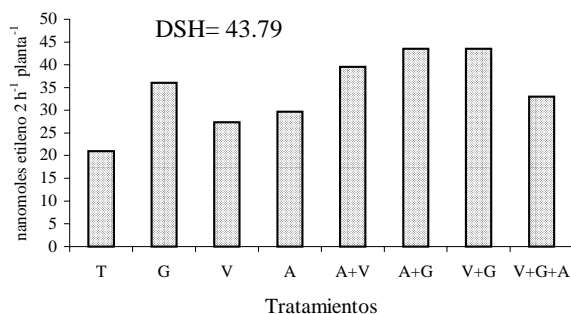
La doble inoculación produjo un incremento y, aunque no fue estadísticamente significativo, todos los tratamientos superaron al testigo. El tratamiento *G. intraradix* superó en más de 50% al testigo; le siguió el tratamiento *A. brasilense* y finalmente el tratamiento de vermicomposta (Figura 1). La comparación de medias para las combinaciones del factorial mostró que *A. brasilense* + *G. intraradix* y vermicomposta +

*G. intraradix* alcanzaron la mayor actividad nitrogenasa, ambos redujeron 43.16 nmoles de etileno en 2 h de incubación planta<sup>-1</sup> y la más baja correspondió al testigo con 20.81 nmoles de etileno en 2 h de incubación planta<sup>-1</sup> (Figura 1).

De los tres factores estudiados, el tratamiento con adición de vermicomposta mostró menor reducción de acetileno y, por consiguiente, menor fijación de N debido a que este biofertilizante aportó 1.49% de N total al suelo, lo que posiblemente inhibió la actividad de la enzima nitrogenasa, ya que un organismo no fija N<sub>2</sub> si este elemento es abundante en el suelo y, principalmente, si se encuentra en formas de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y también como compuestos inorgánicos simples (Alexander, 1994).

### Colonización Micorrízica

En esta variable no se observaron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, en colonización total (%CT) y arbusculos (%AR), los tratamientos vermicomposta, *G. intraradix* y *A. brasilense* mostraron diferencias numéricas con respecto al testigo. En la etapa de plena floración (60 dds), %CT del tratamiento *G. intraradix* superó al testigo en 200%; la inoculación de la bacteria y/o adición de vermicomposta presentó efecto positivo sobre la colonización micorrízica (Cuadro 2). A los 60 dds el %CT de las combinaciones entre los factores presentaron la misma tendencia que la observada cuando se aplicaron por separado (Cuadro 2); el tratamiento con mayor valor fue vermicomposta + *G. intraradix* con 62% a 60 dds, mientras que el testigo tuvo 26%. En lo que respecta a %AR, el tratamiento vermicomposta + *G. intraradix* a 60 dds superó al testigo en más de 100% [37.4 y 15.3%, respectivamente (Cuadro 2)]. Matías-Crisóstomo y Ferrera-Cerrato (1993) mencionaron que en un suelo tepetatoso, la adición de materia orgánica incrementó la incidencia de la endomicorriza V-A en la asociación maíz-frijol-haba. Jodice y Nappi (1987) observaron que las sustancias



**Figura 1. Actividad nitrogenasa en tomate de cáscara inoculado con *A. brasilense*, *G. intraradix* y adición de vermicomposta a 60 dds. T = testigo, G = *G. intraradix*, V = vermicomposta, A = *A. brasilense* ( $\alpha = 0.05$ ).**

**Cuadro 2. Porcentaje de colonización micorrízica en tomate de cáscara inoculado con *Glomus intraradix* (G), *Azospirillum brasilense* (A), adición de vermicomposta (V), testigo (T) y las combinaciones del factorial.**

Tratamiento	40 dds <sup>†</sup>		60 dds		90 dds	
	Arb. <sup>‡</sup>	Col. tot. <sup>§</sup>	Arb.	Col. tot.	Arb.	Col. tot.
T	2.99	15.32	15.33	26	8.66	15.99
G	6.99	19.32	38.32	62	22.66	32.32
V	1.9	11.66	21.49	43.67	15.49	20.99
A	9.33	21.66	22.33	38.83	16.99	22.66
A + V	6.99	17.99	23.83	35	21.66	31.99
A + G	6.99	11.65	14.16	33.66	24.33	31.66
G + V	10.99	22.99	37.41	60.42	23.53	35.16
V + G + A	6.66	13.32	27.58	53.58	11.99	20.66

<sup>†</sup> dds = días después de la siembra, <sup>‡</sup> Arb. = arbusculos, <sup>§</sup> Col. tot. = colonización total.

orgánicas de las compostas tienen influencia benéfica sobre el número y funciones de los fijadores de nitrógeno heterotróficos y hongos micorrízicos arbusculares; la aplicación de ciertas cantidades de sustancias húmicas favorece el establecimiento y la funcionalidad de estas simbiosis, en cambio al aplicar altas cantidades de materia orgánica, la efectividad de los hongos micorrízicos arbusculares disminuye e incluso afecta también el crecimiento de las plantas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1995).

Datnoff *et al.* (1991) observaron resultados similares en invernadero en tomate (*Lycopersicon esculentum*); la colonización micorrízica total después de seis semanas varió de 3 a 59%. En este trabajo, se observó que las vesículas aparecieron en la raíz en bajo porcentaje, a 90 dds; el tratamiento *G. intraradix* presentó 0.99% de vesículas y *G. intraradix* + *A. brasilense* 1.33%. Van Duin *et al.* (1989) señalaron que, al colonizarse nuevas raíces, el hongo micorrízico vesículo arbuscular rápidamente produce arbusculos y posibilita el intercambio de nutrientes y sólo forma vesículas al final de la época de crecimiento como dispositivos de almacén. Sin embargo, la evaluación de la colonización micorrízica en campo es crítica, ya que el hongo micorrízico compite con poblaciones microbianas nativas; existen investigaciones que refieren que nemátodos micófitos, habitantes comunes de la zona rizosférica, reducen el potencial del hongo micorrízico arbuscular, ya que se alimentan de la hifa extramatricial (Linderman, 1992).

### Tasa Fotosintética (TF)

Las combinaciones del factorial mostraron valores similares entre sí y sólo se presentan los resultados de los factores individuales. La mayor actividad

fotosintética en las plantas de tomate se observó en la etapa de floración (58 dds); esto concuerda con lo observado por Shishido *et al.* (1990), quienes mencionaron que la mayor tasa fotosintética por unidad de área foliar se encontró en hojas jóvenes bien extendidas al inicio de la floración de *L. esculentum*, esto alrededor de 50 días después de la siembra.

En el presente trabajo, los tratamientos vermicomposta, *G. intraradix* y *A. brasilense* presentaron mayor TF respecto al testigo (Figuras 2a, 2b y 2c). A 47 dds, el tratamiento con vermicomposta mostró 12.55  $\mu\text{moles de CO}_2$  fijado  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , el tratamiento con *G. intraradix* 12.81  $\mu\text{moles de CO}_2$  fijado  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y el testigo 11.58  $\mu\text{moles de CO}_2$  fijado  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 2b). Linderman (1992) mencionó que el micelio extramatricial de las raíces colonizadas por los hongos micorrízicos arbusculares exploran mayor volumen de suelo y traslocan más eficientemente nutrientes del suelo a la planta, el cual repercute positivamente en la nutrición de la planta.

La nutrición de la planta juega un papel fundamental en la actividad fotosintética, se observó que cuando se inoculó endomicorriza arbuscular y *A. brasilense*, la TF se incrementó respecto al testigo (Figuras 2b y 2c). Las plantas con adición de vermicomposta fueron mejor nutridas y presentaron alto contenido de N, alto porcentaje de P y mayor TF comparado con el testigo. Este efecto se debe posiblemente a que la planta, al no tener deficiencias de nutrientes, produce mayor área foliar fotosintéticamente activa, por lo que tiene mayor capacidad de captación de luz solar afectando positivamente la fotosíntesis, ya que el N es componente estructural de la clorofila y aminoácidos utilizados en las reacciones fotosintéticas (Marschner, 1990).

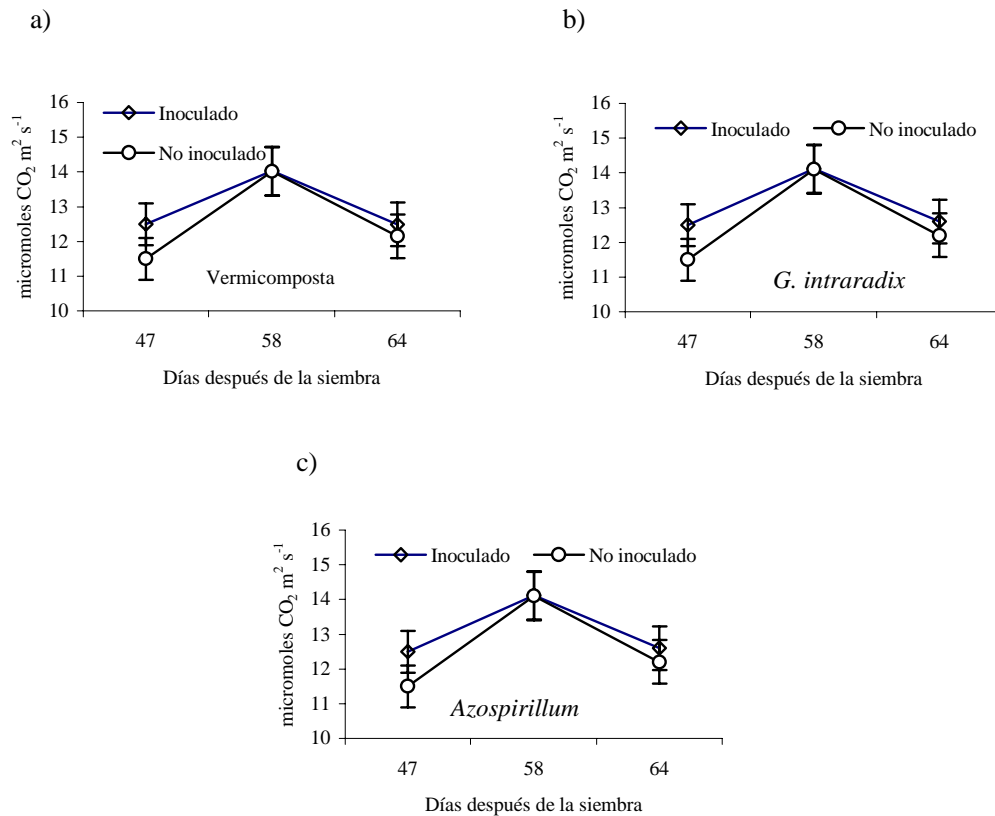


Figura 2. Tasa fotosintética en plantas de tomate de cáscara con adición de vermicomposta (a), e inoculación con *G. intraradix* (b) y *A. brasilense* (c); a 47, 58 y 64 días.

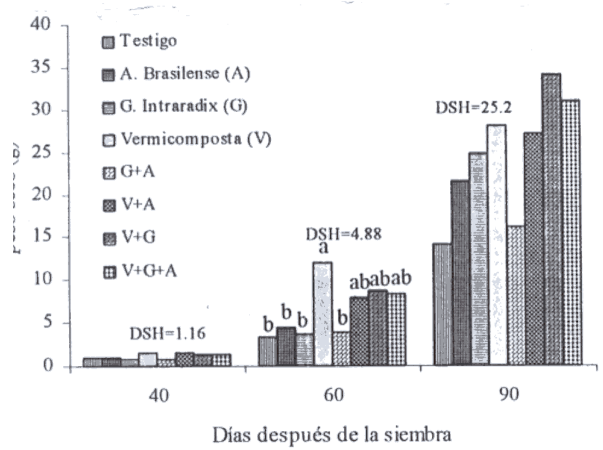


Figura 3. Producción de materia seca de tomate de cáscara con adición de vermicomposta (V), *G. intraradix* (G), *A. brasilense* (A) y testigo.

### Acumulación de Materia Seca y Rendimiento

En acumulación de materia seca total (PST), a 60 dds, se observaron diferencias estadísticas significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre tratamientos. Los mayores valores correspondieron a los tratamientos: vermicomposta; vermicomposta + *G. intraradix*; vermicomposta + *A. brasilense* y vermicomposta + *G. intraradix* + *A. brasilense*. Al final del ciclo de cultivo, los tratamientos vermicomposta y vermicomposta + *G. intraradix* mostraron valores de 28.62 y 34.1 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3).

La disponibilidad de nutrientes es determinante en la acumulación de materia seca; así la vermicomposta aporta al suelo 1.49% de N total, 6000 mg kg<sup>-1</sup> de P, 12 000 mg kg<sup>-1</sup> de K total y cantidades considerables de otros elementos; esto se refleja en la producción de materia seca. Se observó efecto sinérgico en este parámetro cuando se combinó

el hongo endomicorrízico más vermicomposta, ya que este tratamiento resultó ser numéricamente superior a los demás tratamientos.

Al respecto, Jodice y Nappi (1987) mencionaron que la vermicomposta contiene y provee a la planta de elementos minerales poco móviles en el suelo cuya absorción puede aumentarse con la micorriza arbuscular, que afecta positivamente la absorción de los nutrientes proporcionados por la vermicomposta; en este sentido, el efecto es mayor que cuando se utilizan por separado. Smith *et al.* (1986) encontraron que las plantas de cebolla inoculadas con la micorriza arbuscular incrementaron la absorción de nitrógeno y fósforo y, en consecuencia, el peso seco de la planta en condiciones de invernadero.

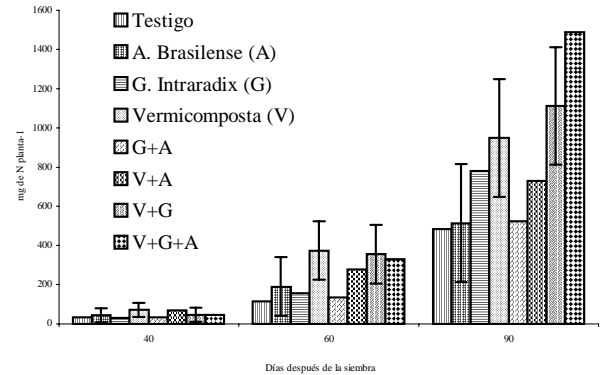
El tratamiento con mayor rendimiento de fruto fue vermicomposta + *G. intraradix*, le siguió la combinación de vermicomposta + *G. intraradix* + *A. brasilense* y el testigo tuvo el menor rendimiento (Cuadro 3). Los resultados confirman la importancia del uso de microorganismos simbióticos de las plantas cultivadas y la aplicación de abonos orgánicos como la vermicomposta; sin embargo, el rendimiento del experimento fue bajo debido, principalmente, al ataque severo de plagas. Flores-García y Ferrera-Cerrato (1995) encontraron rendimientos de 7.9 y 11.9 t ha<sup>-1</sup> con una dosis de vermicomposta de 5 y 15 t ha<sup>-1</sup> y mencionaron que hay efecto positivo en el desarrollo vegetativo y rendimiento de tomate de cáscara debido a la adición de vermicomposta. En el presente trabajo, se observó efecto sinérgico entre el hongo micorrízico y la vermicomposta sobre el rendimiento y el peso seco total de las plantas de tomate.

### Contenido de Nitrógeno

La dinámica de absorción de N se presenta en la Figura 4; las plantas con adición de vermicomposta

**Cuadro 3. Rendimiento de tomate de cáscara con adición de vermicomposta, e inoculación con *Glomus intraradix* y *Azospirillum brasilense*.**

Tratamiento	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
<i>G. intraradix</i> + vermicomposta	5.5 a
<i>G. intraradix</i> + <i>A. brasilense</i> + vermicomposta	5.1 a
Vermicomposta	4.9 a
<i>G. intraradix</i>	4.5 a
<i>G. intraradix</i> + <i>A. Brasilense</i>	4.4 a
<i>A. brasilense</i>	4.4 a
<i>A. brasilense</i> + vermicomposta	4.3 a
Testigo	4.0 a



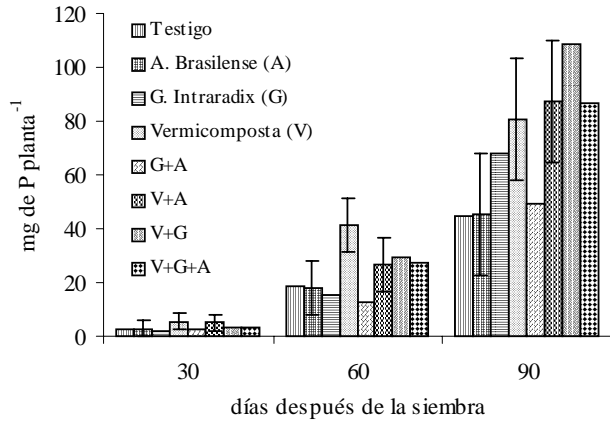
**Figura 4. Contenido de N en la planta de tomate de cáscara durante el desarrollo del cultivo. Vermicomposta (V), *G. intraradix* (G), *A. brasilense* (A), testigo y la combinación entre factores individuales.**

presentaron mayores valores en el contenido de N durante todo el ciclo del cultivo. A 90 dds se observó que el tratamiento que resultó superior fue la combinación Vermicomposta + *G. intraradix* + *A. brasilense* con 1488.3 mg de N planta<sup>-1</sup>, le siguió Vermicomposta + *G. intraradix* con 1111.3 mg de N planta<sup>-1</sup> (Figura 4).

El contenido de nitrógeno en órganos de plantas cultivadas depende de la disponibilidad del elemento en el suelo y la cantidad de N aplicado; cuando el suplemento de N es escaso, el crecimiento es retardado (Greenwood *et al.*, 1980; Marschner, 1990). Dependiendo de la especie de planta, la edad de desarrollo y órgano, el contenido de nitrógeno requerido para el crecimiento óptimo varía de 2 a 5% del peso seco de la planta (Marschner, 1990). Arévalo y Marín (1992) mencionaron que para tomate verde el porcentaje de N en parte aérea es de aproximadamente 2.4 y en fruto 2.2 en 100 g de peso seco. En el presente estudio, se encontró que la vermicomposta proveyó a la planta del N necesario para su desarrollo. En el caso del N total, en la parte aérea se encontró de 2 a 3% y en fruto alrededor de 3%; estos valores se asemejan a los referidos por Arévalo y Marín (1992).

### Contenido de Fósforo

La superioridad de la vermicomposta respecto a la inoculación del hongo micorrízico y *A. brasilense*, cuando se inoculan solos a la planta, fue evidente; sin embargo, cuando se combinó vermicomposta + *G. intraradix* y vermicomposta + *A. brasilense* se



**Figuras 5.** Contenido de P en la planta de tomate de cáscara durante el desarrollo del cultivo. Vermicomposta (V), *G. intradix* (G), *A. brasilense* (A), testigo y la combinación entre factores individuales.

observó mayor contenido de P en la planta en los tres muestreos, aunque éste fue mayor a 90 dds (Figura 5). Se observó que el hongo micorrízico incrementó la absorción de P por la planta cuando se adicionó vermicomposta; el tratamiento vermicomposta + *G. intradix* fue mayor con 108.8 mg de P planta<sup>-1</sup> contra 44.5 mg de P planta<sup>-1</sup> del testigo (Figura 5).

## CONCLUSIONES

*Azospirillum brasilense* inoculado a tomate de cáscara en campo presentó poblaciones de  $3.26 \times 10^3$  UFC g<sup>-1</sup> de suelo seco en rizósfera y  $4.17 \times 10^5$  UFC g<sup>-1</sup> de raíz en rizoplano en la etapa de floración; en endorizósfera el porcentaje de infección se afectó positivamente por la inoculación de *G. intradix* con 72% de infección.

La mayor colonización micorrízica en tomate de cáscara se observó en la etapa de floración (60 dds). En general, la vermicomposta incrementó el porcentaje de colonización total y el contenido de P y N en planta; en consecuencia, mayor área foliar fotosintéticamente activa y la tasa fotosintética fue mayor en los tratamientos inoculados ya sea con hongo o bacteria, así como por la adición de vermicomposta. En general, la adición de 10 t ha<sup>-1</sup> de vermicomposta, ya sea sola o combinada con *G. intradix* o *A. brasilense*, incrementó el contenido de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1995. Niveles de vermicomposta y micorriza arbuscular, en el desarrollo de plántulas de *Casuarina equisetifolia* a nivel de vivero. pp. 84. In: Memorias de la I Reunión Internacional de Ecología Microbiana. CINVESTAV-IPN. Distrito Federal, México.
- Alexander, M. 1994. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. al español por J. Peña C. 2a reimpression. AGT. Distrito Federal, México.
- Arévalo G., G. y M.A. Marín C. 1992. Contenidos de nitrógeno en diferentes cultivos hortícolas, cultivados en el bajío Guanajuatense. pp. 140. In: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (eds.). Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero. México.
- Bethlenfalvay, G.J. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. pp. 127-133. In: R. Ferrera-Cerrato y R. Quintero Lizaola (eds.). Agroecología, sostenibilidad y educación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Campbell, R. y M.P. Greaves. 1990. Anatomy and community structure of the rhizosphere. pp. 11-31. In: J.M. Lynch (ed.). The rhizosphere. John Wiley. Chichester, England.
- Datnoff, L.E., S. Nemeč y R.N. Raid. 1991. Influence of various vegetable potting mixes on colonization of tomato by *Glomus intradix*. pp. 253-257. In: Proc. 104th Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society. Micor Beach, FL.
- Edwards, C.A., I. Burrows, K.E. Fletcher y B.A. Jones. 1984. The use of earthworms for composting farm wastes. pp. 229-241. In: J.K.R. Gasser (ed.). Composting of agricultural and other wastes. Els. App. Sci. Publ. London and New York.
- Etchevers B., J.D. 1988. Análisis químico de suelos y plantas. Vol. 1. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Flores-García, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1995. Uso de la vermicomposta en la producción de hortalizas. pp. 138. In: Memorias de la I Reunión Internacional de Ecología Microbiana. CINVESTAV-IPN. Distrito Federal, México.
- González Ch., M.C. 1993. La endomicorriza vesículo-arbuscular. pp. 53-91. In: R. Ferrera Cerrato, M.C. González y M.N. Rodríguez (eds.). Manual de agromicrobiología. Trillas. México.
- Greenwood, D.J., T.J. Cleaver, M.K. Turner, J. Hunt, K.B. Niendorf y S.M.H. Loquens. 1980. Comparison of the effects of nitrogen fertilizer on the yield, nitrogen content and quality of 21 different vegetable and agricultural crops. J. Agric. Sci. Camb. 95: 471-485.
- Harris, D., R.S. Pacovsky y E.A. Paul. 1985. C-flow and N<sub>2</sub> fixation in sorghum-*Azospirillum-Glomus* associations. pp. 374. In: R. Molina (ed.). Proc. 6th North Am. Conf. on Mycorrhizae. Corvallis, Oregon.
- Jodice, R. y P. Nappi. 1987. Microbial aspects of compost application in relation to mycorrhizae and nitrogen fixing microorganisms. pp. 115-125. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L. Hermite y F. Zucconi (eds.). Compost: production, quality and use. Els. Appl. Sci. Italy.
- Linderman, R.G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. pp. 45-70. In: G.J. Bethlenfalvay and R.G. Linderman (eds.). Mycorrhizae in sustainable agriculture. Special Publication 54. American Society of agronomy. Madison, WI.

- Marschner, H. 1990. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. San Diego, CA.
- Matías-Crisóstomo, J.S. y R. Ferrera-Cerrato. 1993. Efecto de microorganismos y adición de materia orgánica en la colonización micorrízica en la recuperación de tepetates. pp. 53-61. In: J. Pérez M. y Ferrera-Cerrato R. (eds.). Avances de investigación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Pérez B., J.C. 1994. Efecto de la micorriza vesículo-arbuscular sobre el enraizamiento de esquejes de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Tesis profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Phillips, J.M. y D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161.
- Rennie, R.J. 1981. A single medium for isolation of acetylene reducting (dinitrogen fixing) bacteria from soils. Can. J. Microbiol. 27: 8-14.
- Shishido, Y., K. Arai, H. Kumakura, C.J. Yun y N. Seyama. 1990. Effects of developmental stages and topping on photosynthesis, translocation and distribution of <sup>14</sup>C-assimilates in tomato. Bull. Nat. Res. Inst. Vegetables, Ornamental Plants and Tea 1: 63-73.
- Smith, S.E., B.J. St John, F.A. Smith y J.L. Bromley. 1986. Effects of mycorrhizal infection on plant growth, nitrogen and phosphorus nutrition in glass house-grown *Allium cepa* L. New Phytol. 103: 359-373.
- Van Duin, W.E., J. Rosema y W.H.D. Ernest. 1989. Seasonal and spatial variation in the occurrence of vesicular-arbuscular (V-A) mycorrhizae in salt marsh plant. Agric. Ecosystems Environ. 29: 107-110.