

# NUTRICIÓN MINERAL CON N, P Y K EN LA SIMBIOSIS HONGOS MICORRIZÓGENOS-TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN FERRALSOLS

Desirée Llonín<sup>✉</sup> y N. Medina

**ABSTRACT.** Different nutrient relationships with N, P and K and the inoculation with two arbuscular mycorrhizal fungi-AMF-strains (*G. clarum* and *G. fasciculatum*), as sources of nutrient supply applied alone or combined under field conditions, were evaluated according to crop yield enhancement and nutrient absorption. Crop yield, nutrient absorption and AMF colonization were evaluated. Results indicate that AMF inoculation influenced positively plant nutrient contents. The fungal variable arbuscular endophyte showed the best determination coefficients and, hence, the best foliar contents. These results showed that an efficient functioning of mycorrhizal symbiosis plays an important role in the enhancement of mineral nutrient absorption.

**Key words:** tomato, mineral nutrients, vesicular arbuscular mycorrhizae, fungi, NPK manures

**RESUMEN:** Se evaluó el efecto de diferentes relaciones de nutrientes con N, P y K y la inoculación con dos cepas de hongos micorrízicos arbusculares-HMA- (*G. clarum* y *G. fasciculatum*), como fuentes de suministro de nutrientes aplicadas solas o en combinación, en fase de campo, sobre los incrementos de los rendimientos y la absorción de nutrientes. Para ello se determinaron el rendimiento del cultivo, la absorción de nutrientes y la colonización por HMA. Los resultados indican que la inoculación con hongos MA influyó de manera positiva sobre los contenidos de nutrientes en la planta. La variable fúngica endófito arbuscular fue la que presentó mayores coeficientes de determinación y, por tanto, la que mejor reflejó los contenidos de nutrientes en el tejido foliar, evidenciando que los incrementos en los contenidos de N, P y K pueden ser explicados, en gran medida, por el funcionamiento eficiente de la simbiosis micorrízica.

**Palabras clave:** tomate, nutrientes minerales, micorizas arbusculares vesiculares, hongos, abonos NPK

## INTRODUCCIÓN

Con casi tres millones de hectáreas cultivadas y un gran volumen de producción que ha superado ampliamente los setenta millones de toneladas en los últimos años, podemos considerar al tomate, sin duda, como el producto hortícola de mayor importancia económica a escala mundial (1). En Cuba, constituye la principal hortaliza, tanto por el área que ocupa como por su producción. Del área total de éstas, el tomate comprende el 50 % y anualmente se siembran más de 20 000 hectáreas (2). Para poder atender la demanda creciente de alimentos provocada por el espectacular aumento de la población mundial, se vienen utilizando intensamente los fertilizantes minerales, a fin de incrementar los rendimientos agrícolas de los cultivos (3), constituyendo en la actualidad un grave problema la contaminación ambiental provocada, fundamentalmente, por su uso indiscriminado, por lo que se ha recurrido a fuentes alternativas de fertilización.

Los problemas económicos y ecológicos del mundo actual han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la agricultura, así como el uso de los biofertilizantes y abonos verdes, de forma tal de reducir, al mínimo imprescindible, el uso de los fertilizantes minerales como vía de nutrición de las plantas (4). Siguiendo esta política, se recomienda que (5), en la agricultura intensiva de los países subdesarrollados, se debe tender a la utilización combinada de fertilizantes minerales con biofertilizantes, dado que estos tienen la ventaja de ser tecnologías «limpias», no contaminantes del medio ambiente y de bajo costo.

El creciente interés, con respecto a la utilización de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) como biofertilizantes viene dado, fundamentalmente, por la capacidad de las hifas externas de las raíces colonizadas para absorber nutrientes del suelo y translocarlos con mayor eficiencia a la parte aérea de las plantas, lo que promueve un mayor desarrollo de estas (6) y permite disminuir las dosis de fertilizantes minerales a aplicar.

El efecto nutricional más notorio, y también el más estudiado, es el aumento en la absorción de fósforo, elemento que limita el crecimiento vegetal en la mayoría de los suelos. La falta de nitrógeno, conjuntamente con la de fósforo, representa una de las principales limitaciones para el crecimiento de las plantas en los trópicos (7, 8).

Ms.C. Desirée Llonín, Investigadora y Dr.C. N. Medina, Investigador Titular del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ dllonin@inca.edu.cu

Así como ocurre con el fósforo, tanto las hifas como las raíces micorrizadas son capaces de absorber nitrógeno en varias formas y transferirlo hacia la planta (9).

Por todo lo antes señalado, el presente trabajo se planteó como objetivo el evaluar las respuestas del tomate a la fertilización mineral con N, P y K y a la biofertilización con HMA, como alternativa nutricional a la fertilización mineral y como complemento de ella.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Condiciones experimentales.** En las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA), en San José de las Lajas, provincia de La Habana, se condujo un experimento de campo en el período de siembra óptimo (entre noviembre y abril), para evaluar la respuesta del cultivo del tomate a la fertilización mineral con diferentes combinaciones de N, P y K, la inoculación con dos especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la aplicación conjunta de ambos, en la fase de semillero, según el siguiente esquema de tratamientos:

1. Testigo absoluto
2. Fertilización con NPK
3. Fertilización con NP
4. Fertilización con NK
5. Fertilización con PK
6. Semillas inoculadas con *Glomus clarum*
7. Semillas inoculadas con *Glomus clarum* + NPK
8. Semillas inoculadas con *Glomus clarum* + NP
9. Semillas inoculadas con *Glomus clarum* + NK
10. Semillas inoculadas con *Glomus clarum* + PK
11. Semillas inoculadas con *Glomus fasciculatum*
12. Semillas inoculadas con *Glomus fasciculatum* + NPK
13. Semillas inoculadas con *Glomus fasciculatum* + NP
14. Semillas inoculadas con *Glomus fasciculatum* + NK
15. Semillas inoculadas con *Glomus fasciculatum* + PK.

El experimento se desarrolló sobre un suelo del tipo Ferralítico Rojo compactado (Ferralsol) (10), de fertilidad media a alta, mostrándose los principales componentes de su fertilidad en la Tabla I.

**Tabla I. Principales características de la fertilidad del suelo empleado**

Fase	Profundidad (cm)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> (cmol.kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup>	P asimilable (ppm)	MO (%)	PH H <sub>2</sub> O
Semillero	0-20	0.59	11.2	1.8	540	3.01	7.10
Campo	0-20	0.61	11.8	1.6	468	3.18	7.15

Como portadores de N, P y K se utilizaron la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio, respectivamente, a una dosis de 100-60-125 kg.ha<sup>-1</sup>. Las especies de HMA pertenecían al género *Glomus* y se aplicaron a una dosis de 1.0 kg.m<sup>-2</sup>. El área de semillero utilizada para cada tratamiento fue de 3 x 1 (3,0 m<sup>2</sup>) para una producción de 1 000 plántulas por tratamiento, empleando un diseño completamente aleatorizado con 10 repeticiones. El trasplante se realizó a los 25 días de germinada la semilla.

En fase de campo se le dio continuidad a cada tratamiento del semillero, realizando la fertilización según las Normas técnicas del cultivo (2). Para ello, cada variante se ubicó en parcelas de 3 m de largo y cuatro surcos a 1,40 m entre ellos y 0.30 m entre plantas, para un total de 40 plantas por variante, utilizando un diseño de Bloques al azar con cuatro réplicas.

Se empleó la variedad de tomate INCA-17, recomendada para apertura y cierre de campaña, caracterizada por un crecimiento determinado abierto, de ciclo corto (90-100 días) y con un rendimiento potencial de 20 t.ha<sup>-1</sup> (11). Las actividades culturales realizadas fueron las recomendadas en la Normas técnicas del cultivo (2).

**Evaluaciones realizadas y metodologías empleadas:**

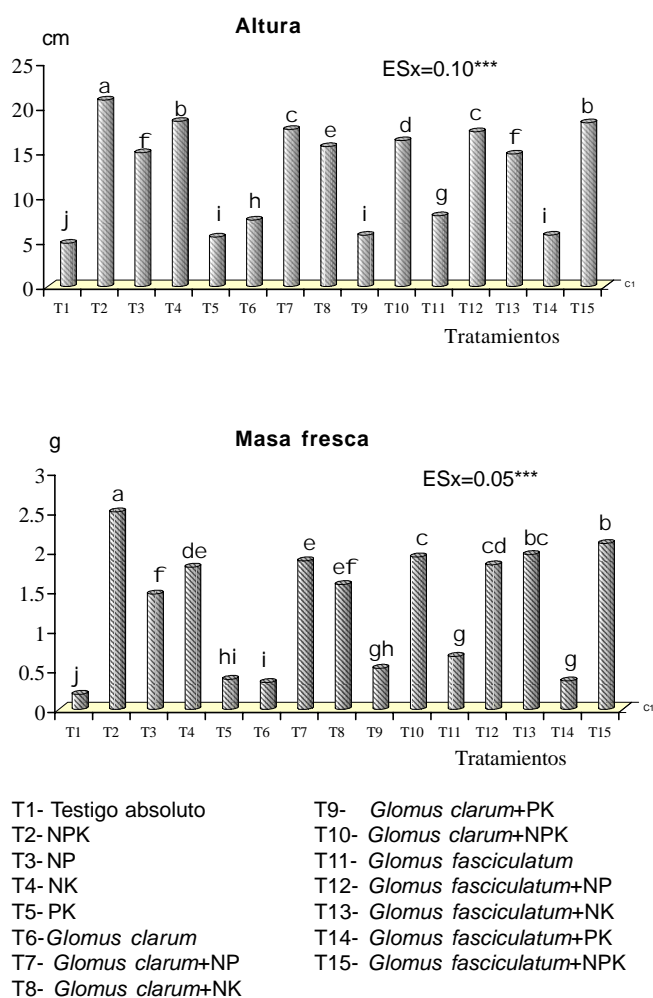
- \* Altura de las plantas al trasplante (cm), por medición con regla graduada.
- \* Masa fresca al trasplante (g), por pesada
- \* Rendimiento (t/ha) y sus principales componentes, por cálculo.
- \* Contenidos foliares de NPK (%):
  - ★ Nitrógeno: según método colorimétrico del reactivo de Nessler
  - ★ Fósforo: según método colorimétrico del azul de molibdeno
  - ★ Potasio: por fotometría de llama
- \* Colonización fúngica por HMA, según metodología (12).

A partir de los valores medio de cada tratamiento, se determinó el efecto de la fertilización mineral y de la biofertilización para el cultivo del tomate en las condiciones del estudio. Para el procesamiento estadístico de la información, se aplicaron análisis de varianza de clasificación doble y análisis de regresión para describir las relaciones entre las variables fúngicas y los contenidos de nutrientes foliares y el rendimiento. Para docimar diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Rangos Múltiples de Duncan a p<0.001.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto de los tratamientos sobre algunas variables del crecimiento, el rendimiento y sus principales componentes.** En la Figura 1 se muestran los resultados de altura y masa fresca de las plántulas obtenidos a los 25 días de germinadas las semillas. De manera general, el comportamiento de las variables fue similar, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, lo que demuestra la respuesta positiva del cultivo a estos.

La aplicación de las diferentes relaciones de nutrientes produjo en las plantas respuestas superiores a las obtenidas en el testigo sin fertilizar, encontrando los valores más altos con la adición de NPK, que aventajó significativamente al resto de los tratamientos. Se conoce que plantas con deficiencias de estos elementos producen brotes enanos, delgados y rígidos, por lo que, para la obtención de plántulas de calidad, es necesaria la aplicación de niveles apropiados de nutrientes minerales.



**Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento**

Como puede observarse también, la aplicación de los hongos MA en la fase de semillero produjo un retardo en el crecimiento con respecto al resultado obtenido en la variante NPK, obteniendo diferencias significativas entre ellos. Este comportamiento es característico de las etapas iniciales de desarrollo de las plántulas, ya que el establecimiento de la simbiosis micorrizica pasa, primeramente, por una etapa parasítica, caracterizada por la no existencia aún del intercambio de metabolitos y nutrientes entre la planta y el hongo y donde este último actúa como un consumidor neto de fotosintatos (13). No obstante, con el empleo combinado de las dos especies de HMA y las diferentes relaciones minerales donde estaba presente el elemento nitrógeno, el comportamiento de las plántulas fue superior al mostrado cuando se efectuó la inoculación en ausencia de fertilización mineral, lo que indica que la micorrización, en presencia de un contenido adecuado de nutrientes, permitió realizar una absorción más eficiente de estos, garantizando el desarrollo normal de las plantas en el semillero (14).

De las diferentes combinaciones utilizadas, la respuesta de las plantas fue mejor cuando se combinaron ambas especies de HMA con la relación NPK, destacán-

dose *Glomus fasciculatum*. Todos los tratamientos superaron significativamente al testigo absoluto, con aumentos que oscilaron entre 106 y 78 % para la altura de las plantas y fueron del 89 % para la masa fresca, lo que evidencia la respuesta de las plantas a la fertilización mineral.

Al evaluar el efecto de los diferentes tratamientos sobre el rendimiento agrícola y sus componentes, se aprecian resultados favorables (Tabla II). En sentido general, durante las dos etapas evaluadas (semillero y campo), se destacaron los tratamientos en los que el nitrógeno fue componente de las relaciones de nutrientes aplicadas, corroborándose con ello la importancia de este elemento para obtener adecuados niveles de rendimiento (15).

**Tabla II. Efectos sobre el rendimiento y sus componentes**

Tratamientos	No. de frutos/planta (u)	Masa de los frutos (g)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
Testigo absoluto	7.04 k	59.95 g	9.98 l
NPK	11.81 g	61.62 f	17.30 h
NP	10.75 i	61.71 f	15.75 i
NK	10.30 j	54.41 h	15.05 j
PK	10.26 j	47.45 i	14.05 k
<i>Glomus clarum</i>	11.12 h	61.90 f	14.30 k
<i>Glomus clarum</i> +NP	12.50 e	65.60 a	20.09 f
<i>Glomus clarum</i> +NK	12.50 e	60.74 e	20.01 f
<i>Glomus clarum</i> +PK	10.20 f	63.50 c	18.90 g
<i>Glomus clarum</i> +NPK	14.50 b	65.30 a	23.87 b
<i>Glomus fasciculatum</i>	11.11 gh	62.56 e	17.24 h
<i>Glomus fasciculatum</i> +NP	10.35 d	63.05 d	22.70 c
<i>Glomus fasciculatum</i> +NK	13.91 c	63.95 b	21.30 c
<i>Glomus fasciculatum</i> +PK	11.05 f	62.63 e	20.72 e
<i>Glomus fasciculatum</i> +NPK	16.94 a	65.57 a	26.45 a
ESx	0.09***	0.07***	0.09***

Medias con letras comunes no difieren significativamente según prueba de Duncan para  $p \leq 0.001$

En el cultivo del tomate la deficiencia de nitrógeno produce un retraso en el desarrollo vegetativo y reduce el crecimiento de la parte aérea limitando la producción de frutos (16). Al igual que el nitrógeno, el fósforo es uno de los elementos que más limita la producción del tomate. Las deficiencias de fósforo atrasan el desarrollo de las plantas y retardan la diferenciación de las yemas florales, provocando una disminución del número de frutos por planta (2).

Con estos resultados se corrobora que la adición de nutrientes al cultivo es un elemento importante a tener en cuenta para la obtención de buenas respuestas productivas (16), pues el volumen de nutrientes aplicados se relaciona directamente con la cantidad de cosecha obtenida.

La inoculación con hongos MA generó resultados significativamente superiores a los alcanzados por el testigo de producción y el testigo absoluto, destacándose aquellos tratamientos donde se adicionó además nitrógeno. La respuesta provocada en las plantas al ser inoculadas con la especie *G. fasciculatum* fue superior, de forma general, para todas las variables analizadas. Lo anterior permite deducir una mayor eficiencia de *G. fasciculatum*, para lograr altas respuestas de las plantas en nuestras condiciones de trabajo, con respecto a *G. clarum*.

Como ya se señaló, los tratamientos donde se aplicaron las combinaciones *G. fasciculatum*+NPK y *G. clarum*+NPK mostraron los mejores resultados para todas las variables estudiadas, y su aplicación permitió la obtención de incrementos que oscilaron entre un 55 y 72 % más de producción en relación con el testigo de producción. Algunos autores (17) plantean que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes. Al respecto, otros (18) señalaron que las micorrizas influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que sus hifas crecen en el suelo, aumentando el volumen de suelo total a explorar, permitiendo la absorción fuera de la zona de agotamiento de las raíces.

En la Tabla III se presentan las respuestas de los contenidos foliares de N, P y K en las plantas. Desde el punto de vista de funcionamiento y eficiencia de las micorrizas, el papel que estas juegan en los mecanismos de absorción de los nutrientes y su influencia en la nutrición vegetal son algunos de los aspectos más importantes a analizar. En dependencia de esto, los niveles de nutrientes que alcanza la planta es una de las mejores opciones de que se dispone para evaluar la eficiencia de la colonización radical por los hongos micorrizógenos.

**Tabla III. Efectos sobre los contenidos foliares de N, P y K**

Tratamientos	N (%)	P (%)	K (%)
Testigo absoluto	2.11 j	0.30 g	1.12 m
NPK	2.43 h	0.375 e	1.42 h
NP	2.40 h	0.35 f	1.25 l
NK	2.39 h	0.33 f	1.345 i
PK	2.25 i	0.37 e	1.30 k
<i>Glomus clarum</i>	2.55 f	0.41 bc	1.92 d
<i>Glomus clarum</i> +NP	2.83 e	0.41 bc	1.63 f
<i>Glomus clarum</i> +NK	2.825 e	0.41 bc	2.23 b
<i>Glomus clarum</i> +PK	2.49 g	0.38 e	1.93 c
<i>Glomus clarum</i> +NPK	3.33 a	0.45 a	1.72 e
<i>Glomus fasciculatum</i>	2.86 d	0.45 a	1.42 h
<i>Glomus fasciculatum</i> +NP	3.06 b	0.42 b	1.32 j
<i>Glomus fasciculatum</i> +NK	2.94 c	0.40 bcd	1.63 f
<i>Glomus fasciculatum</i> +PK	2.55 f	0.40 bcd	1.53 g
<i>Glomus fasciculatum</i> +NPK	3.33 a	0.46 a	2.42 a
ESx	0.01***	0.01***	0.01***

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según prueba de Duncan para  $p \leq 0.001$

Es de señalar que, para las diferentes relaciones de nutrientes que aportan nitrógeno, los contenidos del elemento en las plantas no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero sí en relación con el testigo sin fertilizar y las variantes donde sólo se aplicaba PK. Respecto a los contenidos de P y K, los valores significativamente superiores se alcanzan en aquellas variantes donde dichos nutrientes son aportados conjuntamente con el nitrógeno, lo que confirma que este elemento, además de influir positivamente en el crecimiento de las plantas, actúa como motor impulsor para la absorción de cantidades superiores de otros nutrientes (19).

El proceso de absorción y translocación del fósforo hacia la planta está muy relacionado con el funcionamiento de la simbiosis micorrízica, constituyendo el metabolito

clave en el intercambio hongo-planta (20). Algunos autores (21, 22) mencionan que el fósforo es el principal elemento translocado por el hongo micorrízico y, a cambio, recibe de la planta carbohidratos para su desarrollo. Sin embargo, en el caso del nitrógeno y el potasio, la micorrización no debe desempeñar un papel decisivo en el proceso de absorción; no obstante, si la planta está micorrizada, ellos pueden tomarse y translocarse a través de las hifas, pudiendo informarse incrementos en su absorción por la planta (23).

La inoculación con HMA influyó de manera positiva en la absorción de los nutrientes, lo que indica una estrecha relación entre la eficiencia simbiótica, el crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes. La acción de las cepas originó incrementos en la absorción de nutrientes en relación con el testigo absoluto y testigo de producción. Este comportamiento fue general para todos los nutrientes evaluados. Los mejores contenidos foliares se obtuvieron al utilizar la especie *Glomus fasciculatum* combinada con NPK, sobresaliendo como el mejor tratamiento, el cual permitió garantizar un buen estado nutricional, dado por la presencia de contenidos adecuados de nutrientes.

Los resultados de la colonización de las raíces de las plantas por los hongos MA, aplicados solos o en combinación con las diferentes relaciones de nutrientes, se muestran en la Tabla IV. Se encontró una infestación positiva por parte de dichos microorganismos en las plantas de tomate. De las dos especies utilizadas, la que presentó los mejores porcentajes de infección fue *G. fasciculatum*.

**Tabla IV. Efectos sobre la colonización fúngica**

Tratamientos	Infección (%)	Densidad visual (%)	Masa del endófito (mg)
Testigo absoluto	30	1.37	1.08
NPK	32	2.01	1.13
NP	32	1.62	1.11
NK	32	2.00	1.12
PK	30	1.42	1.10
<i>Glomus clarum</i>	40	2.53	3.06
<i>Glomus clarum</i> +NP	49	2.59	4.02
<i>Glomus clarum</i> +NK	52	3.36	6.03
<i>Glomus clarum</i> +PK	43	2.49	3.74
<i>Glomus clarum</i> +NPK	54	4.15	8.31
<i>Glomus fasciculatum</i>	44	4.10	5.31
<i>Glomus fasciculatum</i> +NP	49	2.74	5.11
<i>Glomus fasciculatum</i> +NK	50	3.01	6.35
<i>Glomus fasciculatum</i> +PK	37	2.40	3.60
<i>Glomus fasciculatum</i> +NPK	59	5.90	11.80

Con respecto al testigo absoluto y al testigo de producción, donde lo que se evaluó fue la micorrización nativa (30 y 32 % infección, respectivamente), la infección fue menor que en los tratamientos inoculados artificialmente. Igual comportamiento presentó la densidad visual.

Para evaluar el comportamiento de la colonización micorrízica de las plantas, el indicador más representativo es la masa del endófito (ME). Esta variable expresa la intensidad infectiva del simbiote, tomando en consideración niveles visuales de ocupación fúngica en el interior radical, a diferencia del simple cálculo de los porcentajes de colonización, que solo tienen en cuenta la presencia o

no del simbiote en la raíz, sin cuantificar la magnitud de la colonización (12). Si observamos la masa del endófito, el comportamiento de los diferentes tratamientos fue similar al presentado por el porcentaje de infección. Los mayores valores de ME fueron mostrados por los tratamientos donde se inoculó con *G. fasciculatum*.

Otros autores (24) obtuvieron mayores valores de colonización micorrizica en la etapa de floración para plantas de tomate de cáscara. Igualmente, se encontró una respuesta positiva a la inoculación con *Glomus fasciculatum* (25) en plantas de tomate, las cuales alcanzaron niveles de colonización de 39 % y una densidad visual entre 2.02 y 5.13 %. **Evaluación de la eficiencia de la inoculación con HMA.** En la Figura 2 se muestran las curvas de tendencias (modelo polinomial de 2do grado) entre la variable fúngica endófito arbuscular (x) y los contenidos foliares de N, P y K (y), en los tratamientos inoculados y sin inocular, por ser esta la variable de colonización que presentó mayores coeficientes de determinación y, por tanto, la que mejor reflejó el comportamiento de los contenidos foliares de nutrientes en las plantas.

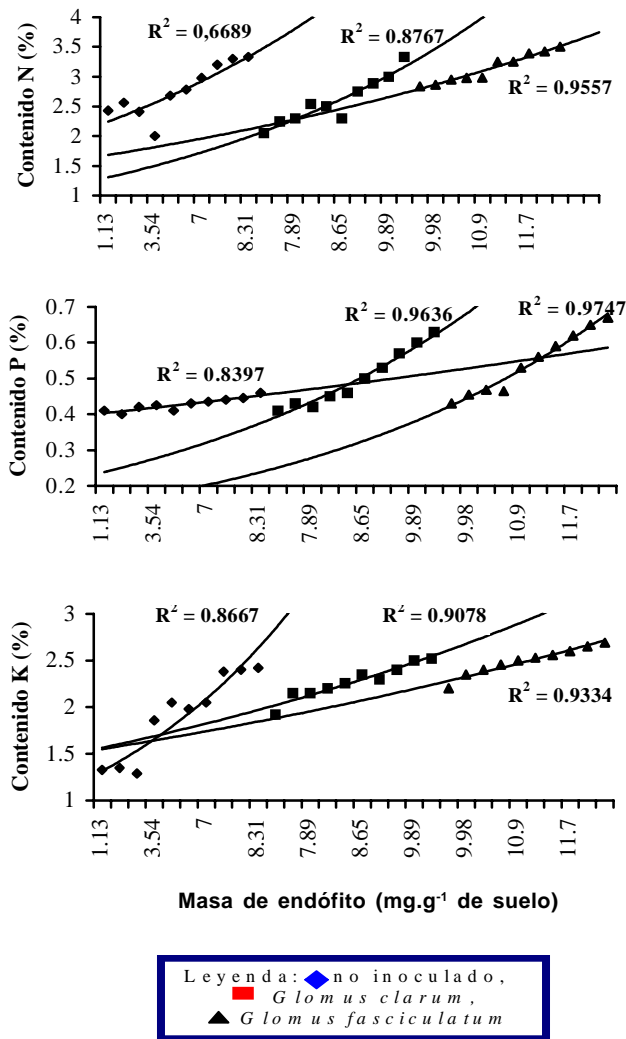


Figura 2. Curvas de tendencia entre las variables endófito arbuscular y los contenidos foliares de N, P y K

En todos los casos se encontró una estrecha relación entre las variables, correspondiendo los mayores valores de la variable fúngica a los mayores tenores de nutrientes, presentando coeficientes de determinación superiores a 0,9, lo que evidenció que los incrementos en los contenidos de N, P y K pueden ser explicados, en gran medida, por el eficiente funcionamiento de la simbiosis micorrizica para el incremento de la absorción de dichos nutrientes (9).

En correspondencia con los resultados obtenidos, las mejores relaciones se obtuvieron al inocular con las dos especies de HMA bajo estudio, alcanzando los mayores coeficientes de determinación con la aplicación de *G. fasciculatum*, lo que confirma su mayor eficiencia para tomate en las condiciones estudiadas. La obtención de relaciones significativas entre el endófito arbuscular y los contenidos de nutrientes resulta un indicativo de la activa participación de la micorrización en el proceso de absorción de estos.

En la Figura 3 se presentan las curvas de tendencia entre la misma variable fúngica y el rendimiento. Al igual que ocurrió con la absorción de nutrientes, el comportamiento de la masa del endófito determinó en gran medida el comportamiento del rendimiento en las plantas inoculadas, alcanzando las mejores relaciones y coeficientes de determinación, superiores a 0.90, en los tratamientos donde se realizó la inoculación con las especies en estudio, con respecto a los tratamientos sin inocular. De las dos especies utilizadas, nuevamente *G. fasciculatum* presentó una relación superior a *G. clarum*. Este comportamiento corrobora, una vez más, la mayor eficiencia de dicha especie en el cultivo del tomate para las condiciones de estudio.

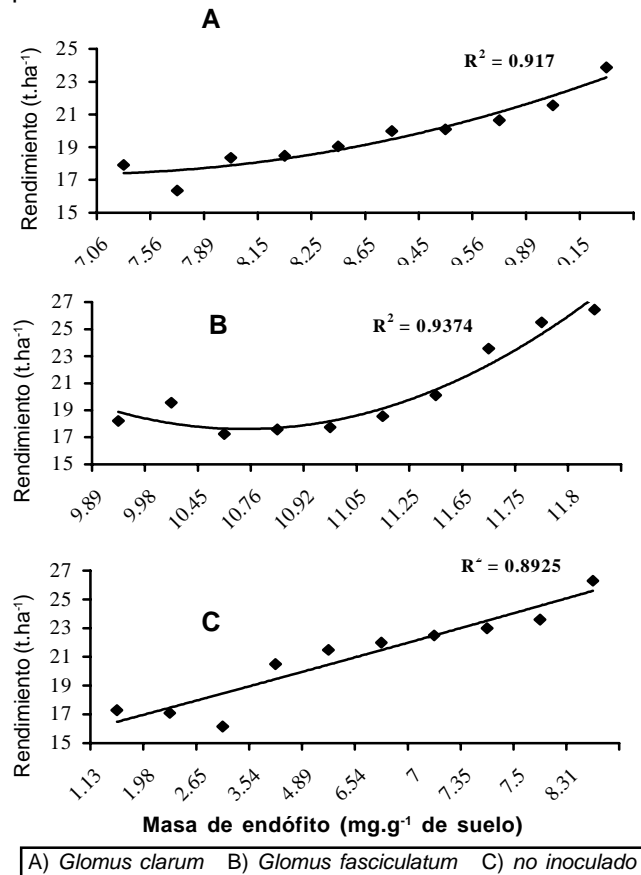


Figura 3. Curvas de tendencia entre las variables endófito arbuscular y el rendimiento del cultivo

## REFERENCIAS

1. Nuez, F. El cultivo del tomate. Madrid : Ed. Mundi-Prensa, Madrid-Barcelona-Mexico, 1995.
2. Cuba. MINAG. Instructivo técnico del cultivo del tomate. La Habana, 1998.
3. Corbera, J.G. Evaluación agronómica de la coinoculación de *Bradyrhizobium japonicum* - micorrizas arbusculares en el cultivo de la soya (*Glycine max* L. Merrill.) [Tesis de Maestría]. INCA. 1998.
4. Martínez, R.V. El uso de los biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. La Habana : ICA, 1994.
5. Ruiz, L. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. [Tesis de Grado]. UNAH. 2001.
6. Bertha, A /et al./ Morphogenetic modifications induced by the mycorrhizal fungus *Glomus* strain E<sub>3</sub> in the root system of *Allium porrum* L. *New Phytol.*, 1998, vol. 114, p. 207-215.
7. Cuevas, F. P. Evaluación agronómica de la nutrición mineral con NPK y la aplicación de biopreparados en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso. [Tesis de Maestría]. INCA. 1998.
8. Llonín, D. Nutrición mineral con NPK y biofertilización con hongos MA en el cultivo del tomate en suelo Ferralítico Rojo compactado. [Tesis de Maestría]. INCA. 1999.
9. Fernández, F. Manejo de los movimientos micorrízicos arbusculares sobre la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L. var. Catura) en algunos suelos. [Tesis de Grado]. UNAH. 1999.
10. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana : Agrinfor, 1999.
11. Álvarez, M. Variedad de tomate INCA-17. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 2, p. 81-83.
12. Herrera, R. A. /et al./ Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. En: Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, evolución y procesos sociales. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Subprograma XII: Diversidad Biológica, Mérida. 1995.
13. Marschner, H. y Dell, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil.*, 1994, vol. 159, p. 89-102.
14. Fernández, F. Uso, manejo y comercialización de los hongos micorrízicos VA. Conferencias. Maestría en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA, La Habana: INCA, 1997.
15. Adjonohoun, A. Nutrición y fertilización del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) bajo fertirrigación con nitrógeno y potasio por goteo en un suelo Ferralítico Rojo [Tesis de Grado]. UNAH. 1996.
16. Menezes dos Santos, J. R. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. En: Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate, 1999, p. 173- 215.
17. Bethenfalvay, G. J. y Linderman, J. A. Mycorrhizae and crop productivity. Hort. Crops Res. Lab. USDA-ARS, 1992.
18. González, A.; Lacasa, A. y Rodríguez, R. Rizobacterización de plántulas de pimiento: Influencia en la fase de semillero y en la producción del cultivo. *Agrícola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura*, 2000, vol. 19, no. 227, p. 727-735.
19. Marshner, H. Mineral nutrition of higher plants. London : Academic Press, 1995.
20. Gianinazzi-Pearson, V. /et al./ Phosphorus metabolism in mycorrhizas. Nitrogen, phosphorus and sulfur utilization by fungi. Lynne Boddy. R Marchant, D. J. Read. 1999.
21. Ruiz, L.; Rivera, R.; Carvajal, D.; Milian, O. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en las raíces y tubérculos en suelos Pardos con Carbonatos y Ferralíticos Rojos. En: Congreso Latinoamericano y Cubano de la Ciencia del Suelo. Programa y Resúmenes. 2001. La Habana. p. 67.
22. Smith, S. E.; Gianinazzi-Pearson, V.; Koide, R. y Cairney, J. W. G. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. En: Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Netherlands : Kluwer Academic Publishers. 1994, p. 103-113.
23. Strullu, D. G. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation-Lavoisier, París, 1991.
24. Velasco-Velasco, J.; Alvarez-Suárez, J. J. y Ferrera-Cerrato, R. Inoculación de endomicorrizas arbusculares y adición de vermicomposta en tomate de cáscara. (*Physalis ixocarpa* Brot.). En: Avances de la Investigación Micorrízica en México. Mérida : Universidad Veracruzana, 1998
25. Terry, E. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate [Tesis de Maestría]. UNAH. 1998.

Recibido: 4 de julio del 2001

Aceptado: 1 de julio del 2002