

Original

Influencia de diferentes niveles de Nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus Fasciculatum* sobre el cultivo de Tomate

Influence of different levels of nitrogen combined and without combining with *Glomus fasciculatum* on the tomato

M.Sc. Pedro Miguel Álvarez Kile, Profesor auxiliar, Universidad de Granma, Cuba,
palvarezk@udg.co.cu

M.Sc. Yadira González Brooks, Profesora asistente, Escuela Especial “José Ramón Vázquez López”, Granma, Cuba.

Lic. Maricel Almeida Falcón, Universidad de Granma, Cuba.

Recibido: 3/1/2019 Aceptado: 23/06/2019

Resumen

El cultivo del tomate es de gran importancia económica a nivel mundial. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la utilización de los hongos micorrizógenos arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento, la nutrición y el rendimiento del tomate (*Solanum lycopersicum*, Lin.) variedad Vyta. Se desarrolló un experimento de campo con un diseño en bloques al azar con 8 tratamientos y 4 réplicas en la localidad de Cautillo, municipio de Jiguaní en la provincia de Granma. Se combinó la cepa *Glomus fasciculatum* con el 60% y el 75% del nitrógeno recomendado para este cultivo y un fondo fijo de fósforo y potasio. Los resultados mostraron la efectividad de la cepa *Glomus fasciculatum* sobre el rendimiento en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo. Se logró la reducción de un 40% del nitrógeno y un incremento de los rendimientos por encima de las dosis tomadas como referencia.

Palabras claves: niveles de nitrógeno; micorrizas; tomate

Abstracts

The tomato cultivation is the great economical importance on the world. In the present work the use of the mycorrhizal fungi and the nitrogenated fertilization in the growth, nutrition and yield of tomato (*Solanum lycopersicum*, Lin.) variety Vyta were carried out. The experiment in field with a randomly blocks design with 8 treatments and 4 replicate at Cautillo's locality in Jiguaní municipality belonging Granma province were executed. In these experiment was combined *Glomus fasciculatum* with the 60% and 75% of nitrogen indicated for this cultivation and

phosphorus and a fixed bottom of potassium and phosphorus were compared. The results evidenced the effectiveness of strains of *Glomus fasciculatum* over yields on ganvisol chromic soil. The system optimization with the reduction of 40% of the nitrogen and an yield increase over of the doses taken as reference.

Key words: nitrogenous levels; mycorrhizal fungi; tomato

Introducción

El cultivo del tomate ocupa uno de los lugares más destacados en la producción hortícola de Cuba, y representa el 45 % de la superficie que se planta, ocupando el primer lugar entre las hortalizas que se cultivan en la isla (Piñón y Gómez, 2003). Los rendimientos que se obtienen no son los mejores, por muchos factores; entre los que se destaca la inadecuada nutrición, ya que son necesarios gran cantidad de nutrientes para un buen desarrollo de esta hortaliza. (Chailloux et al., 1998).

Con el uso de microorganismos como los hongos micorrizógenos vesículo arbusculares (HMVA) en la agricultura, se mejoran las propiedades físicas del suelo, el crecimiento de las plantas y el reciclado de los nutrientes del suelo. Gracias a estos microorganismos existe una mejor asimilación de nutrientes a través de la liberación del fósforo, potasio y la fijación biológica del nitrógeno (No_3^- y NH_4^+), la producción de hormonas vegetales, la simbiosis con hongos formadores de la micorriza y el control biológico natural (Sheng et al., 2008).

Por ser el nitrógeno el macroelemento de mayor movilidad en el suelo y ser considerado uno de los elementos que más pérdidas tienen por diferentes causas se montó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de la combinación de una cepa de hongo micorrizógeno vesículo arbuscular con diferentes niveles de nitrógeno y un fondo fijo de fósforo y potasio en el crecimiento, desarrollo y productividad en el cultivo del tomate.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Filial Universitaria Municipal de Jiguaní perteneciente a la Universidad de Granma (UDG) en el período comprendido entre septiembre de 2008 a diciembre de 2009. Los experimentos se realizaron en la finca de autoconsumo de la Dirección Municipal de Educación del municipio Jiguaní sobre un suelo Fersialítico Pardo Rojizo (Tabla 1). El muestreo de suelo se realizó con barrena edafológica antes de comenzar cada etapa.

El método utilizado fue en "forma de sobre", tomando 5 submuestras en los primeros 20 cm. de profundidad del perfil y conformando una muestra compuesta representativa del área a plantar.

El suelo fue secado al aire, molinado y tamizado por malla de 2 mm. Las evaluaciones realizadas fueron:

Materia orgánica (%): por el método de Walkley and Black

pH (H₂O): por el método potenciométrico, con una relación suelo: solución 1: 2,5

P₂O₅ y K₂O asimilable (µg. g⁻¹): por el método de Oniani

Todas las técnicas se encuentran descritas en el Manual de Técnicas Analíticas para el Análisis de Suelo, Foliar, Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos (INCA, 1999).

En la **tabla 1** se muestran las características agroquímicas del suelo Fersialítico Pardo Rojizo de la finca de autoconsumo de la Dirección Municipal de Educación del municipio de Jiguaní.

Tabla 1: Características agroquímicas del suelo Fersialítico Pardo Rojizo

pH	H ₂ O	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	K ₂ O (mg/100 g)	N (%)	M.O (%)
7,4		1,4	68,7	2,18	3,5

M.O, materia orgánica.

Las variables meteorológicas durante el periodo analizado fueron determinadas en el Instituto de Hidroeconomía en la provincia de Granma, referentes a la localidad de Cautillo, zona donde se ejecutan los experimentos según se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Variables meteorológicas en la localidad de Cautillo del municipio de Jiguaní, durante el período evaluado.

Variables	Años	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Humedad Relativa (%)	2009	79	74	74	72
Precipitación (mm)	2009	4,5	12	66,9	47
Temperatura Media (°C)	2009	18,2	18	19,8	20

Las posturas de tomate de la variedad VYTA, fueron obtenidas en el organopónico de Turcios Lima y trasplantadas a las áreas experimentales a los 30 días posteriores del inicio del semillero, presentando buen estado fitosanitario. Durante la fase de semillero en el huerto se cumplieron las indicaciones establecidas para las atenciones culturales según MINAGRI, 2000.

En el huerto se realizaron las escardas en los siguientes momentos: 12 días después del trasplante, 20 días después de la primera escarda, 20 días posteriores a la segunda escarda, 25 días posteriores a la tercera escarda.

Se aplicaron los riegos por aspersión cada dos días en los primeros estadios de las posturas y luego cada siete días, con una norma de 250 m³.ha⁻¹ en horas de la mañana, no se aplicaron productos químicos en todo el desarrollo del cultivo.

Los inóculos de hongos micorrizógenos (HMVA) de *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus mosseae*, *Glomus manihotis*, *Glomus clarum* y *Glomus fasciculatum*, empleados fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ubicado en la Habana, con títulos de 415 esporas x 50 g de suelo. Utilizándose en el trasplante de las posturas, el método de inmersión de las raíces para inocular las diferentes cepas de HMVA.

Las fuentes de nutrientes utilizadas en la fertilización fueron: urea (46 % de N), superfosfato triple (46 % de P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % K₂O). El N se aplicó de forma fraccionada (2/3 en el momento del trasplante y 1/3 a los 30 días después de efectuado el mismo), mientras que los restantes nutrientes se aplicaron de fondo al momento del trasplante. Se utilizó un nivel fijo de P y K en todos los tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con 8 tratamientos (Tabla 3) y con 4 réplicas. Cada variante se evaluó en parcelas de 22,4 m² (4 surcos), con 11,2 m² como área de cálculo (2 surcos centrales), empleando los marcos de plantación 1,40 x 0,25 m.

Las parcelas fueron tratadas con formol al 5% una semana antes del trasplante con vistas a ser esterilizadas y evitar la influencia de las micorrizas nativa luego se regaron para eliminar los residuos tóxicos del formol.

Las atenciones culturales realizadas en la etapa posterior al trasplante se ejecutaron de acuerdo con lo recomendado en los respectivos Instructivos Técnicos MINAG (2001).

Tabla 3: Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamientos	
1	Sin aplicación.
2	<i>Glomus fasciculatum</i> .
3	PK
4	NPK.
5	75 % de N+PK
6	75 % de N+PK+ <i>Glomus fasciculatum</i> .
7	60 % de N+PK
8	60 % de N+PK+ <i>Glomus fasciculatum</i> .

PK, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O respectivamente; NPK, 200, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

Evaluaciones

Altura de la planta (cm.): Se realizó mediante una regla milimetrada graduada desde la base del tallo hasta el ápice de la planta (15, 30, 45 y 60 días después del trasplante).

Diámetro del tallo (mm): Se midió con un pie de rey en la base del tallo a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante.

Número de racimos por planta: Por conteo visual en las plantas de cálculo a los 45 y 60 días después del trasplante.

Numero de flores por planta: Por conteo visual en las plantas de cálculo a los 45 y 60 días después del trasplante.

Masa fresca y seca total (t.ha⁻¹): por pesada y secado en estufa de frutos y planta a 65 °C hasta masa constante, a 5 muestras por réplica de cada tratamiento, compuestas cada una por 20 plantas por tratamiento y extrapolando los resultados a 1 ha de plantación (a los 60 días después del trasplante).

Rendimiento en cosecha (t.ha⁻¹): por pesada de la producción total del área de cálculo, extrapolando a 1 ha.

Colonización micorrízica (%): Se siguió el método de Phillips y Hayman (1970). La fórmula para calcular el porcentaje de colonización fue la siguiente:

$$\% \text{ de colonización} = \frac{\text{Segmentos totales colonizados}}{\text{Segmentos totales observados}} \times 100$$

Masa del endófito arbuscular (mg.g⁻¹): según la metodología descrita por Herrera et al. (1995).

Contenidos de N, P y K (%): por digestión húmeda con H₂SO₄ + Se, según método Kjeldahl y determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler y azul de molibdeno para N y P, respectivamente, y fotometría de llama para el K, a 2 muestras por réplica de cada tratamiento, compuestas cada una por 10 plantas.

Extracción de N, P₂O₅ y K₂O (kg.ha⁻¹): por cálculo a partir de la masa seca y los contenidos de cada nutriente, por réplica de cada tratamiento.

Coeficientes de aprovechamiento (C.A) e índice de eficiencia agronómica (E.A) se calcula según las siguientes ecuaciones.

Se calculó por las siguientes ecuaciones (Saif, 1997; Rao et al., 1996)

$$C.A = \frac{\text{Kg elemento extraído}}{\text{Kg de elemento aplicado}} \times 100$$

$$E.A = \frac{\text{Kg del elemento en el tratamiento- testigo}}{\text{Kg de elemento aplicado}} \times 100$$

Todos los resultados experimentales fueron procesados con un análisis de varianza de clasificación doble. Los datos originales correspondientes a la colonización micorrízica (%)

fueron transformados con las funciones $\arcsen \sqrt{\%}$ para el posterior análisis de varianza. Para la comparación múltiple de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey para un 95 % de confiabilidad. En el procesamiento de toda la información fue utilizado el paquete de análisis estadístico STATISTICA versión 8.0 sobre Windows (Statsoft, 2008).

La valoración económica de los resultados, se realizó según la metodología propuesta por la FAO (1980), evaluando los siguientes indicadores:

Valor de la producción (CUP. ha-1): precio de venta de los tomates, en 1 ha-1.

Costo de producción (CUP. ha-1): gastos incurridos para la producción de 1 ha.

Beneficio (CUP. ha-1): ganancia neta obtenida de acuerdo con la diferencia entre el valor de venta y los costos de producción.

Relación valor / costo: La relación valor / costo es el coeficiente del valor del aumento del rendimiento (CUP) dividido por el costo del fertilizante (CUP). Una relación valor/ costo mayor que uno indica que el fertilizante aportó una ganancia; una relación de dos indica un beneficio del 100% y una relación de tres o más indica que la ganancia fue muy notable.

Para la valoración económica de los resultados se utilizó como información básica la correspondiente al siguiente listado de precios.

1) Precio de los fertilizantes minerales (CUP.t), Según el listado de precios, delegación provincial de cultivos varios, Ciego de Ávila, citados por Gonzalez, (2008).

- Urea..... 528,88

- Superfosfato triple..... 645,32

- KCl 289,46

- Fórmula completa 9-13-17.....524, 88

-Precio de venta del hongo micorrizógeno (CUP. t.), según Listados de precios del INCA citado por Pulido, (2001).

-EcoMic (HMVA)..... 2500

Resultados y Discusión

La Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo tuvo un efecto significativo sobre la altura de la planta (tabla 4) en todos los momentos evaluados (15, 30, 45 y 60 días después del trasplante) para los tratamientos con *G. fasciculatum* combinados con distintos niveles de nitrógeno.

La altura de la planta promedio de los tratamientos empleados a los 15, 30, 45 y 60 días fueron de 10.2, 22.6, 32.5 y 41.6 cm respectivamente. Estos resultados son comparables con los logrados por González (2008) al estudiar la inoculación de *G. fasciculatum* con diferentes niveles de nitrógeno empleando esta misma variedad en un suelo Pardo con carbonatos en dos localidades de la provincia de Granma, los cuales alcanzaron valores en un rango de 9 a 40 cm de altura. El efecto de los tratamientos con HMVA donde se aplica *G. fasciculatum* solamente, la combinación de fósforo y potasio sin nitrógeno no difiere del Control absoluto, lo que evidencia una respuesta positiva a la aplicación de micorrizas y fertilizantes nitrogenados en estos suelos.

Tabla 4: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre la altura de la planta en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
Control	8,92 d	20,93 d	31,8 c	39,68 d
Micorrizas (MA)	9,27 cd	22,35 bc	33,5 ab	41,53 bc
P y K	9,75 bcd	21,65 cd	32,75 bc	40,7 cd
NPK	11,35 a	23,28 ab	34,3 a	42,38 ab
75%N+PK	10,47 abc	22,48 bc	33,5 ab	41,48 bc
75%N+PK+MA	10,77 ab	24,18 a	34,18 a	43,13 a
60%N+PK	10,37 abc	22,38 bc	33,38 ab	41,38 bc
60%N+PK+MA	10,38 abc	23,63 ab	34,63 a	42,63 ab
E.Estándar	0,16	0,20	0,175	0,21

Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$).

La altura de las plantas en el tratamiento donde se aplica el 75 y el 100% de los diferentes portadores (N, P y K) no difiere en ninguno de los momentos de evaluación (15, 30, 45 y 60 días) del tratamiento donde se emplea el 60 % del fertilizante nitrogenado con la aplicación del *Glomus fasciculatum*.

Esto permite ahorrar el 40% de este portador con la inoculación de micorrizas para obtener resultados similares a la máxima aplicación de fertilizantes. Medina y Pino, (1992) al evaluar diferentes especies de bacterias, hongos MA y sus combinaciones concluyeron que era factible la sustitución de la fertilización nitrogenada en un 80% mediante la aplicación en el semillero de *Glomus mosseae* suplementada con una baja dosis de N (30 kg N.ha⁻¹) aspecto que concuerda con la aplicación de las micorrizas en estos suelos.

Esto puede deberse a un déficit de nitrógeno en el suelo cuya aplicación tiene relación con el incremento de las variables de crecimiento vegetal evaluadas. González (2008) trabajando con

suelos Pardos obtuvo resultados similares a los alcanzados en esta investigación y en ambos suelos predominan las arcillas 2:1 (2 capas de sílice y una de caolin) que ejercen un efecto tensiométrico mayor sobre el nitrógeno libre que en los suelos Ferralíticos Rojos donde predominan arcillas del tipo 1:1.

En la figura 1 se presenta el comportamiento del diámetro del tallo (cm) desde el trasplante hasta los 60 días posteriores al mismo donde en las primeras 4 semanas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Esta respuesta en las etapas iniciales de desarrollo de las plántulas puede ser atribuido al hecho de que el establecimiento de la simbiosis hongo – raíz atraviesa por una etapa parasítica en la cual no hay intercambio de metabolitos hacia la planta; esta fase dura aproximadamente cuatro semanas (Herrera et al., 1995). Posteriormente se inicia la fase mutualista, la cual se traduce en un desarrollo muy rápido del vegetal como consecuencia del aumento del volumen radical y a una alta eficiencia en la absorción de nutrientes y agua (Tejeda et al., 1998; Pérez et al., 1993).

Los mejores tratamientos evaluados fueron las combinaciones de NPK con micorrizas aunque no difieren significativamente de las aplicaciones de NPK sin estos hongos por lo que se indica que el nitrógeno en el suelo constituye un factor limitante para este cultivo.

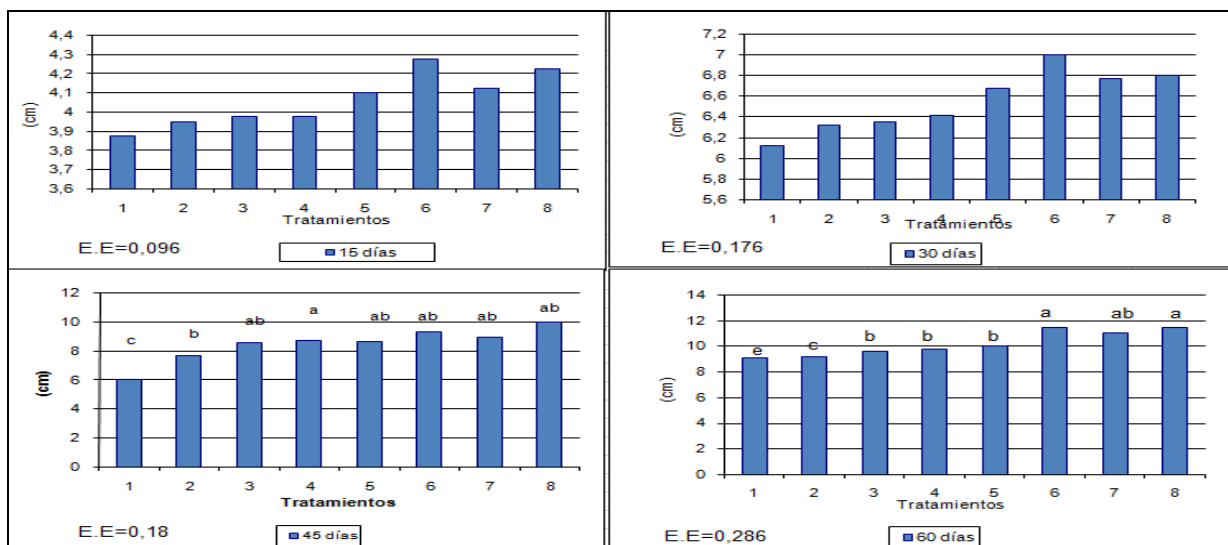


Figura 1: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el diámetro del tallo en un suelo Ferralítico Pardo Rojizo. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA; E.E., error estandar.

Se encontraron valores promedios del diámetro del tallo muy similares a los observados en el experimento 1 encontrándose diámetros promedio a los 15, 30, 45 y 60 días de 4,1; 6,6; 8,8 y 11

cm respectivamente. En la figura 2 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el número de racimos por plantas. Los mejores resultados se observan en el tratamiento con el 100 % de nitrógeno, fósforo y potasio, sin diferir del tratamiento con el 75 % y 60 % del nitrógeno con fondos fijos de fósforo y potasio y sus similares con el 75 % y 60 % del nitrógeno más *Glomus fasciculatum*, difiriendo significativamente del resto de los tratamientos en todos los momentos evaluados.

Resultados similares fueron encontrados por González (2008) en un suelo Pardo con carbonatos de la provincia de Granma al evaluar *Glomus fasciculatum* con combinaciones similares a las empleadas en esta experiencia.

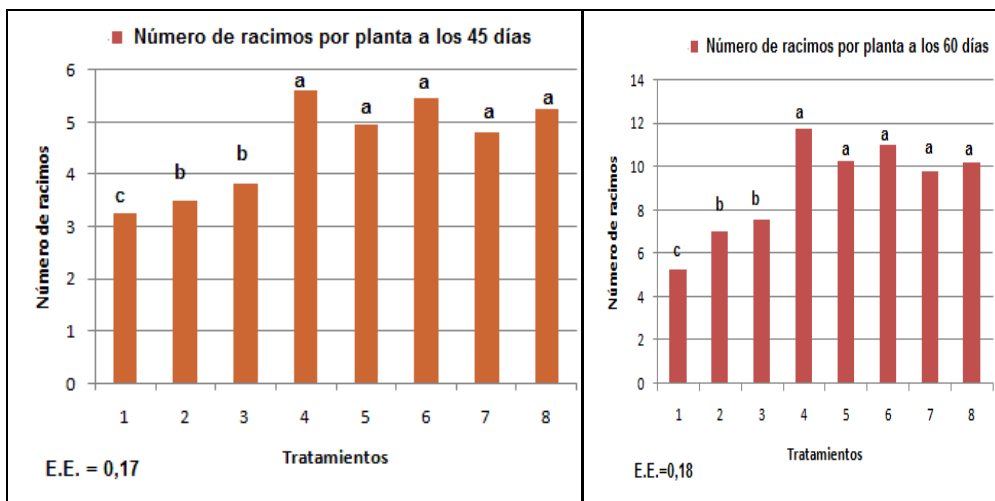


Figura 2: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el número de racimos por plantas sobre un suelo Fersialítico Pardo Rojizo. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA; E.E., error estandar.

En la figura 3 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre las flores por racimos. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos tanto a los 45 días como a los 60 días.

Los mejores resultados se observan en el tratamiento con el 100 % de nitrógeno, fósforo y potasio sin diferir del tratamiento con el 75 % y 60 % del nitrógeno con fondos fijos de fósforo y potasio y sus similares con el 75 % y 60 % del nitrógeno más *Glomus fasciculatum* difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos en todos los momentos evaluados. Mostrando una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

En la figura 4 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre la masa fresca y seca de la planta de tomate. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos tanto para la masa fresca como en la

masa seca. Se encontraron los mejores resultados de la masa fresca en los tratamientos con el 100 % de nitrógeno, fósforo y potasio sin diferir de los tratamientos con el 75 % y el 65 % del nitrógeno con fondos fijos de fósforo y potasio y sus similares con *Glomus fasciculatum* difiriendo del resto de los tratamientos.

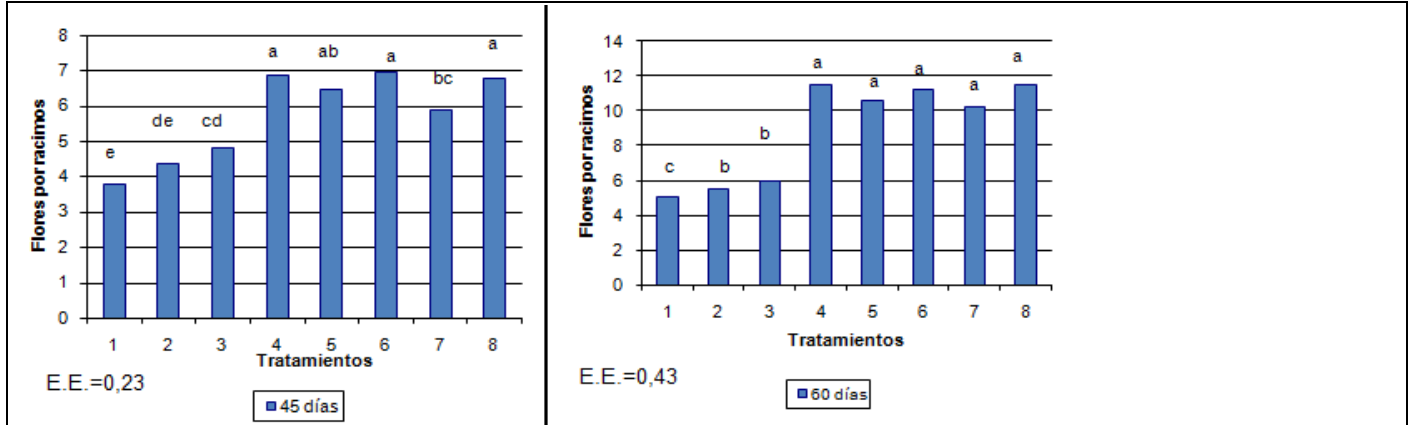


Figura 3: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre las flores por racimos sobre un suelo Fersialítico Pardo Rojizo. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA; E.E., error estandar.

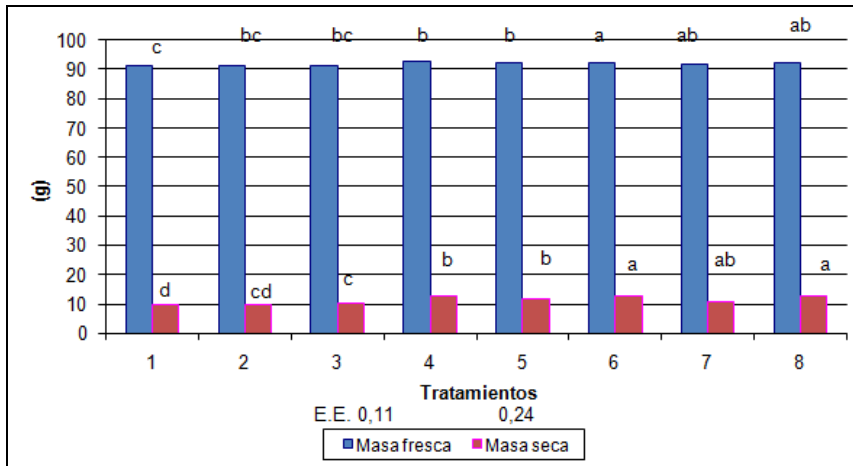


Figura 4: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre la masa fresca y seca de la planta de tomate en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA; E.E., error estandar.

Los valores más bajos fueron encontrados en el tratamiento testigo seguidos del tratamiento con micorrizas corroborándose la respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno. Resultados similares fueron encontrados por González (2008) en suelos Pardos con carbonatos de la provincia de Granma.

En la figura 5 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el rendimiento, encontrándose las combinaciones de

micorrizas con un 60 y un 75 % de las dosis de N y dosis fijas de P₂O₅ y K₂O (240 kg.ha⁻¹ y 125 kg.ha⁻¹ respectivamente) resultaron conjuntamente con la aplicación de 200, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente (100 % del nitrógeno) los mejores tratamientos evaluados.

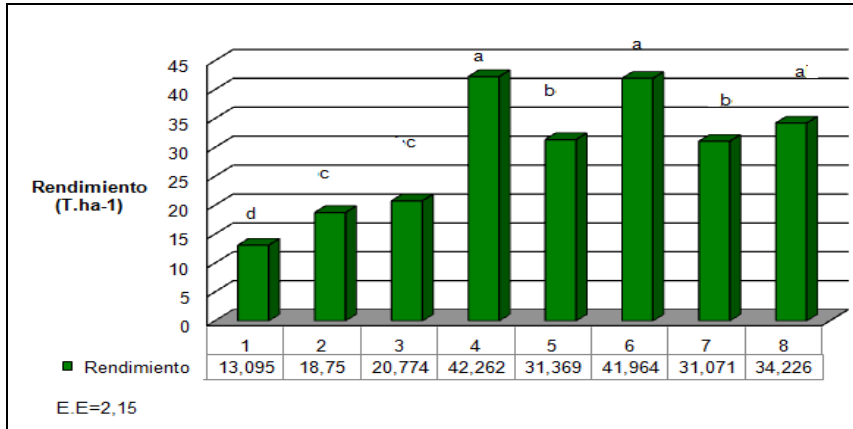


Figura 5: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el rendimiento en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey (P < 0.05). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA; E.E., error estandar

Se alcanzan rendimientos de 41,96 y 34,23 t.ha⁻¹ en los tratamientos con las combinaciones de micorrizas con un 60 y un 75 % de las dosis de N y dosis fijas de P₂O₅ y K₂O respectivamente. Este resultado corrobora lo obtenido por Rubí et al. (2009) trabajando con *Lilium* sp. donde reafirma la eficiencia de los hongos micorrizógenos especialmente el *Glomus fasciculatum* en la translocación de los nutrientes del suelo hacia la planta.

Los tratamientos (60%N+PK+MA y 75%N+PK+MA), registraron diferencias significativas con respecto a sus controles sin micorrizas (60%N+PK y 75%N+PK), incrementando los rendimientos respecto a su testigo parcial sin micorrizas entre un 18,44 % y 26,48 %. Resultados inferiores a los obtenidos por (Azcón et al. 2010) que obtuvieron incrementos de 52-58 % al aplicar *Glomus clarum* en la variedad Amalia. Por su parte Terrero, (2007) al producir tomate ecológico con el bioestimulante Biostin incrementó los rendimientos en un 16 % y al aplicar Biotan+ Micorriza en la Variedad Amalia incrementó los rendimientos hasta un 15 %.

Bethlenfalvay (1992), señala que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y aumentan la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extrarradicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo citado por Pulido y Peralta, (1996). Estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas, pues como señala Collings et al., (1991 y 1992) citada por Redecker et al., (2000),

estos hongos constituyen un intermediario entre las plantas y el suelo facilitándole a éstas incrementar la absorción de nutrientes y tolerancia a la sequía.

En la figura 6 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el por ciento de colonización y la masa del endófito. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos tanto para el por ciento de colonización como para la masa del endófito.

Se observó una aparente relación entre la colonización y la masa endófito con los rendimientos y las variables morfológicas evaluadas anteriormente aspecto observado por González, 2008.

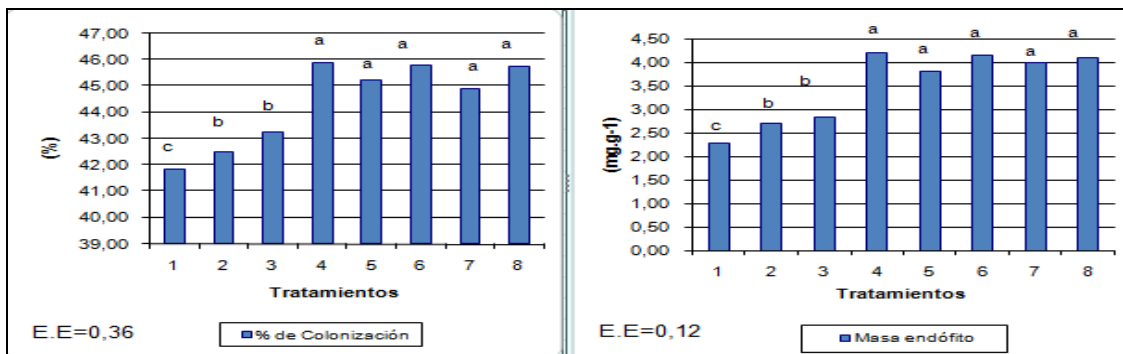


Figura 6: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre las variables fúngicas. Letras comunes en cada grupo no difieren significativamente según las dójimas de Tukey ($P < 0.05$). 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA.

Se observó una aparente relación entre la colonización y la masa endófito con los rendimientos y las variables morfológicas evaluadas anteriormente aspecto observado por González, 2008.

En la figura 7 se muestra la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre la extracción de nutrientes en la planta y en el fruto. Se puede observar como los niveles de extracción de los diferentes elementos varia de la planta al fruto. Los frutos extraen más potasio que nitrógeno y este último en mayor cuantía que el fósforo, sin embargo las plantas extraen mayor cantidad de nitrógeno, similar comportamiento fue encontrado por González, 2008. Se puede observar como los tratamientos donde se aplica fertilizante nitrogenado la extracción de nutrientes tanto para el fruto como para la planta superan al resto de los tratamientos lo cual demuestra la respuesta positiva a dicha aplicación. En la tabla 5 se presenta la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el coeficiente de aprovechamiento de N, P₂O₅ y K₂O, calculado a partir de los requerimientos nutricionales, aportaron los coeficientes más elevados los tratamientos con las combinaciones del 65% y 75% del nitrógeno con dosis fijas de fósforo y potasio conjuntamente con el HMVA para los tres macroelementos.

Los resultados corroboran que las asociaciones micorrízicas les confieren a la planta beneficios de carácter físico-químico en la rizosfera e hifosfera, propiciando un régimen nutricional adecuado a las plantas observados por Lecaton y Obatón (1983); Siqueira y Franco (1988); Sieverding (1991); Gianinazzi et al. (1991); Bethlenfalvay y Liderman (1992) y Bonfante y Perotto (1995) empleando estos hongos en diferentes cultivos.

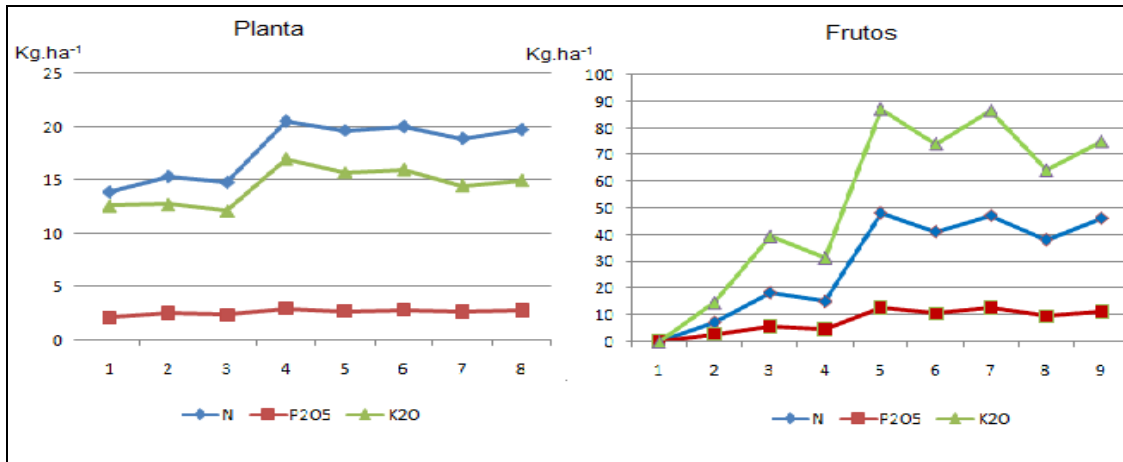


Figura 7: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre la extracción de nutrientes en la planta y en el fruto. 1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA.

Brown et al. (2000) citados por Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. (2000) al emplear hongos micorrizógenos interactuando con lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) en la producción de pasto (*Brachiaria decumbens*) obtiene los mayores coeficientes de aprovechamientos de fósforo donde emplea los hongos micorrizógenos vesículo arbusculares.

Tabla 5: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el coeficiente de aprovechamiento de N, P₂O₅ y K₂O.

Tratamientos	Coeficiente de Aprovechamiento (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
PK		2,88	34,73
NPK	25,08	5,12	57,77
75%N+PK	34,09	5,47	64,06
75%N+PK+MA	45,27	6,47	81,84
60%N+PK	42,51	4,88	65,34
60%N+PK+MA	48,08	5,78	71,57

PK, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O respectivamente; NPK, 200, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente; MA, *Glomus fasciculatum*.

Todos los resultados demuestran que el empleo de hongos micorrizógenos vesículo arbusculares incrementan el aprovechamiento de los principales macroelementos del suelo por las plantas en estos suelos Fersialíticos Pardos Rojizos y las plantas reflejaron una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes Nitrogenados.

En la tabla 6 se presenta la influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el índice de eficiencia agronómica.

Tabla 6: Influencia de diferentes niveles de nitrógeno combinado y sin combinar con *Glomus fasciculatum* sobre el índice de eficiencia agronómica.

Índice de Eficiencia Agronómica			
Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
PyK		4,66	21,72
NPK	14,50	10,04	50,51
75%N+PK	19,98	10,87	58,38
75%N+PK+MA	31,16	13,27	80,61
60%N+PK	24,87	9,46	59,98
60%N+PK+MA	30,45	11,62	67,76

PK, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O respectivamente; NPK, 200, 240 y 125 Kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente; MA, *Glomus fasciculatum*.

Se observa una respuesta positiva a la aplicación de hongos micorrizógenos vesículo arbusculares, resultando la combinación de mayor índice de eficiencia agronómica donde se combina el 65% y 75% del nitrógeno con dosis fijas de fósforo y potasio conjuntamente con el HMVA para los tres macroelementos. Resultados similares a este fueron obtenidos por González (2008) con el uso *Glomus fasciculatum* combinado con fertilizantes químicos en dos localidades de la provincia de Granma. Esto evidencia que el empleo de hongos micorrizógenos vesículo arbusculares tienen un efecto positivo en la asimilación de nutrientes por la planta repercutiendo en el crecimiento y fructificación de las mismas.

La tabla 7 muestra la comparación económica de los diferentes tratamientos del experimento 2, se observa la factibilidad económica del empleo de micorrizas en el cultivo del tomate al encontrarse las relaciones valor/ costo más altas en los tratamientos donde se emplea el biofertilizante. Con la aplicación de este biofertilizante se consigue el ahorro de fertilizantes químicos y disminuir la contaminación de los suelos.

Tabla 7 - Efecto económico de los tratamientos para la producción de tomate en el Segundo Experimento

Tratamientos	Rend. t. ha ⁻¹	Valor de venta(CUP)	Costo de prod.(CUP)	Beneficio neto (\$)	Aumento (CUP. Ha ⁻¹)	Costo Fertilizante (CUP)	Relación V/C
1	13.09	13952,63	8771,21	5181,41	-	-	-
2	20.77	22138,74	13917,35	8221,39	8186,11	2,5	3274,44
3	18.75	19985,62	12563,81	7421,81	-2153,11	96,68	-22,27
4	31.36	33426,62	21013,39	12413,23	13440,99	128,42	104,66
5	31.07	33117,51	20819,07	12298,43	-309,11	63,46	-4,87
6	42.26	45044,93	28317,15	16727,77	11927,42	65,96	180,82
7	34.23	36485,75	22936,49	13549,26	-8559,17	50,77	-168,58
8	41.96	44725,16	28114,86	16610,29	8239,40	53,27	154,67

1, testigo; 2, *Glomus fasciculatum* (MA); 3, PK; 4, NPK; 5, 75%N+PK; 6, 75%N+PK+MA; 7, 60%N+PK; 8, 60%N+PK+MA.

Los beneficios netos mayores se obtienen en los tratamientos con el 60 y 75 % del nitrógeno (fondos fijos de fósforo y potasio) con *G.fasciculatum* lo cual demuestran la factibilidad económica y biológica de la aplicación de los mismos con un efecto ambiental importante dado en la disminución de la aplicación de los fertilizantes químicos en los suelos Fersialíticos Pardo Rojizo combinados con HMVA y un mayor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados.

Referencias Bibliográficas

1. Alarcón A & Ferrera-Cerrato, R. (2000). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa. México. 251 p.
2. Bethlenfalvai, G.J & Linderman., R.G. (1992). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. *ASA Special Publication.*, 54.
3. Bonfante. P. & Silvia Perotto. (1995).Strategia of arbuscular mycorrhizal fungi when infectin host plants. *Transley Review. No 82. New Phytologist.* 130 –321.
4. Chailloux, M; Cardoza, H. del Vallin, G; Naranjo, M. Y Hernández, S. (1998). Fertilización del tomate. (*Lycopersicon sculentun Mill*) con formulas completas enriquecidas en zeolita. En producción de cultivos en condiciones tropicales. Instituto de Investigaciones Hortícolas (Liliana Dimitrova) La Habana. *Editorial Liliana.* 220-222.
5. Gonzalez Brooks C. Y. (2008) *Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y la fertilización nitrogenada en la producción de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. En dos localidades de la Provincia Granma. Tesis de maestría. Universidad de Granma.
6. Lecaton, L. & Obatón, M. (1983). Faune.et flore do sol les organismes symbiotiques faune et flores auxiliares en agriculture. Paris: Ed..ACTA, 15, 113-119.
7. Piñón, M. & Gómez, Olimpia. (2003).Nuevos híbridos de tomate tolerantes al TYLCV. Instituto de Investigaciones Hortícola Liliana Dimitrova.(IIHLD). La Habana, Cuba. En *revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. CATIE. Costa Rica.68 (2), 85.
8. Pulido L. (2001).Hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*lycopersicon esculentum mill.*) y cebolla (*allium cepa l.*) Tesis de Doctorado. INCA.
9. Sheng M, Tang M, Chen H, Yang B, Zhang F, Huang Y (2008).Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18, 287-296.
10. Sieverding, E., (1991). Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft fur techniische Zusammenarbeit.(GTZ)GMBH, Federal Republic of Germany.371p.
11. Siqueira, J. O. & Franco, A. A. (1988). Biotecnología de suelo: Fundamentos y perspectivas. *Ciencias agrarias nos Trópicos brasileiros. Brasilia* : MEC, .236 p.
12. Statsoft Inc. 2008. Statistica for Windows. Release 8. Tulsa.
13. Tejeda, Tamara; F. Soto & G. Guerrero. (1998). Utilización de algunas variantes de infección micorrízica como alternativa nutricionales en obtención de posturas de cafeto mediante vías orgánicas. *Cultivos Tropicales* (La Habana) 19 (1), 28-32.