

EFFECTIVIDAD DE LA BIOFERTILIZACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CULTIVO DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM L.*) POR DIFERENTES VÍAS DE INOCULACIÓN.

Yonaisy Mujica Pérez y Blanca M. de la Noval Pons

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
ymujica@inca.edu.cu

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la efectividad de los HMA en formulación líquida en condiciones de campo, se desarrolló el presente trabajo en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas en el período 2008-2009. Se empleó el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) variedad "Amalia" obtenida en nuestro Instituto como cultivo modelo. Los inoculantes líquidos se prepararon a partir de dos especies de HMA: *Glomus mosseae* y *Glomus hoi-like*, se calcularon las dosis de 5, 10, 20 y 40 esporas por planta teniendo en cuenta el total de plantas y las mismas se conservaron en refrigeración 15 días de su aplicación. La inoculación se realizó en el semillero 7 días después de la germinación. A los 30 días se realizó el trasplante para un total de 10 tratamientos con 4 repeticiones dispuestos en un diseño de Bloques al Azar. Las evaluaciones se realizaron a los 30 y 55 días después del trasplante y se determinó el rendimiento a partir de una cosecha a los 75 días. Se evaluaron indicadores del crecimiento vegetativo, fúngicos y componentes del rendimiento. Los resultados fueron procesados mediante el software SPSS para Windows (SPSS 11.5) y se utilizó la prueba de Duncan con una significación de un 95%. Los resultados evidenciaron una respuesta positiva a la inoculación en soporte líquido al existir diferencias con el testigo no inoculado. No se encontraron diferencias entre las dosis evaluadas ni para las especies de HMA. La inoculación de HMA mediante formulaciones líquidas constituye una vía de inoculación de estos simbiontes.

Palabras Claves: HMA, tomate, formulaciones líquidas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) pasa por un denominador común, la necesidad de una planta hospedera o explantes de raicillas para completar su ciclo de vida, debido a su condición de simbiontes obligados (Fernández, 2003). Durante los últimos años, se han desarrollado diversas tecnologías de reproducción, siendo las más utilizadas aquellas que involucran a la planta en un medio o sustrato sólido y las ventajas de su aplicación se fundamentan en una consistente mejora de la nutrición y absorción de agua por las plantas (Giovannetti, 2000 y Querejeta et al., 2003).

Por otra parte, con la utilización de estos productos se minimiza considerablemente el impacto ambiental en los sistemas agrícolas. En el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, se han desarrollado con éxito biofertilizantes en soporte sólido a base de estos hongos, conformando la serie EcoMic® y desde el 2000, se trabaja en el desarrollo de un inoculante en medio líquido, con el objetivo fundamental de su aplicación a través de los sistemas de riego y, de esta forma, disminuir en gran medida los costos de aplicación, asegurar su distribución y directa al sistema radical de las plantas, y garantizar una inoculación efectiva de las raíces.

Por lo antes expuesto se realizó el presente trabajo, con el objetivo fundamental de evaluar la respuesta productiva del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) a la aplicación de inoculantes a base de *Glomus* por dos vías diferentes de inoculación, sólido y líquido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las áreas de producción del Departamento de Servicios Agrícolas (DSA) ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia La Habana durante dos campañas (2008-2010). Los experimentos se desarrollaron sobre un suelo Ferralítico Rojo lixiviado según la Nueva Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (MINAG, 1999), que se correlaciona con un Nitisol ferrálico (éutrico, ródico) (IUSS, 2006).

Se empleó el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. *Amalia*) como planta modelo, cuya semillas fueron obtenidas en el Departamento de Genética y Mejoramiento de las Plantas del INCA (Moya *et al.*, 2004) y las mismas permanecieron en el semillero tradicional durante 25-30 días.

Se estudiaron dos especies de HMA: *Glomus mosseae* (Nicol. y Gerd., enmendado por Gerdeman y Trappe) (cepa INCAM 2) y *Glomus hoi-like* (cepa INCAM 4); aisladas de la zona sur de la provincia de La Habana y reproducidas en el Laboratorio de Micorrizas Arbusculares del INCA y cuatro dosis de inoculante líquido (5, 10, 20 y 40 esporas de HMA por planta para cada especie, como promedio), las que se conservaron en una solución osmoprotectora por 15 días antes de su aplicación.

Los experimentos se realizaron entre los meses de noviembre-marzo durante dos campañas consecutivas del cultivo. La etapa de semillero fue en noviembre donde se aplicó fertilizante mineral NPK de la fórmula completa 9-13-17 a la dosis de 0,20 kg/m² y en esta misma fase se aplicó el inoculante a los 7 días después de la germinación (ddg) a razón de 1mL por planta.

En diciembre se prosiguió con la etapa de trasplante y se aplicó el fertilizante mineral NPK (9-13-17) a la dosis de 1 t/ha, en todas las parcelas experimentales fraccionado en dos períodos, en el momento del trasplante y 30 días posterior al mismo. Las atenciones culturales fueron realizadas según lo establecido en el Instructivo Técnico del Cultivo (MINAG, 1999).

Se siguió un diseño completamente aleatorizado, con arreglo bifactorial (3x2), un testigo de referencia sin inoculación y un tratamiento inoculado con EcoMic® y se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento

Evaluaciones

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

1. **Parámetros fúngicos (a los 30 y 55 ddt):** las raicillas fueron secadas a 70°C y teñidas mediante la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970). El porcentaje de colonización radical se evaluó según el método de los interceptos descrito por Giovannetti y Mosse (1980).
2. **Índices del crecimiento de las plantas (a los 30 y 55 ddt):** Se determinó la altura de la planta y para la determinación de la masa seca foliar las muestras permanecieron en la estufa a 70°C hasta obtener peso constante.
3. **Componentes del rendimiento agrícola:** Se determinó el número de frutos por planta, y el rendimiento del cultivo (t/ha) al finalizar cada experimento.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante el software SPSS para Windows (SPSS 11.5). Se verificó el cumplimiento de las premisas del ANOVA, como la normalidad y homogeneidad de la varianza y posteriormente los datos fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza bajo un arreglo bifactorial. Los datos del porcentaje de colonización micorrízica (% Col) fueron transformados por la función arcsen \sqrt{x} . Para la discriminación de medias se realizó la prueba de Duncan con una significación de un 95% en los casos en que el ANOVA resultó significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grado de predominio de las especies microbianas en las raíces de las plantas está dado por el nivel de interacción planta - microorganismo, lo cual repercute en la selección e influencia de

los mismos en función de la variabilidad de los exudados radicales de las plantas inoculadas (Azcón, 2000).

El análisis de los datos experimentales no mostró interacción significativa entre los factores en estudio para ambas etapas de muestreo, lo que explica que en esta variable no influyeron las cepas en estudio ni las dosis de inoculación. En la figura 1 aparecen los resultados de la colonización radical para los momentos de evaluación, donde puede observarse que se encontró una respuesta positiva a la inoculación al comparar los tratamientos inoculados con el testigo con tendencia similar en ambos muestreos.

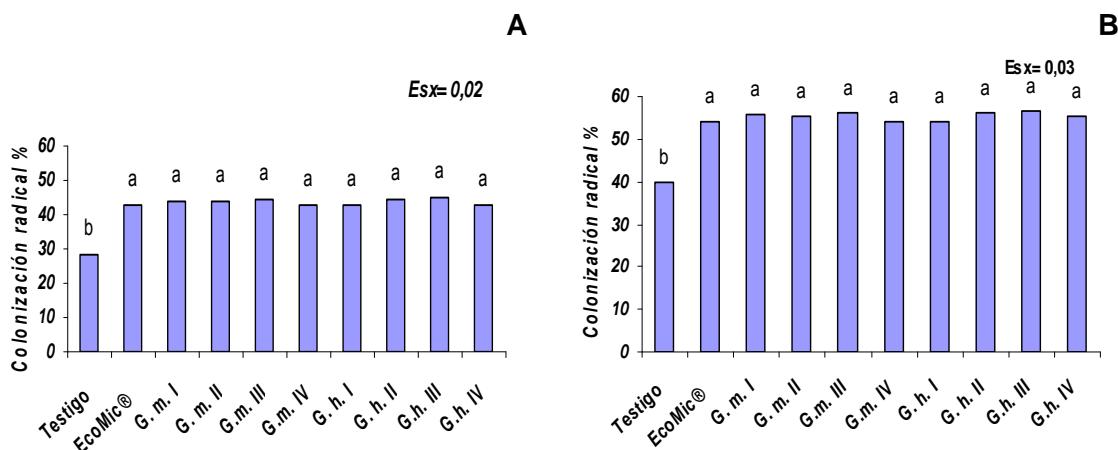


Figura 1: Influencia de las especies de HMA y la dosis de inoculación sobre la colonización radical. A: 30 ddt; B: 55 ddt

G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*
I: 5 esporas por planta, II: 10 esporas por planta, III: 20 esporas por planta, VI: 40 esporas por planta.

Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p<0.05$

En el testigo se observaron valores de 30-40% de colonización radical los que resultan elevados si se comparan con los informados por Terry (2005), quien encontró niveles de solo 15% en plantas testigo de tomate a los 60 ddt en la misma área experimental. Los resultados alcanzados en el presente experimento fueron inclusive más altos que los obtenidos por el autor antes mencionado al evaluar este indicador en plantas inoculadas con diferentes especies HMA.

El resultado anterior pudo estar relacionado con la presencia de estructuras fúngicas en dicha área provenientes de inoculaciones previas y sucesivas con diferentes especies de HMA del INCA (*Glomus clarum*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae* y, más recientemente, *Glomus hoi-like*). Este fenómeno, unido al hecho que el tomate se siembra anualmente en la misma área, puede haber determinado que dichos hongos micorrizógenos se hayan adaptado a esas condiciones edáficas y al cultivo en cuestión, por lo que poseen alto poder infectivo.

Cuando se analizó la altura de las plantas se encontró interacción significativa para las dosis de inoculación en los dos momentos de muestreo por lo que en la figura 2 aparecen los resultados de conjunto para este factor. A los 30 ddt (figura 2A) se hubo una respuesta positiva del cultivo al comparar las diferentes formas inoculación con el tratamiento testigo, siendo las variantes inoculadas con la dosis de 40 esporas por planta las que manifestaron los mejores resultados. También se pudo apreciar que para el resto de las dosis evaluadas no hubo diferencias al

compararlas con el tratamiento inoculado con EcoMic® lo que indica que para este indicador del crecimiento de las plantas la inoculación con la formulación líquida resultó efectiva. Por otra parte, a los 55 ddt (figura 2B) se observó que los tratamientos inoculados con el inóculo sólido y dos dosis de formulación líquida (20 y 40 esporas por planta) manifestaron los mejores resultados para esta etapa de desarrollo del cultivo.

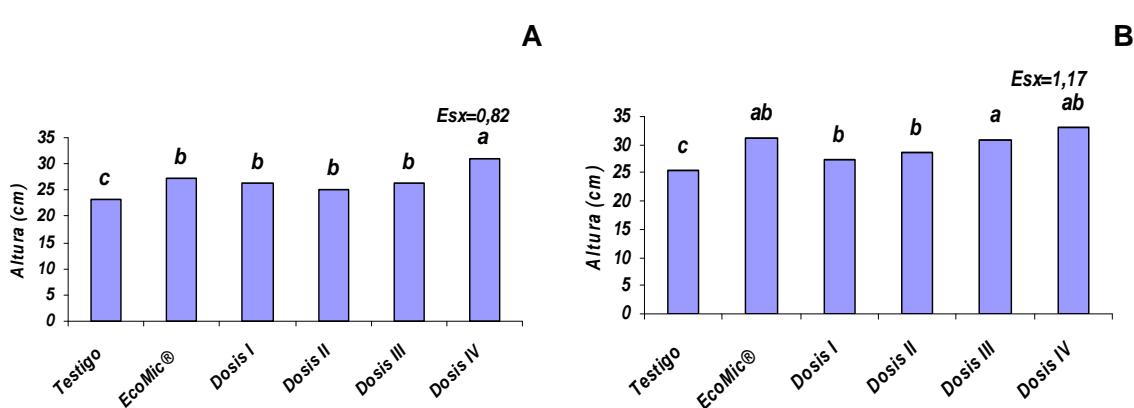


Figura 2: Influencia de las especies de HMA y la dosis de inoculación sobre la altura de las plantas. A: 30 ddt; B: 55 ddt

EcoMic®: inóculo sólido, Dosis I: 5 esporas por planta, Dosis II: 10 esporas por planta, Dosis III: 20 esporas por planta, Dosis VI: 40 esporas por planta.

Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p<0.05$

La masa seca aérea es uno de los índices que mejor caracteriza el desarrollo vegetativo. En el análisis del mismo se encontró interacción significativa entre ambos factores en estudio en el muestreo a los 30 ddt (figura 3A), lo que indica que el desarrollo del cultivo tuvo dependencia tanto de la especie de HMA como de la dosis de inoculación. Se observa que todas las variantes inoculadas superaron al tratamiento testigo y que la inoculación de la especie *Glomus hoi-like* con la dosis de 20 esporas por planta produjo el mejor resultado para este indicador.

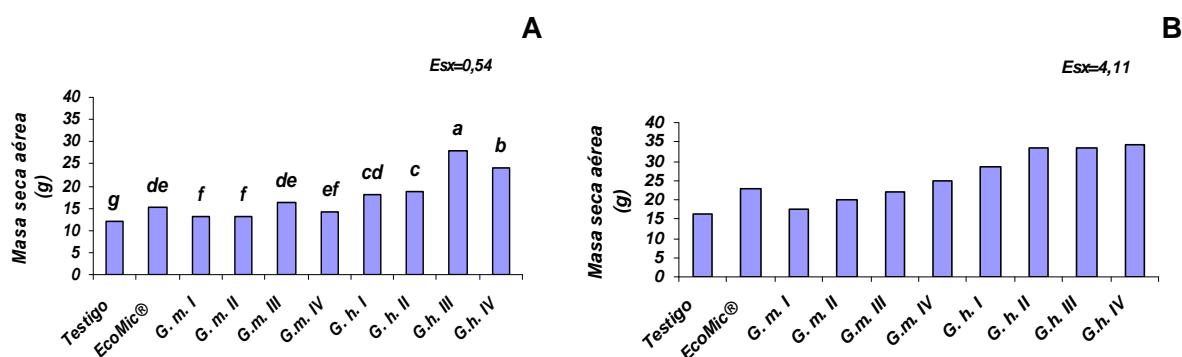


Figura 3: Influencia de las especies de HMA y la dosis de inoculación sobre la masa seca aérea de las plantas. A: 30 ddt; B: 55 ddt

G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*

I: 5 esporas por planta, II: 10 esporas por planta, III: 20 esporas por planta, VI: 40 esporas por planta.

Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p<0.05$

Por otra parte a los 55 ddt no se encontró interacción entre los factores en estudio y los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas entre si inclusive cuando se compararon con el testigo.

Estudios realizados por otros autores han demostrado el beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas en el crecimiento de las plantas, particularmente en suelos tropicales, donde el potencial de explotación de estos hongos es mucho mayor y juegan un importante rol en la nutrición de la mayoría de los cultivos (Posada *et al.*, 2007; Barcenas *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2008 y Díaz *et al.*, 2008).

Con relación al rendimiento agrícola del cultivo del tomate (figura 4), no se encontró significación para los factores evaluados lo que indica que en este indicador incidieron otros elementos que no fueron considerados en este experimento. Se encontró un comportamiento similar entre las variantes inoculadas al no existir diferencias significativas pero si con relación al testigo no inoculado.

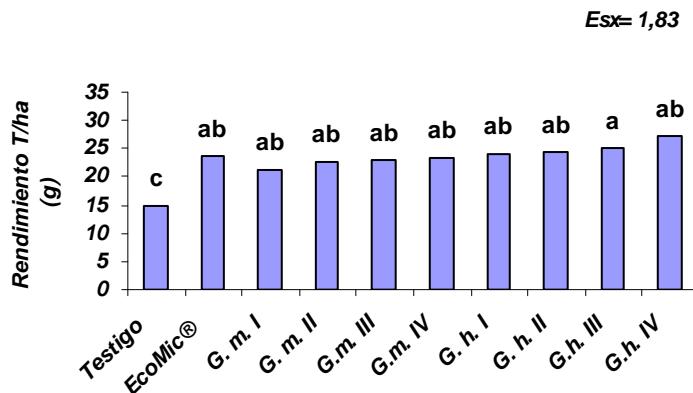


Figura 4: Influencia de las especies de HMA y las dosis de inoculación sobre el rendimiento agrícola del cultivo del tomate.

G.m.: *Glomus mosseae*; G.h.: *Glomus hoi-like*

I: 5 esporas por planta, II: 10 esporas por planta, III: 20 esporas por planta, VI: 40 esporas por planta.

Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p < 0.05$

Estos resultados se consideran bajo para el cultivo si se comparan con los reportados por Moya *et al.*, (2004) quienes obtuvieron de 25 t/ha para dicha variedad en plantaciones no micorrizadas.

Investigaciones realizadas por Agüero *et al.* (2006) demuestran que las plantas micorrizadas incrementan su rendimiento, ya que sus hifas al desarrollarse, aumentan el volumen de suelo total a explorar y permiten la absorción de nutrientes fuera de la zona de agotamiento producida por las raíces.

En sentido general los resultados obtenidos en esta investigación demuestran una respuesta positiva del cultivo del tomate a la inoculación de HMA en soporte líquido al realizar un análisis integral de todos los parámetros estudiados, pero se recomienda continuar las investigaciones sobre la determinación de las dosis de inoculación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, M.Y., Tamayo, E., Novella, R., Machado, M.A., Batista, D., Alvarez, Y. y Ojeda, M.C. 2006. Respuesta del cultivo del tomate a la aplicación de fertilizante mineral y micorrizas arbusculares en condiciones de la provincia de Granma. Prog. y Res. XV Seminario Científico INCA. La Habana,

2. Azcón R. 2000. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. In: Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundi-Prensa, Mexico. 15 p.
3. Barcenas, A.; Almaraz, C.; Reyes, L.; Varela, L.; Lara, B.; Guillén, A.; Carreón, Y.; Aguirre, S. y Chávez, A. 2007. Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en Huertos de aguacate de Michoacán. In: Proceedings VI World Avocado Congress (11:2007), Viña Del Mar, Chile.
4. Castillo, C.; Astroza I.; Borie, F. y Rubio, R. 2008. Efecto de cultivos hospederos y no hospederos sobre propágulos micorrílicos arbusculares. *Revista Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1): 37-54
5. Díaz, F.A.; Garza, C.I.; Pecina, Q.V. y Montes, G.N. 2008. Respuesta del sorgo a micorriza arbuscular y *Azospirillum* en estrés hídrico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(001): 35-42
6. Fernández, F. 2003. Avances en la producción de inoculantes micorrízicos arbusculares. En: Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso el Caribe 166 p
7. Giovanetti, M; Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol*, , 84: 489-500
8. Giovannetti M. 2000. Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth In: Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. Eds: Y Kapulnick and DD Douds Jr. Kluwer Academic Press, p. 47-68
9. IUSS Working Group WRB. 2006. World Reference Base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 128p.
10. MINAG. 1999. Instructivo técnico para el cultivo del tomate. La Habana, Cuba, 69p.
11. Moya, C.; Álvarez, M.; Dominí, M.E. y Arzuaga, J. 2004. Mara, nueva variedad de tomate de mesa. *Cultivos Tropicales*, 25(2): 69
12. Phillips J. M. y Hayman D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161
13. Posada, R. H.; Franco, C.L.A.; Cuellar, C. A.; Sánchez, C.W. y Sánchez, F.A. 2007. Inóculo de hongos de micorriza arbuscular en pasturas de *brachiaria decumbens* (poaceae) en zonas de loma y vega. *Acta biol. Colomb.*, 12(1): 113 – 120
14. Querejeta, J. I.; Egerton-Warburton, L. M. y Allen, M. F. 2003. Direct nocturnal water transfer from oaks to their mycorrhizal symbionts during severe soil drying. *Oecología*, 134: 55-64
15. Terry, A.E. 2005. Microorganismos benéficos y productos Bioactivos como alternativas para la Producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill. Var. "Amalia"). Tesis presentada en opción la grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, INCA, 133p