

COMUNICACIÓN CORTA

Efecto de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Alejandro Alarcón^I, Tony Boicet^I, María Godefroy^{II}, Macario Bacilio-Jiménez^{III}, Wilson Ceiro^I, Yurdanys Bazán^I

^IUniversidad de Granma, Km 17½ carretera de Manzanillo-Bayamo, Apto 21, CP 85100, Bayamo, Granma, Cuba. Correo electrónico: aaalarconz@udg.co.cu. ^{II}Facultad de Ciencias Médicas de Manzanillo, Universidad de Ciencias Médicas de Granma, CP 87 510, Manzanillo, Granma, Cuba. ^{III}Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Mar Bermejo 195. Colonia Playa Palo de Santa Rita. C.P. 23070. La Paz, BCS. México

RESUMEN: El estudio se desarrolló en la Universidad de Granma (Cuba) en el período comprendido de octubre/2007 a enero/2008, para determinar los efectos de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp., en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Vyta. Se utilizaron siete tratamientos, consistentes en aplicaciones simples y combinadas de un concentrado de cepas nativas y no nativas de micorrizas (*Glomus mosseae* (Gerdemann y Trappe) y *Glomus* sp. (Schenck y Smith), incluyendo un testigo y dos niveles poblacionales de *Meloidogyne* spp., con 30 repeticiones, los cuales se establecieron sobre un diseño completamente aleatorizado en condiciones semi-controladas, con arreglo factorial. Se utilizaron macetas de 2 kg de capacidad, que contenían un sustrato estéril, compuesto por una mezcla de suelo y estiércol ovino en proporción 3:1 v:v y una población de *Meloidogyne* spp. procedente de Granma. Se evaluaron las variables: índice de agallamiento e indicadores del crecimiento de las plantas: altura promedio (cm), masa seca promedio (g) y el rendimiento (kg.planta⁻¹) a los 60 días después de la inoculación del nematodo. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba del rango múltiple de Duncan (p<0,05). Los mejores resultados para los indicadores del crecimiento se obtuvieron cuando se aplicó el concentrado de cepas nativas y su combinación con *Glomus mosseae* y *Glomus* sp., y el menor índice de infestación del nematodo (1,5 huevos-juveniles infestivos (Ji).g⁻¹ de sustrato). Sin embargo; al incrementar la concentración del inóculo a 2,5 huevos-juveniles infestivos (Ji).g⁻¹ de sustrato, no hubo efecto significativo de las micorrizas arbusculares en la reducción de los daños producidos por *Meloidogyne* spp.

Palabras clave: *Meloidogyne* spp., *Glomus mosseae*, *Glomus* sp.

Effect of arbuscular mycorrhizas and *Meloidogyne* spp. on tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

ABSTRACT: This study was carried out at the University of Granma (Cuba) from October 2007 to January 2008 in order to determine the effect of arbuscular mycorrhizas and *Meloidogyne* spp. on tomato (*Solanum lycopersicum* L.), var. Vyta. Seven treatments of single or combined applications of native and non-native strains (*Glomus mosseae* (Gerdemann and Trappe), and *Glomus* sp. (Schenck and Smith), of arbuscular mycorrhizas and an uninoculated control) and two levels of *Meloidogyne* spp. were included in a completely randomized design set up in a factorial arrangement with thirty replicates under semi-controlled conditions. Two kg plastic pots containing a sterile substrate with a mixture of soil and ovine manure in a 3:1 v:v ratio, as well as a population of *Meloidogyne* spp. from Granma were used. The gall index and plant growth parameters such as average height (cm), average dry weight (g) and crop yield (kg.plant⁻¹) were evaluated 60 days after nematode inoculation. The data were analyzed by an analysis of variance and the means compared by Duncan's multiple range test (p<0,05). The results indicated that the plant growth parameters evaluated were higher when the native strain was combined with *Glomus mosseae* and *Glomus* sp. and the nematode infection level (1,5 eggs.g⁻¹ substrate) was the lowest. However, when the inoculum concentration was increased to 2,5 eggs.g⁻¹ substrate, no significant effect of the arbuscular mycorrhizas on the reduction of the damages produced by *Meloidogyne* spp. were observed.

Key words: *Meloidogyne* spp., *Glomus mosseae*, *Glomus* sp.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye una de las principales hortalizas del mundo y representa un cultivo fuertemente afectado por diferentes plagas, entre ellos los nematodos (1).

Se conoce que, los organismos fitoparásitos son componentes habituales de los sistemas agronómicos y se comprobó experimentalmente que el ataque de nematodos endoparásitos (*Meloidogyne* spp.) reduce el rendimiento agrícola de los cultivos entre 15 y 25% y en algunos casos hasta 75% (2).

Los nematodos y hongos micorrízicos arbusculares se encuentran relacionados en la rizósfera de las plantas, y ambos organismos interactúan en el momento de colonizar la raíz (2,3).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman asociaciones de tipo mutualista con las raíces de la mayoría de las plantas superiores y poseen importante función en la captación de nutrientes, mejoramiento del crecimiento y protección frente a patógenos radicales (4).

Pocas investigaciones se efectuaron en las condiciones edafoclimáticas de la provincia Granma (Cuba) relacionadas con el efecto de cepas de micorrizas arbusculares (certificadas introducidas y/o nativas) para reducir los daños producidos por nematodos endoparásitos del género *Meloidogyne*, las que ofrecerían elementos importantes para el manejo de las poblaciones de nematodos en las hortalizas.

El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de las micorrizas arbusculares y *Meloidogyne* spp., en el cultivo del tomate cv. Vyta.

El experimento se realizó en la Universidad de Granma en el período comprendido entre octubre/2007 y enero/2008, en condiciones semi-controladas con temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ y humedad relativa entre 81-86%. Se utilizaron macetas de 2 kg de capacidad contentivas de un sustrato, esterilizado en autoclave (121°C , 1 atm, por 2 h), compuesto por una mezcla de estiércol ovino y suelo del tipo Cambisol (5) en proporción 1:1 (v:v).

Se emplearon inóculos de un concentrado de cepas nativas (CCN) de micorrizas arbusculares (MA) (aisladas del suelo empleado para el experimento) y no nativas (*Glomus mosseae*, Gerdemann y Trappe) (cepa IES-6) y *Glomus* sp., Schenck y Smith (cepa IES-13), procedentes, reproducidas y certificadas por el Instituto de Ecología y Sistemática (IES), La Habana (Cuba), constituidas por una mezcla de esporas, esporocarpos, hifas y fragmentos de raíces.

Las cepas de micorrizas arbusculares (no nativas y nativas) presentaban las siguientes características de calidad micorrízica: 60-70 % de raíces infectadas y aproximadamente 250 esporas por gramo de suelo.

Las semillas de tomate del cv. Vyta (93 % de germinación) se sembraron en bandejas (cepellones) de 104 alvéolos, con capacidad de $32,5 \text{ cm}^2$ cada uno y transcurridos 21 días desde la germinación, se trasplantó una planta por cada maceta. Las cepas de micorrizas se inocularon a una profundidad de 10 cm en el sustrato, a razón de 3 g maceta^{-1} para la inoculación simple y de $1,5 \text{ g del CCN} + 1,5 \text{ g de } G. \text{ mosseae}$ o *Glomus* sp., para la doble inoculación. Seguidamente se añadió a cada maceta, una suspensión del nematodo en dosis de 1,5 ó 2,5 huevos y/o juveniles infestivos (Ji). g^{-1} de sustrato (según el tratamiento).

El inóculo de *Meloidogyne* spp., se obtuvo a partir de una población nativa que infestaba *Achyranthes aspera* L., utilizando la metodología descrita por Hussey y Barker (6).

Se establecieron siete tratamientos y treinta repeticiones, con un diseño experimental completamente aleatorizado, donde cada maceta contenía una planta y representaba cada una de ella una repetición. Los tratamientos fueron: 1. Control (solo con nematodo); 2. *G. mosseae*; 3. *Glomus* sp.; 4. Concentrado de cepas nativas (CCN); 5. *G. mosseae* + *Glomus* sp.; 6. CCN + *G. mosseae*; 7. CCN + *Glomus* sp. Los tratamientos del 2 al 7 recibieron nematodos.

Se establecieron 30 plantas por tratamiento y se emplearon 10 para cuantificar el índice de agallamiento (IA), 60 días después de la inoculación de los nematodos, utilizando la escala de Taylor y Sasser (7).

Al final del experimento, se cosecharon las restantes 20 plantas y se evaluaron los indicadores: altura promedio de la planta (cm), masa seca promedio de la planta (g) y rendimiento (kg.planta^{-1}).

A los datos obtenidos se les verificó la normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett, referida por Sokal y Rohlf y fueron procesados estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple (para cada nivel de inóculo) y se compararon las medias por la prueba paramétrica del rango múltiple de Duncan ($p < 0,05$), empleando el paquete estadístico «STATISTICA» para Windows, versión 7.0.

La combinación de cepas de micorrizas provocó disminución del IA por debajo de 2, en las plantas que recibieron menor nivel de inóculo de *Meloidogyne* spp.,

mientras que en las que recibieron 2,5 huevos y/o juveniles por cada gramo de sustrato, los valores del IA se mantuvieron por encima de 3 (Tabla 1).

Se lograron los mejores resultados para los tratamientos, con las diferentes combinaciones de inóculos micorrízicos nativos o no nativos (tratamientos 5, 6 y 7), donde el índice de agallamiento disminuyó significativamente en comparación con la inoculación simple y el control (-M+N).

El efecto de los tratamientos en la reducción del índice de agallamiento por el nematodo, se reflejó en

los indicadores del crecimiento (altura de la planta y masa seca de la planta) y el rendimiento (Tabla 2).

Dichos valores fueron mayores en las variantes, donde el nivel de inóculo fue menor. De igual modo, estas variables fueron significativamente mayores en los tratamientos, que recibieron la combinación de micorrizas arbusculares, CCN + *G. mosseae* en presencia de ambos niveles de *Meloidogyne* spp.

La simple y doble inoculación de micorrizas arbusculares produjo incrementos significativos de estos indicadores del crecimiento en comparación con el

TABLA 1. Índice de agallamiento promedio (IA) provocado por la infestación de *Meloidogyne* spp. en plantas de tomate, tratadas con cepas de micorrizas arbusculares./ Average gall index (GI) caused by *Meloidogyne* spp. infestation in tomato plants inoculated with arbuscular mycorrhizas

No.	Tratamientos	IA	
		1,5 huevos-Ji de <i>Meloidogyne</i> spp.g ⁻¹ sustrato	2,5 huevos-Ji de <i>Meloidogyne</i> spp.g ⁻¹ sustrato
1	Control (-M+N)	4,00 a	5,00 a
2	<i>G. mosseae</i>	2,44 b	4,22 b
3	<i>Glomus</i> sp.	2,44 b	4,22 b
4	CCN	2,11 b	4,00 b
5	<i>G. mosseae</i> + <i>Glomus</i> sp.	1,56 c	3,33 c
6	CCN + <i>G. mosseae</i>	1,56 c	3,33 c
7	CCN + <i>Glomus</i> sp.	1,11 c	3,00 c
	CV (%)	45,6427	21,4986
	ESx	0,1251	0,1049

-M+N-Sin micorrizas con el nematodo (*Meloidogyne* spp.), CCN- Concentrado de cepas nativas. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para la prueba de Duncan (p<0,05)

TABLA 2. Parámetros de desarrollo y rendimiento del tomate cv. Vyta, inoculado con *Meloidogyne* spp. y tratado con micorrizas arbusculares./ Development parameters and yield of tomato cv. Vyta inoculated with *Meloidogyne* spp. and arbuscular mycorrhizas.

No.	Tratamientos	Altura de la planta (cm)		Masa seca de la planta (g)		Rendimiento (kg planta ⁻¹)	
		X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	Control (-M+N)	42,30 d	29,90 g	26,36 g	14,40 g	0,64 d	0,34 g
2	<i>G. mosseae</i>	46,62 c	35,68 e	34,12 e	25,76 e	0,74 cd	0,47 e
3	<i>Glomus</i> sp.	46,12 c	33,28 f	30,52 f	19,70 f	0,72 d	0,43 f
4	CCN	50,24 b	37,90 d	37,84 d	29,24 d	0,84 c	0,55 d
5	<i>G. mosseae</i> + <i>Glomus</i> sp.	52,10 b	42,62 c	42,02 c	35,36 c	1,15 b	0,86 b
6	CCN + <i>G. mosseae</i>	59,30 a	49,78 a	49,36 a	44,14 a	1,32 a	0,97 a
7	CCN + <i>Glomus</i> sp.	57,68 a	45,46 b	44,46 b	40,56 b	1,07 b	0,76 c
	CV (%)	6,423	1,326	2,843	1,330	5,324	1,040
	ESx	0,174	0,102	0,120	0,106	0,360	0,113

-M+N-Sin micorrizas con el nematodo (*Meloidogyne* spp.). X₁ y X₂ con 1,5 y/o 2,5 huevos-Ji de *Meloidogyne* spp.g⁻¹ del sustrato respectivamente. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para la prueba de Duncan (p<0.05).

tratamiento control (-M+N), que mostró los peores resultados frente a ambos niveles poblacionales del nematodo.

Los valores más altos de IA se produjeron en los tratamientos sin micorrizas en ambos niveles de inóculo y se constató que este índice aumentó en las plantas, a medida que se incrementó la concentración del inóculo. Este fenómeno posee relación directa con la alta susceptibilidad de esta variedad a nematodos agalleros (8).

La presencia de los índices más bajos de agallamiento en los tratamientos, que recibieron doble combinación de micorrizas arbusculares (nativos o no nativos), sugieren que estas tienden a colonizar o infectar más agresivamente el sistema radical de la planta hospedante, que cuando se aplican las cepas por separado.

Numerosos estudios sugieren mecanismos de acción de las micorrizas en sus interacciones con los nematodos fitoparásitos, entre ellos, la competencia por el espacio; la adquisición de nutrientes por las plantas micorrizadas, que puede tener relación con la tolerancia de las plantas micorrizadas a los nematodos y el potencial de las micorrizas de inducir resistencia en las plantas a los patógenos. Sin embargo; los mecanismos moleculares acerca de cómo la simbiosis de plantas y micorrizas provee el control de nematodos son aun pobremente entendidos (9).

En estudios en Cuba, Solórzano *et al.* (10), informaron que las micorrizas arbusculares del género *Glomus* (*Glomus manihotis* y *Glomus fasciculatum*) incrementaron la resistencia del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad INCA-17 a la infección por patógenos, pues fueron capaces de inducir la síntesis de enzimas relacionadas con la defensa contra dichos patógenos como: peroxidasas, β (1-3)-glucanasas, fenilalanina-amonioliasas, quitinasas y polifenoloxidasas. Los mecanismos involucrados en el sistema planta-micorrizas-nematodos deberán ser objeto de estudios futuros, de manera de lograr una eficiente explotación de las micorrizas en el manejo de nematodos en hortalizas como el tomate.

Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos e informados por Hernández-Socorro (11) para el cultivo del tomate (*S. lycopersicum*), y por los reportados por Rodríguez-Romero y Jaizme-Vega (12) para el plátano (*Musa* spp.) y Castillo *et al.* (13) en plantas de oliva, evaluando el efecto de micorrizas arbusculares en la protección contra nematodos agalleros en condiciones de suelo y clima de España.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que no existe una simple respuesta en la interacción planta-micorriza arbuscular-nematodo y que dicha respuesta depende de factores como las especies de nematodo, micorriza y planta, factores ambientales, tiempo del proceso de micorrización y período de exposición al nematodo.

Por lo tanto, futuras investigaciones se requerirán para seleccionar las cepas de micorrizas que puedan proteger más eficientemente a este cultivo contra los daños del nematodo y para estudiar con mayor profundidad los mecanismos involucrados en dicha interacción. En tal sentido, es recomendable usar la micorrización en el cultivo de tomate, como medida para reducir los daños causados por *Meloidogyne* spp., siempre que las poblaciones de la plaga no sean significativamente altas.

REFERENCIAS

1. Maroto JV. Consumo de hortalizas y salud. *Agrícola Vergel*. 2008; 315:138-143. ISSN-0211-2728.
2. Karssen G, Moens M. Root-knot nematodes. In: Perry R, Moens M, editors. *Plant Nematology*. CABI Publishing, UK. p.59-90. 2006.
3. Rodríguez-Romero AS, Jaizme-Vega MC. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria to plant health and development. *Microbes in Sustainable Agriculture*. Ed. Khan MS; Zaidi A, Mussarat J. ISBN. 978-1-60456-929-2. Editorial Nova Science Publishers. Inc. 2008.
4. Gianinazzi S, Gollotte A, Binet MN, Tuinen DV, Redecker D, Wipf D. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*. 2010; 20:519-530.
5. Hernández A, Pérez J, Bosch A, Rivero LD. Nueva versión de clasificación Genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Editora AGRINFOR. La Habana, Cuba. 64 pp. 1999.
6. Hussey RS, Barker KR. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Dis Res*. 1973; 57:1025-1028.
7. Taylor AL, Sasser JB. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). N.C. State Univ. Raleigh. 1978.

8. Rodríguez MG, Gómez L, González FM, Carrillo Y, Piñón M, Gómez O, et al. Comportamiento de la familia Solanaceae frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Rev Protección Veg. 2009;24(3):137-145.
9. Hallmann J, Sikora RA. Endophytic Fungi. Pp 227-258. En: K. Davis and Y. Spiegel (Eds.). Biological Control of Plant Parasitic Nematodes. 227 Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms, Progress in Biological Control 11, DOI 10.1007/978-1-4020-9648-8-10, Springer Science + Business Media, B.V. 2011.
10. Solórzano E, Meneses AR, Rodríguez Y, Pérez E, Fernández A, Peteira B, et al. Inducción de cinco sistemas enzimáticos en la simbiosis tomate-micorriza arbuscular. Rev Protección Veg. 2001;16(1):30-39.
11. Hernández-Socorro MA. Interacción de *Glomus mosseae*-*Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* y *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev Protección Veg. 2010;25(2):136.
12. Rodríguez-Romero AS, Jaizme-Vega MC. Effect of the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus manihotis* on the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in banana. Nematologia Mediterranea. 2005;33:217-221.
13. Castillo P, Azcón-Aguilar C, Del Rincón R, Calvet C, Jiménez RM. Protection of olive planting stocks against parasitism of root-knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Pathology. 2006; 5:705-713.

Recibido: 30-1-2013.

Aceptado: 9-5-2013.