

# INVESTIGACIONES

## EFFECTO DE HONGOS MICORRIZÓGENOS ARBUSCULARES SOBRE EL CRECIMIENTO DE ALGUNAS HORTALIZAS EN ALMÁCIGO Y POSTERIOR TRASPLANTE<sup>1</sup>

### Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of some horticultural seedlings in nursery and subsequent transplanting

Rosa Rubio H.<sup>2</sup>, Marcela Cepeda P.<sup>2</sup>, Fernando Borie B.<sup>2</sup> y Aliro Contreras N.<sup>2</sup>

#### SUMMARY

The effect of the inoculation with two strains of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF *Glomus* sp., M1 and *Glomus etnicatum* CH110, M2) on the growth of coriander (*Coriandrum sativum* L.), parsley (*Petroselinum hortense*) and bell pepper (*Capsicum annuum* L.) was studied under glasshouse conditions. Furthermore, the effect of two irrigation frequencies (H1 and H2) on the yield of inoculated parsley was determined being H2 the treatment which produced the major stress. On the other hand, the behaviour of bell pepper seedlings in the nursery and subsequent transplanting in the field was also studied.

Results showed that the inoculation with an effective AMF (M1) produced a higher average yield over 70%, 200% and 400% than the controls on coriander, parsley and bell pepper, respectively. The rate of root colonization (% I) were: bell pepper > coriander > parsley. In spite of the higher yield obtained in parsley with H1 than H2 it was with the later where the benefits of the inoculation were more striking. On the other hand, no stunting was produced in the transplanting of bell pepper from nursery to the field. Bearing in mind the high AM dependency showed by bell pepper it would be necessary to re-inoculate the soil with an effective AMF when fumigants are used for controlling plant pathogens and diseases.

**Key words:** Arbuscular-mycorrhizal, water stress, nursery, parsley, coriander, bell pepper.

#### INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que la mayoría de las plantas superiores son capaces de vivir en simbiosis con hongos micorrizógenos formando micorrizas del tipo arbuscular (MA), y que la infección producida en sus raíces, producto de la penetración de las hifas del hongo arbuscular al interior de las células corticales, puede mejorar sustancialmente la absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal, especialmente en suelos con una baja disponibilidad de P (Mosse, 1973; Borie y Barea, 1981; Kothari, *et al.*, 1990). Así, una inoculación temprana con hongos MA efectivos, especialmente en cultivos anuales, es beneficiosa para mejorar los rendimientos y la precocidad de los mismos (Haas *et al.*, 1986).

Dado que los hongos MA son simbioses obligados, esta asociación resulta ventajosa para plantas que requieren una etapa previa de almácigo o vivero, ya que las plántulas pueden previamente ser colonizadas con el hongo más efectivo, para que así, una vez micorrizadas, al ser trasplantadas al sitio definitivo se evita, por una parte, la competencia con otros microorganismos rizosféricos (Frioni, 1990) y, por otra, permite el uso de pequeñas cantidades de inóculo (Sieverding y Barea, 1991). Estas plantas preinoculadas son más tolerantes al estrés del trasplante que aquellas inoculadas al momento del mismo, después de éste o no inoculadas (Menge *et al.*, 1978), con la ventaja de que podrían permanecer por menos tiempo en etapa de almácigo (Abbott y Robson, 1982; Powell, 1984).

Cuando se trabaja con especies crecidas en almácigo o en vivero, una práctica común es la eliminación de microorganismos patógenos mediante la aplicación de agentes fumigantes los que, además de eliminar la microflora nociva, inciden fuertemente

<sup>1</sup>Recepción de originales: 27 de febrero de 1995.

Financiado por FONDECYT 571-92, DIUFRO 9241-92 y 9439.

<sup>2</sup>Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile.

sobre las poblaciones de hongos MA, afectando por tanto el crecimiento y desarrollo de las plantas, especialmente de aquellas que son micotróficas o micorriza-dependientes (Habte y Manjunath, 1991).

Por otra parte, existen evidencias de que las asociaciones micorrícicas arbusculares alteran las relaciones hídricas, mejorando la tolerancia de plantas inoculadas frente a un déficit de agua (Hardie y Leyton, 1981; Allen, 1991; Allen y Boosalis, 1993), recuperando la turgidez más rápidamente si se vuelve a un nivel óptimo, en relación a plantas no inoculadas (Paula y Siqueira, 1990). Ello se debería a que las plantas colonizadas adquieren un sistema radical más eficiente en la captación de agua conjuntamente con un mejoramiento sustantivo en la absorción de otros nutrientes, lo cual reviste gran importancia para el desarrollo de la mayoría de los ecosistemas naturales. Adicionalmente se ha establecido que cuando la planta se encuentra en estrés hídrico se produce una fuerte esporulación del hongo que forma la micorriza, como un mecanismo de sobrevivencia frente a aquella situación desventajosa (Sieverding, 1991). Lo mismo sucede en las etapas de senectud de algunas plantas como es el caso del trigo antes de su cosecha (Rubio, Moraga y Borie, 1990; Rubio *et al.*, 1991).

De aquí que los objetivos del presente estudio fueron: i) evaluar el efecto que produce sobre el crecimiento de cilantro y perejil la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares (MA) cuando estos cultivos se encuentran en etapa de almácigo bajo invernadero, ii) estudiar la respuesta, en invernadero, de la inoculación de plántulas de perejil, cuando se aplican dos frecuencias de riego diferentes y iii) determinar en plantas de pimiento, la tolerancia que produce la inoculación al estrés del trasplante, desde almácigo en invernadero a campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante 1993-1994, usando cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y perejil (*Petroselinum hortense*, cv. Gigante de Génova) en almácigo bajo invernadero. Además, se utilizó pimiento (*Capsicum annuum* L., cv. California Wonder) bajo las mismas condiciones, pero incluida una etapa posterior de trasplante a campo (Estación Experimental Maipo: 38° 44' lat. S, 72° 35' long. O y 100 m.s.n.m.).

El suelo utilizado correspondió a un trumao, serie Temuco (Cuadro 1), esterilizado en horno microondas (Rubio *et al.*, 1994) para la etapa de almácigo, con el objeto de eliminar los hongos MA nativos. A dicho suelo se le agregó un filtrado del mismo con el fin de adicionar toda la microflora de vida libre.

## CUADRO 1. Características químicas del suelo utilizado

TABLE 1. Chemical properties of the soil used

pH	P-Olsen (mg/kg)	N disponible (cmol(+)/kg)	Iones de intercambio (cmol (+)/kg)		
			Al <sup>3+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
6,32	16	17	trazas	1,55	10,03

Cada hortaliza se sembró en macetas (unidad experimental) de 33 cm de largo, 20 cm de ancho y 10,5 cm de alto que contenían 2,5 kg de suelo. Para cilantro y pimiento se utilizaron 16 macetas, mientras que para perejil fueron 32 unidades experimentales. La inoculación se realizó añadiendo a cada maceta 35 g de suelo infectado con raíces, esporas y micelio proveniente de dos especies de hongos MA nativos pertenecientes al género *Glomus* y que se mantienen regularmente en el invernadero como stock de inóculo. Las semillas de las tres hortalizas fueron desinfectadas previamente con cloramina T al 2% durante 5 minutos y pregerminadas; para cilantro y perejil se sembraron 70 semillas en dos hileras por maceta y para pimiento 60 semillas.

**Cilantro:** Se sembró el 25 de junio de 1993 y el corte se realizó el 13 de octubre del mismo año. Inoculado con dos especies de *Glomus*, M1 y M2, en almácigo bajo invernadero. Durante el ensayo se efectuaron 6 muestreos de plantas.

Los tratamientos para este ensayo fueron: suelo no estéril, conteniendo los hongos micorrizógenos nativos (Mn); suelo estéril, exento de hongos micorrizógenos, (-M); suelo estéril inoculado con dos tipos de hongos MA (M1 y M2), en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

**Perejil:** se sembró el 28 de agosto de 1993 finalizando el ensayo el 27 de enero de 1994. Sembrado en almácigo bajo invernadero, se inoculó con M1 y sobre él se realizaron siete muestreos de plantas a través del tiempo con dos cortes de la parte aérea, a las 14 y 18 semanas respectivamente, manteniéndose dos frecuencias de riego: 3 veces/semana, (H1) y otra más estresante de 2 veces/semana, (H2), debido a que estos cultivos son sensibles a la humedad del suelo (Giacconi, 1986).

Los tratamientos ensayados en el experimento fueron los mismos enunciados para cilantro pero con dos frecuencias de riego, H1 y H2.

**Pimiento:** sembrado el 1 de diciembre de 1993 y cosechado el 21 de abril de 1994; inoculado con M1

y M2. El ensayo se sembró en almácigo bajo invernadero con posterior trasplante a campo, a la octava semana, donde en surcos de 4 metros con una distancia entre surco de 70 cm, se trasplantaron 10 plántulas por surco, distribuidas al azar en cuatro parcelas en un diseño estadístico de bloques al azar. Se realizaron siete muestreos de plantas.

Durante todo el experimento se realizó un seguimiento del desarrollo micorrícico en las hortalizas, mediante un muestreo sucesivo en el tiempo, donde los parámetros evaluados fueron: porcentaje de colonización de las raíces por los hongos MA, de acuerdo con la tinción de Phillips y Hayman (1970); rendimiento en base a producción de materia verde y relación raíz/parte aérea.

En el tratamiento estadístico de los datos, se verificó normalidad, transformando los valores en arco seno, luego se efectuó un análisis de variancia y, finalmente, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan (Duncan, 1955).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A excepción de algunos trabajos sobre pimiento (Hirrel y Gerdemann, 1980; Haas *et al.*, 1986; 1987; Waterer y Coltman, 1989; Afek *et al.*, 1990), existe escasa información sobre el efecto de los hongos MA en el crecimiento y desarrollo de cultivos hortícolas, en especial aquellos que utilizan una etapa de almácigo (Rubio *et al.*, 1994).

Para cilantro, en el Cuadro 2, se puede observar que hasta el tercer muestreo (10 semanas post-siembra) no se produjeron diferencias significativas en el rendimiento de los distintos tratamientos. Sin embargo, a partir del cuarto y hasta el quinto muestreo se observaron diferencias entre el testigo con la micorriza nativa, mientras que al término del ensayo con la inoculación de los hongos M1 y M2 se obtuvieron los mayores rendimientos.

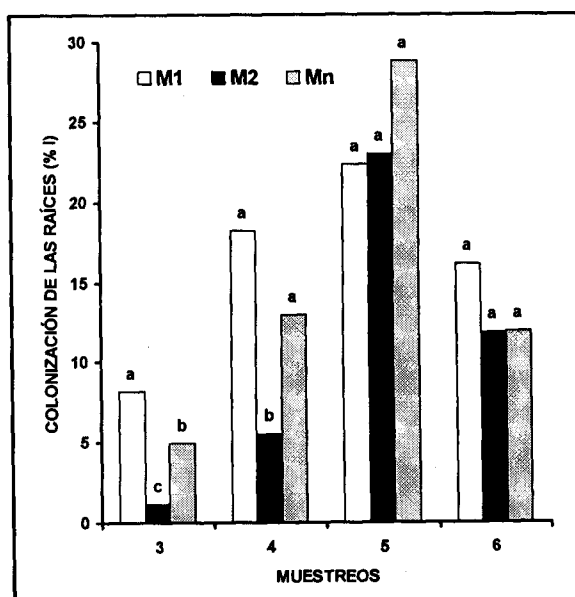
En todos los tratamientos (Figura 1) la colonización radical fue tardía comenzando a observarse tan sólo a las 10 semanas, alcanzándose el máximo a las 13 semanas, donde el mayor porcentaje se obtuvo con Mn. Al comparar los resultados de la colonización con el rendimiento obtenido en cada muestreo (Cuadro 2), se observa que la inoculación con las cepas M1 y M2 no fueron muy infectivas, pero sí bastante efectivas encontrándose diferencias de rendimiento con respecto a Mn. Lo anterior es consecuencia de que la efectividad es el resultado de interacciones fisiológicas entre la planta hospedadora y los endófitos bajo condiciones ambientales dadas (Sieverding, 1991).

**CUADRO 2. Peso de parte aérea (g) del cilantro a través de seis muestreos en almácigo bajo invernadero e inoculado con dos cepas de *Glomus***

**TABLE 2. Shoot weight (g) of Coriander through out six samplings of the seedlings under glasshouse and inoculate with two *Glomus* strains**

Muestreo (semanas)	Peso aéreo (g/4 pl)			
	(-M)	Mn	M1	M2
1 (6)	0,30 a	0,23 a	0,24 a	0,23 a
2 (8)	1,04 a	0,85 a	0,94 a	0,81 a
3 (10)	2,62 a	1,81 a	2,41 a	2,88 a
4 (11)	2,21 a	1,24 b	2,07 ab	1,67 ab
5 (13)	3,92 ab	2,75 b	5,56 a	4,42 ab
6 (16)	0,64 b	0,56 b	1,09 a	0,95 a

En cada muestreo, para cada variable medias (4 repeticiones) de cada tratamiento con distinta letra por filas, indican diferencias significativas (Duncan P < 0,05).



**FIGURA 1. Colonización por hongos MA en raíces de cilantro en almácigo bajo invernadero inoculado con dos cepas de *Glomus*.**

**FIGURE 1. Arbuscular mycorrhizal roots colonization (%) in coriander roots grown in nursery under glasshouse inoculated with two *Glomus* strains.**

La influencia de los hongos MA en el crecimiento de perejil se puede observar en el Cuadro 3, donde los mayores rendimientos se obtuvieron hasta el tercer muestreo con Mn y M1 a la frecuencia de riego H1; ya desde el cuarto muestreo no hay diferencias respecto al sistema de riego, probablemente como consecuencia de haberse alcanzado a los cuatro meses una buena colonización de la hortaliza por

**CUADRO 3. Peso de parte aérea (g) en perejil a través de siete muestreos en almácigo bajo invernadero a dos frecuencias de riego e inoculado con *Glomus***

**TABLE 3. Shoot weight (g) in parsley through out seven samplings of the seedlings under glasshouse at two irrigation frequencies and inoculate with *Glomus* strains**

Muestreo (semanas)	Peso aéreo (g/4 pl) Frecuencia riego					
	H1			H2		
	(-M)	Mn	M1	(-M)	Mn	M1
1 (11)	0,97 bc	2,43 a	1,71 ab	0,66 c	0,53 c	1,11 bc
2 (12)	0,77 c	4,38 a	2,52 b	0,72 c	0,87 c	1,65 bc
3 (14)	1,75 d	5,33 a	4,44 b	0,80 c	1,08 c	2,83 c
4 (16)	2,18 bc	4,45 a	4,86 a	1,31 c	3,02 abc	3,89 ab
5 (18)	1,87 c	2,63 bc	5,92 a	1,28 d	3,98 b	5,61 a
6 (20)	1,62 c	4,86 a	4,88 a	2,06 bc	3,27 ab	4,44 a
7 (22)	3,44 b	3,89 ab	4,64 ab	3,65 ab	4,28 ab	5,17 a

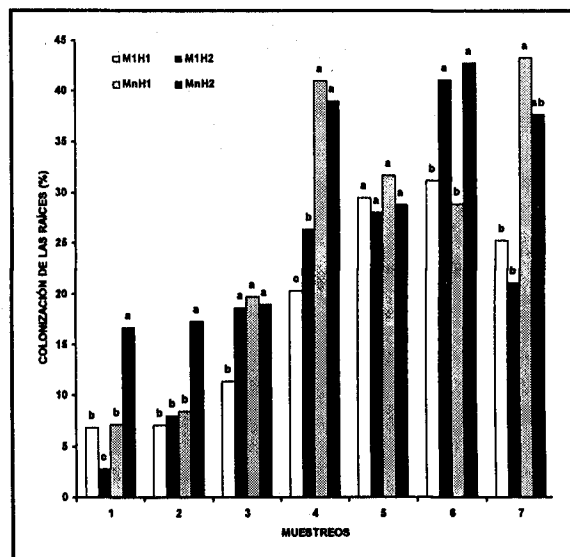
En cada muestreo, para cada variable medias (4 repeticiones) de cada tratamiento con distinta letra por filas, indican diferencias significativas (Duncan P < 0,05).

los hongos micorrizógenos. Es un hecho que las plantas micorrizadas incrementan su resistencia al estrés hídrico (Cooper, 1984) y, por tanto, es posible esperar un incremento en el porcentaje de infección y en el número de esporas en un entorno menos húmedo, siendo la base para preparar inóculos con arcillas expandidas, el llevar la planta huésped a condiciones de sequedad a fin de que ésta produzca una esporulación abundante (Dehne y Backhaus, 1986; Sieverding y Barea, 1991). El menor porcentaje de colonización se logró con el hongo introducido M1 en condiciones de riego más frecuente H1 (Figura 2), señalando nuevamente la efectividad que tuvo este inóculo, de acuerdo al rendimiento alcanzado por las hortalizas.

Al comparar el efecto de la inoculación de M1 con respecto al testigo (-M) hasta las 20 semanas, el incremento en rendimiento fue superior con el tratamiento H1, alcanzando el 200%, resultados que concuerdan con los informados en ají por Waterer y Coltman (1989).

La colonización fue más temprana para perejil que cilantro; no obstante, a las 11 semanas, con un porcentaje inferior a 10, el efecto en el rendimiento fue significativamente mayor en los tratamientos con micorriza, correlacionando estrechamente el que a mayor colonización, mayor rendimiento. La velocidad de infección por hongos MA depende de la micotrofia de la planta huésped, de factores ambientales (temperatura, luz, humedad) así como también del número y calidad de propágulos en el inóculo

(Daniels y Skipper, 1982). Dado que el suelo (Mn) contenía un número elevado de esporas (450 esporas/g suelo seco) y las condiciones del ensayo fueron similares a las utilizadas con cilantro, se concluye que perejil es una planta más micotrófica que el primero.



**FIGURA 2. Porcentaje de colonización por hongo MA en raíces de perejil, bajo invernadero con dos frecuencias de riego e inoculado con dos cepas de *Glomus*.**

**FIGURE 2. Arbuscular mycorrhizal infection (%) produced in parsley root, grown in nursery under glasshouse at two irrigation frequencies and inoculated with two *Glomus* strains.**

Los rendimientos obtenidos en pimiento a través de todos los muestreos no resultaron ser significativamente diferentes para el testigo sin micorriza como para aquellos con Mn y M2, tanto en la etapa de almácigo como en su posterior trasplante (Cuadro 4). Para esta hortaliza, el hongo M1 resultó ser suficientemente efectivo a partir de la sexta semana, incrementando su rendimiento en 180%. En el posterior trasplante a campo, se mantuvo en todos los muestreos, una diferencia significativa en el rendimiento de M1 con respecto a los otros tratamientos, corroborado por las menores relaciones R/S obtenidas con dicha cepa de hongo, ya que esta relación señala el grado de eficiencia de un hongo MA, siendo menor, mientras más efectiva sea la simbiosis (Kothari *et al.*, 1990). Este mayor aumento probablemente se debería a un mejoramiento en la translocación de P por el hongo M1 (Cox y Tinker, 1976).

En pimiento, la infección fue relativamente temprana incrementándose fuertemente en la sexta semana, segundo muestreo (Figura 3), periodo en que se comienza a observar un sustantivo efecto en el rendimiento. Para Mn y M1 el máximo de colonización se obtuvo a la octava semana, periodo en que se hizo el trasplante a campo y luego la micorrización descendió en los muestreos posteriores, mientras M2 aumentaba para finalmente disminuir a la semana 20. Lo más probable es que la infección lograda al comienzo fue suficiente para hacer funcionar la simbiosis y como tal se incrementara la absorción de nutrientes a la vez que aumentara el número y largo de sus raíces. Dado que las raíces infectadas permanecen igual y lo que aumenta son las raíces no infectadas, la proporción de las primeras obviamente tiende a descender.

Cuando se realizó el trasplante a campo, las plantas de pimiento no presentaron las características habituales conocidas como estrés del trasplante, especialmente la disminución en la turgencia de hojas y tallos (Krikun *et al.*, 1981; Haas *et al.*, 1987). No obstante, el tratamiento M1 continuó presentando grandes diferencias en el rendimiento con respecto al resto de los tratamientos, probablemente porque las raíces estaban suficientemente infectadas con un hongo MA efectivo y funcional. Al observar el porcentaje (Figura 3), hubiese sido posible el trasplante a campo a la sexta semana, ya que la infección se mantuvo prácticamente constante durante ese lapso de tiempo.

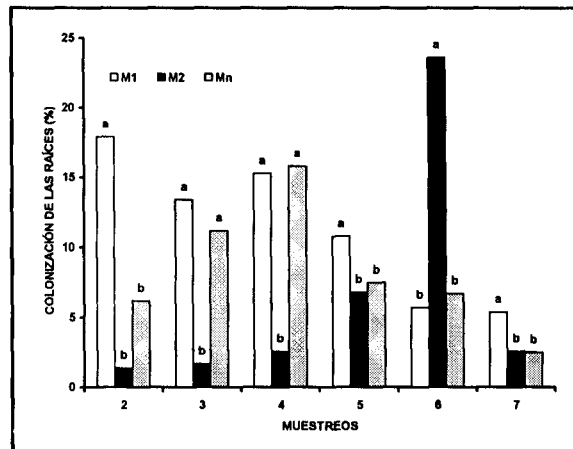


FIGURA 3. Porcentaje de colonización por hongos MA en raíces de pimiento en almácigo bajo invernadero y posterior trasplante a campo inoculado con dos cepas de *Glomus*.

FIGURE 3. Arbuscular mycorrhizal roots colonization (%) in bell pepper roots grown in nursery under glasshouse and transplanted to the field and inoculated with two *Glomus* strains.

#### CUADRO 4. Peso de parte aérea (g) y relación raíz/tallo en pimiento inoculado con dos cepas de *Glomus* a través de siete muestreos en almácigo y posterior trasplante a campo

TABLE 4. Shoot weight (g) and root/shoot ratio in bell pepper inoculated with two *Glomus* strains through out seven samplings of the seedlings under glasshouse and subsequent transplanting to the field

Muestreo (semanas)	Etapa	Peso aéreo (g/3 pl)				Relación raíz/tallo			
		(-M)	Mn	M1	M2	(-M)	Mn	M1	M2
1 (5)	almácigo	0,89 b	0,77 b	1,22 ab	1,55 a	0,35 a	0,27 a	0,28 a	0,16 a
2 (6)	almácigo	1,22 b	1,41 b	3,45 a	1,07 b	0,35 a	0,32 ab	0,20 b	0,40 a
3 (7)	almácigo	1,20 b	1,46 b	5,20 a	1,19 b	0,35 b	0,35 b	0,24 c	0,48 a
4 (8)	campo	0,90 b	1,05 b	5,20 a	0,91 b	0,28 a	0,26 a	0,26 a	0,29 a
5 (11)	campo	1,18 b	0,98 b	6,62 a	0,61 b	0,29 ab	0,33 ab	0,19 b	0,40 a
6 (15)	campo	7,16 b	8,57 b	40,86 a	3,55 b	0,24 a	0,24 a	0,19 a	0,24 a
7 (20)	campo	26,26 b	46,70 b	140,14 a	10,91 b	0,21 a	0,22 a	0,15 a	0,21 a

En cada muestreo, medias de (4 repeticiones) de cada variable con distinta letra por filas, indican diferencias significativas (Duncan  $P < 0,05$ ).

Los resultados obtenidos, tanto en precocidad de la infección así como los incrementos en rendimientos logrados con la inoculación señalan la alta dependencia de pimiento a los hongos MA, hecho que se confirma en trabajos de otros autores (Janos, 1984; Haas *et al.*, 1986; Waterer y Coltman, 1989). Al ser el pimiento un cultivo muy micotrófico se hace necesario reinfestar con hongos MA el suelo cuando éste ha sido fumigado para eliminar microorganismos patógenos siendo, por tanto, de capital importancia en términos de producción, la reinoculación del suelo con hongos MVA efectivos. Aunque Chile no es un productor de este cultivo en forma masiva, existen otras zonas donde el pimiento es uno de los cultivos más trascendentales. Este es el caso de Florida, EE.UU., donde en el periodo 1991-1992 se sembraron 8.660 ha lo que significó, para ese año, una producción con un valor que superó los US\$ 170 millones (Locascio y Stall, 1994).

### CONCLUSIONES

En los tres cultivos hortícolas ensayados: cilantro, perejil y pimiento, la inoculación con hongos micorrizógenos efectivos produjo con respecto al testigo,

un incremento en el rendimiento superior al 70, 200 y 400%, respectivamente, siendo por tanto, el orden en la dependencia a los hongos MA es: pimiento > perejil > cilantro.

La precocidad o velocidad de la infección por hongos MA sigue el orden pimiento > cilantro > perejil.

Si bien, en perejil las plantas presentaron un rendimiento superior en un sistema con frecuencia mayor de riego, tanto la infección como el incremento en rendimiento comparado con el testigo, fueron superiores cuando la planta creció en un sistema de frecuencia de riego menor.

En pimiento no se produjo el habitual estrés del trasplante desde almácigo a campo probablemente como consecuencia de que, cuando ello se realizó, las raíces de la planta huésped estaban con una micorrización significativa.

Dado que el pimiento es una planta de significativa dependencia de la micorrización se recomienda la reinoculación con hongos MA efectivos cuando los almácigos hayan sido fumigados para el control de patógenos y enfermedades.

### RESUMEN

Se estudió, bajo condiciones de invernadero, el efecto de la inoculación de dos hongos micorrizógenos (*Glomus* sp., M1 y *Glomus etunicatum* CH 110, M2) sobre el crecimiento de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), perejil (*Petroselinum hortense*) y pimiento (*Capsicum annuum* L.). Además, se determinó sobre plantas de perejil inoculadas y no inoculadas con hongos MA el efecto de dos frecuencias de riego (H1 y H2), siendo H2 la de mayor estrés. Por otra parte, se estudió el comportamiento de pimiento al ser trasplantado desde almácigo a condiciones de campo.

Los resultados mostraron que la inoculación con un hongo MA efectivo (M1) produjo un mayor rendimiento, superior al 70, 200 y 400% sobre el testigo,

para cilantro, perejil y pimiento, respectivamente. La velocidad en el porcentaje de infección fue: pimiento > cilantro > perejil. Aunque en perejil se obtuvo un mayor rendimiento con la frecuencia de riego (H1) el incremento sobre el testigo fue superior a menor frecuencia (H2). Además, no se observó estrés al trasplante por parte de las plántulas de pimiento crecidas en almácigo. Teniendo en cuenta la alta dependencia a los hongos MA por parte de pimiento aparece necesaria la reinoculación del suelo con un hongo efectivo cuando se utilizan fumigantes para el control de patógenos y enfermedades.

**Palabras claves:** micorrizas arbusculares, estrés hídrico, almácigo, cilantro, perejil, pimiento.

### LITERATURA CITADA

ABBOTT, L.K. and ROBSON, A.D. 1982. The role of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. *Australian Journal Agricultural Research* 33: 389-408.

AFEK, U., RINALDELLI, E., MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V. and PONT, E. 1990. Mycorrhizal species, root age, and position of mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion, and pepper seedlings. *Journal American Society of Horticultural Science* 115(6): 938-942.

- ALLEN, M.F. 1991. The ecology of mycorrhizal fungi. Cambridge University Press. 184 p.
- ALLEN, M.F. and BOOSALIS, M.G. 1993. Effects of two species of VA mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. *New Phytologist* 93: 67.
- BORIE, F. y BAREA, J.M. 1981. Ciclo del fósforo. II. Papel de los microorganismos y su repercusión en nutrición vegetal. *Anales de Edafología y Agrobiología* 11-12: 2365-2381.
- COOPER, K.M. 1984. Physiology of VA mycorrhizal associations. *In: VA Mycorrhiza*. C.L.I. Powell and D.J. Bagyaraj (Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. p.: 155-186.
- COX, G. and TINKER, P.B. 1976. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizal. I. The arbuscule and phosphorus transfer: a quantitative ultrastructural study. *New Phytologist* 77: 371-378.
- DANIELS, B.A. and SKIPPER, H.D. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *In: Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. N.C. Schenk (Ed.), American Phytopathological Society, St Paul, p.: 29-35.
- DEHNE, H.W. and BACKHAUS, G.F. 1986. The use of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in plant production. *In: Inoculum production*. *Journal Plant Disease and Protection* 93: 415-424.
- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11: 1-42.
- FRIONI, L. 1990. Ecología microbiana del suelo. Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. Montevideo, Uruguay. p.: 438-451.
- GIACONI, V. 1986. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. Cuarta Edición. 309 p.
- JANOS, D.P. 1984. Methods for vesicular-arbuscular mycorrhizal research in the lowland wet tropics. *In: Physiological ecology of plants of the wet tropics*. E. Medina, H.A. Mooney and C. Vasquez. Yanes. (Eds.), Junk, The Hague. p.: 173-187.
- HAAS, J.H., BAR-TAL, A., BAR-YOSEF, B. and KRIKUN, J. 1986. Nutrient availability effects on vesicular-arbuscular mycorrhizal bell pepper seedlings and transplants. *Annual Applied Biology* 108: 171-179.
- HAAS, J.H., BAR-YOSEF, B., KRIKUN, J., BARAK, R., MARKOVITZ, T. and KRAMER, S. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus infection and phosphorus fertigation to overcome pepper stunting after methyl bromide fumigation. *Agronomy Journal* 79: 905-910.
- HABTE, M. and MANJUNATH, A. 1991. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhizal* 1: 3-12.
- HARDIE, K. and LEYTON, L. 1981. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal on growth and water relations of red clover. I. In phosphate deficient soil. *New Phytologist* 89: 599-608.
- HIRREL, M.C. and GERDEMANN, J.W. 1980. Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science Society of America Journal* 44: 654-655.
- KOTHARI, S.K., MARSCHNER, H. and GEORGE, E. 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations in maize. *New Phytologist* 116: 303-311.
- KRIKUN, J., BAR-JOSEPH, B., HAAS, J., NACHMIAS, A. and DISHON, I. 1981. Factors involved in a pepper collapse syndrome. *Phytopathology* 71: 232.
- LOCASCIO, S.J. and STALL, W.M., 1994. Bell pepper yield as influenced by plant spacing and row arrangement. *Journal America Society Horticultural Science* 119 (5): 899-902.
- MENGE, J.A., DAVIS, R.M., JOHNSON, E.L.V. and ZENTMEYER, G.A. 1978. Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. *California Agronomy* 32: 6-9.
- MOSSE, B. 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review Phytopathology* 11: 171-196.
- PAULA, M.A. and SIQUEIRA, J.O. 1990. Stimulation of hyphal growth of the VA mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* by suspension-cultured *Pueraria phaseoloides* cells and cell products. *New Phytologist* 115: 69.
- PHILLIPS, J.M. and HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of British Mycology Society* 55: 158-161.
- POWELL, C.L.I. 1984. Field inoculation with VA mycorrhizal fungi. *In: VA mycorrhiza*. C.L.I. Powell and D.J. Bagyaraj (Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. p.: 205-222.
- RUBIO, R., MORAGA, E. and BORIE, F. 1990. Acid phosphatase activity and vesicular-arbuscular mycorrhizal infection associated with roots of four wheat cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 13(5): 585-598.
- RUBIO, R., CASTILLO, C., MORAGA, E. y BORIE, F. 1991. Algunos parámetros fisiológicos en cuatro variedades de trigo de primavera en simbiosis con micorrizas vesicular-arbusculares. *Agricultura Técnica* 51(2): 151-158.
- RUBIO, R., URIBE, R., BORIE, F., MORAGA, E. y CONTRERAS, A. 1994. Micorrizas vesículo-arbusculares (VA) en horticultura. Velocidad de infección en lechuga y tomate y su incidencia sobre el desarrollo del cultivo. *Agricultura Técnica* 54(1): 7-14.

SIEVERDING, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany. Eschborn. 371 p.

SIEVERDING, E. y BAREA, J.M. 1991. Perspectivas de la inoculación de sistemas de producción vegetal con hongos formadores de micorrizas VA. *En: Fijación y movilización biológica de nutrientes*. J. Olivares y J.M. Barea (Eds.), C.S.I.C, Madrid, España. Cap. 20.

WATERER, D.R. and COLTMAN, R.R. 1989. Response of mycorrhizal bell peppers to inoculation timing, phosphorus, and water stress. *Horst Science* 24(4): 688-690.