

# MICORRIZAS VESICULO-ARBUSCULARES (VA) EN HORTICULTURA. VELOCIDAD DE INFECCION EN LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y TOMATE (*Lycopersicon esculentum* MILL.) Y SU INCIDENCIA SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO<sup>1</sup>

## VA mycorrhizae in horticulture. Infection rate in lettuce and tomato and its incidence on plant growth

Rosa Rubio H.<sup>2</sup>, Robinson Uribe P.<sup>2</sup>, Fernando Borie B.<sup>2</sup>, Elvira Moraga P.<sup>2</sup> y Aliro Contreras N.<sup>2</sup>

### S U M M A R Y

The purpose of this study was to determine the effect of native VA mycorrhizal strains on the growth of tomato and lettuce growing in nursery. The experiments were carried out by using sterile soil and two native VA mycorrhizal inocula belonging to the *Glomus* genera. The parameters measured were % root infection and weight of shoots and roots along time. Results show a significative beneficial effect of the symbiosis both in % root infection and on the growth.

It is concluded that it is possible to inoculate tomato and lettuce nurseries producing a better growth and precocity. Different degrees of affinity between fungi and host were found.

**Key words:** lettuce, tomato, VA mycorrhiza, nursery.

### INTRODUCCION

El estudio de las micorrizas vesículo-arbusculares, simbiosis que afecta a la mayoría de las plantas de interés agronómico, cada vez tiene mayor relevancia por el aporte que realiza al conocimiento de la nutrición y fisiología de los vegetales, aspectos que son vitales para la comprensión del rol que estos hongos desempeñan en la naturaleza, lo que a futuro podría permitir su explotación como fertilizantes biológicos.

No obstante ocurrir esta simbiosis en todos los suelos (Abbott y otros, 1983) y en todas las condiciones de clima y manejo de cultivos (Lopes y otros, 1983) son escasos los antecedentes respecto a la contribución de los hongos VA nativos a la nutrición de plantas en condiciones naturales.

Cada vez se hace más común la práctica de inoculación con hongos VA en plantas arbóreas o arbustivas multiplicadas en vivero, mientras que la inoculación en campo encuentra serias dificultades debido a la gran cantidad de inóculo que se requiere, su persistencia en el suelo y la necesidad de inóculos apropiados para cada situación agrícola

(Menge, 1983). De los factores mencionados el más importante es la obtención de cantidades suficientes de inóculo para aplicarlo en campo, ya que al no crecer el hongo VA en cultivo puro, es necesario reproducirlo sobre plantas, proceso que además de lento tiene el peligro latente de introducir patógenos conjuntamente con el hongo simbiote. Hoy en día resulta más atractiva y efectiva su inoculación en plantas a nivel de viveros y almacigos, de modo que una vez lograda la infección con el hongo más efectivo, la planta se traslada al sitio definitivo con su raíz ya colonizada, evitando así el antagonismo microbiano propio de la rizósfera (Borie, 1986).

El presente estudio tuvo como objetivo medir el efecto de la inoculación de dos hongos micorrizógenos vesículo-arbusculares (MVA) nativos sobre la velocidad de infección y el crecimiento de variedades de lechuga y tomate.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el Departamento de Ciencias Químicas de la Universidad de La Frontera durante los años 1991-1992. Se trabajó con lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en etapa de almacigo bajo condiciones de invernadero y, en una etapa posterior para el caso de lechuga, en campo bajo invernadero en la

<sup>1</sup>Recepción de originales: 22 de septiembre de 1993.

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

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

Estación Experimental Maipo (UFRO) ubicada a 4 km de Temuco (38° 44' latitud sur, 72° 35' longitud oeste y 100 m.s.n.m).

Los tratamientos utilizados fueron cuatro: suelo no estéril (No-E), suelo estéril (E), suelo estéril inoculado con dos especies de hongos MVA nativos pertenecientes al género *Glomus* (M-1 y M-2) en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

El suelo utilizado correspondió a un trumao de la serie Temuco, esterilizado en horno microondas Westinghouse (cuatro minutos en posición máxima durante tres días consecutivos con el suelo a 70% de capacidad de campo) para la etapa de almácigo, y con toda la microflora nativa cuando las plantas se trasladaron al campo. Su análisis aparece en el Cuadro 1.

Se usaron tres variedades de lechuga de amarra: Conconina, Milanese y Romana Blanca adaptadas a la zona y a la producción invernal, y dos variedades de tomate: Cal Ace (de consumo fresco) y Roma VF (de uso industrial).

El suelo se colocó en macetas de 2,5 kg de capacidad, manteniéndolo durante todo el experimento con una humedad equivalente al 70% de su capacidad de campo. La inoculación en cada maceta se hizo con 65 g de suelo infectado proveniente de dos especies de hongos MVA nativos (M-1 y M-2) aislados desde suelos de la región y a los cuales se les había comprobado, anteriormente, su efectividad. La siembra se efectuó en dos hileras con 60 semillas de cada hortaliza, desinfectadas y pregerminadas.

Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de infección de las raíces por los hongos MVA usando la tinción de Phillips y Hayman (1970), cuantificada de acuerdo con el método del intercepto de líneas (Giovannetti y Mosse, 1980), producción en base a materia verde y relación raíz/parte aérea. La visualización de la velocidad de infección se realizó por medio de la medición periódica de la raíz.

En el tratamiento estadístico de los datos se aplicó, primero, la Prueba de Shapiro y Wilk (1965), para

verificar normalidad. Los porcentajes de infección se transformaron en valores arcoseno, luego se efectuó un análisis de variancia y, finalmente, se aplicó la Prueba de Duncan (Duncan, 1955).

En el experimento de lechugas en almácigo en época invernal no se incluyó el testigo estéril (E) en el análisis estadístico, debido a que este tratamiento sólo se utilizó para verificar la esterilidad del suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1-A, 1-B y 1-C se muestra el desarrollo de la infección producida por la inoculación de los dos hongos nativos (M-1 y M-2) en la raíces de las tres variedades de lechuga, comparada con un testigo (No-E) que contenía toda la microflora del suelo, durante los 130 días de la etapa de almácigo en época invernal. Se puede observar que con las tres variedades de lechuga se obtuvo la típica curva de infección producida por hongos MVA y que, al finalizar la etapa de almácigo ya la infección comenzó a declinar, excepto en Romana Blanca con M-1 y M-2, debido a que la velocidad de infección en esta variedad fue más lenta.

De los dos inóculos introducidos (M-1 y M-2) respondió mejor M-2 debido, probablemente, a que la mayoría de las esporas presentes en el suelo eran del tipo M-2, lo que está de acuerdo con el mayor porcentaje de infección observado a los 100 días (sexto muestreo) en el testigo (No-E).

En el primer muestreo, que se realizó a los 16 días después de la emergencia de las plantas, la infección ya había comenzado en las tres variedades. Al transcurrir los días, se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de raíz colonizada por la micorriza nativa con aquella producida por los inóculos introducidos, pero no se encontraron diferencias entre los dos inóculos M-1 y M-2. La mayor infección se obtuvo al sexto muestreo en Milanese y Conconina, a diferencia de Romana Blanca, la que no alcanzó a describir la curva completa de infección por hongos MVA.

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>	K <sup>+</sup>
6,32	16	17	trazas	1,55	10,03	0,83

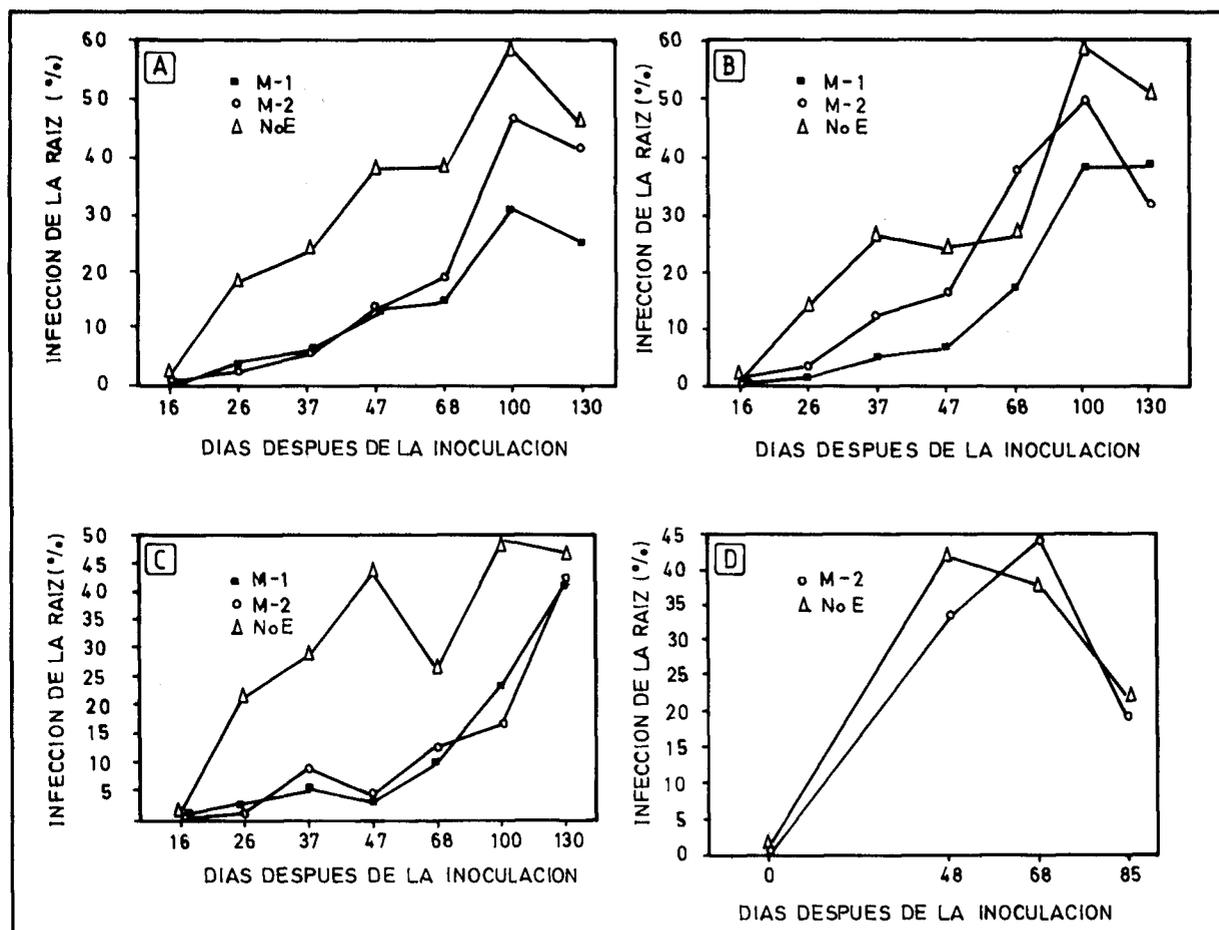


FIGURA 1. Porcentaje de infección por hongos micorrizógenos VA en el almácigo de lechuga. Variedad Conconina (A), Milanesa (B) y Romana Blanca (C) en época invernal. Variedad Conconina (D) época primaveral.

FIGURE 1. VA mycorrhizal infection (%) produced in roots lettuce nursery. Conconina variety (A), Milanesa variety (B) and Romana Blanca variety (C) in winter age. Conconina variety (D) in spring age.

La mayor infección lograda en las tres variedades de lechuga por la micorriza nativa presente en el suelo no estéril, se debió, posiblemente, al mayor número de esporas de hongos MVA que contenía este suelo (450 esporas/100 g suelo seco) el que superó largamente a la cantidad de esporas introducidas al suelo estéril. Este hecho, unido a la disminución de la luminosidad y las bajas temperaturas registradas en el invernadero (máximas de 18 °C y mínimas de -2,5 °C) produjeron una menor infección por los hongos introducidos (M-1 y M-2), con un desarrollo más lento de las plantas ya que tanto cantidad de inóculo presente en el suelo (Daniels y Skipper, 1982), como temperatura (Saif, 1983) y luminosidad (Bethlenfalvay y Pacovsky, 1983) son factores que inciden significativamente en la capacidad y velocidad de infección de los hongos micorrizógenos.

En el Cuadro 2, se muestra la producción de materia verde de lechuga a la salida de almácigo, donde la mejor producción se logró en Milanesa con M-2 y Romana Blanca con micorriza nativa, observándose diferencias significativas con los otros tratamientos. Las tres variedades de lechuga respondieron de distinta manera a la infección por MVA, demostrando que no existe una relación directa entre el porcentaje de infección y la producción alcanzada, siendo para cada variedad estudiada distinta la afinidad y eficiencia de la inoculación con cada hongo VA, lo que corrobora los distintos comportamientos encontrados por Jensen (1984) en maíz, cebada y arveja infectadas con hongos micorrizógenos.

**CUADRO 2. Efecto de las micorrizas VA en la producción de materia verde en lechuga en etapa almácigo y posterior trasplante a campo**

**TABLE 2. VA mycorrhizal effect on yields in lettuce growing in nursery and in the field**

Variedad	Inóculo	Almácigo		Campo	
		Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/ Parte aérea	Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/ Parte aérea
Conconina	M-1	4,42 a	0,36 a	15,65 b	0,36 a
	M-2	2,76 a	0,37 a	45,61 a	0,30 a
	No-E	3,04 a	0,28 a	31,41 a	0,25 a
Milanesa	M-1	2,79 b	0,32 a	56,36 b	0,28 a
	M-2	5,58 a	0,24 a	69,06 a	0,20 a
	No-E	3,37 b	0,33 a	74,80 a	0,23 a
Romana Blanca	M-1	1,67 b	0,46 a	30,37 b	0,27 a
	M-2	2,00 b	0,35 a	42,39 a	0,28 a
	No-E	3,26 a	0,32 a	41,99 a	0,29 a

En el sentido vertical y en cada variedad, medias (4 repeticiones) de cada variable con distinta letra, indican diferencias significativas (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

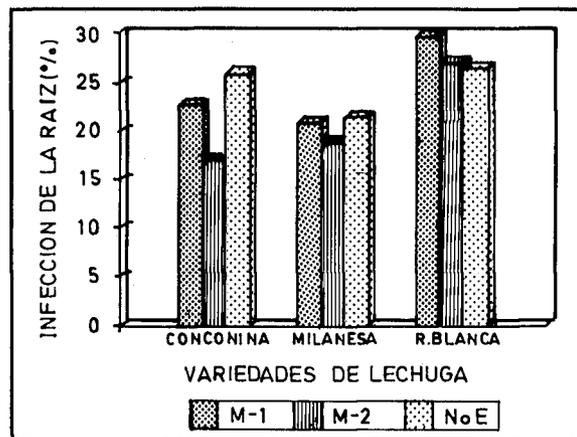
Las lechugas a los 130 días fueron trasplantadas al campo bajo invernadero, donde se mantuvieron hasta alcanzar su madurez comercial. En la Figura 2, se puede observar que las tres variedades de lechuga continuaron su proceso de micorrización después del trasplante no presentando diferencias significativas en los porcentajes de infección. Estos, en general fueron bajos, debido posiblemente a la cantidad de fósforo presente en el suelo, disminuyendo la infección al aumentar el fósforo disponible. Este efecto es coincidente con lo encontrado por Brown y Carr (1984), quienes observaron que la micorrización en lechuga es dependiente del fósforo presente en el suelo, de lo que se puede concluir que ésta es una especie micotrófica facultativa donde el nivel de micorrización está en relación directa con su necesidad de nutrientes.

En el momento de la madurez comercial los mayores niveles de infección los presentó Romana Blanca (Figura 2); en cambio, respecto a la producción de materia verde, como se observa en el Cuadro 2, la mayor producción se logró con Milanesa, no existiendo una relación directa entre mayor porcentaje de infección con producción de biomasa.

La producción de materia verde a la salida de almácigo, difiere de los resultados obtenidos en la madurez comercial. A la salida de almácigo (Cuadro 2), Conconina no presentó diferencias significativas en los tratamientos; en cambio, a nivel comercial (campo) hubo diferencias con el inóculo M-2. Al comparar con la Figura 2 se puede observar que, sin embargo, en este tratamiento el porcentaje de infección fue el más bajo, lo que sugiere que M-2

fue poco infectivo, pero muy efectivo sobre esta variedad.

Tomando como base los resultados obtenidos en lechuga durante la época invernal, se repitió el ensayo en primavera usando sólo la variedad Conconina inoculada con M-2 y añadiendo una mayor cantidad de inóculo. En la Figura 1-D se puede observar que, en esta oportunidad, no se produjeron diferencias significativas entre la micorriza inoculada (M-2) y la nativa (No-E) lográndose la mayor infección entre los 48 y 68 días, describiendo los hongos la curva típica de infección a los 85 días de post-emergencia.



**FIGURA 2. Porcentaje de infección por hongos micorrizógenos VA en las tres variedades de lechuga en campo.**

**FIGURE 2. VA mycorrhiza infection (%) produced in roots from three variety of lettuce in field.**

Al comparar los resultados mostrados en la Figura 1-D con los de la Figura 1-A se puede apreciar que hay diferencias evidentes. El tratamiento de Conconina con M-2, en época invernal, siempre tuvo una infección menor que el tratamiento No-E; en cambio, en primavera, no hubo diferencias significativas entre los dos tratamientos. No obstante, la velocidad de infección fue mayor ya que su máximo se alcanzó a la mitad del tiempo requerido en invierno, acompañado además de un mayor desarrollo de las plantas en la etapa de almácigo (cuadros 2 y 3).

El hecho que en primavera la micorriza introducida M-2 se haya comportado en forma análoga a la micorriza nativa (No-E) reafirma que la cantidad de inóculo utilizado es un factor que afecta directamente la velocidad de infección y el hecho que haya sido mayor en esta época confirma el efecto que tienen las mejores condiciones de temperatura (mínimas de 5 °C y máximas de 35 °C) y luminosidad sobre el desarrollo de la infección (Sieverding, 1991).

En el Cuadro 3, se observa la producción de materia verde en lechuga en muestreos realizados a mitad y término de almácigo, donde no se encontraron diferencias significativas en Conconina con M-2 y con micorriza nativa, pero sí con el testigo estéril (E). Además, es posible visualizar el efecto beneficioso de los hongos MVA, logrando, a mitad de almácigo, aproximadamente un peso que triplica el alcanzado por las plantas no micorrizadas y que lo cuadruplica al finalizar la etapa de almácigo, confirmando que hay diferencias manifiestas en la

producción de lechuga al usar hongos MVA en suelos con un bajo nivel de fósforo, en relación a plantas cultivadas en suelo estéril.

El experimento realizado en almácigo de tomate con dos variedades, Cal-Ace y Roma VF, se presenta en la Figura 3, donde se pueden observar las curvas de infección por hongos MVA durante los tres muestreos que se realizaron (48, 68 y 85 días). La mayor infección se obtuvo con Roma VF y M-2, alrededor de los 68 días de post-emergencia, no presentando diferencias significativas con la micorriza nativa (No-E), mientras que el inóculo M-1 fue muy poco infectivo no alcanzado a describir la curva de infección. En este sentido, Miller-Wideman y Watrud (1984) informan haber alcanzado un 85% de infección en tomate usando hongos pertenecientes al género *Gigaspora*. Por otra parte, Waterer y Coltman (1988) informan que la infección en tomates por hongos MVA disminuye al aumentar los niveles de P, lo que corrobora nuestros resultados de infección que no fueron tan elevados (41,5% de infección en Roma VF con M-2) debido, probablemente, al nivel de P presente en el suelo (16 mg/kg).

La producción de materia verde, en tomate, se midió a mitad y término de almácigo (Cuadro 4), obteniéndose la mayor producción en Roma VF inoculado con M-2, lográndose diferencias significativas con los otros tratamientos, de lo que se deduce que la simbiosis funcionó en forma eficiente. Al respecto, Hetrick y Bloom (1986) encontraron distinta producción de peso seco en tomate al inocular con diferentes tipos de hongos en relación a un testigo estéril.

**CUADRO 3. Producción de materia verde en lechuga variedad Conconina durante dos muestreos realizados en primavera**

**TABLE 3. Conconina lettuce yields obtained in two spring samplings**

Variedad	Inóculo	Muestreo 1		Muestreo 2	
		Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/ Parte aérea	Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/ Parte aérea
Conconina	M-2	3,60 a	0,36	4,38 a	0,48
	No-E	3,31 a	0,38	5,41 a	0,39
	E	0,78 b	0,36	1,04 b	0,41

En el sentido vertical, medias (4 repeticiones) de cada variable con distinta letra, indican diferencias significativas (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

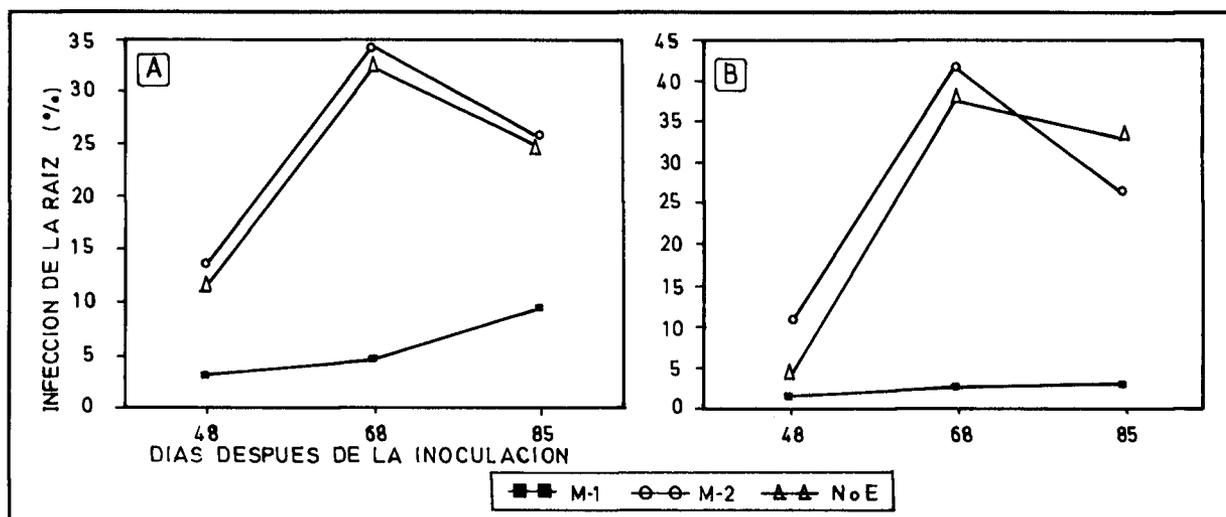


FIGURA 3. Porcentaje de infección por hongos micorrizógenos VA en almácigo de tomate. Variedad Cal Ace (A) y Roma VF (B) en época primaveral.

FIGURE 3. VA mycorrhizal infection (%) produced in roots from tomato nursery. Cal Ace variety (A) and Roma VF (B) in spring age.

#### CUADRO 4. Producción de materia verde en almácigo de tomate inoculado con hongos MVA en dos muestreos realizados en primavera

TABLE 4. Yields obtained from tomato nursery inoculated with VAM fungi in two spring samplings

Variedad	Inóculo	Muestreo 1		Muestreo 2	
		Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/Parte aérea	Materia verde (g/4 plantas)	Raíz/Parte aérea
CAL-ACE	M-1	0,68 c	0,62	0,91 c	0,38
	M-2	1,88 a	0,43	3,34 a	0,39
	No-E	1,01 b	0,42	1,76 b	0,36
	E	0,57 c	0,58	2,20 b	0,47
ROMA VF	M-1	0,88 b	0,45	1,02 b	0,50
	M-2	2,78 a	0,34	5,50 a	0,56
	No-E	0,77 b	0,42	1,72 b	0,51
	E	1,01 b	0,48	1,18 b	0,51

En el sentido vertical y en cada variedad, medias (4 repeticiones) de cada variable con distinta letra, indican diferencias significativas (Duncan  $P \leq 0,05$ ).

Finalmente, la relación peso de raíz/peso parte aérea señala, en cierto sentido, el beneficio que obtiene una planta cuando ésta está micorrizada (Azcón y Ocampo, 1981). Así, mientras menor sea esta relación el sistema radical será menor, pues la simbiosis está siendo efectiva reemplazando, en parte, la función movilizadora de nutrientes que realiza habitualmente la raíz. En el Cuadro 1 se observa que la variedad Milanese de lechuga, inoculada con M-2, por su relación menor, es más dependiente del hongo simbiote, lo que concuerda con la tasa de infección radical (Figuras 1-A, 1-B y 1-C). Para el caso de tomate, la inoculación más

efectiva para ambas variedades fue con el mismo inóculo M-2 lo que se encuentra reflejado en una relación raíz/parte aérea menor (Cuadro 3).

#### CONCLUSIONES

- La velocidad de infección de tomate y lechuga se vió influenciada directamente por la cantidad de inóculo utilizado; mientras mayor sea el número de propágulos que posea dicho inóculo, se tendrá mayores expectativas de una infección exitosa y eficiente.

- Existen diferentes grados de afinidad entre los inóculos utilizados y sus hospederos, demostrando la existencia de hongos más eficientes que otros, aunque éste no siempre correlacionó con su efectividad en el desarrollo de la planta.
- Las condiciones de temperatura y luminosidad son factores que afectan el desarrollo del cultivo en almácigos conjuntamente con la velocidad de infección de los hongos MVA; así, bajo condiciones climáticas adversas, la velocidad de infección puede ser tan lenta que en el momento del trasplante de la hortaliza, la infección por hongos MVA aún no haya alcanzado niveles satisfactorios que aseguren una posterior nutrición mineral adecuada a la planta.
- En suelos con bajos niveles de fósforo es posible inocular en almácigo de lechuga y tomate con un efecto benéfico para las plantas, tanto en su desarrollo como en su precocidad, por lo cual las hortalizas salen de la etapa de almácigo, en un tiempo más reducido.

## RESUMEN

En almácigos de lechuga y tomate hechos en suelo estéril, se determinó el efecto de la inoculación de dos hongos micorrizógenos VA nativos, del género *Glomus*, realizando un seguimiento del desarrollo de la infección por medio de muestreos sucesivos a través del tiempo. Los parámetros medidos fueron porcentaje de infección de las raíces y peso de la parte aérea y raíces. Los resultados obtenidos revelaron un efecto favorable de la simbiosis sobre el

desarrollo de estas plantas, de lo que se puede concluir que es posible inocular, a nivel de almácigo, cultivos de hortalizas con un efecto benéfico en el desarrollo y precocidad de las plantas, existiendo distintos grados de afinidad entre los diferentes inóculos de hongos MVA y sus hospederos.

**Palabras claves:** lechuga, tomate, micorrizas VA, almácigo.

## LITERATURA CITADA

- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. and HALL, I.R. 1983. Introduction of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 741-749.
- AZCON, R. and OCAMPO, J.A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytol.*, 87: 677-685.
- BETHLENFALVAY, G.J. and PACOVSKY, R.S. 1983. Light effect in mycorrhizal soybeans. *Plant Physiol.*, 73: 969-972.
- BORIE, F. 1986. Acción de los microorganismos del suelo sobre materiales fosfatados. *Soc. Chilena Cs. del Suelo*, Vol. 6: 43-89.
- BROWN, M.E. and CARR, G.R. 1984. Interaction between *Azotobacter Chroococcum* and vesicular arbuscular mycorrhiza and their effects on plant growth. *J. of Applied Bacteriology*, 56(3): 429-437.
- DANIELS, B. and SKIPPER, H. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*, N.C. Schenck (Editor). The American Phytopathological Society, p.: 19-35.
- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biom.*, 11: 1-42.
- GIOVANNETTI, M. and MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84: 489-500.
- HETRICK, B.A. and BLOOM, J. 1986. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia*, 78(1): 32-36.
- JENSEN, A. 1984. Responses of barley, pea and maize to inoculation with different vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in irradiated soils. *Plant and Soil*, 78(3): 315-323.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. 1983. Caracterizao das micorrizas vesicular-arbusculares (M.V-A) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R. bras. Ci. Solo.*, 7: 1-19.
- MENGE, J.A. 1983. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Can. J. Bot.*, 6: 1.015-1.024.
- MILLER-WIDEMAN, M.A. and WATRUD, L.S. 1984. Sporulation of *Gigaspora margarita* on root cultures of tomato. *Can. J. Microbiol.*, 30(5): 642-646.
- 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. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55: 158-161.
- SAIF, S.R. 1983. Soil temperature, soil oxygen and growth of mycorrhizal and non-mycorrhizal plants of *Eupatorium odonatum* L. and development of *Glomus macrocarpus*. *Angew. Botanik*, 57: 143-155.
- SHAPIRO, S.S. and WILK, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality. *Biom.*, 52: 591-611.

SIEVERDING, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), ed. Germany. p.: 371.

WATERER, D.R. and COLTMAN, R.R. 1988. Phosphorous concentration and application interval influence on growth and mycorrhizal infection of tomato and onion transplants. J. Am. Soc. Hort. Sci., 113(5): 704-708.