

## ELEMENTOS MINERALES Y CARBOHIDRATOS EN PLANTONES DE AGUACATE 'CARMEN' INOCULADOS CON MICORRIZAS ARBUSCULARES

S.V.da Silveira<sup>1</sup>, P.V.D.de Souza<sup>1</sup>, O.C. Koller<sup>1</sup> y S.F. Schwarz<sup>1</sup>

**<sup>1</sup>. Departamento de Horticultura e Silvicultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 7712. 91540-000 Porto Alegre, RS. Brasil.  
Correo electrónico: pvd Souza@ufrgs.br**

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la inoculación de seis especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) (*Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. manihotis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora margarita*) en la nutrición mineral y el contenido de carbohidratos en plantones de aguacate 'Carmen' (*Persea* sp.). Se identificó un incremento significativo en la absorción de elementos minerales inducida por los HMA, pero hubo una variación de acuerdo con la especie del hongo y del elemento mineral. En la parte aérea y, en relación a las plantas Control, las plantas inoculadas con *S. heterogama* presentaron contenido (mg/planta) superiores en N, P, K, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. etunicatum* presentaron contenido superiores en N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *A. scrobiculata* presentaron contenido superiores en P, Cu y Zn; y las plantas inoculadas con *G. clarum*, presentaron contenido superiores en K, Ca, Cu y Zn. En las raíces, las especies *S. heterogama*, *G. etunicatum*, *G. clarum* y *A. scrobiculata* presentaron cantidades significativamente superiores a las plantas Control en P, Cu y Zn. Las especies *G. margarita* y *G. manihotis* no afectaron los niveles de los elementos minerales en las plantas evaluadas. Todas las especies de HMA aumentaron las cantidades de carbohidratos en la parte aérea de las plantas. Las especies *S. heterogama*, *G. etunicatum*, *G. clarum* y *A. scrobiculata*, que, en general han favorecido la elevación de los niveles de los elementos minerales en los plantones de aguacate, propiciaron, en consecuencia, un mayor desarrollo vegetativo. Las especies *G. margarita* y *G. manihotis* además de no afectaren los contenidos nutricionales, tampoco incrementaron el desarrollo vegetativo de los plantones.

**Palabras Clave:** *Persea* sp, endomicorrizas, nutrición.

## INTRODUCCIÓN

La producción de plantas de aguacate se realiza en macetas con el uso de sustratos desinfectados. La desinfección tiene como objeto eliminarse los patógenos del sustrato, pero junto con estos se eliminarán también los microorganismos benéficos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). En la medida que las hifas del hongo actúan en la planta como se fueran pelos radiculares, aumentando la superficie de absorción de los elementos minerales por las raíces del aguacate que, en estado natural, tienen pocos pelos radiculares, la eliminación de los hongos micorrízicos puede causar un gran perjuicio al desarrollo inicial de la planta (Siqueira y Franco, 1988). La calidad del hongo micorrízico puede incrementar la absorción de algunos elementos minerales, acelerando el desarrollo vegetativo de las plantas (Azcon-Aguilar y col., 1992).

Los elementos minerales se encuentran en la solución del suelo, de donde la raíz los absorbe en forma de iones. Para ello, es necesario que el elemento mineral entre en contacto con el sistema radicular. Existen tres mecanismos que propician este contacto: interceptación radicular, flujo de masa y difusión (Malavolta, 1985; Tedesco y col., 1995). Por aumentar el área de contacto entre las raíces y el suelo, los hongos micorrízicos aumentan la absorción de nutrientes, especialmente de aquellos que se mueven preferentemente por difusión (P, K, Mg y micronutrientes), que es un movimiento lento del nutriente en la solución del suelo (Malavolta, 1985; Siqueira y col., 2002).

La interacción planta X HMA es afectada por las condiciones del ambiente (Allen, 1991) y por la especie del hongo (Silveira y col., 2002). Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la inoculación de seis especies de HMA sobre la nutrición mineral y el desarrollo vegetativo de plantones de aguacate variedad Carmen.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en el Setor de Horticultura de la Estação Experimental Agronômica de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul, municipio de Eldorado do Sul, estado de Rio Grande do Sul, Brasil (30°05'27"S y 50°40'18"W).

En septiembre de 1997 las semillas de aguacate fueron sembradas en invernadero, dentro de cajones con arena desinfectada con formaldehído a un 7%. Trás la germinación las plantas se procedió el repicado de estas para bolsas de polietileno de 5 litros de volumen, con sustrato desinfectado con formaldehído (un 7%). El sustrato consistió de una mezcla de arena: tierra arcillosa: residuo de corteza de acacia negra decompuesta (*Acacia mearnsii* De Wild.) (2:2:1, v:v:v). Esta etapa fue conducida bajo malla (sombreado de un 50%).

El sustrato fue analizado, determinándose el pH y los niveles de macro y micronutrientes. Hubo necesidad de corregir los niveles de P, visando llegar a una concentración de 20 mg L<sup>-1</sup>; los niveles de K<sub>2</sub>O, visando llegar a una concentración de 80 mg L<sup>-1</sup>; y el pH hasta 6,0. No hubo necesidad de corregir los niveles de los demás elementos minerales según las recomendaciones de la Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994) para la cultura del aguacate.

La inoculación del HMA se realizó inmediatamente antes del repicado con 30 g de raíces y suelo rizosférico de avena (*Avena strigosa* Schreb.) por planta.

Los tratamientos evaluados fueron: inoculación con *Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. manihotis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora margarita* y Control (sin HMA). El diseño experimental fue de bloques al azar, con 4 repeticiones y 15 plantas por tratamiento y repetición.

Dos meses después del repicado se realizó el injertado de vareta con la variedad Carmen (*Persea* sp.)

Siete meses después del injertado, se midieron la altura, el diámetro del tallo inmediatamente arriba del injerto y el área foliar de cada planta, el contenido de elementos minerales y de sustancias de reserva en los tejidos de la parte aérea y de las raíces.

Los análisis de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn y Fe en los tejidos vegetales se realizaron a través de la digestión húmeda con ácidos fuertes. La digestión de N fue con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y catalizadores, para B y Mo se utilizó la calcinación según método descrito por Tedesco y col. (1995). Para los análisis de las sustancias de reserva, las muestras fueron sometidas a digestión según método descrito por Priestley (1965) adaptado por Souza (1990).

A los resultados se les aplicó el análisis de la varianza utilizando el test de Duncan a 5% para la separación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación al crecimiento de las plantas (Tabla 1), se observó que *G. clarum*, promovió mayor altura a estas, seguido por las plantas inoculadas con *G. etunicatum*, *S. heterogama* y *A. scrobiculata*; mientras las plantas inoculadas con *G. margarita* y *G. manihotis* no se diferenciaron de las plantas Control. Las especies *S. heterogama* y *A. scrobiculata* indujeron mayor área foliar por planta, mientras las plantas inoculadas con *G. manihotis* no diferenciaron de las plantas Control, y las demás especies indujeron área foliar intermedia entre las dos especies citadas.

Se observó que el contenido de los elementos minerales en la parte aérea de los plántones fue afectado por las especies de HMA de manera distinta (Tabla 2). En relación a las plantas Control, las plantas inoculadas con *S. heterogama* presentaron contenidos superiores de N, P, K, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. etunicatum* presentaron contenidos superiores de N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. clarum* presentaron contenidos superiores de K, Ca, Cu, Zn y Mn; las plantas inoculadas con *A. scrobiculata* presentaron contenidos superiores de P, Cu y Zn. Plantas inoculadas con *G. margarita* y *G. manihotis* no presentaron niveles de elementos minerales diferentes a las plantas Control.

Los resultados confirmaron el hecho de que los HMA tienen importancia en la absorción de nutrientes, en especial aquellos de lento movimiento en el suelo, como P y K (Colozzi-Filho y Balota, 1994).

En un experimento realizado por Menge y col. (1980), *G. fasciculatum* incrementó significativamente el porcentaje de N en las hojas de aguacate, en concordancia con los resultados obtenidos en este estudio con las especies *G. etunicatum* y *S. heterogama*. Además, Menge y col. (1980) observaron que plántones de aguacate micorrizados con *G. fasciculatum* presentaron niveles de P y K significativamente superiores al Control, en concordancia a lo que se encontró en el presente estudio.

Por otro lado, se confirmó el hecho de que ni todas las especies de HMA son eficientes en el auxilio de la absorción de nutrientes, puesto que Menge y col. (1980) observó que *G. fasciculatum* no favoreció un aumento significativo en la absorción de Ca y Mg en plántones de aguacate, así como ocurrió en este estudio con las especies *A. scrobiculata*, *G. margarita* y *G. manihotis*.

En la Tabla 3 se puede observar que todas las especies de HMA indujeron contenidos de carbohidratos en la parte aérea significativamente superiores a las plantas Control. Las plantas inoculadas con *S. heterogama*, *G. etunicatum* y *G. clarum*, tuvieron incrementos de un 52%, 47% y 36%, respectivamente. Las especies *A. scrobiculata*, *G. margarita* y *G. manihotis* promovieron, en media, un incremento del orden de 22, 5% superior a las plantas Control.

En las raíces, a excepción de las plantas inoculadas con *S. heterogama* y *G. margarita*, las demás especies de HMA indujeron niveles de carbohidratos superiores a las plantas Control, cuyo mayor valor encontrado fue en las plantas inoculadas con *G. etunicatum* con un 67% de incremento (Tabla 3).

La relación entre el contenido de carbohidratos (Tabla 3) presente en las raíces así como en la parte aérea fue semejante en todos los tratamientos, indicando que los incrementos en carbohidratos debido a los HMA fue igualmente proporcional en las dos partes de las plantas.

La respuesta en crecimiento (Tabla 1) fue consecuencia de la absorción de elementos minerales (Tabla 2) y el contenido de carbohidratos (Tabla 3) propiciada por las especies más eficientes de HMA, existiendo una correlación positiva y estrecha entre los factores.

## CONCLUSIONES

- La influencia de los HMA en la absorción de nutrientes y en la acumulación de carbohidratos en plantones de aguacate varió con la especie, siendo las más eficientes *S. heterogama*, *A. scrobiculata*, *G. etunicatum* y *G. clarum*.
- Hubo una relación directa entre el incremento en el desarrollo vegetativo y en el contenido de elementos minerales y en carbohidratos en los tejidos del aguacate promovido por los HMA.
- Los HMA, en general, favorecieron la absorción de N, P, Cu, Zn y Na en los plantones de aguacate.

## Agradecimientos

A la CAPES y al CNPq por la concesión de las becas para realización de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, MF 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge UK

AZCÓN-AGUILAR, C; BARCELO, A; VIDAL, MT; VINA, G. 1992. Further studies on the influence of mycorrhizal on growth and development of micropropagated avocado plants. *Agronomie* 46: 837-840

COLOZZI-FILHO, A; BALOTA, EL 1994. Micorrizas arbusculares. In: Hungria, M; Araujo, RS (Eds.) Manual de métodos empregados em microbiologia agrícola. Embrapa, Brasília, Brasil, pp 383-418

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC 1994. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande e de Santa Catarina. SBCS-Núcleo Regional Sul, Passo Fundo Brasil

MALAVOLTA, E 1985 Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: Ferri, MG, *Fisiologia Vegetal* 1. EPU, São Paulo, Brasil, pp 77-97

MENGE, JA; LARUE, J; LABANAUSKAS, CK; JOHNSON, ELV 1980. The effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutriom of avocado seedlings grown with six fertilizer treatments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105: 400-404

SOUZA, PVD 1995. Efeito de Concentração de etefon e pressões de pulverização foliar no raleio de frutinhas em tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

SILVEIRA, SV; SOUZA, PVD; KOLLER, OC 2002. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on vegetative growth of avocado rootstocks. 37:3003-309

SIQUEIRA, JO; FRANCO, AA 1988. Micorrizas. In: Siqueira, JO; Franco, AA Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. MEC-ESAL, Brasília Brasil, pp 125 -177

SIQUEIRA, JO; LAMBAIS, MR; STÜRMER, SL 2002. Fungos micorrízicos arbusculares. Biotecnologia, pp.12-21.

TEDESCO, MJ; VOLKWEISS, SJ; BOHNEN, H; GIANELLO, C; BISSANI, CA 1995. Análises de solos, plantas e outros materiais. UFRGS, Porto Alegre Brasil, 215p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

**Tabla 1:** Altura de planta y área foliar de plantones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA, 9 meses después de la inoculación. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Altura das mudas (cm)	Área foliar/planta (cm <sup>2</sup> )
Glomus clarum	30,47 a	1078,13 Ab
Scutellospora heterogama	25,16 ab	1273,24 A
Glomus etunicatum	27,37 ab	1174,65 Ab
Acaulospora scrobiculata	24,89 ab	1221,56 A
Gigaspora margarita	23,53 b	1180,02 Ab
Glomus manihotis	23,04 b	982,76 C
Control	23,03 b	1045,37 Bc

Números seguidos de la misma letra en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 2:** Contenido de macro y micronutrientes en la parte aérea de plántones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Macronutrientes (mg/planta)				
	N	P	K	Ca	Mg
Glomus clarum	543,32 ab	56,57 c	776,17 ab	1086,63 A	217,33 ab
Scutellospora heterogama	554,23 a	82,71 a	802,39 a	827,20 Bc	223,35 a
Glomus etunicatum	581,02 a	74,71 ab	830,03 a	996,03 Ab	224,17 a
Acaulospora scrobiculata	519,72 ab	70,23 b	667,21 bc	702,32 C	175,59 c
Gigaspora margarita	497,37 ab	50,45 c	634,35 c	792,93 C	187,43 c
Glomus manihotis	491,05 ab	53,30 c	579,66 c	866,16 Bc	199,85 abc
Control	471,82 b	53,91 c	572,92 c	808,80 C	188,73 bc

  

Tratamientos	Micronutrientes (mg/planta)				
	Cu	Zn	Fe	Mn	Na
Glomus clarum	0,30 b	1,34 b	7,92 b	3,71 A	4,63
Scutellospora heterogama	0,36 a	1,58 a	8,90 ab	3,50 Ab	5,20
Glomus etunicatum	0,37 a	1,32 b	9,48 a	3,24 Bc	4,94
Acaulospora scrobiculata	0,27 b	1,20 b	6,35 ab	3,22 Bc	4,92
Gigaspora margarita	0,19 c	0,87 c	8,50 ab	3,17 bc	4,69
Glomus manihotis	0,19 c	0,81 c	7,93 b	2,97 c	4,36
Control	0,22 c	0,94 c	9,42 a	3,04 bc	5,06

Números seguidos de la misma letra, en la columna y dentro de macro y micronutrientes, indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 3:** Contenido de carbohidratos en la parte aérea, raíces y relación entre ellas en plántones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA, 9 meses después de la inoculación. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Carbohidratos (g/planta)		
	Parte aérea	Raíces	Raíces/Parte aérea
Glomus clarum	20,05 ab	2,18 b	0,11 a
Scutellospora heterogama	22,35 a	2,13 bc	0,10 a
Glomus etunicatum	21,62 a	2,97 a	0,14 a
Acaulospora scrobiculata	18,04 b	2,25 b	0,12 a
Gigaspora margarita	18,67 b	1,97 bc	0,11 a
Glomus manihotis	18,47 b	2,22 b	0,12 a
Control	14,71 c	1,78 c	0,12 a

Números seguidos de la misma letra en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).