

MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULARES EN *Eucalyptus camaldulensis*: EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS.

G. E. PEREIRA CANCINO* & M. A. HERRERA MACHUCA*

* ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. APARTADO 3048 - 14080 CÓRDOBA.

RESUMEN

Numerosas publicaciones han reportado efectos benéficos de las ectomicorrizas sobre el crecimiento en especies del género *Eucalyptus*. Sin embargo, esta especie también forma simbiosis con micorrizas vesículo arbusculares o con los dos grupos a la vez. En el presente estudio se evalúa el efecto de dos especies de micorrizas vesículo arbusculares (*Glomus mosseae* y *G. intrarradices*) en el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis*, cultivadas a raíz cubierta. Los resultados indican que *Glomus intrarradices* tiene mayor incidencia en el crecimiento en altura, absorción de nutrientes, peso aéreo de las plantas, área foliar y contenido de clorofila en las hojas.

P.C: Micorrizas vesículo arbusculares, *Eucalyptus*, crecimiento.

SUMMARY

Several works report benefits on *Eucalyptus* species by ectomycorrhiza. However this genus can establish symbiosis with vesicles arbuscles mycorrhizal fungi and in some cases forming ecto and endomycorrhizas. The effect on growth of *Eucalyptus camaldulensis* by two mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *G. intrarradices*) was assessed in this study. The results show that *Glomus intrarradices* has a higher incidence in parameter such as plant height, nutrient uptake, aerial weight, leaf surface area, leaf chlorophyll content.

K.W.: Vesicles Arbuscles Mycorrhiza, *Eucalyptus*, Plant growth.

INTRODUCCIÓN

Las micorrizas se definen como asociaciones simbióticas mutualísticas entre raíces de plantas y determinados hongos del suelo (AZCÓN-AGUILAR y BAREA, 1980; HARLEY y SMITH, 1983; TROFYMOW y VAN DEN DRIESSCHE, 1991). Esta relación hongo-planta ha sido objeto de intensos estudios en el presente siglo, concentrándose especialmente en las últimas dos décadas, con lo que se ha podido determinar que las micorrizas son una parte integral de la planta con un importante papel en el crecimiento y desarrollo del vegetal (LINDERMAN, 1988).

La mayoría de las plantas que viven en la superficie terrestre presentan esta simbiosis (HARLEY y SMITH, 1983; BAREA, 1991; GIANINAZZI, 1991; LINDERMAN, 1994). Esta condición de mutualismo llega a estar tan acentuada en las micorrizas, que se puede decir, de acuerdo con GERDEMANN (1968), AZCÓN y BAREA, (1980) y BAREA *et al.*, (1991); que la mayoría de las plantas cuando crecen en condiciones naturales son organismos dobles en el sentido de que el órgano a través del cual absorben agua y nutrientes está constituido por la raíz y el hongo simbiote que vive con ella.

La acción beneficiosa de los hongos mutualísticos a sus macrosimbiontes y por tanto la importancia de la simbiosis micorrícica, se refleja en varios sentidos: aumento en la absorción de agua y nutrientes minerales, mayor crecimiento y supervivencia de la mayoría de las

plantas en campo, protección frente a infecciones de organismos patógenos y estrés ambiental (HACSKAYLO, 1967; HARLEY y SMITH, 1983; ALLEN, 1989; GIANINAZZI, 1991).

MATERIAL Y MÉTODO

Dos especies de hongos micorrícicos vesículo arbusculares fueron utilizados en este estudio, *Glomus intrarradices* y *G. mosseae*, el primero proveniente de suelo muestreado en un rodal de *Eucalyptus camaldulensis* creciendo en la zona de Minas de Río Tinto, provincia de Huelva y el segundo proveniente de la Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C. Granada). Como planta hospedadora se utilizó *Eucalyptus camaldulensis*. Las semillas de esta especie fueron germinadas en estufa a 24 °C y posteriormente llevadas a cámara de crecimiento durante 15 días, para su posterior trasplante.

El estudio se estableció utilizando un diseño completamente aleatorio, con tres tratamientos y tres repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por quince plantas. La inoculación de las plántulas de *Eucalyptus* se realizó en contenedores de 220 ml, en una mezcla de sustrato (turba, vermiculita, perlita en proporción 4:2:1 v/v), previamente esterilizado a vapor fluente durante una hora por tres días consecutivos. A cada contenedor se le agregó 3 gramos de inóculo de *Glomus mosseae* (con un potencial de micorrización de 75%), y en el caso de *G. intrarradices* se realizó tamizado en húmedo y decantación (GERDEMANN y NICOLSON, 1963) de 100 g de suelo, agregando las esporas recolectado en los tamices 200 y 50 micras de luz a cada contenedor. Posteriormente a la inoculación se realizó el trasplante de tres plántulas de *Eucalyptus* por receptáculo. Después de un mes de establecido el ensayo se aplicó, cada dos semanas, 10 ml de solución nutritiva de Hoagland por receptáculo.

La evaluación del ensayo se realizó después de cuatro meses de la inoculación de las plántulas de *Eucalyptus*, donde se determinó la incidencia de las micorrizas en el crecimiento de éstas, a través de variables morfológicas (altura, área foliar, peso seco aéreo y radicular) y variables fisiológicas (medidas de clorofila relativa (SPAD) y análisis foliares). La determinación de la presencia y grado de micorrización alcanzado por las plántulas se realizó de acuerdo a la metodología descrita por PHILLIPS y HAYMAN, (1970) y GIOVANNETTI y MOSSE, (1980); respectivamente. Además de lo anterior se determinó la dependencia de las plántulas a la micorrización (DM) de acuerdo a la metodología descrita por PLENCHETTE *et al.*, (1983).

$$DM = \frac{\text{Peso seco del tallo de planta micorrizada} - \text{Peso seco del tallo planta no micorriza}}{\text{Peso seco del tallo planta micorrizada}} \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron evaluados a través de análisis de varianza y cuando hubo diferencias significativas entre tratamientos, éstas fueron identificadas a través del test Tukey para comparaciones múltiples (STEEL y TORRIE, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que la micorrización de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* con micorrizas vesículo arbuscular, a cuatro meses de la inoculación, tiene efectos positivos en el crecimiento en altura en plántulas cultivadas a raíz cubierta (tabla 1).

Los resultados de la tabla muestran que las diferencias en crecimiento en altura se hacen significativas para las plantas inoculadas con la especie *Glomus intrarradices*, incrementando su crecimiento en un 33,3% y un 21,9% respecto al tratamiento control y a las plántulas inoculadas con *Glomus mosseae*, respectivamente. Resultados que concuerdan a los obtenidos por GODOY *et al.*, (1991); en el sentido de la buena respuesta en crecimiento que

experimentan las plantas de *E. camaldulensis* al ser inoculadas con *G. intrarradices*. Estas diferencias se explicarían por el mayor grado de micorrización que alcanzaron las plantas inoculadas con *G. intrarradices* (86,7%), observándose además una mayor eficiencia en la absorción de nitrógeno como muestra la figura 1; estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores (GERDEMANN, 1968; MOSSE, 1986; BAREA *et al.*, 1991; GIANINAZZI-PERSON y AZCÓN-AGUILAR, 1991). Si se analiza, el grado de dependencia de la especie leñosa estudiada a la micorrización, se observa, en la tabla 1, que las plantas tienen una baja dependencia a *G. mosseae*, mientras que esta dependencia aumenta a un 22,5% para las plantas micorrizadas con *G. intrarradices*; valores que se consideran bajos al compararlos con estudios realizados con especies agronómicas (PLENCHETTE *et al.*, 1983). Sin embargo, la dependencia de *E. camaldulensis* a la micorrización con *G. intrarradices* se considera alta al compararla con los estudios realizados por ADJOUT *et al.*, (1996); para especies de este género.

En la figura 1 se observa que existe mayor concentración de nitrógeno y fósforo en las plantas inoculadas con *G. intrarradices* respecto al tratamiento control, pero que estas diferencias son menos marcadas en la absorción de fósforo. Por otra parte, se observa que en las plántulas inoculadas con *G. mosseae* existe diferencia en la concentración de nitrógeno, pero en cambio la concentración de fósforo es levemente inferior al tratamiento control (0,14% y 0,13%, respectivamente). Lo anterior podría ser explicado por un efecto dilución que genera el aumento de la biomasa aérea (fig. 3), resultado del efecto positivo de las micorrizas en el crecimiento de las plántulas.

En cuanto a la concentración de potasio la figura muestra que no existe diferencia entre tratamientos, pero que éstas se manifiestan al comparar la concentración total de este elemento en las hojas, como se observa en los resultados de la tabla 2. Respecto al magnesio, los resultados indican que existe una mayor concentración de este elemento en las plantas micorrizadas y que entre estos dos tratamientos, *G. intrarradices* es más eficiente en la entrega de este elemento a la planta que *G. mosseae* (0,30 y 0,34 %, respectivamente), tendencias que coinciden con las concentraciones totales de este elemento en las plantas (tabla 2).

Los resultados de la figura 2 muestran que existe un mayor incremento promedio del peso aéreo de las plantas de *E. camaldulensis* inoculadas, respecto al tratamiento control; y que estas diferencias se incrementan, a medida que aumenta el grado de micorrización (tabla 1).

Por otra parte se observa que el peso radicular disminuye a medida que aumenta el grado de micorrización de las plántulas, lo que se debería a que las plántulas de *E. camaldulensis* al estar micorrizadas y éstas ser eficientes, tanto en la absorción de agua como nutrientes, permite destinar menor cantidad de carbohidratos producto de la fotosíntesis, a la elaboración y mantenimiento del sistema radicular de las plántulas; con el consiguiente beneficio para el crecimiento aéreo. Esto se ve reflejado al relacionar Peso seco de la parte aérea/Peso seco parte radicular, siendo esta relación más alta en las plántulas de *E. camaldulensis* micorrizadas (Control 1,36; *G. mosseae* 1,65 y *G. intrarradices* 3,18); resultados que concuerdan con la literatura consultada, en el sentido de que las micorrizas vesículo arbusculares, además de incrementar la biomasa vegetal de las plántulas, influyen en la proporción en la cual ésta se distribuye en la planta (SMITH, 1980; KORMANIK, 1985; ROLDÁN, 1985; BAREA, 1991).

En la figura 3 se observa que existe una mayor área foliar en las plantas micorrizadas, respecto al tratamiento control y que estas diferencias se hacen significativas para las plantas inoculadas con *G. intrarradices*, resultados que concuerdan con el mayor grado de micorrización alcanzado por este tratamiento (tabla 1). Cabe hacer notar que la superficie foliar total de la planta y la distribución espacial y geométrica del follaje determinan, junto a

la eficiencia fotosintética de las hojas, la capacidad fotosintética total de las plantas (GUARDIOLA y GARCÍA, 1991).

Los resultados de la figura muestran que el mayor contenido de clorofila relativa lo alcanzan las plantas de *E. camaldulensis* inoculadas con micorrizas VA, existiendo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos estudiados. Esta variable evaluada incide en la eficiencia de la absorción de la luz por las hojas de las plantas (LORENZO, 1994; GIL, 1995), y por ende, en forma indirecta en la fotosíntesis de ella. Mayor contenido de clorofila en la hoja implica mayor proporción de luz incidente absorbida por las hojas de las plantas, sin embargo, esta relación no mantiene proporcionalidad.

Relaciones lineales entre concentración de clorofila y nutrientes (N, Mg y Fe) han sido reportados por la literatura (VAN DEN DRIESSCHE, 1991). Los dos primeros elementos forman parte de la molécula de clorofila, y están directamente relacionados en la síntesis de ella, al igual que el hierro. La deficiencia de cualquiera de éstos puede afectar la síntesis de clorofila (GUARDIOLA y GARCÍA, 1991).

De acuerdo a los resultados que presenta la figura 3, la mayor concentración de nitrógeno y magnesio la alcanzan las plantas micorrizadas con *G. intrarradices*, disminuyendo ésta, tanto para las plantas micorrizadas con *G. mosseae* como para el tratamiento control; tendencia que coincide con los contenidos de clorofila en las plántulas en los diferentes tratamientos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

ADJOUND, D.; PLENCHETTE, C. & HALLI-HARGAS, R. 1996. Response of 11 *Eucalyptus* species to inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 6:129-135.

ALLEN, E. B. 1989. The restoration of disturbed arid landscapes with special reference to mycorrhizal fungi. *Journal of Arid Environments*. Vol. 17. pp: 279-286.

AZCÓN-AGUILAR, C. & BAREA, J.M. 1980. Micorrizas. *Investigación y Ciencia*. 47:8-16.

BAREA, J. M. 1991. Vesicular-Arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science*. Vol. 15:1-40. Springer-Verlag, N.Y.

BAREA, J.M.; SALAMANCA, C.P. & HERRERA, M.A. 1991. The role of VA-mycorrhiza at improving N₂-Fixation by Woody Legumes in Arid Zones. En: *Micorrizas, bosques, erosión y agricultura*. Valencia.

GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *trans. Brit. Mycol. Soc.* 46:235-44.

GERDEMANN, J. W. 1968. Vesículo arbuscular micorriza and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.* 6:397-418.

GIOVANNETTI, M & MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. *New Phytologist* 84:489-500.

GIANINAZZI, V. 1991. Genetical and molecular aspects of symbiotic integration in VA endomycorrhiza. En: *Micorrizas, bosques, erosión y agricultura*. Valencia.

GIANINAZZI-PERSON, V & AZCÓN-AGUILAR, C. 1991. Fisiología de las micorrizas vesículo-arbusculares. In Olivares, J y Garea, J:M: *Fijación y movilización biológica de nutrientes*. Vol. II. 175-201. C.S.I.C.

GIL, M. F. 1995. *Elementos de fisiología vegetal*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

GODOY, R.; RIQUELME; C.; PEREDO. H. & CARRILLO, R. 1991. Compatibilidad y eficiencia de hongos micorrizicos vesículo-arbusculares en *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria*. *Ciencia e investigación forestal*. 5(2):237-250.

GUARDIOLA B.J & GARCÍA, A. 1991. Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte. Madrid.

HACSKAYLO, E. 1967. Mycorrhizae: Indispensable invasions by fungi. Agricultural science review. Vol 5.

HARLEY, J.L. & SMITH, S.E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic. Prees. LONDON.

KORMANIK, P. P. 1985. Development of vesicular arbuscular mycorrhizae in a young sweetgum plantation. Canadian Journal Forest Research. 15:1061-1064.

LINDERMAN, R.G. 1988. Micorrhizal interaction with the rhizosphere microflora. The mycorrhizosphere effect. Phytopatology. 78, 366-371.

LINDERMAN, R.G. 1994. Role of VAM fungi in biocontrol. In: Mycorrhizae and Plant Health. Edit. By L. Pflieger and R. G. Linderman. United States.

LORENZO, M. P. 1994. Intercepción de luz, bioproductividad e intercambio gaseoso durante la ortogenia de un cultivo invernal de Cucumis sativus, en Almería. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

MOSSE, B. 1986. Mycorrhiza in a sustainable agriculture. Biological Agriculture and Horticulture. Vol 3. pp: 191-209.

PLENCHETTE C.; FORTIN, J.A. & FURLAN, V. 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. Plant Soil 70:199-209.

PHILLIPS, J.M & HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 55:158-61.

ROLDÁN, B .E. 1985. Micorrizas VA en cultivos arbóreos: Almendro, Naranja y Olivo. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Facultad de Ciencia.

SMITH, S. E. 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. Biol. Rev. 55:475-510.

STEEL, R & TORRIE, J.H. 1989. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edic. Mc graw Hill eds. México.

TROFYMOW, J. A & VAN DEN DRIESSCHE, R. 1991. Mycorrhizas. In: Mineral Nutrition of conifer seedlings. CRC Press. Florida. United States.

VAN DEN DRIESSCHE, R. 1991. Effects of nutrients on stock performance in the forest. In: Mineral nutrition of conifer seedlings. CRC Press. Florida. United States.

Tratamiento	Altura (cm)	Desviación Estandar	Porcentaje de micorrización	Desviación Estandar	Grado de dependencia (%)
Control	14,07 a	1,71	0	0	0
<i>G. mosseae</i>	15,40 a	1,35	49,33 a	5,13	3,1
<i>G. intrarradices</i>	18,77 b	1,34	86,67 b	2,52	22,5

En las columnas, valores con igual letra no difieren significativamente (P= 0,05).

TABLA 1. Altura media de las plántulas de *E. camaldulensis* a cuatro meses de la inoculación, grado de micorrización alcanzado y dependencia de las plántulas a la micorrización.

Tratamientos	N	K	Mg	P
Control	0,63	1,14	0,24	0,12
<i>G. mosseae</i>	0,86	1,42	0,31	0,13
<i>G. intrarradices</i>	1,67	1,64	0,41	0,20

TABLA 2. Contenidos totales de N, K, Mg y P en las hojas (g/planta), en los diferentes tratamientos estudiados.

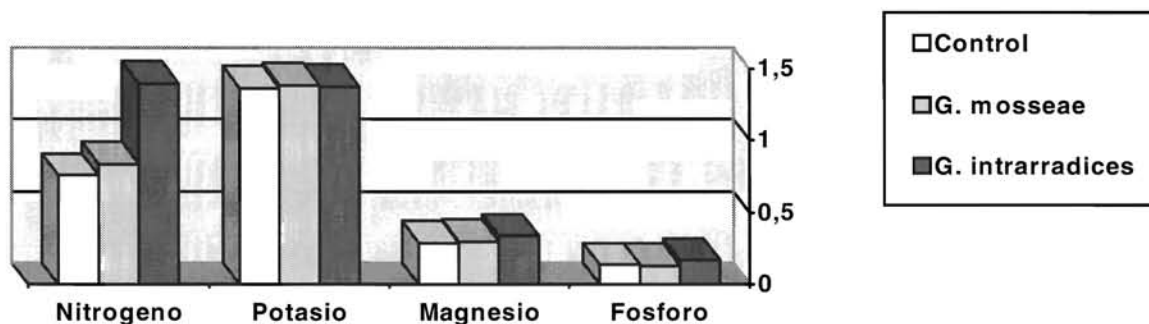


Figura 1. Contenido de N, K, Mg y P en hojas (% en materia seca), cuatro meses después de realizada la inoculación.

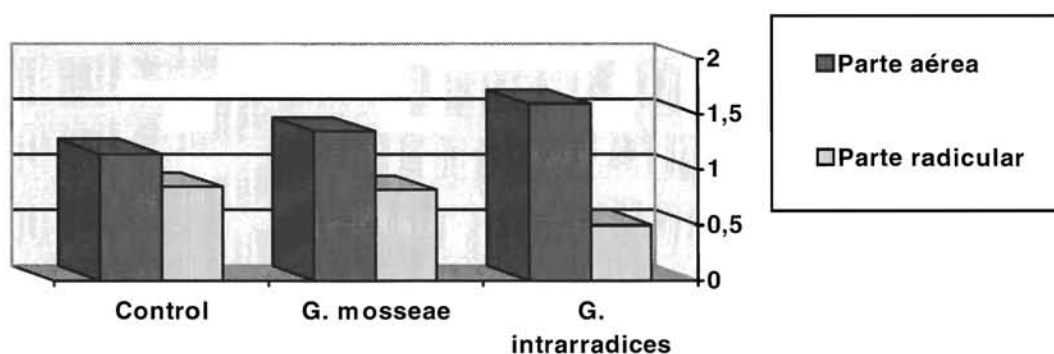


Figura 2. Pesos secos (g) de parte aéreas y radiculares de los diferentes tratamientos estudiados en plántulas de *E. camaldulensis*.

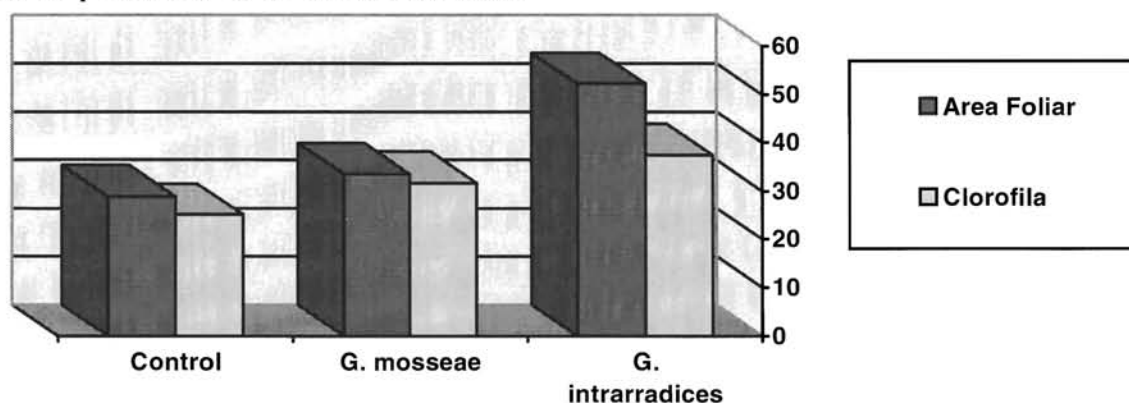


Figura 3. Promedios de área foliar (cm²) y clorofila relativa (unidades SPAD) por plantas en los diferentes tratamientos estudiados.