

Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización

Response of Oil Palm Seedlings to Mycorrhization

Dumar Motta V.¹ y
Fernando Munévar M.²

Resumen

La alta demanda de nutrientes y el alto costo de la fertilización mineral de los cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia hace deseable la búsqueda de tecnologías que representen una sustitución, aunque sea parcial, de los fertilizantes industriales. Las micorrizas son una alternativa biológica, que al aumentar la capacidad de las plantas para absorber nutrientes puede contribuir a una mejor nutrición con menores aportes de fertilizantes minerales. Dado que en estudios exploratorios adelantados por Cenipalma en la Zona Norte de Colombia se encontró un bajo índice de infección natural de las palmas con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), se decidió hacer un experimento preliminar de inoculación, cuyos resultados se presentan en este trabajo. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la aplicación de un inóculo portador de hongos de los géneros *Gigaspora* y *Glomus* a plántulas de palma de aceite tipo Ténera, las cuales se cultivaron en bolsas de vivero por 570 días. El efecto de la inoculación se evaluó a través de parámetros de crecimiento y de la acumulación de nutrientes por plántulas que recibieron una de cuatro dosis de aplicación del inóculo, en comparación con plántulas no inoculadas. Las plántulas crecieron en suelo natural, el cual tenía una población nativa de HFMA y no fue sometido a esterilización ni fertilización inorgánica. La inoculación favoreció de manera significativa el crecimiento de las plántulas (número de hojas, altura y circunferencia del estípite y acumulación de materia seca de la parte aérea), así como la acumulación de cinco de los nutrientes evaluados (nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y boro) en las hojas. Las respuestas anotadas se dieron no obstante la presencia de HFMA nativos y el alto nivel de fósforo disponible en el suelo experimental. Dado que la inoculación triplicó el peso seco de la parte aérea de las plantas, se considera que promover la micorrización de la palma de aceite tiene un alto potencial como práctica para reducir costos de fertilización del cultivo, por lo cual se justifica hacer estudios más detallados sobre el tema.

Palabras Clave

Micorrizas, biofertilizantes, *Elaeis guineensis*, nutrición mineral, palma de aceite.

1 Investigador asistente. Cenipalma.

2 Investigador titular. Centro de Investigación en Raima de Aceite, Cenipalma. e-mail: fernando.munevar@cenipalma.org; Calle 21 No 42C47. Bogotá, Colombia.
Recibido: 13 septiembre 2005. Aprobado: 22 septiembre 2005.

Summary

The high nutrient demand and high cost of mineral fertilizers associated to the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) crop in Colombia make necessary to search for biological alternatives that may contribute to a greater nutrient use efficiency. Mycorrhizas are a biological alternative to improve plant nutrition with lower mineral fertilizer rates since they increase plant nutrient uptake. Since previous exploratory studies conducted by Cenipalma in the North Zone of Colombia found low mycorrhizal infection rates in oil palm crops, it was decided to conduct a preliminary inoculation study. The objective of this work was to determine the effect of applying an inoculant carrying fungi of the genera *Gigaspora* and *Glomus* to Tenera oil palm seedlings which were grown in nursery bags for 570 days. The effect of inoculation on plant growth and nutrient content was evaluated comparing inoculated against non-inoculated plants. Plants were grown on natural soil containing native mycorrhizal fungi which was not sterilized and did not received mineral fertilizers. Inoculation had a positive and significant effect on plant growth parameters (leaf number, plant height and girth and above ground dry matter) as well as on the above ground content of five nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, copper and boron). The above mentioned effects were found despite the presence of native mycorrhizal fungi and high levels of available P in the experimental soil. Due to the fact that a three fold increase in above ground dry matter was obtained with inoculation, the results indicate that promoting the formation of mycorrhizas on oil palms has a high potential in reducing fertilization costs for this crop, thus more detailed studies on this subject are justified.

Introducción

Una alta proporción del área cultivada con palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia se halla sobre suelos de baja fertilidad que limitan en buena medida la productividad del cultivo (Munévar, 1998) y como a ello se suman los altos requerimientos nutricionales de la palma y los altos costos de los fertilizantes, los costos de la fertilización del cultivo representan uno de los rubros de mayor peso dentro de la estructura de costos de la agroindustria palmera del país (Munévar, 2001). Por lo anterior se justifica buscar tecnologías que hagan más eficiente la fertilización e identificar fuentes de nutrientes que sustituyan los fertilizantes inorgánicos, como es el caso de las fuentes biológicas de nutrientes para el cultivo.

El fenómeno biológico de las micorrizas es una alternativa de nutrición biológica de las plantas, muy llamativa en la búsqueda de fuentes alternas de nutrientes (Abbot y Robson, 1992; Azcón-Aguilar y Barea, 1997). Las micorrizas son asociacio-

nes simbióticas entre hongos benéficos y las raíces de las plantas, y aunque existen diferentes modalidades de esta simbiosis, la más extendida en la naturaleza es la de las micorrizas arbusculares (MA), antes denominadas micorrizas vesículo-arbusculares (Alien, 1996; Harley y Smith, 1983; Morton y Benny, 1990).

Los efectos benéficos de las simbiosis micorrícicas sobre la promoción del crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes de la solución del suelo, en especial, de fósforo (P), han sido documentados por numerosos investigadores (Collins, 1993; Diederichs y Moawad, 1993; Harley y Smith, 1983; Sieverding, 1984). Varios informes han demostrado con claridad que los mayores efectos benéficos de esta asociación simbiótica están relacionados con el incremento en la capacidad de absorción de P, en especial, en suelos deficientes en formas disponibles de este elemento.

Sin embargo, la contribución a la absorción de otros nutrientes puede tener gran importancia cuando sus concentraciones son limitantes, ya

que las plantas micorrizadas pueden beneficiarse de su mayor capacidad de absorber nutrientes como nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), y boro (B), al compararlas con plantas de la misma especie en estado no micorrizado (Burbano, 1989; Sánchez, 1999). Otros efectos y papeles de las micorrizas en el sistema suelo-planta-ambiente, a los cuales no se pretende hacer mención detallada en este escrito, se han documentado y permiten atribuirle a este fenómeno biológico una gran contribución potencial a la sostenibilidad de los agroecosistemas (Bethlenfalvay, 1992).

No obstante los avances logrados en el campo de la simbiosis de las micorrizas arbusculares con numerosas plantas de interés económico, el nivel de conocimiento sobre las micorrizas en la palma de aceite, tanto en los ámbitos internacional como nacional, es muy precario. La ocurrencia de micorrizas en la palma de aceite parece conocerse desde 1939 (Ramal Ali y Tayeb Dolmat, 1999) y la mayor absorción de nutrientes, en particular, de P, por palmas micorrizadas en comparación con no micorrizadas se ha documentado en Malasia y Costa de Marfil (Azzizah, 2004; Blal y Gianinazzi, 1990; Blal *et al*, 1990; Ramal Ali y Tayeb Dolmat, 1999).

La mayor eficiencia para absorber P de los fertilizantes por la palma micorrizada en comparación con palma sin micorrizar se demostró mediante el uso de materiales con fósforo marcado (^{32}P). Hongos de los géneros *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Entrophospora* se han encontrado asociados a palmas de aceite micorrizadas (Ramal Ali y Tayeb Dolmat, 1999). Estudios exploratorios en viveros comerciales de Malasia han mostrado que en la mayoría de los casos hay ausencia de micorrización

en las plántulas de palma de aceite y se ha sugerido que dicha situación se debe al alto uso de fertilizantes, algunos pesticidas u otras prácticas incompatibles con la micorrización (Ramal Ali y Tayeb Dolmat, 1999).

Se ha identificado un efecto favorable significativo de la micorrización en el crecimiento de las raíces de la palma de aceite en materas, así como en su contenido de lignina y calcio (Azzizah, 2004). Por otra parte, el beneficio potencial de la micorrización de la palma de aceite podría ser aún mayor si se tiene en cuenta que algunos resultados recientes indican que la palma micorrizada podría tener una mayor resistencia a enfermedades como la pudrición del estípite producida por *Ganoderma boninense* [Azzizah, 2004].

Si bien los hongos micorrizógenos hacen parte de la biota nativa de los suelos y las MA se forman de manera espontánea, en diversas circunstancias las poblaciones de los hongos son muy bajas, o están constituidas por especies o cepas de limitada eficiencia en su papel simbiótico con la planta huésped de interés. Lo anterior determina que bajo dichas circunstancias pueda ser conveniente inocular el huésped para promover su micorrización. Sin embargo, para que la inoculación tenga éxito es necesario conocer previamente el material inoculante mediante pruebas biológicas y agronómicas específicas para las condiciones prácticas de interés (Abbott *et al*, 1992; Bethlenfalvay, 1992).

La aplicación de hongos formadores de MA (HFMA) en sistemas de producción de cultivos anuales bajo condiciones de campo está restringida a pequeñas áreas por la dificultad para producir grandes volúmenes de inóculo (Sieverding, 1984). Sin embargo, con cultivos perennes como cítricos (*Citrus* spp.), café [*Coffea arabica* L.], cacao [*Theobroma cacao* L.] o

El fenómeno biológico de las micorrizas es una alternativa de nutrición biológica de las plantas, muy llamativa en la búsqueda de fuentes alternas de nutrientes

aguacate (*Persea americana* Mill.), el uso comercial de inóculos portadores de HFMA en los viveros se está incrementando en varios países. La micorrización efectiva reduce en forma sustancial la cantidad de fertilizante fosfórico requerido por el cultivo y además, disminuye considerablemente el tiempo en los viveros antes del transplante al campo (Diederichs y Moawad, 1993).

Estudios exploratorios realizados por los autores en cultivos de palma de aceite en la Zona Norte de Colombia mostraron un bajo índice de micorrización a base de cepas nativas, lo cual sugirió, como consecuencia, la conveniencia de iniciar estudios sobre utilización de inóculos con HFMA para la palma de aceite en el país. Este escrito presenta los principales resultados obtenidos en un experimento en el cual se inocularon plántulas de vivero con HFMA.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la estación experimental Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agrícola (Corpoica) en Sevilla, departamento del Magdalena (Colombia) e involucró cuatro tratamientos consistentes en la aplicación de una de tres dosis de un inóculo portador de HFMA (50, 100 y 200 gramos por plántula) más un testigo que no se inoculó.

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar con cuatro replicaciones. La unidad experimental fue una plántula de palma. Se utilizaron plántulas de palma de aceite tipo Ténera (material «Dami Las Flores») que habían cumplido la etapa de previvero, las cuales se transplantaron a bolsas de vivero que contenía suelo natural (20 kilogramos por bolsa, aproximadamente) recolectado de la citada estación experimental. El suelo es franco arenoso y con las características químicas que se presen-

tan en la Tabla 1. no fue sometido a esterilización ni a ningún tratamiento que excluyera los microorganismos naturalmente presentes en él y se observaron esporas de HFMA, lo cual junto con la observación posterior de raíces micorrizadas en el tratamiento testigo, indicó la presencia de HFMA nativos.

Tabla 1 Características químicas del suelo en el cual crecieron las plántulas

Parámetro	Valor de análisis
pH	5.50
Materia orgánica, %	1.31
K, cmol _c kg ⁻¹ *	0.21
Ca, cmol _c kg ⁻¹	2.73
Mg, cmol _c kg ⁻¹	0.66
C.I.C., cmol _c kg ⁻¹	7.26
P, mg kg ⁻¹ **	53.90
S, mg kg ⁻¹	7.26
B, mg kg ⁻¹	0.14
Fe, mg kg ⁻¹	66.90
Mn, mg kg ⁻¹	11.50
Cu, mg kg ⁻¹	2.10
Zn, mg kg ⁻¹	1.82

* cmol_c kg⁻¹ = meq/100 g

** mg kg⁻¹ = ppm

La inoculación se hizo en el momento de pasar las plántulas de la bolsa de previvero a la de vivero, colocando el inóculo justo debajo del sistema de radical. Como inóculo se utilizó un producto comercial consistente en una mezcla de suelo, raíces y esporas que contenía principalmente propágulos de *Gigaspora* sp y *Glomus* sp. Las plántulas no recibieron fertilización y se regaron periódica y uniformemente.

El efecto de los tratamientos se evaluó a través del crecimiento de las plántulas midiendo el número total de hojas, la altura de las plántulas hasta la base de la hoja No 1 y la circunferencia del estípite al nivel del suelo de la bolsa en cinco momentos: al transplante y a los 60, 270, 480 y 570 días después del mismo. En el último tiempo de observación se

separó la parte aérea de las plantas, se determinó su peso seco y luego se separó la hoja No. 3 de la cual se analizaron sus folíolos para determinar la concentración en ellos de los nutrientes N, P, K, Mg, B y Cu. Dado que la hoja No. 3 es joven pero ya plenamente abierta, se asumió que la concentración de nutrientes en ella era representativa de la concentración de toda la parte aérea y con base en dicho parámetro y los datos de peso seco se estimó la cantidad de nutrientes acumulados por parte de la planta en su parte aérea. Se determinó el grado de infección del sistema radical mediante el método de láminas por campos de infección descrito por Sieverding (1983).

Los datos se sometieron a análisis de varianza de manera independiente para cada tiempo de observación y para los dos últimos se hicieron también análisis de regresión.

Resultados y discusión

Infección del sistema radical con HFMA

En las muestras de raíces se observaron estructuras típicas de HFMA como vesículas y predominantemente micelio aseptado ubicado interna y externamente a la raíz, cuya presencia confirma una simbiosis entre los hongos y la planta huésped (Collins, 1993). La infección de las raíces se detectó tanto en las plántulas inoculadas como en las del tratamiento testigo y a pesar de que con la inoculación se encontraron valores más altos de porcentaje de colonización, el efecto de los tratamientos no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$) (Tabla 2). Este resultado, junto con la presencia de esporas en el suelo no inoculado (datos no incluidos) confirman que el experimento se realizó en presencia de HFMA de ocurrencia natural en el suelo experimental y significa que los efectos sobre las plantas que se relacionan más adelante, proba-

Tabla 2 Porcentaje promedio de colonización en segmentos de raíces determinado 570 días después de la inoculación

Tratamiento	% de colonización
No inoculado	39,0
50 g de inóculo	57,5
100 g de inóculo	51,3
200 g de inóculo	46,5

blemente se debieron a las diferencias en la actividad de los hongos de los tratamientos inoculados en comparación con aquellos del testigo.

Efecto de la inoculación sobre el crecimiento de las plántulas

Las medidas de crecimiento vegetativo que se tomaron a las plántulas mostraron que las mismas fueron uniformes al comienzo del experimento, tanto en número de hojas como en altura y diámetro del estípite. De acuerdo con los resultados de los análisis de varianza hechos en forma individual para cada tiempo de observación, las plántulas no mostraron efecto significativo de los tratamientos sino en las observaciones hechas a los 480 días ($p < 0.05$) y a los 570 días ($p < 0.01$) después de la inoculación (figuras 1, 2 y 3). La ausencia de dife-

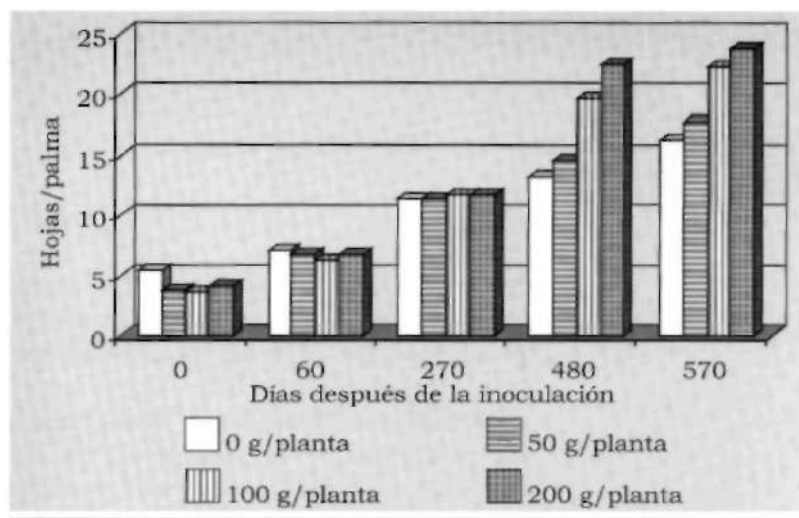


Figura 1 Efecto de la inoculación sobre el número total de hojas.

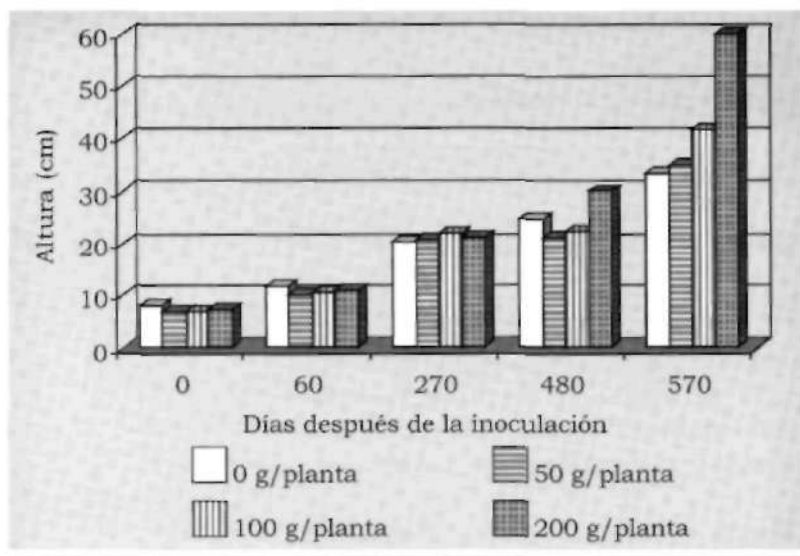


Figura 2 Efecto de la inoculación sobre la altura de las plantas.

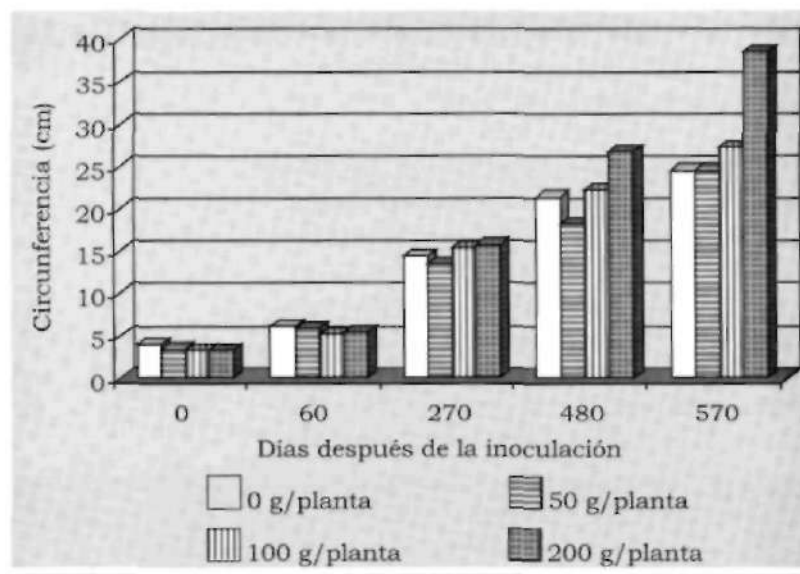


Figura 3 Efecto de la inoculación sobre la circunferencia del estípite.

rencias significativas ($p > 0.05$) en el momento de la inoculación era de esperarse y confirmó la requerida uniformidad de las plántulas al inicio del experimento. Tanto a los 480 como a los 570 días de la aplicación de los tratamientos, la inoculación con las dos dosis más altas determinó un mayor crecimiento de las plántulas expresado en el número de hojas y la

altura de las plántulas (figuras 1 y 2) y con la dosis de 200 gramos también se aumentó en forma significativa ($p < 0.05$) la circunferencia del estípite (Figura 3). Las diferencias entre tratamientos fueron más notorias a los 570 días que a los 480. En general el efecto positivo sobre las variables de crecimiento causado por los tratamientos de inoculación en relación con el testigo fue mayor en cuanto más inóculo se aplicó.

El efecto de la dosis de inóculo sobre el número de hojas en los dos últimos tiempos de observación pudo describirse mediante funciones lineales estadísticamente significativas ($p < 0.001$) y coeficientes de determinación (r^2) de 0.662 y 0.738, respectivamente (Tabla 3). Otro tanto ocurrió con la circunferencia del estípite, variable para la cual se obtuvieron valores de v^2 de 0.485 y 0.730 para el cuarto y quinto tiempos de observación, respectivamente ($p < 0.05$). Para las dos variables mencionadas, modelos de regresión cuadrática mostraron un ajuste ligeramente mayor, pero no se presentó significancia ($p > 0.05$) para el coeficiente de regresión cuadrática.

Por otra parte, los análisis de regresión de la variable altura de la planta (Tabla 3) mostraron que su comportamiento en función de la dosis de inóculo se ajustó a un modelo cuadrático ($p < 0.05$) en el cuarto tiempo de observación ($r^2 = 0.556$) y a un modelo lineal ($p < 0.0001$) en el quinto tiempo de observación ($r^2 = 0.866$).

Las plántulas fueron altamente sensibles a la aplicación de inóculo a los dos tiempos de observación ya señalados porque al finalizar el experimento, con el tratamiento de 200 gramos de inóculo el número de hojas aumentó en 46%, la altura de las plántulas creció 79% y el diámetro del estípite 57%.

Llama la atención el hecho de que la respuesta de las plántulas a la inoculación haya tardado tanto tiempo en expresarse a través de las variables de crecimiento y como no se hicieron determinaciones del grado de infección de las raíces a través del tiempo, no es posible explicar si dicho comportamiento se debió a un retardo en el proceso de infección o a otros factores.

Los efectos sobre las variables ya mencionadas se vieron reflejados en un aumento notorio, estadísticamente significativo ($p < 0.05$), del peso seco de la parte aérea de las plántulas al final del experimento (único momento en que se midió esta variable). en particular, con el nivel de aplicación de 200 gramos de inóculo por plántula (Tabla 4). Con el mencionado tratamiento se triplicó la biomasa aérea de las plántulas en relación con el tratamiento no inoculado, lo cual indica que existe un potencial muy alto para mejorar las condiciones de crecimiento de la palma de aceite a través de la micorrización. El efecto de la cantidad de inóculo sobre el peso seco de las plántulas describió una función lineal ($p < 0.01$) con un coeficiente de determinación alto ($r^2 = 0.585$).

Efecto de la inoculación sobre la absorción de nutrientes

La concentración de los nutrientes analizados en el tejido foliar sufrió algunos cambios que no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$), de acuerdo con los resultados del análisis de varianza practicado. Sin embargo, vale la pena notar la disminución en las concentraciones de K y Mg que se observó al aumentar la cantidad de inóculo aplicado (tablas 5 y 6), lo cual posiblemente se debió a un efecto de dilución por el mayor crecimiento que tuvieron las plantas al ser inoculadas. Por otra parte, a

Tabla 3 Significancia de las respuestas lineal y cuadrática de las variables de crecimiento en función de la cantidad de inóculo aplicado.

Variable	Epoca (días d.d.i. ¹)	Probabilidad (p) ²		R^2
		Lineal	Cuadrática	
No. de hojas /planta	480	0.0004	0.6747	0.6620
No. de hojas /planta	570	0.0001	0.2397	0.7378
Altura de la planta (cm)	480	0.2360	0.0105	0.5558
Altura de la planta (cm)	570	0.0000	0.0539	0.8661
Circunferencia del estípide (cm)	480	0.0103	0.0944	0.4585
Circunferencia del estípide (cm)	570	0.0014	0.0646	0.7299
Peso seco parte aérea (g/planta)	570	0.0087	0.2155	0.5847

1. d.d.i. = días después de la inoculación

2. $p < 0.05$, significativo; $p < 0.01$, altamente significativo;
 $p > 0.05$, no significativo.

Tabla 4 Efecto de la inoculación sobre el peso seco promedio de la parte aérea de las plántulas, 570 días después de la inoculación

Tratamiento, g planta ⁻¹	N		P		K	
	%	g planta ⁻¹	%	g planta ⁻¹	%	g planta ⁻¹
0	2.07	8.56	0.157	0.65	1.07	4.43
50	2.65	8.66	0.228	0.75	1.03	3.37
100	2.25	15.15	0.210	1.41	0.90	6.06
200	2.40	30.29	0.173	2.18	0.76	9.59
Nivel de significancia del efecto de tratamientos (p)	0.148	0.048	0.059	0.065	0.305	0.073

Tabla 5 Efecto de la inoculación en la concentración y el contenido de N, P y K de las plántulas

Tratamiento (g planta ⁻¹)	Peso seco (%)	Peso relativo
No inoculado	413.65	100.0
50 g de inóculo	326.98	79.0
100 g de inóculo	673.27	162.8
200 g de inóculo	1262.00	305.1

pesar de la falta de significancia estadística, el aumento en la concentración de B asociado con la inoculación fue muy notorio (Tabla 6). Los cambios en la concentración foliar de N, P y Cu fueron de poca magnitud.

Tabla 6 Efecto de la inoculación en la concentración y el contenido de Mg, B y Cu de las plántulas

Tratamiento, g planta ⁻¹	Mg		B		Cu	
	%	g planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg planta ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg planta ⁻¹
0	1.41	5.83	5.56	2.30	5.62	2.32
50	1.27	4.15	20.94	6.85	5.38	1.76
100	0.39	2.63	26.19	17.63	5.26	3.54
200	0.34	4.29	21.48	27.11	6.04	7.62
Nivel de significancia del efecto de tratamientos (p)	0.249	0.524	0.242	0.063	0.691	0.032

Al calcular el contenido de nutrientes acumulados en la parte aérea de las plantas con base en la biomasa aérea y la concentración de los nutrientes, se observaron aumentos asociados a la inoculación de magnitud importante en cuanto a N, Cu, P, K y B, siendo el efecto estadísticamente significativo al nivel de $p < 0.05$ para los dos primeros y al nivel de 0.10 para los otros tres. El B absorbido por las plantas fue aproximadamente 12 veces mayor con el nivel más alto de inóculo que en ausencia de él, mientras que las cantidades absorbidas de N, de P y de Cu se triplicaron y la de K se duplicó. En el caso del N, el P, el K y el B, el tratamiento con 100 gramos de inóculo también causó un aumento notorio en la concentración de estos elementos, pero de menor magnitud que el tratamiento de 200 gramos. La presencia en el suelo de un nivel relativamente alto de P disponible (Tabla 1), no impidió que la inoculación causara un aumento en la absorción de este nutriente y en el crecimiento de las plantas, lo cual contrasta con afirmaciones frecuentes en la literatura, según las cuales el funcionamiento de las micorrizas se ve limitado por niveles moderados o altos de P disponible para las plantas (Sieverding. 1984).

El notorio aumento logrado en la absorción de B como consecuencia de la inoculación es de mucho interés, no sólo por la magnitud del efecto observado sino por la alta frecuencia con la cual se presentan deficiencias de B en los cultivos de palma de aceite en las diferentes zonas productoras de Colombia (Munévar, 1998; 2001).

Aumentos en la absorción de P, K y Cu como consecuencia de la micorrización de clones de palma de aceite producidos *in vitro* habían sido reportados por Blal y Gianinazzi (1990) y Patiño (1984) señala que, en otra oleaginosa como el girasol (*Helianthus annuus* Mill.), la absorción de B se duplicó cuando se aplicó el microelemento junto con la inoculación de *Glomus fasciculatum* y cuando además se adicionó materia orgánica, la absorción se incrementó siete veces. Los autores no han encontrado informes en la literatura que registren aumentos en la absorción de N y B como resultado de la inoculación de la palma de aceite con HFMA.

El limitado número de variables que se midieron en este trabajo a través del tiempo no permite dar explicaciones específicas sobre las diferencias en respuesta que se observaron entre niveles de inóculo aplicado.

Los resultados de este trabajo permiten inferir que la micorrización de la palma de aceite con cepas de HFMA efectivas puede tener un alto potencial para mejorar las condiciones nutricionales de esta especie y posiblemente, contribuir a la sustitución de fertilizantes inorgánicos, de lo cual se desprende la justificación de profundizar en la investigación sobre esta materia. Uno de los aspectos de mayor interés para incluir en futuras investigaciones sería determinar si los efectos de la micorrización que se

observaron en la etapa de vivero se mantienen cuando la palma se lleva a su sitio definitivo en el campo.

Conclusiones

1. La inoculación de la plántulas de palma de aceite con HFMA favoreció el crecimiento de las plantas en la etapa de vivero y promovió la acumulación de materia seca.
2. La micorrización de las plántulas de vivero favoreció la absorción de nutrientes, en particular, N, P, K, B y Cu. siendo el B el elemento más favorecido.
3. El nivel relativamente alto de P disponible en el suelo experimental no impidió que la inoculación con HFMA favoreciera el crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes, incluido el P.
4. La respuesta en crecimiento de la palma de aceite a la inoculación con HFMA durante la fase de vivero fue relativamente tardía y se requiere, por tanto, continuar investigando para despejar dicho interrogante y establecer si la ino-

culación puede contribuir a disminuir la duración de la fase de vivero y tiene luego un impacto en la fase de campo.

5. Los incrementos del 205% en producción de materia seca aérea y entre 2 y 12 veces la acumulación de algunos nutrientes lograda con la inoculación, permiten inferir que existe un alto potencial para impactar la productividad y reducir los requerimientos de fertilizantes inorgánicos en el cultivo de palma de aceite en Colombia y por tanto se justifica ampliar la investigación en este tema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jenny Quintero del Ciat y a Diana Castañeda (ex investigadora de Cenipalma) por su contribución en la identificación y cuantificación de las esporas de hongos en el material inoculante y en muestras de suelo y a Ricardo Martínez por su asesoría en los análisis estadísticos. Esta investigación recibió financiación del Fondo de Fomento Palmero.

Bibliografía

- Abbott, LK; Robson, AD. 1992. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosyst. Environ.* 35:121-150
- Abbott, LK; Robson, AD; Gazey, C. 1992. Selection of inoculant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: *Methods in Microbiology* 24. Academic Press: 1-21.
- Alien, MF. 1996. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. *Mycological Research*. 100:769-782.
- Azcón-Aguilar, C; Barea, JM. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae*. 68:1-24
- Azizah, H. 2004. Ganoderma versus micorriza. *Palmas* (Colombia). 25 (4):75-83.
- Bethlenfalvay, GJ. 1992. Mycorrhizae and crop productivity. In: Bethlenfalvay, GJ; Linderman, RG. (ed.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA Special Publication* American Society of Agronomy. Madison. (54): 1-27.
- Blal, B; Gianinazzi-Pearson, V. 1990. Interest on endomycorrhizae for the production of micropropagated oil palm clones. *Agric. Ecosyst. Environ.* 29:39-43
- Blal, B; Morel, C; Gianinazzi-Pearson, V; Fardeau, JC; Gianinazzi, S. 1990. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on phosphate fertilizer efficiency in two tropical acid soils planted with micropropagated oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biol Fertil Soils*. 9:43-48.
- Burbano, OH. 1989. *El suelo: una visión sobre sus componentes biológicos*. Universidad de Nariño. Pasto (Colombia).
- Collins, JN. 1993. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? *Ecological Applications*. 3:749-757.
- Diederichs, C; Moawad, AM. 1993. The potential of VA mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. *Angew.Bot.* 67:91-96.
- Harley, JL; Smith, SE. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London. 838p.

- Morton, JB; Benny, GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471-491.
- Munévar M, F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas* (Colombia) 19 (número especial):218-228.
- Munévar M, F. 2001. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Palmas* (Colombia). 22(4):9-17.
- Patino, CH. 1984. Las micorrizas como componentes simbióticos de los sistemas selváticos tropicales, implicaciones ecológicas y agronómicas, In: Universidad Nacional (ed.). Investigaciones sobre micorrizas en Colombia - Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas. Palmira (Colombia):82-95.
- Ramal Ali. AS ; Tayeb Dolmat, M. 1999. Status of mycorrhizal research in oil palm. *Porim Bolletin* No. 23. Kuala Lumpur.
- Sánchez de P, M. 1999. *Endomicorizas en agroecosistemas colombianos*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira (Colombia). 227p.
- Sieverding, E. 1983. *Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio*. Ciat. Cali (Colombia):121
- Sieverding, E. 1984. Selección de hospederos, sustrato de suelo. nivel y fuente de fósforo para la producción de esporas de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. En: Universidad Nacional (ed.). Investigaciones sobre micorrizas en Colombia - Memorias del primer curso nacional sobre micorrizas. Palmira (Colombia): 237-250.



Su campo, nuestro campo

Financiamos al sector agropecuario a través de proyectos productivos, rentables y sostenibles para:

- ✓ Líneas Finagro para crédito asociativo e individual.
- ✓ Respaldo del FAG.
- ✓ * Acceso al ICR.
- ✓ Financiación para bonos de prenda y subastas ganaderas.
- ✓ Tarjeta de Crédito Agraria.
- ✓ Crédito para micro, pequeña y mediana empresa rural o urbana.
- ✓ Líneas Bancoldex.

* Para actividades objeto de este beneficio, sujeto a la disponibilidad de recursos y aprobación de Finagro.

Versatilidad en productos y servicios



Banco Agrario de Colombia
El Banco que hace crecer el campo