



AgEcon SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

BIOFERTILIZANTE MICORRÍZICO Y FERTILIZANTE MINERAL EN EL CRECIMIENTO DE *Elaeis guineensis* Jacq. EN VIVERO

MYCORRHIZIC BIOFERTILIZER AND MINERAL FERTILIZER ON *Elaeis guineensis* Jacq. GROWTH IN NURSERY

Garza-Hernández, J.M.^{1,2}; Marroquín-Agreda, F.J.^{1,2}; Lerma-Molina, J.N.^{1,2}; Ley de-Coss, A.^{1,2}; Toledo-Toledo, E.^{1,2}; Martínez-Solís, M.^{1,2}; Villalobos-Villalobos, V.¹; Aguirre-Medina J.F.^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agrícolas. Entronque carretera costera y Estación Huehuetán. CP 30660. Fax (964)6270439. Huehuetan, Chiapas, México. ²Cuerpo Académico de Productividad de Agroecosistemas Tropicales.

***Autor de correspondencia:** juanf56@prodigy.net.mx

RESUMEN

Se evaluó la influencia de *Rhizophagus intraradices* en interacción con la fertilización mineral en el crecimiento de dos híbridos de palma de aceite Deli×Ghana y Deli×Nigeria en Huehuetán, Chiapas. Para el desarrollo de la investigación se estableció el experimento en un diseño bloques al azar con ocho tratamientos y 16 repeticiones. Los tratamientos en ambos híbridos fueron, 1) *Rhizophagus intraradices*, 2) 80_N-60_P-80_K-10_{Ca}-10_{Mg}+B, 3) *R. intraradices* + 80_N-60_P-80_K-10_{Ca}-10_{Mg}+B, y 4) Testigo regional 18_N-46_P-00_K y 17_N-17_P-17_K. Las variables de estudio fueron: longitud de tallo, diámetro de tallo, número de hojas, biomasa aérea y radical, y sanidad de follaje. Los datos fueron analizados estadísticamente aplicando el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI y se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias. Los resultados indican que el híbrido Deli×Ghana presenta mayor desarrollo vegetal en comparación a Deli×Nigeria. El tratamiento *R. intraradices* más fertilización mineral fue superior en las variables de crecimiento y biomasa aérea y disminución de biomasa radical, así mismo presentó menor daño por plagas y enfermedades.

Palabras clave: Palma de aceite, *Rhizophagus intraradices*, fertilización.

ABSTRACT

The influence of *Rhizophagus intraradices* in interaction with mineral fertilization on the growth of two oil palm hybrids, Deli×Ghana and Deli×Nigeria, was evaluated in Huehuetán, Chiapas. To develop the research, the experiment was established in a random block design with eight treatments and 16 repetitions. The treatments used with both hybrids were: 1) *Rhizophagus intraradices*, 2) 80_N-60_P-80_K-10_{Ca}-10_{Mg}+B, 3) *R. intraradices* + 80_N-60_P-80_K-10_{Ca}-10_{Mg} + B, and 4) Regional control 18_N-46_P-00_K and 17_N-17_P-17_K. The study variables were: length of stem, diameter of stem, number of leaves, aerial and root biomass, and foliage health. The data were analyzed statistically by applying the STATGRAPHICS Centurion XVI package, and the multiple-range Tukey test ($P \leq 0.05$) was used to compare means. Results indicate that the Deli×Ghana hybrid presents greater plant development in comparison to Deli×Nigeria. The treatment with *R. intraradices* plus mineral fertilization was better for the growth variables and aerial biomass, and decrease of root biomass, and it presented less damage from pests and disease.

Keywords: Oil palm, *Rhizophagus intraradices*, fertilization.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 2, enero. 2016. pp: 26-32.

Recibido: julio 2015. **Aceptado:** enero 2016.

INTRODUCCIÓN

La palma africana (o palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)) es una oleaginosa originaria de regiones tropicales de África y se encuentra actualmente en varios países de Asia y América. En el mundo es la segunda fuente más importante de aceite vegetal después de la soya (*Glycine max*). En México existe déficit de aceites y grasas de origen vegetal y la industria aceitera mexicana y el gobierno federal están promoviendo su cultivo en Chiapas y regiones del sureste como una alternativa para impulsar el desarrollo regional. La palma de aceite requiere de cuidados intensivos en las etapas de pre vivero y vivero y la nutrición en estas primeras etapas de su desarrollo va a influir en su establecimiento en campo, y en consecuencia, favorecerá la capacidad productiva del cultivo. Existen evidencias que las plantas de mejor crecimiento y desarrollo en vivero producen racimos de mayor tamaño y calidad (Chinchilla y Durán, 1997). Para el caso de la palma de aceite, el limitado desarrollo que tiene su sistema radical favorece la asociación con los hongos endomicorrízicos, y en vivero, se han observado altos niveles de colonización micorrízica natural (Blal *et al.*, 1990; Corley y Tinker, 2003; Motta y Munévar, 2005), y se ha demostrado además, que la biofertilización con micorriza de la palma en etapas tempranas del crecimiento favorece la nutrición y vigor de las plántulas (Corley y Tinker, 2003; Galindo-Castañeda y Romero, 2013). Tradicionalmente los nutrientes a la palma en vivero se han suplementado por la vía química (León, 2004), sin embargo, los altos costos del fertilizante, representa un gasto fuerte para la agroindustria (Motta y Munévar, 2005) y ante ésta situación, últimamente se ha abordado otras alternativas, como la incorporación de compostas (Torres *et al.*, 2004), o bien, la inclusión de microorganismos a la semilla o al sustrato, como hongos endomicorrízicos (Motta y Munévar, 2005; Galindo-Castañeda y Romero, 2013). Los biofertilizantes micorrízicos son productos a base de un microorganismo no patógeno que al inocularse puede vivir asociado o en simbiosis con la planta y ayuda a incrementar el suministro, disponibilidad y acceso físico de nutrimentos mediante diversos mecanismos de acción, e induce mayor crecimiento en la planta huésped (Aguirre-Medina *et al.*, 2014) mediante el transporte de nutrimentos y agua, con preferencia por el fósforo (P) que se ha encontrado en mayor concentración en palmas micorrizadas en comparación con las no micorrizadas en Malasia y Costa de Marfil (Azizah, 2004). Este mismo hecho se ha descrito en Chiapas, México en otros cultivos perennes en vivero, como en *Coffea arabica* L. (Aguirre-Medina *et al.*, 2011), *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Aguirre-Medina *et al.*, 2012), *Theobroma cacao* L. (Aguirre-Medina *et al.*, 2007) y en campo en *Jatropha curcas* L. (Díaz-Hernández *et al.*, 2013). La asociación de las plantas con hongos endomicorrízicos tiene efecto positivo en condiciones de estrés por sequía (Auge, 2004), y protege a las plantas contra diversos patógenos (Elsen *et al.*, 2003), además de alterar la disponibilidad de los recursos utilizados por las plantas para la fabricación de las defensas contra las plagas y compensar daños de la misma (Vannette y Hunter, 2009). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto morfológico y fisiológico al inocular (biofertilizar) con *Rhizophagus intraradices* en interacción con fertilización mineral plántulas en dos híbridos de *Elaeis guineensis* Jacq., en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizado en el Municipio de Huehuetán, Chiapas (15° 00' y 15° 30' N; 92° 30' O) a 44 m, con clima Am (w") i g, (García, 1973), cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación se distribuye de junio a octubre con 2200 mm en promedio al año. La temperatura media es de 28 °C, con evaporación superior a 1900 mm durante el año. El suelo utilizado como sustrato presento las siguientes características físico-químicas: textura migajón arenosa, pH 6.5, 2.6% de materia orgánica, 0.10% de nitrógeno, 16.5 mg kg⁻¹ de fósforo, 32.4 mg kg⁻¹ de K⁺, 178 mg kg⁻¹ de Ca⁺⁺, 16.4 mg kg⁻¹ de Mg⁺⁺, 15.90 mg kg⁻¹ de Na⁺, 60.2 mg kg⁻¹ de Fe, 6.6 mg kg⁻¹ de Mn, 3.35 mg kg⁻¹ de Zn, 2.01 mg kg⁻¹ de Cu y 0.33 mg kg⁻¹ de B. En general el suelo es considerado de baja fertilidad con deficiencias de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y B. Con este suelo se llenaron bolsas de plástico (30×30 cm) con capacidad de 25 kg. Las semillas utilizadas de los híbridos Deli×Ghana y Deli×Nigeria de palma de aceite se obtuvieron de la empresa ASD de Costa Rica, C.A., y fueron pre germinadas antes de inocular. El inoculo fue *Rhizophagus intraradices* (Schenck *et Sm.*) Walker & Schüßler desarrollado en el Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas-INIFAP con al menos 40 esporas por g⁻¹ de suelo, mediante propágulos y raicillas con 95% de colonización radical en la planta huésped de *Brachiaria decumbens* L.

Se tuvieron cuatro tratamientos con los híbridos Deli×Nigeria y Deli×Ghana: 1) *Rhizophagus*

intraradices (40 g planta⁻¹ aplicado a la siembra), 2) Fertilización mineral 80_N-60_P-80_K-10_{Ca}-10_{Mg} (14 g planta⁻¹)+B (0.75 g planta⁻¹) aplicado cada mes, 3) *R. intraradices*+Fertilización mineral, y 4) Testigo regional 18_N-46_P-00_K y 17_N-17_P-17_K (Cada tres semanas 5 g⁻¹ y 10 g⁻¹ de 18_N-46_P-00_K), siguiendo con 12, 16, 18, 20, 20, 20, 23, 23 g⁻¹ de 17_N-17_P-17_K. Se tuvieron 16 repeticiones, considerando una planta como unidad experimental. El fertilizante mineral se agregó en el suelo distribuido en bandas alrededor de la planta a 5 cm de profundidad. La micorriza se aplicó a la siembra en el fondo del hoyo. El periodo de estudio fue de nueve meses, (octubre 2013 a junio 2014). Se mantuvo el control manual de maleza y para el combate de plagas, se aplicó metalaxil 70 y cipermetrina en dosis de 1.5 g⁻¹ y 1.5 ml L⁻¹ de agua, cada ocho días a toda la planta, misma s que fueron regadas por aspersión cada tres días.

Variables respuesta

Longitud y diámetro del tallo

La longitud se midió con regla graduada desde el suelo hasta el punto de formación de la última hoja. El diámetro con vernier electrónico a cinco cm de la base del tallo sobre la superficie del suelo. En ambas variables la frecuencia de medición fue mensual.

Número de hojas y biomasa aérea y radical

Se cuantificaron las hojas por planta de cada tratamiento y repetición. La biomasa seca se obtuvo mediante el peso de los componentes fisiológicos en una báscula digital de 4 kg (OHAUS modelo Scout Pro) después de secarse en estufa de aire forzado (VWR-SHEL LAB 1390 FMy) a 55 °C hasta el peso constante.

Sanidad de Follaje. Se realizaron inspecciones diarias en las plantas para identificar la presencia y/o el daño por plagas o enfermedades. Los resultados se analizaron con el programa (STATGRAPHICS Centurión XVI), con base a un análisis completamente al azar y las diferencias estadísticas

mediante prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud y diámetro del tallo

El crecimiento de las plantas durante los dos primeros meses de estudio, mostraron valores muy semejantes tanto en longitud como en el diámetro del tallo y sin diferencia estadística (P≤0.05) (Figura 1). A partir del tercer mes de evaluación, ambas variables presentaron incrementos desiguales a través del tiempo y con diferencias estadísticas (P≤0.05). El mayor incremento en ambos híbridos se registró con el tratamiento *R. intraradices*

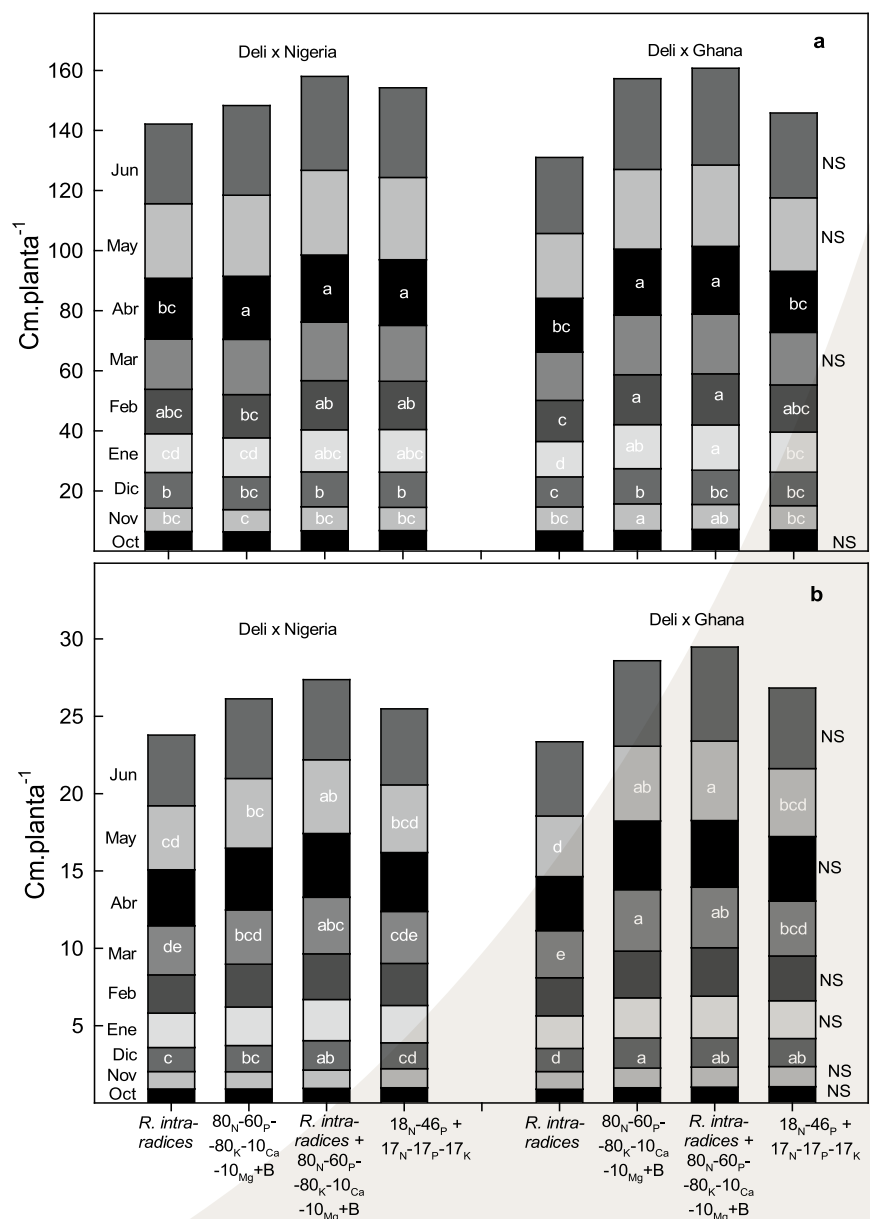


Figura 1. Longitud (a) y Diámetro (b) del tallo de *Elaeis guineensis* Jacq. biofertilizada con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilización. Los valores son promedios de 16 repeticiones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística Tukey (P≤0.05).

más fertilización mineral, y el menor, con biofertilización solo del hongo endomicorrízico. En plántulas de palma de aceite tipo Ténera (material «Dami Las Flores») que habían cumplido la etapa de pre vivero inoculadas con propágulos de *Gigaspora* sp y *Glomus* sp., sin fertilización química, Motta y Munévar (2005) reportaron diferencias estadísticas en altura de la planta a partir de 480 días. En cambio en la Costa de Chiapas, México, la respuesta con otros cultivos perennes inoculados con *Rhizophagus intraradices* en vivero se ha identificado a partir de 90 días después de la biofertilización (Aguirre-Medina et al., 2012). La respuesta diferencial en la inducción del crecimiento puede estar relacionada con la preferencia del hospedero (Daniell et al., 2001). En general, la asociación micorrízica arbuscular ha sido definida como no específica con la planta huésped, pero se ha determinado que el comportamiento de las poblaciones es modulado por diversos factores ambientales y existe evidencia de que estas asociaciones presentan especificidad ecológica (Serralde y Ramírez, 2004). El mantenimiento y el desarrollo de la planta dependen de la disponibilidad nutrimental en el suelo y la demanda del cultivo. Una vez que se introducen los fertilizantes químicos se ha demostrado que el micelio de los hongos endomicorrízicos los transporta a la planta (Schweiger y Jakobsen, 2000). Sin embargo, cuando se presenta un sustrato deficiente en algunos nutrientes, tales como, en sustrato evaluado, el transporte debe disminuir, y en consecuencia, registrar menor crecimiento de la planta. Para la nutrición de los cultivos, con excepción del nitrógeno que se fija de la atmósfera por diversos

microorganismos y se introduce a los sistemas radicales, los otros nutrientes deben estar presentes en el suelo para abastecer a la planta. Si alguno de ellos no está disponible, se deberá introducir, y ello puede ser a través de inoculación con hongos micorrízicos (Frontera, 2009). El resultado anterior sugiere, que el crecimiento de las plantas está muy relacionado con el nivel de nutrición en el suelo que crece. Esta apreciación ha sido consignada por León (2004) en palma de aceite.

Cuando la simbiosis entre la planta huésped y los hongos endomicorrízicos es efectiva, vía la biofertilización en la semilla, como sucedió en esta investigación, se mejora el suministro, disponibilidad y acceso físico de nutrientes que favorecen mayor crecimiento, sobre todo en la etapa inicial (Barea et al., 2002), además, aumenta la supervivencia en condiciones ambientales adversas (Andrade et al., 2009).

El número de hojas registró un desarrollo semejante en velocidad e incremento con las variables anteriores de longitud y diámetro del tallo en ambos híbridos de la palma de aceite. En este caso, los valores no fueron estadísticamente diferentes en ninguno de los muestreos (Figura 2). Motta y Munévar (2005) señalan diferencias en número de hojas con otro híbrido del tipo Ténera, pero a partir de los 480 días después de siembra (dds) en Colombia, en un sustrato sin agregar fertilizantes químicos y otras especies de hongos endomicorrízicos.

Se registró una hoja más en el híbrido Deli×Ghana en el muestreo realizado en el mes de marzo y fue en los tratamientos donde se aplicó alguna dosis de fertilización, con o sin hongo micorrízico. En el caso del híbrido Deli×Nigeria, aumento una hoja un mes después en el muestreo de abril, y al mismo tiempo sin cambio en el número de hojas, en el híbrido Deli×Ghana.

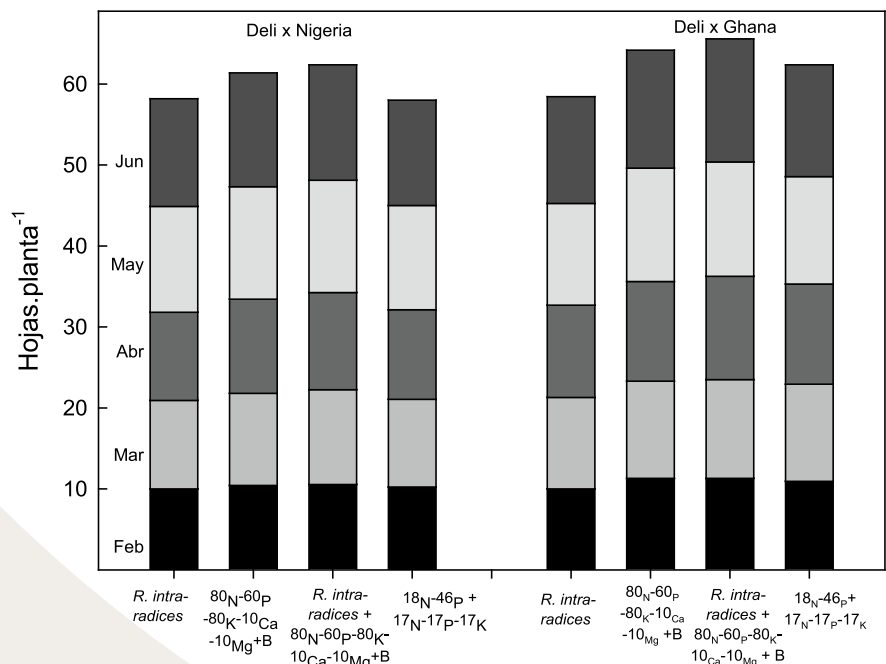


Figura 2. Número de hojas de *Elaeis guineensis* Jacq. biofertilizada con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilización. Valores promedio de 16 repeticiones sin diferencias estadísticas.

En ambos híbridos se incrementó a dos hojas durante el mes de mayo y fue más notable en tratamientos con *R. intraradices* más la dosis de fertilización mineral completa. El número de hojas representa la fuente de fotosintatos para el crecimiento del cultivo y cuando se asocian con hongos micorrízicos, la actividad fotosintética se incrementa después de la colonización (Sylvia, 2005).

En cultivos perennes como el cacao (Aguirre-Medina et al., 2007) y cafeto (Aguirre-Medina et al., 2011) se ha registrado mayor número de hojas con la inoculación de microorganismos. Este hecho sugiere que el incremento en el desarrollo de la planta hospedera, puede deberse a mayor capacidad de absorción de nutrientes.

Biomasa aérea y radical

Se registró mayor peso seco del sistema radical en Deli x Nigeria en el tratamiento con fertilización mineral y cuando se incluyó *R. intraradices*. En cambio en Deli x Ghana la mayor cantidad de biomasa radical también se registró con la fertilización mineral y la menor asignación de materia seca radical fue con los tratamientos biofertilizados con *R. intraradices* (Figura 3).

Al parecer en ambos híbridos, la hifa del hongo sustituye los pelos de la raíz y la planta transporta más foto-

sinatos a la parte aérea para la producción de biomasa, respuesta que se aprecia en la Figura 3. Esta disminución de biomasa radical e incremento en los componentes del rendimiento de la parte aérea han sido citados en otros cultivos, como en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), (Aguirre-Medina y Kohashi-Shibata 2002) y en maíz (*Zea mays* L.), (Irizar et al., 2003). En el caso del híbrido Deli x Nigeria, se incrementó la biomasa radical más que el testigo y cuando se incluyó únicamente *R. intraradices*. Se ha identificado que el crecimiento de las plantas micorrizadas se mejora por la nutrición del fósforo cuando la simbiosis es efectiva (Grant et al., 2005). Aun cuando se ha indicado que la simbiosis micorrízica arbuscular carece de especificidad taxonómica (Cuenca et al., 2007) parece suceder que se presenta cierta compatibilidad funcional entre la planta, el sustrato y los microorganismos introducidos, y existen combinaciones de microorganismos que funcionan mejor en determinada planta huésped.

Sanidad de Follaje

La menor presencia de minadores *Coelaenomenodera elaeidis*, *Hispolepis elaeidis*, *Alurunus humeralis* en Deli x Nigeria se presentó durante toda la evaluación cuando se biofertilizó la semilla con *R. intraradices*. Este mismo hecho se presentó con la disminución del daño por defoliadores *Spodoptera* sp, y *Atta cephalotes* en las plantas micorrizadas. La colonización por micorrizas puede afectar las defensas directas e indirectas, así como la tolerancia de las plantas a la herbivoría, por cambios en su nutrición, o mediante alteración de la expresión de genes de las plantas independientemente de su nutrición (Vannette y Hunter, 2009). Aun cuando se ha establecido por décadas que la expresión de la defensa de la planta varía con la disponibilidad de recursos en los suelos (Bryant et al., 1983; Herms y Mattson, 1992), los estudios más recientes han puesto de relieve la importancia de la biota del suelo en la mediación de resistencia de las plantas y la tolerancia al ataque de insectos (Wardle et al., 2004; Bezemer y van Dam, 2005). Además, se han sugerido diversos mecanismos para explicar la protección de los hongos endomicorrízicos contra

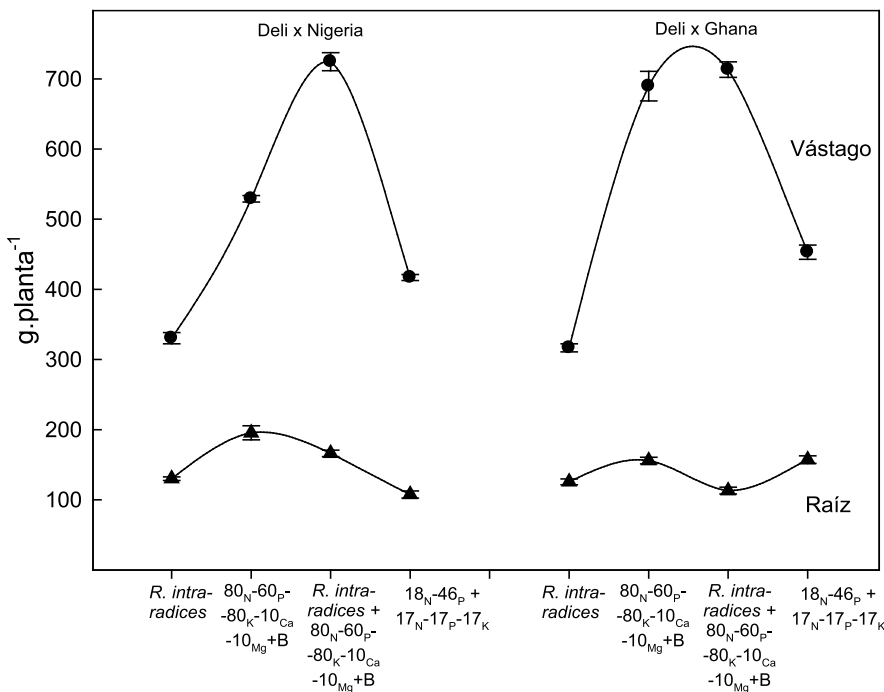


Figura 3. Biomasa aérea y radical de *Elaeis guineensis* Jacq. Biofertilizada con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilización. Valores promedio de 16 repeticiones. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística Tukey ($p \leq 0.05$).

ciertos patógenos que incluyen producción de compuestos fenólicos y la inducción para la activación de los mecanismos de defensa de las plantas (Gianinazzi-Pearson *et al.*, 1996). En las plantas testigo y cuando se aplicó la fórmula de fertilización 18-46-00 + 17-17-17 la mayor incidencia de plagas se presentó en el mes de mayo y diciembre y defoliadores en octubre. En los meses de noviembre de 2013 a mayo, 2014 se presentó *Pestalotiopsis*, enfermedad causada por el hongo *Pestalotiopsis* spp., en ambos híbridos. La mayor presencia fue en hojas viejas. En el testigo del híbrido DelixNigeria se presentó la mancha curvularia causada por el hongo *Curvularia* spp. en diciembre. Los niveles de asociación con hongos micorrízicos debe aumentar o disminuir los niveles de defensa de la planta al considerar que ésta proporciona el carbono al hongo micorrízico y el hongo transporta fósforo y nitrógeno a las plantas, como costos de producción para la defensa enzimática (Gershenzon, 1994) (Figura 4).

CONCLUSIONES

La biofertilización de *Elaeis guineensis* Jacq en vivero con *Rhizophagus intraradices* más la fertilización química favoreció el crecimiento de ambos híbridos en la asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento. La inoculación con hongos endomicorrízicos son una alternativa viable para la producción en vivero al disminuir el uso de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades y producir plantas más vigorosas.

LITERATURA CITADA

Aguirre-Medina J.F., Kohashi-Shibata J. 2002. Dinámica de la colonización

micorrízica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y el contenido de fósforo en frijol común. *Agric. Téc. Méx.* 28 (1): 23-33.

- Aguirre-Medina J.F., A Mendoza-López., Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H. 2007. La Biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia* 32 (8): 1-6.
- Aguirre-Medina J.F., Moroyoqui-Ovilla D.M., Mendoza-López A., Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Cadena J.F. 2011. Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. *Agron. Mesoam.* 22 (1): 1-10.
- Aguirre-Medina J.F., Aguirre-Cadena J.F., Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H. 2012. Biofertilización en plantas de la selva húmeda tropical. Colegio de Postgraduados.
- Aguirre Medina J.F., Culebro-Cifuentes F., Cadena Iñiguez J., Aguirre Cadena J.F. 2014. Crecimiento de *Tabebuia Donnell-Smithii* (Rose) Inoculada con Hongos Micorrízicos y *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia.* 48 (3):331-345.
- Andrade S.A.L., Mazzafera P., Schivinato M.A., Silveira A.P.D. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Review. J. Agric. Sci.* 147: 105-115.
- Augé R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science* 84(4): 373-381. doi: 10.4141/S04-002
- Azizah H. 2004. *Ganoderma* versus micorriza. *Palmas (Colombia).* 25 (4):75-83.
- Barea J.M., Azcon R., Azcon-Aguilar C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 81(1-4):343-351.
- Bezemer T.M., van Dam N.M. 2005 Linking aboveground and belowground interactions via induced plant defenses. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 617-624.
- Blal B.C., Morel V., Gianinazzi-Pearson J.C., Fardeau S., 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.
- Bryant J.P., Chapin F.S., Klein D.R. 1983. Carbon nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, 40, 357-368.
- Chinchilla C., Durán N. 1997. Manejo de problemas fitosanitarios en palma aceitera. Una perspectiva agronómica. *Palmas (Colombia).* 19 (número especial): 242-256.
- Corley R.H.V., Tinker P. 2003. The oil palm. Chapter 11: Mineral Nutrition of Oil palm. 4ta ed. Iowa USA: Blackwell Science, 327-360
- Cuenca G., Cáceres A., Oirdobro G., Hasmy Z., Urdaneta C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia* 32(1): 23-29.



Figura 4. Palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) Biofertilizada con *R. intraradices* y diferentes dosis de fertilización.

- Daniell T., Husband J.R., Fitter A.H., Young J.P.W. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing arable crops. *FEMS Microbiology Ecology* 36(2-3): 203-209. doi: 10.1111/j.1574-6941.2001.tb00841.x
- Díaz-Hernández B.G., Aguirre-Medina J.F., Díaz-Fuentes V.H. 2013. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. Inoculada Con Micorriza Y Aplicación De Composta De Caña. *Rev. Méx. De Ciencias Agrícolas*. 4 (4): 599-610.
- Elsen A., Baimey H., Swennen R., De Waele D. 2003. Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil* 256, 303-313.
- Frontera G.M. 2009. Biofertilización: Aspectos productivos y consecuencias en el manejo y conservación de la fertilidad del suelo. [http:// www.e-campo.com](http://www.e-campo.com). Agricultura y cultivos. 17/07/2009.
- Galindo-Castañeda T., Romero H.M. 2013. Micorrización en palma de aceite (*Elaeis guineensis* y *E. oleifera* x *E. guineensis*) en etapa de previvero. *Agronomía Colombiana* 31(1), 95-102.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 2ª Edición corregida y aumentada. México D. F. 246 p.
- Gershenzon J. 1994. Metabolic costs of terpenoid accumulation in higher-plants. *Journal of Chemical Ecology*, 20, 1281-1328.
- Gianinazzi-Pearson V., Dumas-Gaudot E., Gallotte A., Ahiri-Alaoui A.T., Gianinazzi S. 1996. Cellular and molecular defence-related root responses to invasion by arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 133, 45-57.
- Grant C., Bittman S., Montreal M., Plenchette C., Morel C. 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Canadian Journal of Plant Science*, 85:3-14.
- Hermis D.A., Mattson W.J. 1992. The dilemma of plants-to grow or defend. *Quarterly Review of Biology*, 67, 283-335.
- Irizar-Garza M.B.G., Vargas-Vázquez P., Garza-García D., Tut y Couoh C., Rojas-Martínez I., Trujillo-Campos A., García-Silva R., Aguirre-Montoya D., Martínez-González J.C., Alvarado-Mendoza S., Grajeda-Cabrera O., Valero-Garza J., Aguirre-Medina J.F. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agr. Téc. Méx.* 29(2): 213-225.
- León S.I. 2004. Características, uso y manejo de fertilizantes para palma de aceite Palmas (Colombia). 25 (No. Especial, Tomo II): 105-114.
- Motta D., Munévar F. 2005. Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización. *Palmas*, 26(3): 11-20.
- Ramlah Ali A.S., Mohd Tayeb D. 1991. Status of Mycorrhizal Research in Oil Palm. *Porim Bulletin* (Malasia) 23: 4-14.
- Schweiger P., Jakobsen I. 2000. Laboratory and field methods for measurement of hyphal uptake of nutrients in soil. *Plant and Soil* 226, 237-244.
- Serralde O.A.M., Ramírez G.M.M. 2004. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz *Zea mays* cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Revista Corpoica* 5(1): 31-40.
- Sylvia M.D. 2005. Mycorrhizal symbioses. In: M. D. Sylvia, J. J. Fuhrmann, G. P. Harte, & A. D. Zuberer (Eds.). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. (pp. 263-282) Second Edition., New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall.
- Torres R., Acosta A., Chinchilla C. 2004. Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. *Palmas* (Colombia). 25(2): 377-387.
- Vannette R.L., D. Hunter M.D. 2009. Mycorrhizal fungi as mediators of defence against insect pests in agricultural systems. *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 351-358.
- Wardle D.A., Bardgett R.D., Klironomos J.N., Setälä H., van der Putten W.H., Wall D.H. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304, 1629-1633.

