



Comunicación corta

POTENCIALIDAD DE LOS INOCULANTES MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN KIBALA, ANGOLA

Potentiality of arbuscular mycorrhizal inoculants applied to cassava crop (*Manihot esculenta* Crantz) in Kibala, Angola

José P. João^{1✉}, Moniz P. Mutunda², Amílcar F. Taíla³
y Ramón Rivera Espinosa⁴

ABSTRACT. Considering the existence of arbuscular mycorrhizal inoculants applied at low quantities to cassava crop (*Manihot esculenta* Crantz) and the high mycorrhizal dependence as well as the significance of this crop in Angola, it is essential to evaluate the effectiveness of such products in this country, as a way to obtain an efficient mycorrhizal symbiosis and its benefits on cassava plantations. An experiment was conducted on a Rhodic Distric Ferralsol, in order to appraise the effect of *Funneliformis mosseae* strain INCAM-2 compared with a control treatment, in a randomized block design with four repetitions and 32 plants per plot. The trial was carried out in a Kibala producers' farm, South Kwanza province, using Calohendo variety. The inoculant was applied at planting time by coating both propagule tips at the dose of 11,6 kg ha⁻¹. The application of *F. mosseae* provided significant increases (P<0,001) in every variable tested, achieving more vigorous and taller plants, their height raising about 21 %, whereas edible root yields rose from 14,4 mg ha⁻¹ in the control to 33,6 mg ha⁻¹ in the inoculated treatment and mycorrhizal spores improved eight times at harvest time, indicating the effectiveness of *F. mosseae* under these edaphic conditions. These results prove the potentiality of applying such mycorrhizal products to cassava crop in Angola.

RESUMEN. A partir de la existencia de inoculantes micorrízicos arbusculares que se aplican en bajas cantidades en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), de la alta dependencia micorrízica y de la importancia del cultivo en Angola, resulta de primer orden evaluar la efectividad de estos productos en el país, como vía para obtener una simbiosis micorrízica eficiente y sus beneficios en las plantaciones del cultivo. Se ejecutó un ensayo en un suelo clasificado como Ferralsol distrito ródico, para evaluar el efecto de la cepa INCAM-2 de la especie de hongo micorrízico arbuscular *Funneliformis mosseae* en comparación con un tratamiento testigo, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y 32 plantas por parcela. El ensayo se realizó en una finca de productores en el municipio de Kibala, provincia de Kwanza Sur, con la variedad Calohendo. El inoculante se aplicó en el momento de la plantación a través del recubrimiento de ambas puntas de los propágulos, en dosis de 11,6 kg ha⁻¹. La aplicación de *F. mosseae* originó incrementos significativos (P<0,001) en todas las variables evaluadas, obteniéndose plantas más vigorosas con mayor crecimiento e incrementos en altura de 21 %, los rendimientos en raíces comestibles se elevaron de 14,4 Mg ha⁻¹ en el tratamiento testigo a 33,6 Mg ha⁻¹ en el tratamiento inoculado y las esporas micorrízicas en cosecha se incrementaron ocho veces, indicando la efectividad de *F. mosseae* en estas condiciones edáficas. Los resultados dejan clara la potencialidad de la aplicación de estos productos micorrízicos en el cultivo de yuca en Angola.

Key words: Angola, arbuscular mycorrhizae, cassava

Palabras clave: Angola, micorrizas arbusculares, yuca

¹ Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad José Eduardo dos Santos, Angola.

² Instituto de Investigación Agronómica, Angola.

³ Finalista del curso Agronomía de la FCA de la UJOES, Angola.

⁴ Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700.

✉ zecapedro2003@yahoo.com.br

INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es el cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, ocupa un lugar importante en la agricultura de las regiones de clima tropical, no solo por su empleo en la alimentación humana^A (1) y animal (2) sino también por su amplio uso en la industria (3). Angola es el sexto mayor productor mundial (5,1 %) con un rendimiento promedio de 14 Mg ha^{-1A}, siendo un producto importante en la seguridad alimentaria de esta nación^B.

Si bien es un cultivo que se adapta a las condiciones de sequía y a la baja fertilidad del suelo, la obtención de altos rendimientos requiere de la aplicación de fertilizantes y pueden obtenerse con su empleo, entre 40 y 60 Mg ha⁻¹ de raíces comerciales (4); sin embargo, los altos precios de los fertilizantes impiden el acceso de los campesinos a tales recursos y como la mayoría de las áreas de cultivo en Angola se encuentran en manos de campesinos, la producción es baja (5)^B.

La yuca es micótrofa por excelencia (6) y si bien a nivel experimental abundan los reportes positivos de la inoculación con cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (6, 7, 8), pocos han sido los resultados publicados de aplicaciones a escala productiva (9), como consecuencia entre otros de no disponerse de inoculantes efectivos que se apliquen en cantidades bajas (10).

En Cuba la recomendación de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se realiza en base al ambiente edáfico (11) y más específicamente con la reacción del suelo (12) y se ha encontrado además que la cepa eficiente aplicada en esa condición, establece una simbiosis efectiva con cualquier cultivo dependiente de la micorrización (11).

En Angola no existen reportes previos de la efectividad de los inoculantes micorrízicos arbusculares en este cultivo y teniendo en cuenta su alta dependencia micorrízica y los beneficios potenciales asociados, resulta de primer orden evaluar los mismos.

^AFAO. FAOSTAT [en línea]. 2013, [Consultado: 17 de enero de 2015], Disponible en: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>>.

^BMinistério da Agricultura. Resultados da 1.ª Época e estimativas da Campanha Agrícola 2008/2009. Projecto Portal do Governo, República de Angola, 2010.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en condiciones de campo en la Finca Almeida en el municipio de Kibala, provincia de Kuanza Sur, en un suelo Ferralsol dístico según el WRB (13). El suelo presentó una reacción ligeramente ácida, con bajos contenidos de materia orgánica y bases intercambiables (Tabla I) y una fertilidad baja. Los contenidos de esporas micorrízicas residentes también fueron bajos.

El municipio de Kibala presenta un clima tropical húmedo, caracterizado por la alternancia de estaciones secas y lluviosas bien definidas, con precipitaciones anuales entre 1000 y 1400 mm, siendo los meses de marzo y noviembre los más lluviosos y con valores de temperatura media anual entre 20 y 21 °C a una altitud entre 1000 y 1500 m s. n. m. (14).

El experimento constó de dos tratamientos, uno en el que se inoculó la cepa INCAM-2 clasificada como *Funneliformis mosseae*, procedente del cepario del INCA y un testigo sin inocular, en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y durante el período de febrero del 2014 a febrero del 2015.

El análisis químico del suelo se realizó según el Manual de Técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (15). Las esporas de HMA, por método decantado- húmedo modificado^C.

Ninguno de los tratamientos recibió fertilización mineral, ni orgánica y no se aplicó riego. El marco de plantación fue de 1 x 1 m y las parcelas tenían 32 plantas, de las cuales se evaluaron 10. Se utilizó como material de plantación la variedad angolana Calohendo que se usa en la confección de harina de yuca, fundamental en la dieta alimentar en muchas regiones del país.

La cepa de HMA se seleccionó a partir de las características del suelo (Tabla I) y teniendo en cuenta los criterios de recomendación de cepas en base al ambiente edáfico y reacción del suelo (12), así como de los resultados de un ensayo previo de comparación de cepas de HMA en esta condición edáfica realizado con *Canavalia ensiformis*.

^CHerrera, R. A.; Ferrer, R. L. y Furralzola, E. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales. (ed. ser. Monasterio M.), (ser. Diversidad Biológica), Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo, Subprograma XII, Mérida, 1995.

Tabla I. Características químicas del suelo al inicio del experimento (*) y cantidad de esporas de HMA "residentes" (0-20 cm de profundidad)

Tipo de suelo	pH H ₂ O	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	Na+	K+ (cmol _c kg ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg+	No. esporas 50 g ⁻¹
Ferralsol dístico ródico	5,8	1,30	58,5	0,12	0,3	2,3	0,63	50

*Valores promedios de seis muestras

El inóculante presentó una concentración de 30 esporas g^{-1} y se aplicó en plantación vía recubrimiento de las puntas de los propágulos de la yuca (10) en dosis de $11,6 \text{ kg ha}^{-1}$.

Se evaluaron la altura de las plantas cada dos meses y al año de plantada el rendimiento de raíces comestibles de cada parcela (Mg ha^{-1}), así como en cosecha, también se tomaron en las plantas de cálculo de cada parcela muestras compuestas de suelo rizosférico (0-20 cm) y se determinaron las esporas micorrízicas.

Las medias de tratamientos se compararon mediante una prueba de T-Student ($P < 0,05$). Se utilizó el programa estadístico SPSS Statistics versión 19 (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los seis meses del cultivo la aplicación de *F. mosseae* presentó siempre efectos significativos en el crecimiento, rendimiento y producción de esporas micorrízicas (Tabla II), incrementando la altura en cerca de 21 %, duplicando el rendimiento y aumentando en aproximadamente ocho veces las cantidades de esporas micorrízicas, comparados con el testigo. Es de señalar que el rendimiento obtenido en el tratamiento testigo fue similar al rendimiento promedio obtenido en Angola^A, avalando el resultado experimental obtenido.

Los resultados indicaron que *F. mosseae* se comportó como una cepa eficiente en estas condiciones edáficas, validando los criterios obtenidos en Cuba de recomendación de esta cepa para la inoculación de los cultivos en suelos con pH entre 4,5 y 5,8 (12).

Los altos valores de esporas en el tratamiento inoculado parecen ser una consecuencia de la efectividad de *F. mosseae* en estas condiciones, de forma similar a como ha sido encontrado por otros autores (17, 18) al inocular la cepa eficiente de HMA en diversos cultivos.

Si bien es necesario optimizar las cantidades de fertilizantes o abonos orgánicos que se integrarán con la aplicación de los inoculantes micorrízicos con vistas a garantizar una sostenibilidad (8) y establecer además las cepas eficientes para otras condiciones de suelos, los resultados indican los beneficios que pueden obtenerse al introducir esta práctica en la agricultura angolana.

Tabla II. Efecto de la aplicación de *F. mosseae* en la altura y rendimiento de raíces comestibles y esporas micorrízicas de la plantación de yuca

	Altura (cm)					rendimiento	# de esporas
	4 meses	6 meses	8 meses	10 meses	12 meses	Mg ha^{-1}	g^{-1} de suelo
<i>F. mosseae</i>	66,88	101,97 a	134,00 a	187,25 a	219,25 a	33,59 a	49,94 a
Testigo	67,57	84,47 b	112,16 b	137,97 b	181,07 b	14,39 b	6,12 b
F	0,121	44,544	93,862	131,920	20,288	261,086	333,10
P	0,740	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran la factibilidad y potencialidad del uso de los inoculantes micorrízicos arbusculares en el cultivo de la yuca en Angola.

RECOMENDACIONES

1. Que se siga investigando la inoculación de HMA en los distintos cultivos y suelos de Angola.
2. Que se extiendan en la producción los resultados relevantes de las investigaciones en Angola con esta y otras cepas eficientes de HMA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). *La Promesa de la Agricultura Tropical Hecha Realidad* [en línea]. Informe Anual CIAT 2012–2013, Inst. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, 2013, p. 47, ISSN 2145-1311, [Consultado: 10 de diciembre de 2015], Disponible en: <http://ciat.cgiar.org/wpcontent/uploads/2013/06/informe_anual_2012.pdf>.
2. Howeler, R. H. "Cassava Leaf Production for Animal Feeding" [en línea]. En: ed. Howeler R. H., *The Cassava Handbook. A Reference Manual based on the Asian Regional Cassava Training Course, held in Thailand*, edit. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 2011, pp. 626-648, [Consultado: 10 de diciembre de 2015], Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6zui3h9LJAhUEFx4KHb2AC-YQFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fciat-library.ciat.cgiar.org%2FArticulos_Ciat%2Fbiblioteca%2FThe%2520Cassava%2520Handbook%25202011.pdf&usq=AFQjCNGQ05XNRhYzHQkr82r10Lqvf8Rxew&bvm=bv.109395566,d.dmo>.

3. Ospina, P. B.; Gallego, C. S.; Ospina, P. H. y Gil, J. L. "Use of Cassava for Small-scale Ethanol Production with Value-added By-products" [en línea]. En: ed. Howeler R. H., *The Cassava Handbook. A Reference Manual based on the Asian Regional Cassava Training Course, held in Thailand*, edit. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 2011, pp. 710–728, [Consultado: 10 de diciembre de 2015], Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6zui3h9LJAhUEFx4KHb2AC-YQFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fciat-library.ciat.cgiar.org%2FArticulos_Ciat%2Fbiblioteca%2FThe%2520Cassava%2520Handbook%25202011.pdf&usq=AFQjCNGQ05XNRhYzHQkr82r10LqvF8Rxew&bvm=bv.109395566,d.dmo>.
4. Howeler, R. *Sustainable soil and crop management of cassava in Asia*. vol. 389, edit. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 2014, 280 p., ISBN 978-958-694-125-9.
5. Economic and Social Development Department. *FAO statistical yearbook* [en línea]. edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia, 2010, [Consultado: 20 de marzo de 2016], Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/am081m/am081m00.htm#Contents_ru>.
6. Sieverding, E. *Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. edit. Bremer, 1991, 402 p., ISBN 978-3-88085-462-8.
7. Okon, I. E. "Field response of two cassava genotypes inoculated with arbuscular mycorrhizal fungus to *Gliricidia sepium* mulch in a Tropical Alfisol". *Botany Research International*, vol. 4, no. 1, 2011, pp. 04–08, ISSN 2221-3635.
8. Ceballos, I.; Ruiz, M.; Fernández, C.; Peña, R.; Rodríguez, A. y Sanders, I. R. "The *in vitro* mass-produced model mycorrhizal fungus, *Rhizophagus irregularis*, significantly increases yields of the globally important food security crop cassava". *PLoS One*, vol. 8, no. 8, 2013, p. 70633, ISSN 1932-6203, DOI 10.1371/journal.pone.0070633.
9. Rivera, E. R.; Fundora, S. L. R.; Calderón, P. A.; Martín, C. J. V.; Marrero, C. Y.; Martínez, L. R.; Simó, G. J.; Riera, N. M. y Joao, J. P. "La efectividad del biofertilizante EcoMic® en el cultivo de la yuca. Resultados de las campañas de extensiones con productores". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 1, marzo de 2012, pp. 5-10, ISSN 0258-5936.
10. Ruiz, L. A.; Simó, J. y Rivera, R. "Nuevo método para la inoculación micorrizica del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)". *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 3, septiembre de 2010, pp. 15-20, ISSN 0258-5936.
11. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, K.; Ruiz, L.; Sánchez, C. y Riera, M. "Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems". En: *Mycorrhizae in Crop Production*, edit. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, 10 de julio de 2006, pp. 151–196, ISBN 978-1-56022-307-8.
12. Rivera, R.; Gonzalez, P. J. y Hernández, J. A. "La importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad y la recomendación de cepas eficientes de HMA para la inoculación de los cultivos". En: *VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*, edit. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Cuba, 2015, ISBN 978-959-296-039-8.
13. IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. (ser. World Soil Reports, no. ser. 106), edit. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014, 191 p., ISBN 978-92-5-108370-3.
14. Castanheira, D. A. *Características mesológicas de Angola*. 2.ª ed., edit. Missão de Inquéritos Agrícolas de Angola, Lisboa, 2006, 546 p., ISBN 972-8975-02-3.
15. Paneque, V. M.; Calderón, C. J.; Borges, A.; Hernández, T. y Caruncho, M. *Manual de Técnicas analíticas para Análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. edit. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, 2010, ISBN 978-959-7023-51-7.
16. IBM Corporation. *IBM SPSS Statistics* [en línea]. versión 19.0, [Windows], Multiplataforma, edit. IBM Corporation, U.S, 2010, Disponible en: <<http://www.ibm.com>>.
17. Espinosa, C.A.; Ruiz, M.L.; Rivera, E.R. y Espinosa, C.E. "Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado". *Centro Agrícola*, vol. 42, no. 2, 2015, pp. 39–46, ISSN 0253-5785, 2072-2001.
18. González, C. P. J.; Ramírez, P. J. F.; Morgan, R. O.; Rivera, E. R. y Plana, L. R. "Contribución de la inoculación micorrizica arbuscular a la reducción de la fertilización fosfórica en *Brachiaria decumbens*". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 1, marzo de 2015, pp. 135-142, ISSN 0258-5936.

Recibido: 24 de noviembre de 2015

Aceptado: 25 de febrero de 2016