Rev. Agricultura Tropical Vol. 1 No. 2:19-25, 2015
RNPS: 2397 (Versión electrónica)

LAS MICORRIZAS Y SU EFECTO EN CLONES COMERCIALES DE YUCA SOBRE SUELO PARDO MULLIDO CARBONATADO

Alberto Espinosa Cuéllar[1*], Luis Ruiz Martinez[1], Ramón Rivera Espinosa[2] y Ernesto Espinosa Cuéllar[1].
1. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.
2. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
** Autor para la correspondencia: fitofer@inivit.cu*

RESUMEN
En Cuba las raíces y tubérculos son cultivos de alta demanda popular, es por ello que en la actualidad se siembran cerca de 500 000 ha por año sin embargo la producción alcanza bajos rendimientos. Son varios los factores que inciden en los bajos rendimientos que se alcanzan dentro de los que se destacan la disminución drástica del suministro de fertilizantes minerales (MINAG, 2004). Es por ello la necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales y que sean cada vez más respetuosas del ecosistema. Este trabajo se desarrolló en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales, tiene como objetivo estudiar el efecto de diferentes cepas de HMA en seis clones comerciales de yuca, en los cuales se evaluó el rendimiento comercial y el porcentaje de colonización. Los resultados muestran que la cepa de HMA *Rizophogus Intraradices* es la de mejor respuesta en suelos Pardos carbonatados seguido de *Glomus cubense* y *Glomus mosseae*. El uso de cepa eficiente de HMA logró también un ahorro de fertilizante químico de un 75% y un incremento de los rendimientos para cada clon.
Palabras clave: eficiencia, fertilizantes minerales, Hongos Micorrízicos Arbusculares.

MYCORRHIZAE AND ITS EFFECT ON COMMERCIAL CASSAVA CLONES ON PHAEOZEMS HAPLIC CALCARIC SOIL

ABSTRACT
In Cuba the roots and tubers crops high popular demand, is why now 1 year-seeded about 500 000 ha but production reaches low yields. They are several factors that affect the low yields that achieved within which stand the drastic reduction of the supply of mineral fertilizers (MINAG, 2004). Therefore the need to find ways to improve the efficiency of utilization of mineral fertilizers and are increasingly respectful of ecosystems. This work aims to study the effect of different strains of HMA in the six clones of cassava. The results show once again that the AMF *Rizophagus Intraradices* strain is the best response in carbonate Brown soils. Efficient use HMA strain also achieved savings chemical fertilizer by 75% and increased yields for each clone.
Keywords: efficiency, AMF, mineral fertilizers.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la yuca es el cuarto producto alimenticio básico en importancia después del arroz, trigo y maíz, forma parte de la dieta de más de 1000 millones de personas

(FAO, 2010), no siendo Cuba una excepción y se prevé un incremento en la superficie del cultivo durante los próximos años (Pérez *et al.,* 2010).
El cultivo de la yuca está ampliamente extendido en el país, planificándose siembras por 85 000 ha solo en el MINAG y se puede suponer una cantidad similar en las áreas agrícolas de AZCUBA, no es exagerado considerar siembras anuales del orden de 200 000 ha en el país. Son varios los factores que inciden en los bajos rendimientos que se alcanzan dentro de los que se destacan la disminución drástica del suministro de fertilizantes minerales (MINAG, 2004). Es por ello la necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales y que sean cada vez más respetuosas del ecosistema, el uso de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA).
La yuca es un cultivo muy dependiente de la micorrización (Sieverding, 1991) y en la última década del siglo pasado se comenzaron a obtener en Cuba, muy buenos resultados experimentales con la inoculación de cepas eficientes de HMA en este cultivo, garantizando altos rendimientos y disminución de los requerimientos de fertilizantes minerales (Rivera *et al*., 2007).
La eficiencia de los (HMA) se encuentra en alto grado condicionada a múltiples factores vinculados al dinamismo del sistema suelo-planta y, en los últimos años, se ha acumulado una valiosa información sobre el manejo de la simbiosis en diferentes cultivos, incluidos la yuca y el boniato (Ruiz *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo consiste en comparar el efecto de la inoculación de tres cepas de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) sobre clones de yuca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), sobre un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al*., 2015), catalogado como *Phaeozems haplic calcaric* en correspondencia con la World Reference Base (WRB, 2014). En el experimento se evaluaron seis clones comerciales de yuca ('CMC-40', 'INIVIT E-80+1', 'INIVIT Y 93-4', 'CEMSA 74-6329', 'CEMSA 74-725' y 'Señorita'). Los que se plantaron en el mes de noviembre. Las labores de cultivo de desarrollaron según el Instructivo técnico para el cultivo de la yuca (MINAG, 2008).
El producto comercial empleado para inocular fue EcoMic®, el cual se utilizó a razón de 0,125 kg.600ml H_2O^{-1} (35 kg.ha^{-1}) en recubrimiento del tercio inferior de la semilla (Ruiz ,2001) .La cepa utilizada fue *Rhizophagus intraradices* (ICAM-11), se obtuvo a partir de inóculos micorrízicos certificados, con 20 esporas por gramo de inoculante(Fernández *et al*., 2001), producidos en el Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto de Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba.

Evaluaciones realizadas

Rendimiento (t.ha^{-1}): Se tomó el peso de los tubérculos comerciales y no comerciales de las parcelas a los 10 meses después de plantado.
Porcentaje de colonización de raíces con micorrizas (%): El porcentaje de colonización micorrizica se determinó en todos los tratamientos y a los 90 días después del plantado. Para la evaluación se motearon las raíces de las plantas a una profundidad de 0-20 cm, se lavaron con agua corriente, eliminando todo el suelo y después se secaron al aire. Con posterioridad se desmenuzaron las raicillas mas finas. Se tomaron muestras de 200 mg de raicillas y se les aplicó la metodología de Phillips y Haymann con

posterioridad la lectura se realizó por el método de los interceptos, de acuerdo con la metodología descrita por Fernández (1999).

Tratamientos:

1. Sin inocular y sin aplicar NPK (Testigo Absoluto)
2. Sin inocular y con 50 % NPK
3. Sin inocular y con 100 % NPK
4. Inocular con *Rhizophagus intraradices* + 25 % NPK
5. Inocular con *Glomus hoi-like* + 25 % NPK
6. Inocular con *Glomus mosseae* + 25 % NPK

Análisis estadísticos

Se realizaron pruebas paramétricas, para ello se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS - 5. Se aplicó ANOVA de clasificación simple y la prueba de comparación de medias por Tukey (HSD) a $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tabla 1 y 2 muestran que los rendimientos más altos para los clones se asociaron con la inoculación de la cepa *Rizophagus intraradices* + 25 % NPK, en el año 1 años y dicho resultado se repite en el año 2. Sin diferencias significativas con el tratamiento donde se utilizó el 100% de NPK y con diferencias con los demás tratamientos, seguido de los tratamientos donde se utilizaron cepas como *Glomus hoi Like* y *Glomus mosseae* con resultados muy superiores al testigo. Resultados similares obtuvo (Ruiz 2001) cuando estudio el efecto de cepas de micorrizas en el cultivo de la yuca y encontró que de forma similar la especie *Rizophagus intraradices* tuvo la mejor respuesta para todos los cultivos estudiados en los suelos Pardos con carbonatos.

Tabla 1. Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el rendimiento en el cultivo de la yuca (Año 1).

Clones	Tratamientos						ES±
	1	2	3	4	5	6	
'INIVIT E-80 + 1'	31,43 e	33,36 cd	37,23 a	36,30 ab	34,74 bc	31,73 de	0,57*
'CMC-40'	30,66 c	32,31 b	38,18 a	37,17 a	36,93 a	32,97 b	0,42*
'INIVIT Y 93- 4'	33,19 d	37,01 c	40,76 b	43,25 a	40,87 b	37,65 c	0,45*
'CEMSA74-6329'	23,08 c	25,85 b	27,45 a	28,29 a	26,02 b	23,89 c	0,44*
'CEMSA 74-725'	25,89 e	28,37 d	39,74 a	38,47 b	37,97 b	33,81 c	0,41*
'Señorita'	33,71 c	36,57 b	39,75 a	39,31 a	37,17 b	32,11 c	0,68*

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para $p<0.05$.

Leyenda: 1, Testigo absoluto, 2-clones +25% NPK, 3-clones + 100 % NPK, 4-Clones inoculados con *R Intraradices*+25% NPK, 5-clones inoculados con *G.Hoi Like* +25% NPK, 6- Clones inoculados con *G. mosseae* +25 % NPK.

Se encontró una alta especificidad suelo-especie de HMA, la que definió la cepa eficiente para el suelo, de forma tal que en los Pardos con carbonatos fue la especie *Rizophagus intraradices*, corroborando los criterios más generales planteados por Siquiera y Franco (1988).

Tabla 2. Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el rendimiento en el cultivo de la yuca (Año 2).

Clones	Tratamientos						ES±
	1	2	3	4	5	6	
'INIVIT E-80 + 1'	36,01c	38,02 b	42,01 a	41,92 a	41,45 a	40,91a	0,57*
'CMC-40'	30,66 c	32,31 b	38,18 a	37,17 a	36,93 a	32,97 b	0,42*
'INIVIT Y 93- 4'	40,35 e	43,18 d	46,40 ab	47,63 a	45,00bc	43,59 c	0,59 *
'CEMSA 74-6329'	25,65 d	28,72 c	29,66 bc	31,14 ab	31.44 a	28,49 c	0,55*
'CEMSA 74-725'	26,27 e	31,52 d	44,15 ab	44,41 a	43,02 bc	42,57 c	0,44*
'Señorita'	35,79 c	45.35 ab	47,50 a	47,57 a	46,58 ab	44,27b	0,89*

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para $p<0.05$.
Leyenda: 1-Testigo absoluto, 2-clones +25% NPK, 3-clones + 100 % NPK, 4-Clones inoculados con *R Intraradices*+25% NPK, 5-clones inoculados con *G.Hoi Like* +25% NPK, 6-Clones inoculados con *G. mosseae* +25 % NPK.

Resultados similares obtuvo, Mojena (2000) cuando apunto que el empleo de los biofertilizantes en la agricultura cubana cobra cada día mayor importancia, debido a que estas alternativas pueden sustituir en gran medida a los fertilizantes químicos tan contaminantes del medio ambiente. Los resultados obtenidos muestran la factibilidad del empleo de los biofertilizantes, al encontrarse un incremento de los rendimientos entre un 2 % y un 38.66 % para el cultivo de la yuca.
Fernández *et al.* (1998) refiere que el uso de la tecnología de micorrización proporciona un ahorro entre un 25 y 50 % del fertilizante, dependiendo de la fertilidad del suelo y tipo de fertilizante utilizado.
Los resultados coinciden con los obtenidos por Ruiz (2001) en los cultivos de papa, yuca, boniato, malanga. Mostraron una alta respuesta a la inoculación con especies de HMA, lográndose incrementos importantes en la producción y la colonización.
Se presentó una alta y positiva asociación entre los porcentajes de colonización micorrízica de los clones inoculados con *Rizophagus intraradices*, el tratamiento en el que se utilizo esta cepa muestra diferencias significativas con los demás tratamientos. Su asociación con el rendimiento demostró la alta especificidad cepa eficiente suelo resultados que se observan en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el porcentaje de colonización en el cultivo de la yuca (Año 1).

Clones	Tratamientos						ES±
	1	2	3	4	5	6	
'INIVIT E-80 + 1'	12,75 e	15,25 d	15,75 d	73,75 a	69,25 b	62,50 c	0,48*
'CMC-40'	12,25 e	15,50 d	16,00 d	74,25 a	69,50 b	63,00 c	0,46*
'INIVIT Y 93- 4'	14,25 e	16,25 d	16,75 d	75,25ª	70,25 b	65,00 c	0,49*
'CEMSA 74-6329'	10,00 e	14,75 d	15,00 d	70,00 a	63,75 b	60,25 c	0,53*
'CEMSA 74-725'	10,25 e	15,00 d	15,25 d	72,25 a	64,50 b	61,00 c	0,54*
'Señorita'	12,00 e	15,25 d	15,50 d	73,25 a	67,00 b	61,50 c	0,43*

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0.05.
Leyenda: 1-Testigo absoluto, 2-clones +25% NPK, 3-clones + 100 % NPK, 4-Clones inoculados con *R Intraradices*+25% NPK, 5-clones inoculados con *G.Hoi Like* +25% NPK, 6-Clones inoculados con *G. mosseae* +25 % NPK.

Tabla 4. Efecto de tres cepas de micorrizas sobre el porcentaje de colonización en el cultivo de la yuca (Año 2).

Clones	Tratamientos						ES±
	1	2	3	4	5	6	
'INIVIT E-80 + 1'	12,25 e	16,00 d	15.75 d	73,25 a	67,25 b	63.25 c	0,54*
'CMC-40'	12,00 e	16,25 d	16,00 d	73,50 a	68.25 b	63,50 c	0,59*
'INIVIT Y 93- 4'	14,50 e	17,00 d	16,50 d	75,75 a	70.00 b	65,25 c	0,64*
'CEMSA 74-6329'	10,25 e	15,25 d	14,50 d	69,50 a	64.00 b	60,50 c	0,68*
'CEMSA 74-725'	10,75 e	15.75d	15,00 d	71,00 a	65.00 b	62,25 c	0,47*
'Señorita'	11,75 e	16,25 d	15,25 d	72,75 a	65.75 b	62,50 c	0,51*

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0.05.
Leyenda: 1-Testigo absoluto, 2-clones +25% NPK, 3-clones + 100 % NPK, 4-Clones inoculados con *R Intraradices*+25% NPK, 5-clones inoculados con *G.Hoi Like* +25% NPK, 6-Clones inoculados con *G. mosseae* +25 % NPK.

El porcentaje de colonización es considerado por Herrera *et al.* (1995); Fernández (1999) y Sánchez (2001), como el indicador fúngico más representativo para evaluar los comportamientos micorrízicos de las plantas, debido a que representa el grado de intensidad y desarrollo del proceso simbiótico interno

Ames (1989) por su parte aborda que la adición de pequeñas cantidades de fertilizantes pueden estimular la colonización y la esporulación, mientras que las grandes aplicaciones la pueden suprimir y que esto está muy ligado a la fertilidad natural del suelo, el tipo de cepa utilizada y el cultivo, al disminuir la efectividad de los propágulos infectivos (esporas y fragmentos de raíces infectadas), factores que pueden haber influido de manera notable.

CONCLUSIONES

El mayor efecto se presentó en los tratamientos inoculados, siempre superior al testigo sin inocular.

La cepa *Rizophagus intraradices* mostró los mayores valores de rendimiento y colonización.

El uso de la cepa eficiente *Rizophagus intraradices* permitió un ahorro del 75 % del fertilizante mineral.

BIBLIOGRAFÍA

AMES, R.N and G.J. Bethlenfalvay. 1989. Mycorrhizal fungi and the integration of plant and soil nutrient dynamics. *Journal of Plant Nutrition,* 10: 1313-1321.

FAO. 2010. FAOSTAT Base de datos estadística. [*on line*]. Roma. FAO. Consultada 2 de abril 2010. Disponible en: http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor.

FERNÁNDEZ, F. 1999. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares en la producción de postura de cafeto. Tesis de Doctorado. 190 p. INCA. Cuba.

FERNÁNDEZ, F.; R. GÓMEZ; M. A. MARTÍNEZ y B. M. DE LA NOVAL. 2001. *Producto inoculante micorrizógeno*. Patente No. 22 641. Cuba.

HERRERA, R. A. y col. 1995. Estrategia de Funcionamiento de las Micorrizas VA en un Bosque Tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, Evolución y Procesos sociales (Eds.: Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica, Mérida.

HERNÁNDEZ, J. A.; J.J.M. PÉREZ; I.D. BOSCH y S.N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Cuba, 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7. http://ediciones.inca.edu.cu y http://www.inca.edu.cu.

MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2004. Evaluación de los resultados del año 2003. -- Ciudad de La Habana: Grupo de Cultivos Varios.

MINAG. 2008. Instructivo Técnico sobre el cultivo de la yuca. Ministerio de la Agricultura. SEDARI/AGINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 24 p.

MOJENA, M. 2000. Efecto de cepas de micorrizas arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Grantz). En XII Seminario científico: Programas y Resúmenes. La Habana, INCA, p. 116.

PÉREZ J.; PEÑA E.; R. LLAUGER; y col. 2010. Programa Integral de cultivos varios. Proyección estratégica hasta el 2015. Editora Liliana, La Habana Cuba. p. 94.

RIVERA R.; F. FERNÁNDEZ; K. FERNÁNDEZ; L. RUIZ; C. SÁNCHEZ and M. RIERA. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystesm. In: Mycorrhizae in Crop Production (eds.) Chantal Hamel and Christian Plenchette. Haworth Press, Binghamton, NY. pp. 151-196.

RUÍZ, L. 2001.Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos rojos de la Región central de Cuba. Tesis de Doctorado. INCA, Cuba, 95 p.

RUIZ, L.; R. RIVERA; J. SIMO y D. CARVAJAL. 2006. Nuevo método de inoculación con micorrizas en las raíces y tubérculos tropicales. XV Congreso del INCA. La Habana: INCA, 4 p.

SÁNCHEZ, C. 2001. Manejo de las asociaciones micorrízicas arbusculares y abonos verdes en la producción de posturas de cafeto en algunos tipos de suelos. Tesis de Doctorado. INCA. Cuba. 105 p.

SIEVERDING, E. 1991.Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellsschaft fur Technische Zusammenarbeit GTZ) GMBH, Federal Republic of Germany. p. 371.

SIQUEIRA, J. O y A.A. FRANCO 1988. Biotecnología do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasil: Ed. MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, pp.125-177.

WRB (World reference base for soil resources). 2014. International soil classification system fornaming soils and creating legends for soil maps. World Soil Reports no. 106. FAO, Roma, 81 p. ISBN: 978-92-5-108369-7. ISSN: 0532-0488.