Rev. Agricultura Tropical Vol. 2 No. 2:1-13, 2016
ISSN on line: 2517-9292

EFECTO DE DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO COMBINADAS CON MICORRIZAS SOBRE EL CULTIVO DE LA YUCA EN UN SUELO PARDO MULLIDO CARBONATADO

Luis Ruiz Martínez*[1], Alberto Espinosa Cuéllar[1], Maritza Camejo Hernández[1], Jaime Simó González[1] y Ramón Rivera Espinosa[2]
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: ccientifico@inivit.cu*

RESUMEN
Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en presencia o no de una cepa eficiente de micorrizas (Hongos Micorrízicos Arbusculares), en el rendimiento, la colonización total de las raíces, el número de esporas en el suelo, la extracción total de nutrientes y el coeficiente de aprovechamiento del fertilizante, para el cultivar de yuca 'Señorita', plantado en un suelo Pardo mullido carbonatado de fertilidad media; se desarrolló esta investigación en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), durante los años 2013-2015. Se realizaron tres experimentos con arreglo factorial. Experimento I: 0; 35; 70; 105 y 140 kg $N.ha^{-1}$; Experimento II: 0; 15; 30; 45 y 60 Kg $P_2O_5.ha^{-1}$ y Experimento III: 0; 50; 100; 150 y 200 kg $K_2O.ha^{-1}$, con y sin micorrizas (cepa *Glomus intraradices*, Berliner). Los principales resultados mostraron incrementos significativos sobre el rendimiento, la colonización total de las raíces, el número de esporas en el suelo y el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes del fertilizante cuando se combinan dosis óptimas de fertilizantes minerales con una cepa eficiente de micorrizas. Los mejores tratamientos fueron aquellos en que se aplicó 70, 30 y 150 $kg.ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O más micorrizas (HMA) respectivamente, que produjeron rendimientos promedios de 35 $t.ha^{-1}$, un ahorro de fertilizante de 70, 30 y 50 $kg.ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O, con relación a las dosis recomendadas por el instructivo técnico del cultivo, con su correspondiente impacto económico. El empleo de esta tecnología contribuye a la sostenibilidad agroalimentaria.
Palabras clave: fósforo, micorrizas, nitrógeno, potasio, yuca.

ABSTRACT
This research was conducted at the Research Institute of Tropical Root and Tuber Crops (INIVIT) during the years 2013-2015, in order to assess the effect of different doses of nitrogen, phosphorus and potassium, in the presence or not of an efficient strain of mycorrhizas (Fungi mycorrhizal Arbusculares) in the performance, total root colonization, the number of spores in the soil, the total removal of nutrients and the fertilizer utilization coefficient for cassava cultivar 'Señorita', planted in a carbonated soft brown soil of average fertility. Three experiments were conducted with factorial arrangement. Experiment I: 0; 35; 70; 105 and 140 kg $N.ha^{-1}$; Experiment II: 0; fifteen; 30; 45 and 60 Kg $P_2O_5.ha^{-1}$ and Experiment III: 0; fifty; 100; 150 and 200 kg $K_2O.ha^{-1}$, without mycorrhizae (*Glomus intraradices*, Berliner). Main results showed significant

increases on performance, total root colonization, number of spores in the soil and the coefficient of utilization of fertilizer nutrients when optimal doses of mineral fertilizers are combined with an efficient mycorrhizal strain. The best treatments were those were 70, 30 and 150 kg.ha^{-1} of N, P_2O_5 and K_2O were applied plus mycorrhizae (HMA), respectively, which produced an average yield of 35 t.ha^{-1}, a saving in fertilizer of 70, 30 and 50 kg.ha^{-1}, of N, P_2O_5 and K_2O, in relation to the recommended training manual, with its corresponding economic impact. The use of this technology contributes to food sustainability.
Keywords: phosphorus, mycorrhizae, nitrogen, potassium, cassava.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), constituye un cultivo de importancia económica. La producción mundial se ubica en un lugar relevante para la alimentación de los habitantes del planeta, pues el producto llega a más de 3 000 millones de consumidores y dentro del total, 1 000 millones pertenecen a países en vías de desarrollo (FAO, 2015).

La cantidad de tierra per cápita para la producción agrícola ha declinado dramáticamente en todo el mundo durante las últimas décadas, y se espera que continúe reduciéndose. Por otro lado, se calcula que la población mundial en los próximos 25 años sea alrededor de 8 mil millones, 2 mil millones más que la población actual; todo esto unido a la crisis mundial de alimentos y al aumento del uso de los cultivos para la producción de biocombustibles (Castro, 2011), requiere que los rendimientos de los cultivos por unidad de tierra continúen incrementándose.

En Cuba este es un cultivo de alta demanda popular, pues forma parte de la dieta diaria y tiene múltiples usos, es por ello que en la actualidad se siembran alrededor de 88 600 hectáreas por año, sin embargo, la producción en el 2015 no alcanzó las 400 000 toneladas, debido a los bajos rendimientos obtenidos, los cuales oscilaron entre 9 y 10 t.ha^{-1} (Cuba, MINAG, 2015).

En los últimos 50 años, en Cuba las recomendaciones de fertilizantes minerales para este cultivo han pasado por tres etapas fundamentales: la primera abarcó el período 1960-1980 y se caracterizó por la utilización de sistemas de fertilización ineficientes, que, si bien incluían dosis basadas en la experiencia práctica de los productores, los mismos no se encontraban ajustados por tipos de suelos y niveles de disponibilidad de nutrientes en éstos.

Una segunda etapa (1981-1990) donde las investigaciones realizadas por varias Instituciones del MINAG y del MES permitieron la aplicación del Servicio Agroquímico, estableciendo sistemas de recomendaciones de fertilizantes NPK por cultivo, basados en el tipo de suelo y la disponibilidad de los nutrientes.

La tercera etapa, comprendida entre 1991-2016, donde se produjo una reducción drástica de la adquisición y aplicación de fertilizantes minerales y que para este cultivo llegó a ser en el año 1993 del orden del 80 %, con relación a los niveles aplicados en 1990. En la actualidad, aunque existe cierta tendencia a la recuperación, sólo se le aplica fertilizantes al 23 % de las áreas que se siembran (Dirección Nacional de Cultivos Varios, 2015).

La imperante necesidad de buscar vías que mejoren la eficiencia de utilización de los fertilizantes minerales, así como el auge adquirido en la implantación de tecnologías cada vez más respetuosas del ecosistema y los recursos naturales, han dado nueva vida e impulso notable a la idea del uso de los biofertilizantes.
La aplicación conjunta de las micorrizas (HMA) con dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, así como sus interacciones, ha sido un tema complejo y poco abordado a nivel internacional y en Cuba (Ruiz *et al.*, 2012).
El trabajo tiene como objetivo determinar el efecto combinado de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio con micorrizas en el cultivo de la yuca sobre un suelo Pardo mullido carbonatado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se realizaron durante los años 2013-2015 en áreas del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), sobre un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015), representativo de las condiciones edáficas en que se desarrollan estos cultivos en Cuba, cuyas principales características químicas se muestran en la Tabla 1.
La caracterización del suelo se realizó a partir de las diferentes Normas Cubanas establecidas (NC-10 390, 1999; NC-51, 1999; NC-52, 1999; NC-209, 2002) y la interpretación según el Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos (CUBA, MINAG, 1984).
El pH-H_2O osciló entre 7,3 y 7,5, La materia orgánica entre 2,25 y 2,40 % indicativa de cierta degradación; con contenidos medios de fósforo y potasio disponibles entre 3,84 y 33,14 mg.100 gss^{-1} respectivamente.

Tabla 1. Características químicas del suelo (profundidad: 0-20 cm).

Año	pH		MO	P_2O_5	K_2O	Na	Ca	Mg
	H_2O	KCl	(%)	(mg.100 gss^{-1})			(cmol.kg^{-1})	
1	7,3	6,2	2,40	3,84	31,31	0,70	46,14	4,89
2	7,5	6,2	2,25	3,85	33,14	0,71	45,17	4,53

Los métodos analíticos utilizados fueron: el pH se realizó en KCl y H_2O por el método potenciométrico, con una relación suelo - solución de 1:2,5; la materia orgánica (MO) por el método colorimétrico de Walkley-Black, el P_2O_5 y K_2O por el método de Machiguin; el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el sodio (Na,) por Maslova: solución $AcNH_4$ 1N a pH 7 y dilución 1:5 agitación 5 minutos.
Se utilizó el cultivar comercial de yuca 'Señorita', que es uno de los más representativos y extendidos en la producción dentro de la estrategia clonal de este cultivo. Los experimentos se ejecutaron en condiciones de campo, realizándose dos ciclos de cosecha en cada uno. Los tratamientos evaluados se muestran en la Tabla 2, y los mismos se utilizaron con y sin la inoculación con micorrizas (HMA).

Fondos fijos:

- Experimento de N= 60 y 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5 y K_2O, respectivamente.
- Experimento de P_2O_5= 140 y 200 kg.ha^{-1} de N y K_2O, respectivamente.
- Experimento de K_2O = 140 y 60 kg.ha^{-1} de N y P_2O_5, respectivamente.

Tabla 2. Tratamientos evaluados (dosis de N, P_2O_5 y K_2O).

No.	Dosis N	Dosis P_2O_5	Dosis K_2O
		(Kg.ha^{-1})	
1	0	0	0
2	35	15	50
3	70	30	100
4	105	45	150
5	140	60	200

El tratamiento 5 sin micorrizas, corresponde a las dosis óptimas para el cultivo de la yuca en el suelo Pardo mullido carbonatado para un nivel medio de fósforo y potasio; tanto las dosis óptimas como la forma y momento de aplicación del fertilizante mineral, son las establecidas en el Instructivo Técnico de este cultivo (Cuba, MINAG, 2012).

Para la inoculación con micorrizas se utilizó la especie *Glomus intraradices*, procedente del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); el inóculo tenía categoría de comercial con 20 esporas por gramo. Se utilizó el método de recubrimiento de semilla, con una solución de 0,125 kg.600 ml^{-1} H_20 de *EcoMic*®, equivalente a una dosis de 13,0 kg.ha^{-1}, la inoculación se realizó 24 horas antes de la plantación.

Durante el período experimental se realizaron las siguientes evaluaciones en cada tratamiento:

1. Masa seca (MS), expresada en g.planta^{-1}: se realizó en el momento de la cosecha, obteniéndose el peso seco en estufa a 65 °C de las diferentes partes de la planta (follaje y raíces).
2. Contenidos foliares de NPK, expresados en %: se realizó en el momento de la cosecha, tomando una muestra representativa de los diferentes órganos de la planta. El N se realizó por el método calorimétrico de Nessler y el P y K por digestión vía húmeda (H_2SO_4 + Se).
3. Extracción total de N, P_2O_5 y K_2O, expresada en kg.ha^{-1}. Extracción=MS x concentración del elemento x factor gravimétrico.
4. Coeficiente de aprovechamiento de los fertilizantes N, P_2O_5 y K_2O (CAF), expresado en %. Se calculó a través de la formula siguiente:
   CAF= (A_1 – A2) / C x 100
   Donde:
   CAF= Coeficiente de aprovechamiento del fertilizante N, P_2O_5 y K_2O, expresado en %.
   A_1= Extracción total donde se aplica el elemento, expresada en kg.ha^{-1}.
   A_2= Extracción total del testigo del elemento, expresada en kg.ha^{-1}.
   C= Dosis del elemento donde se quiere determinar el CAF, expresada en kg.ha^{-1}.
   100= Para llevar a porcentaje (%).
5. Colonización total de raíces con HMA (Col.), expresada en %: se realizó a los 90 días de la plantación, tomando una muestra de raíces finas por planta y utilizando la técnica de tinción.
6. Esporas de HMA en el suelo, expresada en esporas por 50 g de suelo: Las esporas se lavaron con agua destilada y se vertieron en placa Petri, fueron contadas con el uso del microscopio estereoscópico 70 x (Stemi 2000-C).

7. Rendimiento comercial, expresado en t.ha^{-1}: se obtuvo a través de la cosecha, la que se realizó a los 12 meses. Se evaluó el peso de las raíces comerciales por unidad de área.

Los datos fueron procesados estadísticamente de acuerdo al diseño experimental empleado (bloques al azar con cuatro réplicas), a través del análisis de varianza de clasificación doble y del análisis de prueba de hipótesis de muestras independientes (Díaz, 1999). En todos los casos se realizaron comparaciones de medias, según la Dócima de rangos múltiples de Tukey. El paquete estadístico utilizado, fue SPSS ver.11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se presenta el efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno con y sin la inoculación con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de yuca 'Señorita'. Los tratamientos 70, 105, 140 kg N.ha^{-1} con HMA y 140 kg N.ha^{-1} sin HMA, no tuvieron diferencias significativas entre ellos ($p < 0,05$), pero sí con el resto de los tratamientos con y sin la inoculación con micorrizas.

Los resultados indican que el mejor tratamiento fue la dosis de 70 kg N.ha^{-1} inoculado con HMA, que produjo un rendimiento comercial de 36,11 y 39,79 t.ha^{-1} para el primero y segundo año de evaluación, respectivamente. Con este tratamiento no se afectan los rendimientos y se logra una reducción de la dosis de nitrógeno de 70 kg N.ha^{-1}, con relación a la recomendada por el Instructivo Técnico del cultivo de la yuca que es 140 kg N.ha^{-1} (CUBA, MINAG, 2012).

Tabla 3. Efecto de dosis de nitrógeno combinadas con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de la yuca 'Señorita'.

Tratamiento (Dosis kg N.ha^{-1})	Primer año		Segundo año	
	Rendimiento (t.ha^{-1})			
	Con HMA	Sin HMA	Con HMA	Sin HMA
0	16,51 d	9,42 e	19,10 e	13,58 f
35	24,02 c	17,67 d	29,29 c	23,08 d
70	36,11 a	23,63 c	39,79 a	29,44 c
105	35,87 a	28,53 b	38,37 a	34,57 b
140	35,95 a	35,93 a	38,16 a	38,44 a
ES ±	0,36*		0,51*	

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para $p < 0,05$, según Dócima deTukey.

El nitrógeno es un nutriente clave en la producción de plantas tuberosas y su aplicación se traduce a favor del crecimiento vegetativo, al aumentar la altura de la planta, el tamaño de los órganos, así como el área foliar, con sus correspondientes efectos sobre la fotosíntesis que influye directamente en el incremento del rendimiento (Ruiz *et al.*, 1990).

La información sobre este tema en la literatura es escasa, sobre todo con relación a los resultados del efecto combinado de dosis de nitrógeno y HMA en el cultivo de la yuca (Ruiz *et al.*, 2012).

Bajo condiciones edafoclimáticas diferentes, varios autores han informado que para este y otros cultivos como el boniato, la malanga y el ñame inoculado con especies eficientes de micorrizas (HMA), se puede sustituir entre 12 y 75 % del fertilizante mineral (Ruiz Martínez, 1984; Howeler *et al.*, 1987; Ruiz *et al.*, 2012; Espinosa *et al.* 2015 a).

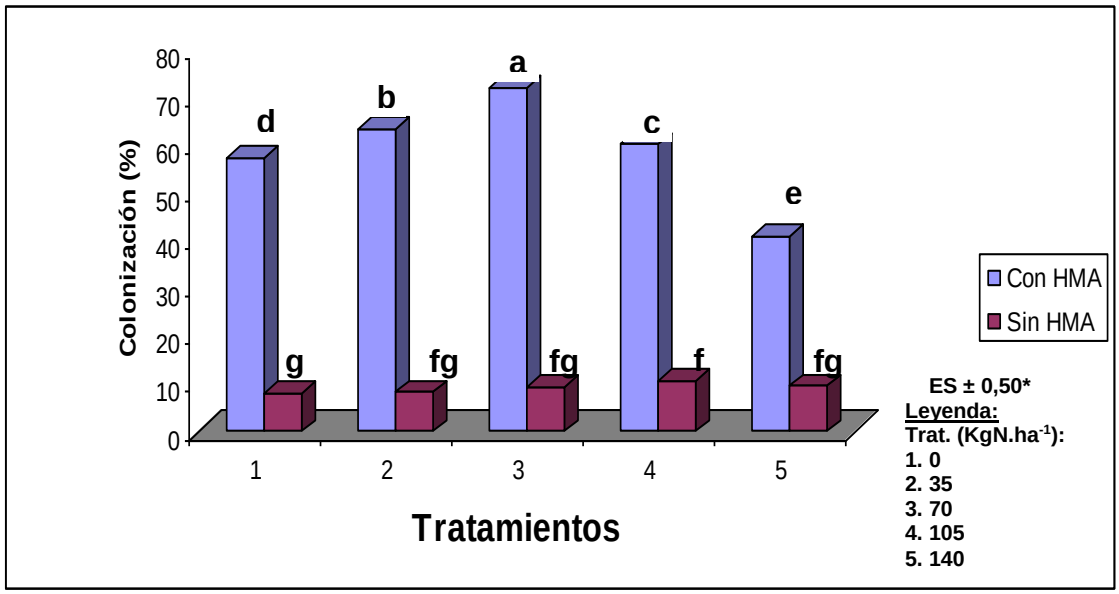


Figura 1. Efecto de dosis de nitrógeno sobre el porcentaje colonización total de las micorrizas (HMA) en las raíces de la yuca.

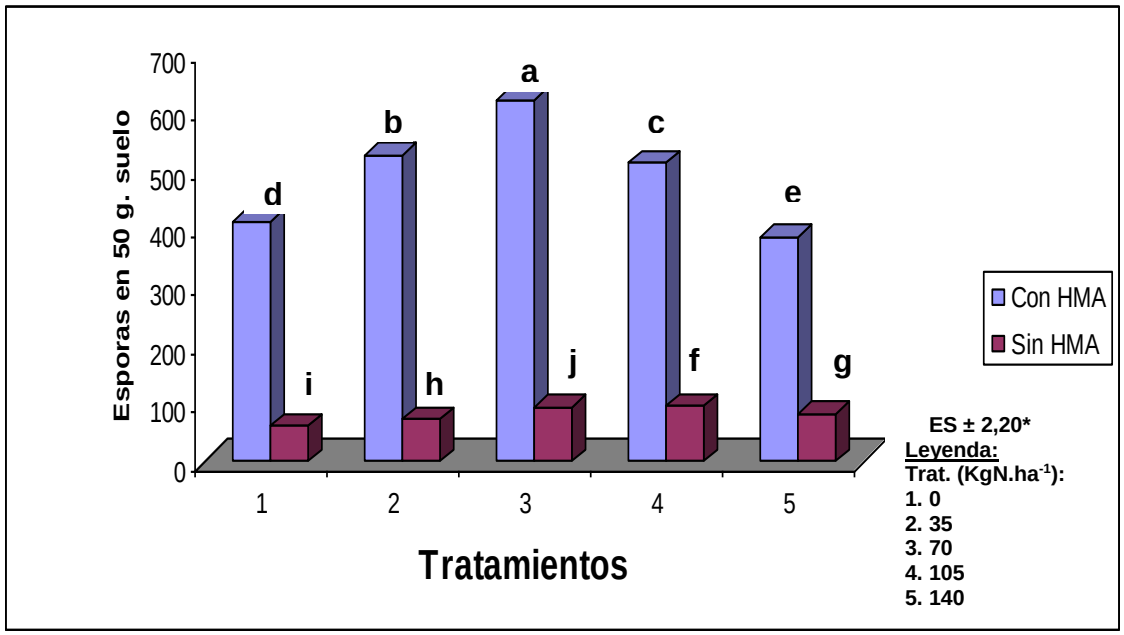


Figura 2. Efecto de dosis de nitrógeno sobre el número de esporas de las micorrizas (HMA) en el suelo.

En las Figuras 1 y 2 se muestra el efecto de dosis de nitrógeno combinado con y sin HMA sobre el porcentaje de colonización total de las micorrizas en las raíces de la yuca y el número de esporas en el suelo; el mejor tratamiento fue 70 kg $N.ha^{-1}$ + HMA, que produjo un porcentaje de colonización total de 72,1 % y 628 esporas en 50 g suelo; el que fue significativamente superior al resto de los tratamientos ($p < 0,05$).
Los resultados indican el eficiente funcionamiento de la simbiosis micorrízica para este tratamiento y por lo tanto, el papel que juegan estos hongos en el incremento del coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno del fertilizante y del suelo, que justifican la reducción del 50 % de la dosis de N para este cultivo, sin afectación en los rendimientos. Resultados similares han sido informados por Ruiz *et al.*, 2012.
En la Tabla 4 se muestra el efecto de la aplicación de dosis de fósforo con y sin la inoculación con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de yuca 'Señorita'. Los tratamientos 30, 45 y 60 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ con micorrizas y 60 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ sin inocular, fueron significativamente iguales ($p < 0,05$), pero diferentes del resto de los tratamientos con y sin la inoculación.

Tabla 4. Efecto de dosis de fósforo combinadas con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de yuca 'Señorita'.

Tratamiento (Dosis kg $P_2O_5.ha^{-1}$)	**Primer año**		**Segundo año**	
	Rendimiento ($t.ha^{-1}$)			
	Con HMA	**Sin HMA**	**Con HMA**	**Sin HMA**
0	13,20 d	7,53 e	15,21 e	10,88 f
15	19,21 c	14,13 d	23,43 c	18,41 d
30	28,88 a	18,90 c	31,75 a	23,50 c
45	28,69 a	22,82 b	30,60 a	27,63 b
60	28,76 a	28,74 a	30,45 a	30,75 a
ES ±	0,29*		0,50*	

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para $p < 0,05$, según Dócima de Tukey.

El mejor tratamiento fue la dosis de 30 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ inoculado con HMA, que produjo un rendimiento comercial de 28,88 y 31,75 $t.ha^{-1}$ para el primero y segundo año de evaluación, respectivamente. Con este tratamiento no se afectan los rendimientos y se logra una reducción de la dosis de fósforo de 30 kg $P_2O_5.ha^{1}$, con relación a la recomendada por el Instructivo Técnico del cultivo de la yuca que es 60 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ (CUBA, MINAG, 2012).
Los estudios más avanzados de los HMA se han centrado en su participación en la nutrición de las plantas, especialmente en la absorción de P como nutriente esencial con muy baja disponibilidad, sobre todo en los suelos tropicales. Actualmente se conoce que casi todos los nutrimentos que requiere la planta pueden ser movilizados directa e indirectamente vía HMA y el componente de micelio externo (ME) de los HMA se convierte en puente y red que facilita la comunicación suelo- raíz- suelo con sus diferentes connotaciones ecosistémicas
Los reportes sobre el efecto de dosis de fósforo en combinación con las micorrizas son escasos tanto en Cuba como a nivel mundial.

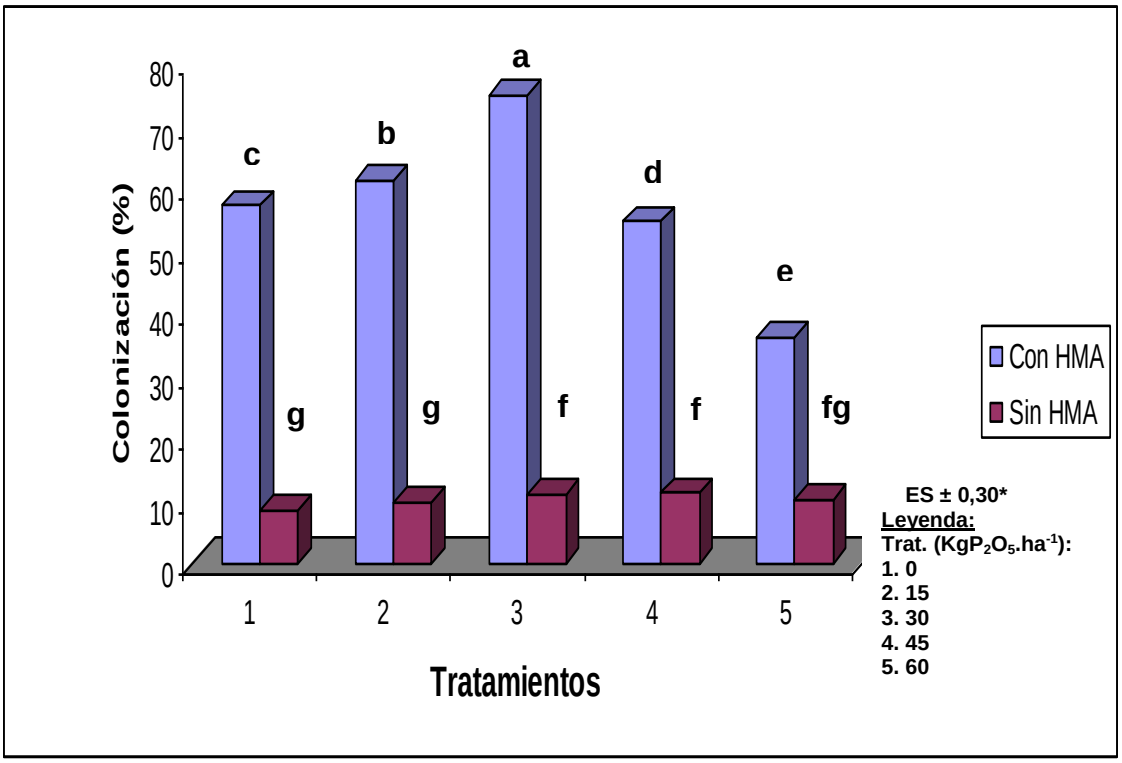


Figura 3. Efecto de dosis de fósforo sobre el porcentaje de colonización total de las micorrizas (HMA) en las raíces de la yuca.

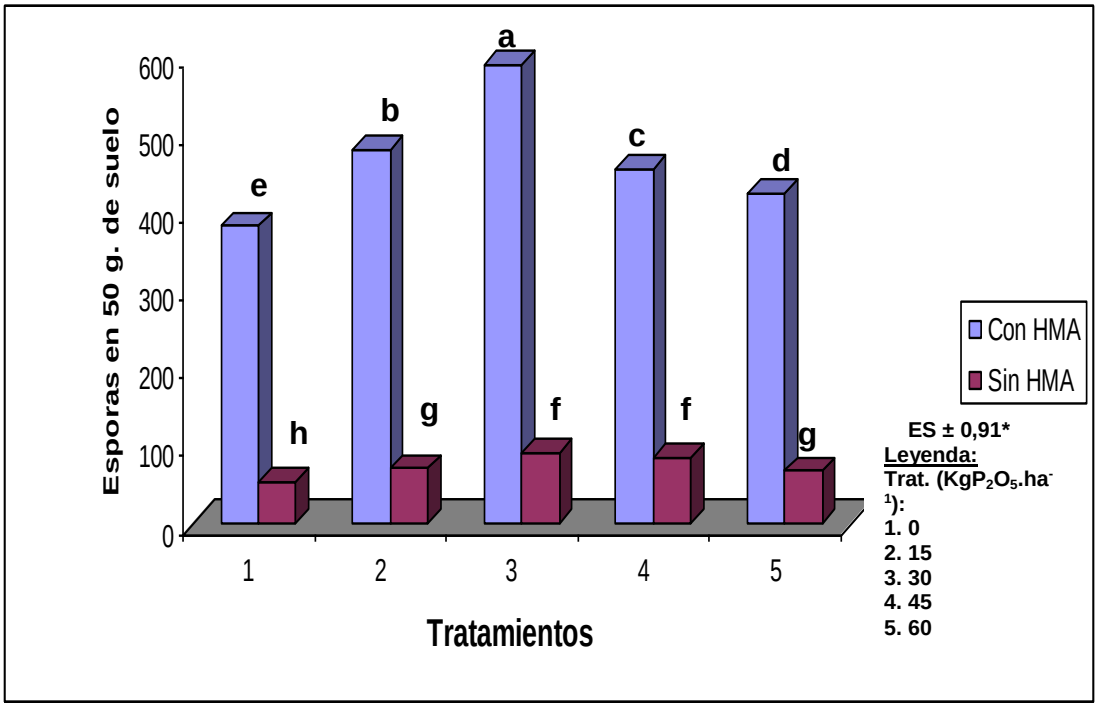


Figura 4. Efecto de dosis de fósforo sobre el número de esporas de las micorrizas (HMA) en el suelo.

Algunos autores han informado resultados similares, bajo otras condiciones de suelo y clima para la yuca, el boniato y la malanga inoculados con especies eficientes de micorrizas, reduciendo las dosis de este elemento entre 25 y 50 % (Ruiz *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2015 b).

En las Figuras 3 y 4 se presenta el efecto de dosis de nitrógeno combinadas con y sin HMA sobre el porcentaje de colonización total de las micorrizas en las raíces de la yuca y el número de esporas en el suelo; el mejor tratamiento fue 30 kg P_2O_5.ha^{-1} + HMA, que produjo un porcentaje colonización de 75 % y 589 esporas en 50 g suelo; el que fue significativamente superior al resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

Este tratamiento mostró un eficiente funcionamiento de la simbiosis micorrízica, incrementando la absorción del fósforo del fertilizante y del suelo, que justifican la reducción del 50 % de la dosis de P_2O_5 para este cultivo, sin afectar en los rendimientos.

Los resultados coinciden en cierta medida con los informados por otros autores en el cultivo de la malanga, inoculado con otras especies eficientes de micorrizas, bajo condiciones edafoclimáticas diferentes, donde obtuvieron que es factible sustituir entre 40 y 70 % del fertilizante mineral (Ruiz, 2001, Espinosa, 2015 b).

En la Tabla 5 se presenta el efecto de la aplicación de dosis de potasio con y sin la inoculación con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de yuca 'Señorita'. Los tratamientos 150 y 200 kg K_2O.ha^{-1} con HMA y 200 kg K_2O.ha^{-1} sin HMA, no tuvieron diferencias significativas entre ellos ($p < 0,05$), pero sí con el resto de los tratamientos con y sin la inoculación con micorrizas.

Los resultados indican que el mejor tratamiento fue la dosis de 150 kg K_2O.ha^{-1} inoculado con HMA, que produjo un rendimiento comercial de 39,45 y 38,37 t.ha^{-1} para el primero y segundo año de evaluación, respectivamente. Con este tratamiento no se afectan los rendimientos y se logra una reducción de la dosis de potasio de 50 kg K_2O.ha^{-1}, con relación a la recomendada por el Instructivo Técnico del cultivo de la yuca que es 200 kg K_2O.ha^{-1} (CUBA, MINAG, 2012).

Tabla 5. Efecto de dosis de potasio combinadas con micorrizas (HMA) sobre el rendimiento comercial del cultivar de yuca 'Señorita'.

Tratamiento (Dosis kg K_2O.ha^{-1})	**Primer año**		**Segundo año**	
	Rendimiento (t.ha^{-1})			
	Con HMA	**Sin HMA**	**Con HMA**	**Sin HMA**
0	18,15 d	10,39 e	19,10 e	13,58 f
50	26,41 c	19,43 d	29,29 c	23,08 d
100	32,02 b	25,99 c	34,79 b	29,44 c
150	39,45 a	30,53 b	38,37 a	34,57 b
200	39,54 a	38,93 a	38,16 a	38,44 a
ES ±	0,30*		0,48*	

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para $p < 0,05$, según Dócima de Tukey.

Los resultados sobre efecto combinado de dosis de potasio y HMA en el cultivo de la yuca son escasos (Ruiz *et al.*, 2012). Varios autores han reportado que para el cultivo

de la yuca y otros, la inoculación con especies eficientes de micorrizas (HMA), se puede sustituir entre el 25 y 75 % del fertilizante mineral (Howeler *et al.*, 1987; Fernández *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2012; Espinosa *et al.* 2015 b).

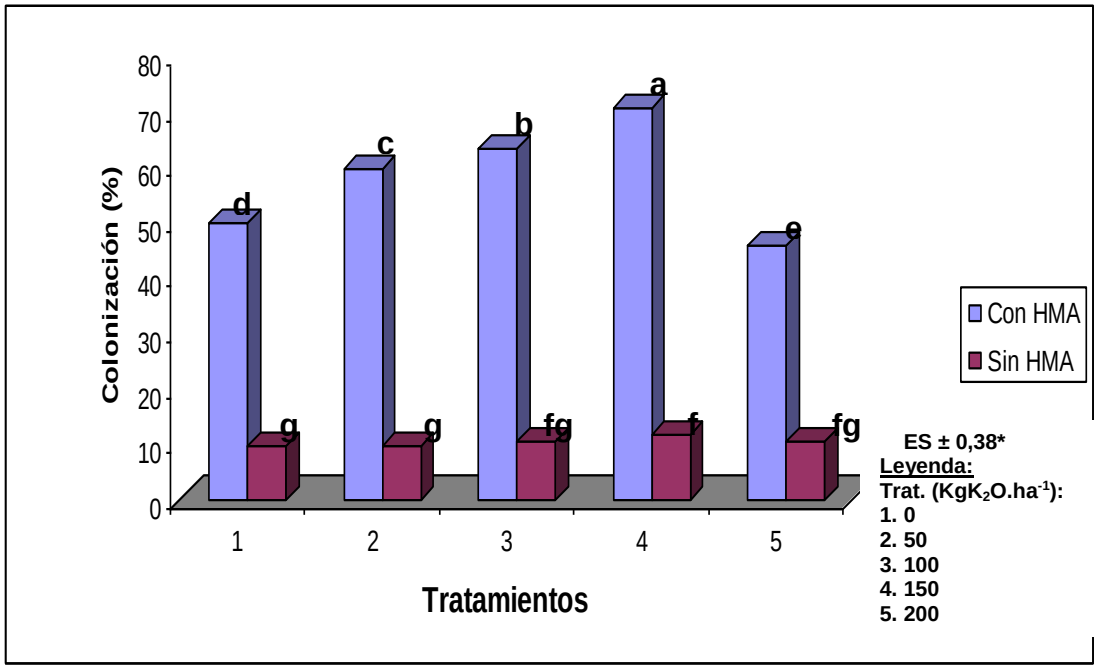


Figura 5. Efecto de dosis de potasio sobre el porcentaje de colonización total de las micorrizas (HMA) en las raíces de la yuca.

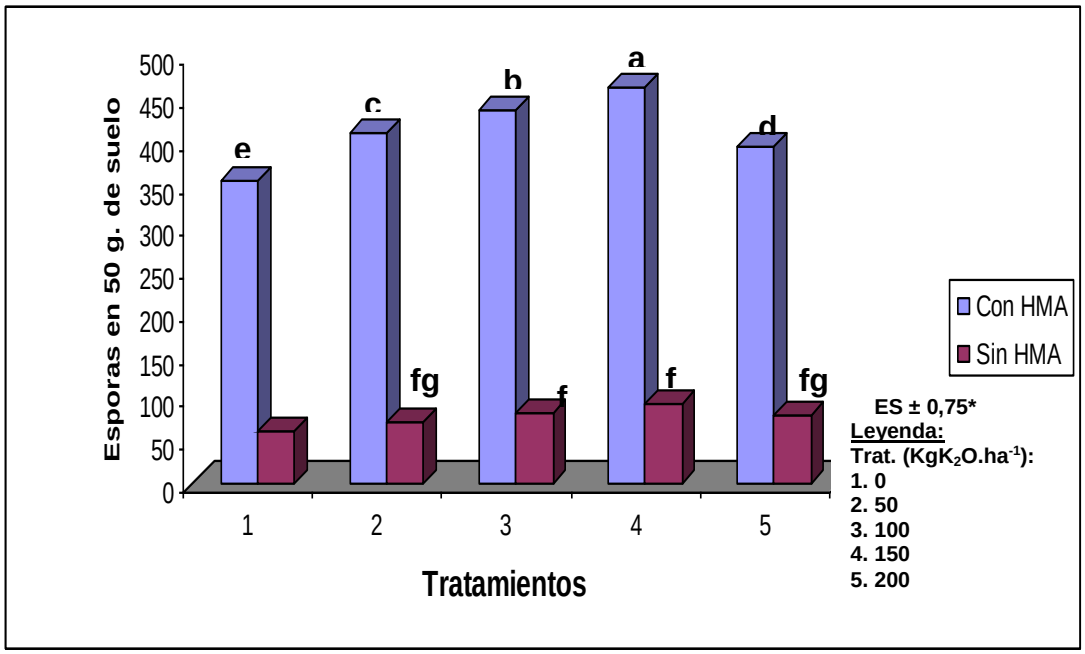


Figura 6. Efecto de dosis de potasio sobre el número de esporas de las micorrizas (HMA) en el suelo.

En las Figuras 5 y 6 se observa el efecto de dosis de potasio combinadas con y sin HMA sobre el porcentaje colonización total de las micorrizas en las raíces de la yuca y el número de esporas en el suelo; el mejor tratamiento fue 150 kg $K_2O.ha^{-1}$ + HMA, que produjo un porcentaje de colonización total de 70,5 % y 464 esporas.50 g $suelo^{-1}$; el que fue significativamente superior al resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

Los resultados indican el eficiente funcionamiento de la simbiosis micorrízica para este tratamiento y por lo tanto el papel que juegan estos hogos en el incremento del coeficiente de aprovechamiento del potasio, del fertilizante y del suelo, que justifican la reducción del 25 % de la dosis de K_2O para este cultivo sin disminución en los rendimientos. Resultados similares han sido informados Ruiz *et al.*, 2012.

En la Tabla 6 se muestra el efecto de dosis de N, P_2O_5 y K_2O, combinadas con micorrizas (HMA) sobre la extracción total de nutrientes y el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes del fertilizante (CAF) de la nueva tecnología o variantes propuestas: 70 kg $N.ha^{-1}$+HMA, 30 kg $P_2O_5.ha^{-1}$+ HMA y 150 kg $K_2O.ha^{-1}$+ HMA, y la tecnología actual, o sea, 140 kg $N.ha^{-1}$, 60 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ y 200 kg $K_2O.ha^{-1}$, que es la recomendada en el Instructivo Técnico de la yuca (MINAG, 2012).

Los mejores tratamientos fueron, 70 kg $N.ha^{-1}$+HMA, 30 kg $P_2O_5.ha^{-1}$+ HMA y 150 kg $K_2O.ha^{-1}$+ HMA que lograron CAF de 54, 43 y 47 % para el nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente y fueron significativamente superiores a 140 kg $N.ha^{-1}$, 60 kg $P_2O_5.ha^{-1}$ y 200 kg $K_2O.ha^{-1}$ y a los testigos sin fertilizantes, no existió diferencias significativas entre la nueva tecnología y la tecnología actual, con relación a la extracción de nutrientes.

Resultados similares han sido informados por Portieles *et al.*, 1983; Ruiz *et al.*, 1990; que lograron altos coeficientes de aprovechamiento del fertilizante y la extracción de nutrientes, cuando se combinan dosis de N, P_2O_5 y K_2O, con las micorrizas, tanto para el cultivo de la yuca como para otras raíces y tubérculos.

Tabla 6. Efecto de dosis de N, P_2O_5 y K_2O, combinadas con micorrizas (HMA) sobre la extracción total de nutrientes (ETN) y el coeficiente de aprovechamiento del fertilizante (CAF) en el cultivar de yuca 'Señorita'.

Nitrógeno			**Fósforo (P_2O_5)**			**Potasio (K_2O)**		
Trat. ($kg.ha^{-1}$)	**ETN ($kg.ha^{-1}$)**	**CAF (%)**	**Trat. ($kg.ha^{-1}$)**	**ETN ($kg.ha^{-1}$)**	**CAF (%)**	**Trat. ($kg.ha^{-1}$)**	**ETN ($kg.ha^{-1}$)**	**CAF (%)**
0	80 b	0 c	0	65 b	0 c	0	110 b	0 c
70+HMA	118 a	54 a	30+HMA	78 a	43 a	150+HMA	181 a	47 a
140	120 a	28 b	60	80 a	25 b	200	180 a	35 b
ES ±	1,36*	0,51*	ES ±	0,88*	0,32*	ES ±	1,65*	0,60*

* Medias sin letras en común para las columnas, difieren para $p < 0,05$, según Dócima de Tukey.

CONCLUSIONES

1. El uso combinado de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio con micorrizas, produjo altos rendimientos agrícolas y una disminución significativa de las dosis de N, P_2O_5 y K_2O, en sistemas eficientemente micorrizados para el cultivo de la yuca.

2. Las mejores combinaciones de N, P_2O_5 y K_2O permitieron altos coeficientes de aprovechamientos de los nutrientes de los fertilizantes aplicados.

BIBLIOGRAFIA

CASTRO, F. 2011. La grave crisis alimentaria. Reflexiones del compañero Fidel. Ciudad de La Habana: Granma, 31 de enero de 2011. p. 2-3.

CUBA, MINAG. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, Cuba. 136 p.

CUBA, MINAG. 2012. Instructivo Técnico para las raíces y tubérculos tropicales. Ciudad de la Habana: MINAG. 120 p.

CUBA, MINAG. 2015. Evaluación de los resultados del año 2014. Ciudad de La Habana: Grupo de Cultivos Varios. 17p.

DÍAZ, A. 1999. Diseño estadístico de experimentos. Antioquia: Editorial Universidad de Antioquia. 347 p.

DIRECCIÓN NACIONAL DE CULTIVOS VARIOS. 2015. Evaluación de los resultados de las raíces y tubérculos tropicales del año 2014. La Habana: MINAG. 15p.

ESPINOSA A; L. RUIZ; R. RIVERA y E. ESPINOSA. 2015 a. Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. *Revista Centro Agrícola,* 42(2):39-46; abril-junio. ISSN papel: 0253-5785 ISSN *on line*: 2072-2001.

ESPINOSA A; L. RUIZ; R. RIVERA y E. ESPINOSA. 2015 b. Efecto de dosis de NPK y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre suelo Pardo mullido carbonatado en período lluvioso. Evento de Universidad de Holguín "Conferencia Científica Internacional 7ma Edición Universidad de Holguín". DVD-ROM ISBN 978-959-16-2472-7 F:\Agronomía\Publicación\.AGRO.

FAO. 2015. Boletín estadístico: FAO. 40 p.

FERNÁNDEZ, F.; R. GOMEZ; M. MARTINEZ y L. PIJEIRA. 1997. Tecnología de recubrimiento de semillas con biofertilizantes micorrizógeno, alternativa sostenible de bajo costo. Resúmenes del III Encuentro Nacional Agricultura Orgánica. Villa Clara: INCA. p. 76-77.

HERNÁNDEZ, A.; J. M. PÉREZ; D. BOSCH y N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p. ISBN 978-959-7023-77-7.

HOWELER, R. H.; E. SIEVERDING and S. SAIF. 1987. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and postures. *Plant Soil,* 100:249-283.

NC-51.1999. Calidad del suelo. Determinación del porcentaje de materia orgánica. NC 51:99. Ciudad de La Habana. 9 p.

NC-52. 1999. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. NC 52:99. Ciudad de La Habana. 11 p.

NC-10 390. 1999. Calidad del suelo. Determinación de pH. NC-ISO 10 390:99. Ciudad de La Habana. 10 p.

NC-209. 2002. Calidad del suelo. Determinación de los aniones y cationes solubles en los extractos suelo-agua y el porcentaje de saturación. NC 209:02. Ciudad de La Habana. 10 p.

PORTIELES, J. M.; L. RUIZ y EDY SANCHEZ. 1993. Estudio del consumo y coeficientes de aprovechamiento de los fertilizantes y el suelo en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*). *Cienc. Téc. Agric. V. Trop.,* 6(1-2):85-100.

RUIZ MARTINEZ, L. 1984. Efecto de la inoculación con micorrizas sobre la respuesta de la yuca (*Manihot esculenta*) a la fertilización fosfórica. *Cienc. Téc. Agric. V. Trop.,* 7(2):39-52.

RUIZ MARTINEZ, L. A.; J. O. MILIAN MORALES y J. M. PORTIELES RODRIGUEZ. 1990. Clima, suelo y fertilización en el cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.). *Boletín de Reseñas Viandas Tropicales,* 6:15-25.

RUIZ, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos mullidos carbonatados y Ferralíticos Rojos de la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. La Habana: INCA. 100 p.

RUIZ, L; J. SIMO y R. RIVERA. 2012. Las Micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria. Madrid: Editorial Académica Española, ISBN: 978-3-8484-5382-5. 239 p.