

Inoculación de HMA y requerimientos de fertilizante fosfórico en *Ipomea batata* (L.) Lam Inoculation of HMA and phosphoric fertilizer requirements *Ipomea batata* (L.) Lam

Alberto Espinosa Cuéllar¹, Luís Ruiz Martínez¹, Ramón Rivera Espinosa², Ernesto Espinosa Cuéllar¹

¹ Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo 6, Carretera Central km 250, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. CP 53000.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera de Tapaste km 3 ½, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba. CP 32700.

E-mail: fitofer@inivit.cu

RESUMEN. Si bien el boniato es un cultivo micotrófico, se reportan escasos resultados en el que se establezcan los requerimientos de fertilizantes fosfóricos asociados con la inoculación de cepas de hongos micorrízico arbusculares (HMA). Con tales fines se ejecutaron dos experimentos para evaluar la respuesta de los clones 'INIVIT B2-2005' o 'CEMSA 78-354' a la aplicación de cinco dosis de fertilizante fosfórico con o sin la aplicación de la especie *Rhizoglyphus intraradices* (INCAM-11), en suelo Pardo mullido carbonatado. El diseño experimental fue bloques al azar, con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Se evaluaron el rendimiento de tubérculos, el porcentaje de colonización micorrízica, el contenido de esporas micorrízicas en 50 gramos de suelo y el contenido de fósforo en la hoja, el tallo y la raíz tuberosa. Se encontró una respuesta significativa a la fertilización mineral en el rendimiento con 75 kg ha⁻¹, la cual disminuyó a 50 kg ha⁻¹ cuando se inoculó con *R. intraradices*, manteniendo rendimientos equivalentes. Este efecto fue similar para ambos clones. La inoculación de HMA incrementó significativamente el porcentaje de colonización y esporas. Los mayores valores siempre se obtuvieron en el tratamiento de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Los contenidos de fósforo en los diferentes órganos presentaron una respuesta semejante. Con este trabajo se concluye que la inoculación de una cepa eficiente HMA origina un funcionamiento micorrízico adecuado en presencia de dosis medias de fertilizantes, garantizando rendimientos elevados.

Palabras clave: boniato, contenido de minerales, fertilizante fosfórico, inoculación de HMA, rendimiento

ABSTRACT. As well as sweet potato is a micotrophic crop, little results where P fertilizer requirements associated with inoculation of strains of arbuscular mycorrhizal fungi (HMA) are reported. For these purposes two experiments were performed, evaluating the response of the clones 'INIVIT B2-2005' or 'CEMSA 78-354' to application of five doses of phosphoric fertilizer with or without the application of the species *Rhizoglyphus intraradices* (INCAM-11) in Phaeozems haplic calcari, in a randomized block design, factorial arrangement and four replications. Tuber yield, percentage of mycorrhizal colonization of mycorrhizal spores contained 50 g of soil and phosphorus content in the leaf, stem and root tuberos were evaluated. A significant response mineral fertilization in performance with an optimal dose of 75 kg ha⁻¹, which decreased to 50 kg ha⁻¹ when soil was inoculated with *R. intraradices* was found, while maintaining equivalent yields. This effect was similar in both clones and in both years. Inoculation significantly increased the percentage of colonization and spores and the highest values ever obtained in the treatment of 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅, lower and upper fertilizations showed lower values. The contents of phosphorus in different organs also showed a similar response. It is concluded that efficient inoculating strain originates adequate mycorrhizal HMA performance in the presence of medium doses of fertilizer, ensuring high yields with lower doses of these.

Keywords: sweet potato, mineral content, phosphoric fertilizers, HMA inoculation, yield

INTRODUCCIÓN

La necesidad de fósforo en la planta fue descubierta por Justus von Liebig en 1840, quien demostró la importancia de este elemento en la nutrición vegetal (Villegas y col., 1983). Según Ruiz y col. (2012), los requerimientos de fósforo (P) en la planta de boniato son menores que los de potasio (K) y nitrógeno (N); no obstante, los efectos beneficiosos del P se manifiestan claramente en el aumento del peso promedio de los tubérculos, así como en la proporción de tubérculos comerciales.

En comparación con los otros nutrientes esenciales, el fósforo es el nutriente menos móvil en el suelo y la eficiencia en la absorción de los fertilizantes fosfóricos por las plantas puede ser tan baja como 20 %, por lo que es con frecuencia el factor limitante principal para el crecimiento vegetal. La simbiosis micorrízica es un mecanismo mutuamente beneficioso para las plantas y este tipo de hongos. Las estructuras fúngicas garantizan nutrientes y agua mientras que las plantas productos carbonados. Es reconocido que las plantas micorrizadas pueden incrementar la absorción del fósforo del suelo (Smith y Smith, 2011), siendo uno de los efectos mejor documentado de esta simbiosis.

En los últimos años, a partir del desarrollo de inoculantes que se aplican en bajas cantidades (Fernández y col., 2000), de métodos de inoculación adaptados a este cultivo (Ruiz y col., 2012) y de un grupo de regularidades en la conducta de las cepas eficientes de HMA (Rivera y col., 2007), se ha logrado desarrollar un sistema de manejo de cepas eficientes en función del ambiente edáfico en que se desarrollan los cultivos (Rivera y col., 2015), el cual garantiza un funcionamiento micorrízico efectivo y los beneficios de la micorrización.

Uno de los efectos más conocidos de un funcionamiento micorrízico efectivo es el incremento en la eficiencia de absorción de los nutrientes y por ende, la disminución de las dosis de fertilizantes para altos rendimientos. No obstante, la simbiosis para un óptimo funcionamiento requiere de un suministro de nutrientes que es tomado con mayor eficiencia por estas plantas. Dosis inferiores limitan el funcionamiento y las elevadas, lo inhiben (Rivera y col., 2007).

El boniato (*Ipomea batata* (L.) Lam.) es un cultivo altamente dependiente de la micorrización. Los resultados previos a nivel de experimentos

de campo en el boniato fueron obtenidos por Ruiz y col., (2012). Sin embargo, si bien se ha reportado que *Rhizoglyphus intraradices* se comporta como una cepa eficiente para este cultivo en suelos Pardos Mullidos Carbonatados y que su inoculación originó un funcionamiento micorrízico efectivo y disminuciones en los requerimientos de fertilizantes minerales, no se ha trabajado con esquemas experimentales de curvas de respuesta a cada uno de los macronutrientes y por tanto no se puede encontrar el efecto específico sobre uno u otro macronutriente primario.

Por tanto, el presente trabajo se ejecutó con el objetivo de establecer los efectos beneficiosos de la inoculación de una cepa eficiente de HMA sobre los requerimientos de fertilizante fosfórico del boniato en el periodo poco lluvioso. En otros trabajos se discuten los efectos específicos sobre los requerimientos de los fertilizantes nitrogenados y potásicos.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) sobre un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández y col., 2015), catalogado como *Phaeozems haplic calcaric* en correspondencia con la *World Reference Base* (WRB, 2014). El período utilizado fue el poco lluvioso (noviembre – abril), caracterizado por un acumulado de precipitaciones de 30,53 mm y temperatura media de 22,33 °C, siendo representativo de la región y muy similares en los dos años de trabajo.

Los suelos donde se montaron los trabajos presentaron una reacción entre neutra y ligeramente alcalina, asociado en este último caso con la presencia de carbonatos libres y se corresponden con valores típicos para este tipo de suelo. Respecto a la materia orgánica, los valores son bajos, lo cual indica los varios procesos de degradación del suelo. Los contenidos de fósforo (P_2O_5) disponible también presentaron valores bajos. El K intercambiable presentó de valores medios a altos, aunque en relación con los contenidos de Ca + Mg los valores fueron bajos. En cuanto al número inicial de esporas de HMA (tabla 1), si bien fueron bajas, se corresponden con los valores obtenidos anteriormente en esta localidad y tipo de suelo (Simó y col., 2015) lo que este posiblemente asociados con las fertilizaciones comúnmente realizadas.

El área experimental se caracteriza por un régimen de precipitaciones anuales de 1349

Tabla 1. Caracterización inicial del suelo, en 0 – 20 cm de profundidad

	pH		N	M. O.	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Na	K	Esporas en 50 g
	H ₂ O	KCL	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	(cmol _c kg ⁻¹)				
Año 1	7,3	6,2	2,1	23,7	25,0	31,14	4,89	0,38	0,82	41,00
$Z_{1-\alpha}^* S_{\bar{x}}$	±0,07	±0,04	±0,06	±0,16	±0,61	±0,01	±0,01	±0,01	±0,006	±3,91
Año 2	7,1	6,0	1,55	18,8	17,7	27,21	4,11	0,39	0,58	53,00
$Z_{1-\alpha}^* S_{\bar{x}}$	±0,09	±0,06	±0,06	±0,12	±0,11	±0,01	±0,01	±0,006	±0,02	±4,07

$Z_{1-\alpha}^* S_{\bar{x}} = \pm$ Intervalo de Confianza ($1-\alpha = 0,05$), siendo $Z_1 = 1,96$. * Cada valor es promedio de 10 muestras compuestas. pH en H₂O y KCL (KCl solución 1 M) en relación suelo: solución (1:2,5) por el método potenciométrico⁶. Determinación de la materia orgánica por el método de Walkley-Black⁷ (oxidación del C con K₂Cr₂O₇ 0,5 M en H₂SO₄ (18 M al 98 %) y valoración con SO₄FeNH₄ (0,25 M). Extracción del P por el método de Machiguín⁸ (solución extractiva de (NH₄)₂CO₃ con concentración de 10 g L⁻¹, pH 9,0) y valoración con HCl 0,05 M e indicador anaranjado de metilo. Extracción de cationes intercambiables con NH₄Ac 1 M y pH 7 en relación suelo: solución de 1:5 y agitando durante 5 minutos⁹. La cuantificación de esporas iniciales de HMA en el suelo se realizó según la modificación al protocolo inicial de Gerdemann y Nicholson.

mm, distribuido en dos épocas, la lluviosa de mayo a octubre donde ocurren el 78 % de las precipitaciones y la poco lluviosa de noviembre a abril. Las temperaturas medias anuales son 24,3 °C aproximadamente, las menores en el periodo poco lluvioso, con medias mensuales entre 20,4 y 23,2 que ascienden hasta 25,5 – 27,0 °C en el periodo lluvioso (INSMET, 2013). En los años de trabajo las temperaturas (24,2 °C) fueron muy similares al registro histórico y las precipitaciones fueron ligeramente inferiores en el primer año, aunque la existencia de riego disminuyó la importancia de esta variación.

En dos clones comerciales de boniato, se estudiaron cinco niveles de fertilizante fosfórico en presencia o no de la inoculación con *R. intraradices*. El diseño utilizado fue el factorial de 2 x 5, donde los factores fueron dos clones de boniato y las combinaciones de fertilizante fosfórico e inoculación, con cuatro repeticiones. Los experimentos se realizaron al unísono, se ubicaron contiguos y siempre en el periodo noviembre – abril, durante los años 2011 al 2013. Las parcelas estaban constituidas por un área de 40,6 m².

Las dosis de fertilizante fosfórico estudiadas fueron: 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. En todos los casos, se utilizó un fondo fijo de 60 kg ha⁻¹ de Nitrógeno y 150 kg ha⁻¹ de

K₂O.

Los clones de boniato utilizados fueron 'INIVIT B2-2005' y 'CEMSA 78-354' por ser ampliamente utilizados en la agricultura cubana y presentar potenciales productivos elevados. La preparación del suelo y las diferentes labores del cultivo se realizaron según el instructivo técnico para el cultivo del boniato (MINAG, 2011). Se utilizó el marco de plantación de 0,90 x 0,25 m y como material de plantación se utilizó esquejes de 25-30 cm de longitud. El fertilizante se aplicó a los 25-30 días después de la plantación utilizando como portadores, el superfosfato simple (0-20-0), la urea (46-0-0) y el cloruro de potasio (0-0-60).

La especie *R. intraradices* usada fue la INCAM-11 y el inoculante con una concentración de 25 esporas g⁻¹, fue producido de acuerdo con lo referido por Fernández y col. (2000) en el Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto de Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. La inoculación se realizó a partir de una mezcla de 0,125 kg de inoculante por cada 600 ml de H₂O (35 kg ha⁻¹) y recubriendo el tercio inferior de la semilla (Ruiz y col., 2012).

Se evaluaron diferentes variables como: análisis inicial de fertilidad, incluyendo contenido de esporas micorrízicas; porcentaje de colonización micorrízica a los 90 días;

contenidos de P en el tejido aéreo de la planta en la cosecha y el rendimiento comercial de las raíces tuberosas. Las metodologías de muestreo y de determinación utilizadas fueron las siguientes:

El muestreo inicial de suelo se realizó a 20 cm de profundidad tomando 10 muestras en cada uno de los dos años. Las determinaciones de fertilidad química realizadas se describen en la tabla 1. Para la extracción de esporas se procedió según la modificación de Herrera y col. (1995) al protocolo inicial de Gerdemann y Nicholson, posteriormente las esporas se lavaron con agua destilada y se vertieron en placa Petri. Las esporas fueron contadas con el uso del microscopio estereoscópico 70 x (Stemi 2000-C) y se expresaron en esporas por 50 g⁻¹ de suelo.

El porcentaje de colonización micorrízica de las raíces se realizó por parcela. Para ello se motearon las raíces de cuatro plantas y después de lavadas con agua corriente (eliminando todo tipo de suelo), se secaron al aire. Posteriormente se desmenuzaron las raicillas finas y tomaron muestras de 200 mg a las que se les aplicó la metodología descrita por Phillips y Hayman (1970) para clarificarlas y teñirlas. La evaluación se realizó por el método de los interceptos.

El contenido foliar de P (g kg⁻¹) se realizó en el momento de la cosecha. Por cada parcela se tomaron cuatro plantas que fueron subdivididas en hojas, tallos y raíces tuberosas, obteniendo una muestra representativa de los diferentes órganos de las plantas por cada parcela. Los análisis foliares se realizaron según NRAG (1982).

El rendimiento se determinó a partir del muestreo de 24 plantas por cada parcela, en el momento de la cosecha, a los cinco meses después de plantado y se expresó en t ha⁻¹ de raíces tuberosas.

Se utilizó el paquete estadístico del Programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 2.1. En el caso de existir diferencias significativas, los tratamientos se docimaron según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figuras 1 y 2 ilustran el efecto de las diferentes dosis de P₂O₅ y la inoculación micorrízica en el rendimiento para los clones de boniato 'INIVIT B2-2005' y 'CEMSA 78-354' durante el periodo poco lluvioso, para cada año evaluado. La interacción en cada experimento siempre fue significativa, por lo que se presentan resultados de los 10 tratamientos. Durante ambos años existió una respuesta significativa de los clones a la fertilización fosfórica, con una respuesta creciente a la aplicación de fertilizante hasta la dosis de 75 kg ha⁻¹, estabilizándose el rendimiento con dosis superiores.

En presencia de la inoculación de HMA se encuentra una respuesta creciente a la fertilización y los rendimientos máximos se obtienen con 50 kg ha⁻¹. Los máximos rendimientos obtenidos con y sin inoculación fueron similares estadísticamente.

La inoculación con la cepa eficiente trae consigo un ahorro del 34 % del fertilizante mineral (25 kg ha⁻¹) en ambos clones, sin variar

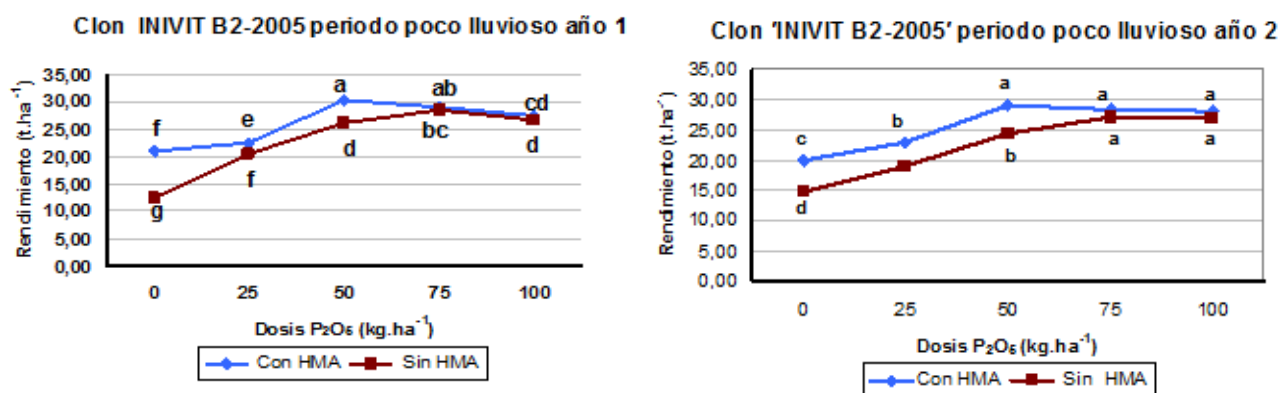


Figura 1. Efecto de dosis de fósforo e inoculación con *R. intraradices* (INCAM-11) en el rendimiento del clon 'INIVIT B2-2005'

*(a,b,c,d,e) medias con letras no comunes difieren por Tukey (HSD) para p<0,05

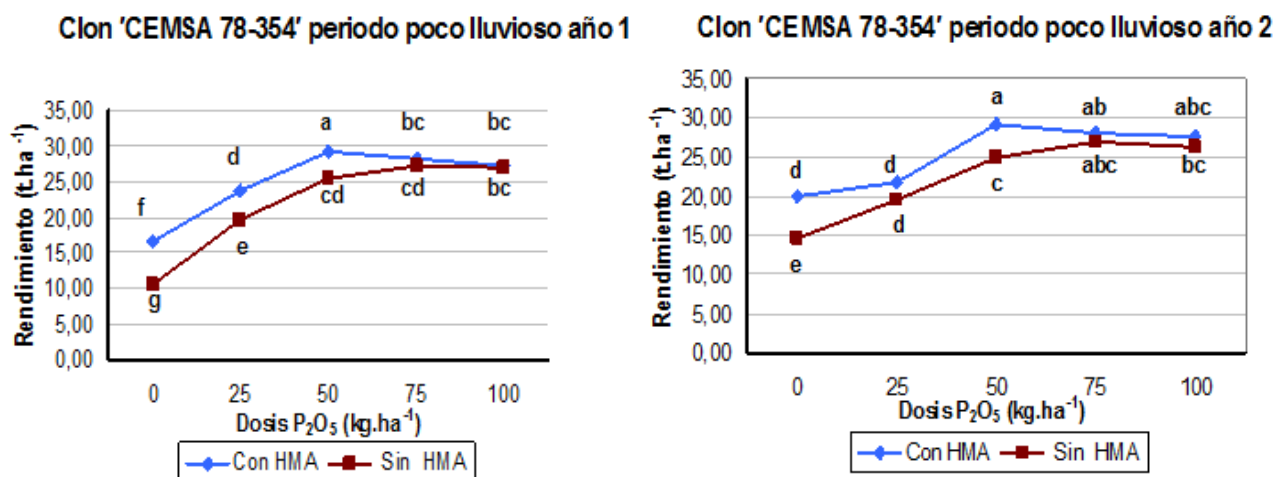


Figura 2. Efecto de dosis de fósforo e inoculación con *R. intraradices* (INCAM-11) en el rendimiento del clon 'CEMSA 78-354'

*(a,b,c,d,e) medias con letras no comunes difieren por Tukey (HSD) para $p < 0,05$

el criterio de mejor tratamiento en cada año, presentando una reproducibilidad alta.

Para maximizar el rendimiento de los cultivos por unidad de superficie, se utilizan principalmente fertilizantes químicos. El fósforo es uno de los minerales esenciales que se añaden para la mayoría de las especies vegetales, incluyendo el cultivo del boniato (El-Sayed *et al.*, 2011), destacando estos autores aumentos significativos en el rendimiento total y en las raíces comerciales.

Ruiz (2001) señala que la inoculación con HMA disminuye los requerimientos de fertilizantes minerales (NPK) garantizando altos rendimientos. No obstante, las cantidades específicas en la disminución de los requerimientos de fertilizantes por la presencia de una micorrización efectiva dependerán del nivel de rendimiento alcanzado y la disponibilidad del nutriente en el suelo (Rivera y Fernández, 2003)

La tabla 2 muestra el efecto de las dosis de fósforo sobre el porcentaje de colonización y las cantidades de esporas en 50 g de suelo para los clones de boniato 'INIVIT B2-2005' y 'CEMSA 78-354' durante los dos años. De forma similar al rendimiento, se encontró una interacción siempre significativa.

Aunque la inoculación originó altos porcentajes de colonización y de esporas, los mayores valores se alcanzaron en el tratamiento donde se utilizó 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ inoculado con la cepa *R. intraradices*, cuyos valores

oscilan entre 62 y 64 % para la colonización y alrededor de 350 esporas en 50 g, con diferencias significativas sobre los demás tratamientos. Los porcentajes de colonización alcanzados son propios de una micorrización efectiva de acuerdo con los resultados obtenidos por diversos autores (Ruiz y col., 2012; Joao y col., 2016) tanto en el propio boniato como en otros cultivos dependientes de la micorrización.

En cuanto a las esporas, si bien los resultados parecen ser más dependientes del cultivo en cuestión, contenidos similares reportaron Simó y col. (2015) inoculando esta cepa en el banano en este mismo tipo de suelo.

Diversos investigadores en Cuba han obtenido resultados similares referentes a que la baja disponibilidad de nutrientes limita el funcionamiento micorrízico y la alta disponibilidad de estos hace decrecer la presencia de estructuras micorrízicas en el interior de las raíces, esto indica que la disminución en la efectividad micorrízica es consecuencia de un mal funcionamiento o de la inhibición de la simbiosis (Rivera y col. 2007, Ruiz y col., 2012).

Las figuras 3 y 4 muestran los contenidos de fósforo en los diferentes órganos para ambos clones. En todos los casos, el contenido de P del tratamiento inoculado en presencia de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ presenta el valor mayor; sin embargo, en los tubérculos estos valores fueron siempre superiores a los del tratamiento homólogo no inoculado.

Tabla 2. Efecto de las dosis de fósforo y la inoculación de *R. intraradices* en el porcentaje de colonización micorrízica y el número de esporas en la rizosfera de los clones de boniato

Clon	‘INIVIT B2-2005’				‘CEMSA 78-354’			
	Colonización (%)		Esporas en 50 g		Colonización (%)		Esporas en 50 g	
Año 1								
Dosis P205 (kg ha-1)	HMA	sin HMA	HMA	sin HMA	HMA	sin HMA	HMA	sin HMA
0	52,50 c	9,00 f	252,77 e	60,77 h	50,25 c	8,75 f	254,15 e	60,55 h
25	57,50 b	9,75 ef	307,52 c	72,30 g	59,50 b	9,25 ef	313,10 c	72,42 g
50	63,75 a	10,00 ef	355,25 a	77,30 fg	63,00 a	10,25 ef	347,27 a	75,77 g
75	53,50 c	11,75 e	326,00 b	87,72 f	51,50 c	11,25 e	321,45 b	82,00 f
100	39,50 d	10,75 ef	297,07 d	81,00 f	37,50 d	10,50 ef	289,57 d	77,95 fg
E.S.	± 0,54*		± 1,20*		± 0,48*		± 1,28*	
Año 2								
0	51,75 c	8,75 f	251,03 e	60,54 i	50,50 c	8,50 f	250,65 e	60,11 i
25	57,25 b	10,00 ef	306,28 c	70,27 h	58,25 b	9,50 ef	308,10 c	69,49 h
50	62,75 a	10,75 ef	353,75 a	76,05 g	62,50 a	10,75 ef	346,00 a	74,48 g
75	52,50 c	12,00 e	323,25 b	81,60 f	51,75 c	11,75 e	319,45 b	81,24 f
100	39,50 d	10,25 ef	298,75 d	80,40 fg	38,25 d	10,50 ef	292,33 d	79,41 f
E.S.	± 0,67*		± 1,11*		± 0,52*		± 0,72*	

Se presentan las medias de cada factorial dosis x HMA para cada variable en cada clon y año. ES se corresponde con el error de la interacción. Letras diferentes en cada agrupación de dos columnas y 10 tratamientos conllevan a medias diferentes por Tukey (HSD) para $p < 0,05$

En las hojas de forma general no se encontraron diferencias entre los tratamientos, aun cuando se encontraron en el rendimiento. Referente a los tallos, el efecto se encontró en el clon 78-354, en el cual los mayores contenidos se asociaron con los mayores rendimientos.

Las diferencias encontradas en el comportamiento de los órganos en cuanto a reflejar el efecto de los tratamientos puede estar al menos parcialmente relacionada con el hecho de que el muestreo se realizó en cosecha y ya en este momento la planta ha favorecido la traslocación de fotosintatos y nutrientes a la raíz tuberosa y todo parece indicar que en esta etapa fisiológica, ese órgano es donde se van a establecer claras las diferencias en la capacidad de los esquemas de suministro de nutrientes de satisfacer los requerimientos del cultivo.

Rivera y Fernández (2007) resumieron que la efectividad de la inoculación no solo depende de la selección adecuada de las cepas de HMA empleadas, sino del suministro de nutrientes o

riqueza del sustrato en que crecen las plantas, siendo el ambiente edáfico determinante en el manejo efectivo de la inoculación, del cual no solo dependió la selección de cepas eficientes.

Los resultados demuestran la factibilidad de integrar los inoculantes micorrízicos con los esquemas de suministro de nutrientes, en este caso a base de fertilizantes, lo que garantiza rendimientos elevados y un funcionamiento micorrízico efectivo en presencia de dosis medias de fertilizantes, incrementando la eficiencia en la absorción de este nutriente.

CONCLUSIONES

El manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular a través de la inoculación de cepas efectivas se integra en los esquemas de suministro de fósforo del cultivo de *Ipomea batata* (L.) Lam, basados en la fertilización mineral. La inoculación garantiza un funcionamiento micorrízico adecuado, altos

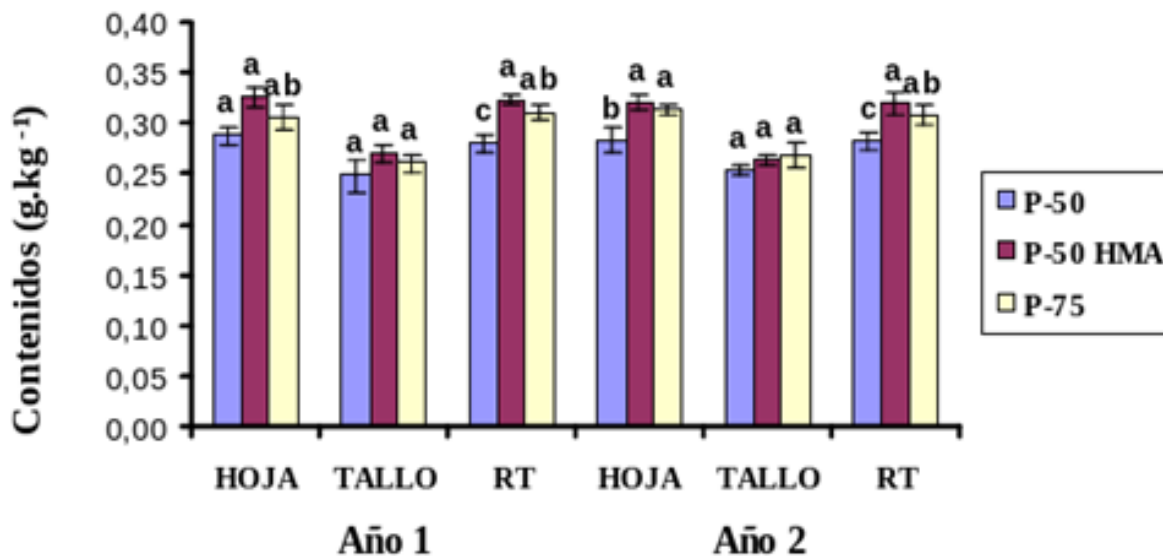


Figura 3. Contenido de fósforo periodo poco lluvioso en el clon ‘INIVIT-B2-2005’

*(a,b,c) medias con letras no comunes difieren por Tukey (HSD) para p<0,05

Leyenda: P-50 (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅), P-50 HMA (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ inoculado con cepa *R. intraradices* (INCAM-11)), P-75(75 kg ha⁻¹ de P₂O₅)

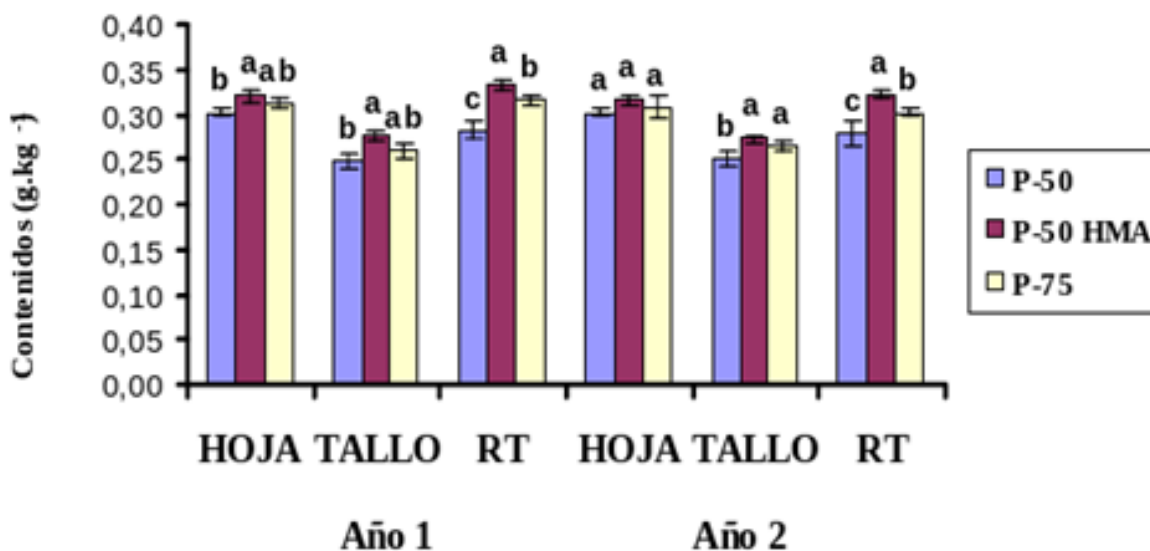


Figura 4. Contenido de fósforo periodo poco lluvioso en el clon ‘CEMSA 78-354’

*(a,b,c) medias con letras no comunes difieren por Tukey (HSD) para p<0,05

Leyenda: P-50 (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅), P-50 HMA (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ inoculado con cepa *R. intraradices* (INCAM-11), P-75 (75 kg ha⁻¹ de P₂O₅)

rendimientos e incrementa la eficiencia de la fertilización fosfórica, disminuyendo los requerimientos de los fertilizantes fosfóricos en un 33 %. Aplicaciones de fertilizantes inferiores o superiores a estos requerimientos, disminuyen el funcionamiento micorrízico y limitan la efectividad y beneficios de la inoculación.

BIBLIOGRAFIA

1. El-Sayed, H.E.A.; A.S. El-Dean; S. Ezzat and A.H.A. El-Morsy: Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rate and application methods of the humic acid. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.*, 1: 383-393, 2011.
2. Fernández, F.; Gómez, R.; Martínez, M. A.; Noval, B. M. de la.; Rivera R. Producto inoculante micorrizógeno. Patente No. 22 641. La Habana, Cuba, 2000, 10 p.
3. Hernández, J. A.; J.J.M. Pérez; I.D. Bosch y S.N. Castro: Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba. 2015, 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.
4. Herrera, R.A.; R.L. Ferrer; E. Furrázola; M.O. Orozco: Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, evolución y procesos sociales: Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica. Mérida, México. Octubre de 1993.
5. INSMET (Instituto de Meteorología): Hojas de asentamiento de las variables meteorológicas diarias. Estación meteorológica No. 326, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. 2013.
6. João, J. P.; A. Espinosa; L. Ruíz; J. Simó y R. Rivera: Efectividad de cepas de HMA en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dos tipos de suelos. *Cultivos Tropicales*, 37 (1): 48-56, 2016. ISSN: 0258-5936
7. MINAG. Instructivo Técnico sobre el cultivo del boniato. Ministerio de la Agricultura. SEDARI/AGINFOR. Ciudad de la Habana, Cuba. 2011, 24 p.
8. NRAG 564. Análisis vegetal. Análisis foliar. Métodos de ensayo. NRAG 564: 82. MINAG, Ciudad de La Habana, Cuba. 1982, 13 p.
9. Phillips, J.M. y D.E. Hayman: Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55: 158-161, 1970.
10. Rivera, R. y K. Fernández: Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Manejo eficiente de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba. 2003, pp. 51-94. ISBN:959-7023-24-5.
11. Rivera, R.; F. Fernández; K. Fernández, L. Ruiz; C. Sánchez; M. Riera: Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. In: C. Hamel and C. Plenchette (eds.). *Mycorrhizae in Crop Production*. Haworth Press, Binghamton, N.Y., pp. 151-196, 2007. ISBN: 978-1-56022-306-1.
12. Rivera, R.; P.J. González; A. Hernández; G. Martín; L. Ruiz; K. Fernández [et al.]: 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, 2 al 5 de junio de 2015. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-296-039-8.
13. Ruiz, L.; J. Simo y R. Rivera: Las Micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la sostenibilidad agroalimentaria. Editorial Académica Española, Madrid, España. 2012, 239 p. ISBN: 978-3-8484-5382-5.
14. Ruiz, L.: Efectividad de las asociaciones micorrízicas en raíces y tubérculos en dos tipos de suelos. Tesis para aspirar al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba. 2001, 100 p.
15. Simó, J.; L.R. Martínez; R.R. Espinosa: Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular y suministro de nutrientes en plantaciones de banano cultivar 'FHIA-18' sobre suelos Pardos mullidos carbonatados. *Cultivos Tropicales*, 36 (4): 43-54, 2015. ISSN: 0258-5936.

16. Smith, S.E. and F.A. Smith: Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Rev. Plant Biol.*, 62: 227–250, 2011. Doi:10.1146/annurev-arplant-042110-103846.

17. Villegas, R.; V. Gómez; A. Matos y M. López: El fósforo en la agricultura de Cuba. Ponencias de la

primera Reunión Nacional de Agroquímica, ACC. La Habana, Cuba. 1983, 69 p.

18. WRB (World reference base for soil resources): International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Reports* no. 106. FAO, Roma, Italia. 2014, 81 p. ISSN: 0532-0488.

Recibido el 22 de junio de 2015 y aceptado el 15 de mayo de 2016