

INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.)

Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria in peanut crop (*Arachis hypogaea* L.)

Yonaisy Mujica Pérez¹✉, Aida Medina Carmona¹
y Evelyn Rodríguez Guerra²

ABSTRACT. Peanut (*Arachis hypogaea* L. cv Spanish-Valencia) is a crop that has a great commercial relevance and a high nutritional value. In order to evaluate arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus cubense*) effect and plant growth promoting rhizobacterium in peanut crop, this research in La Esperanza farm was developed. *Glomus cubense* strain was reproduced by arbuscular mycorrhizae laboratory and AZOFERT[®] was obtained from Physiology and Biochemistry Vegetable Department. Four treatments were used: absolute control, *Glomus cubense*, AZOFERT[®] and *Glomus cubense* + AZOFERT[®]. Two evaluation were carried out one to 45 days after seeding and the other one in the harvest. Fungal, growth and nodulation indicators and yield were determined. Data were analyzed by STATGRAPHICS statistic program for Windows. Results showed positive effect of *Glomus cubense* and AZOFERT[®] inoculations. *Glomus cubense* + AZOFERT[®] coinoculation obtained 1658 kg ha⁻¹ yield. Application of these products can be an alternative to peanut production in current conditions.

Key words: stimulants, grains, nutrition, yield

RESUMEN. El maní (*Arachis hypogaea* L. cv Spanish-Valencia) es un cultivo que posee una gran relevancia comercial y un alto valor nutritivo. Con el objetivo de evaluar la influencia (*Glomus cubense*) de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el mismo, se desarrolló esta investigación en la Finca “La Esperanza”, San José de las Lajas. La cepa utilizada fue HMA *Glomus cubense* reproducida en el laboratorio de micorrizas arbusculares y el AZOFERT[®] obtenido en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del (INCA). Se utilizaron cuatro tratamientos: testigo absoluto, *Glomus cubense*, AZOFERT[®] y *Glomus cubense* + AZOFERT[®]. Se realizaron dos evaluaciones: una a los 45 días después de la siembra y en la cosecha. Se determinaron indicadores fúngicos, de nodulación, crecimiento de las plantas y rendimiento del cultivo. Los datos se procesaron a través del programa estadístico STATGRAPHICS para Windows. Los resultados mostraron el efecto positivo de las inoculaciones con *Glomus cubense* y AZOFERT[®]. Esta alcanzó un rendimiento de 1 658 kg ha⁻¹. La aplicación de estos inoculantes constituye una alternativa para la producción de maní en las condiciones actuales.

Palabras clave: estimulantes, granos, nutrición, rendimiento

INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es un cultivo que posee una gran relevancia comercial y en la

última década se han incrementado los esfuerzos por aumentar sus volúmenes de producción. Dentro de sus principales usos se destaca su rol en la alimentación humana, ya que sus semillas se emplean para producir mantequilla de maní y aceite; en la alimentación animal se considera una fuente proteica de gran calidad. Dentro de los países de mayores volúmenes de producción del cultivo se encuentra China con 39,9 millones de toneladas métricas, seguido por la India y los Estados Unidos.

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Carretera Tapaste, Km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

² Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Autopista Nacional, Km 23½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

✉ ymujica@inca.edu.cu

Con el 71 % de las exportaciones mundiales se destacan Argentina, Estados Unidos, Sudán, Senegal y Brasil; mientras que la India, Vietnam y algunos países africanos entran periódicamente en el mercado mundial en función de su demanda (1).

En el caso de Cuba, las producciones del maní se centran en pequeños productores con bajos insumos y no todos aplican fertilizantes. Por lo tanto, el incremento en el rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones donde intervienen el genotipo, el clima, el suelo, el manejo del cultivo y un adecuado suministro de nutrientes (2).

Asociados a la rizósfera, habitan diversos microorganismos, cuya capacidad de promover el crecimiento de cultivos de interés, mediante la producción de fitohormonas, el aporte de nutrientes al suelo o a las plantas, o la prevención de enfermedades fúngicas (2, 3); puede ser explotada como una estrategia sustentable para incrementar la productividad de maní. Por eso, uno de los elementos más valiosos a considerar en la Agricultura Sostenible lo constituye el uso de biofertilizantes, los cuales son una alternativa viable e importante para lograr un desarrollo agrícola que permita la producción a bajo costo, sin contaminar el ambiente y conservando la fertilidad y biodiversidad del suelo (4).

Dentro de estos grupos microbianos se destacan, como elementos imprescindibles, las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) quienes actúan de forma coordinada en la interfase suelo-raíz (5, 6).

El maní, al igual que otras leguminosas, establece simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que le permite al cultivo fijar el nitrógeno atmosférico, al igual que optimizar las dosis de fertilizante nitrogenado; en este sentido, algunos estudios demuestran la efectividad de este proceso en el cultivo de la soya (*Glycine max* L.) (7, 8).

Por otra parte, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desempeñan un rol importante en la nutrición mineral (6, 9, 10) y en los últimos años se han desarrollado investigaciones que avalan el efecto positivo de la inoculación de estos simbionte en viveros de aguacate (11), en hortalizas tales como el tomate en condiciones de estrés abiótico (12), en pastos como la *Brachiaria* (13);

sin embargo, para el caso del cultivo del maní los resultados son limitados. La combinación simultánea de PGPR y HMA ha inducido sinergismo, que se ha reflejado en un incremento del crecimiento, del contenido de nitrógeno y del fósforo en las plantas y de la producción, comparadas con las inoculadas por separado (7).

En Cuba se ha desarrollado una estrategia, en aras de incrementar los rendimientos en cultivos priorizados, que brinda a productores vinculados un paquete tecnológico con insumos necesarios para garantizar la producción de alimentos. Este responde, principalmente, al cultivo del frijol y en muchos casos, la entrega no se hace en tiempo, cuestión esta que compromete el proceso productivo. Para el caso del maní no se tiene este beneficio, pero aun así en el país muchos productores, a pesar de las dificultades, destinan áreas en sus fincas para su siembra, por lo que se hace necesario la búsqueda de alternativas nutricionales que favorezcan el crecimiento y rendimiento del cultivo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes sobre el cultivo y la importancia de estos microorganismos, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El estudio se desarrolló en las áreas de la Finca "La Esperanza", perteneciente a la CCS "Nelson Fernández", San José de las Lajas, Mayabeque. El tipo de suelo empleado se clasificó como Ferralítico Rojo lixiviado (14), se correlacionó con Nitisol ferralítico (éutrico, ródico) (15) y en la Tabla I se describen algunas de sus características químicas a la profundidad de 0-20 cm, así como del número de esporas de HMA residentes (50 g de suelo⁻¹).

El experimento se llevó a cabo durante los años 2014 y 2015 y la preparación de suelo se realizó en la época de seca para garantizar una exitosa siembra en el periodo lluvioso (mayo-octubre).

Tabla I. Características químicas del suelo correspondiente al área experimental y número de esporas de HMA residentes

Variables	pH	MO (%)	P (mg kg ⁻¹)	Ca	Mg	K	Na	Suma de bases	Esporas HMA/50 g
	6,9	1,07	173	10,5	3,0	0,45	0,06	14,01	15

Determinaciones químicas: pH al H₂O, Potenciómetro; Materia Orgánica (MO), Walkley Black; Fósforo (P), Oniani; Cationes, Ca²⁺, Mg²⁺, Na¹⁺ y K¹⁺, Método de Maslova; Esporas de HMA (16) con modificaciones (17)

DESCRIPCIÓN DE LOS INOCULANTES

Se utilizaron la especie fúngica *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) (18) y el inoculante líquido AZOFER® (*Rhizobium*-maní); ambos logrados en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); uno en el laboratorio de micorrizas arbusculares y el otro en el de Fisiología y Bioquímica Vegetal respectivamente. La inoculación del primero se realizó mediante la técnica de recubrimiento de las semillas en el momento de la siembra y se utilizó inóculo certificado con una pureza de 20 esporas g de suelo⁻¹ y la del segundo a partir de cepas previamente aisladas de la rizosfera de dicho cultivo. Este último tenía una concentración de 10⁸ unidades formadoras de colonias (UFC).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Este experimento se estableció siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, parcelas de 5x3 m², con una separación entre ellas de 1 m para un área total de 400 m² y siete surcos por parcela con una distancia entre 40 cm. Las semillas fueron previamente desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % (19) y se colocaron a la sombra hasta lograr un secado uniforme. La siembra se realizó de forma manual, en horas bien tempranas de la mañana y las semillas se sembraron a una profundidad entre 5-10 cm.

Se utilizaron cuatro tratamientos: T1 (testigo absoluto), T2 (AZOFERT®), T3 (HMA-*Glomus cubense*) y T4 (AZOFERT®+HMA-*Glomus cubense*). La aplicación de urea solo se realizó en el momento de la siembra en los tratamientos inoculados y coinoculados con los microorganismos en una dosis de 300 g.

VARIABLES ANALIZADAS

Indicadores fúngicos: las raíces fueron lavadas con abundante agua común, se colocaron en una estufa a 70 °C hasta alcanzar peso constante, posteriormente fueron teñidas (20). La lectura de las muestras se realizó en un estereoscopio (Carl Zeiss, Stemi 2000-C/50x) y a continuación se estimaron los indicadores de frecuencia e intensidad de la colonización, según la metodología descrita en el Manual de Procedimientos (21).

Cuantificación de nódulos: las raíces fueron lavadas hasta quedar desprovistas de suelo, una vez limpias, se les determinó el número de nódulos en la raíz principal (NRP), en la raíz secundaria (NRS) y de nódulos totales (NT).

Índices foliares de las plantas: para la determinación de la masa seca aérea (MSA) (g) las muestras permanecieron en la estufa a 70 °C hasta obtener peso constante.

Rendimiento: se determinó el peso de 100 granos (g), el número de legumbres por planta y el rendimiento (kg ha⁻¹).

Se determinó el Índice de Eficiencia (IE) de la coinoculación para el rendimiento, empleando la siguiente ecuación (22):

$$\frac{\text{Rend. tratam. coinoculad} - \text{Rend. Testigo}}{\text{Rend. testigo}} \times 100$$

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se procesaron mediante el análisis de varianza, según modelo de clasificación doble al dato original, considerando el diseño experimental utilizado, y las medias fueron comparadas mediante la dócima de Duncan para un 5 % de significación (23), después de verificarse que cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianzas. Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS para Windows (24).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INDICADORES FÚNGICOS

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de los indicadores fúngicos evaluados en el maní a los 45 días después de la siembra. Para el caso de la frecuencia de colonización micorrízica (Figura 1A) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, siendo el tratamiento coinoculado con *Glomus cubense* + AZOFERT® el que mostró los valores superiores (54 %). Por su parte, el tratamiento inoculado con *Glomus cubense* alcanzó valores de un 48 %, difiriendo significativamente del tratamiento coinoculado; mientras que el tratamiento inoculado con AZOFERT® se alcanzaron valores de 21 %; este superó significativamente al tratamiento testigo (5 %).

La intensidad de la colonización micorrízica es un indicador que permite evaluar la cantidad porcentual de estructuras fúngicas en el interior de una raíz micorrizada y su comportamiento a los 45 DDS en el cultivo del maní se muestra en la Figura 1B. Se pudo comprobar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, siendo la variante coinoculada con *Glomus cubense* + AZOFERT® la que alcanzó valores superiores a 1,15 %. El tratamiento inoculado con la cepa de HMA difirió significativamente del tratamiento coinoculado y alcanzó cifras de 0,97 %. Para el tratamiento testigo y el inoculado con el AZOFERT® no se encontraron diferencias significativas y alcanzaron valores de 0,12 %.

Las comunidades microbianas asociadas con el sistema de raíces, se considera que desempeñan un papel clave en el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, debido a que, en muchos casos, pueden provocar efectos sinérgicos.

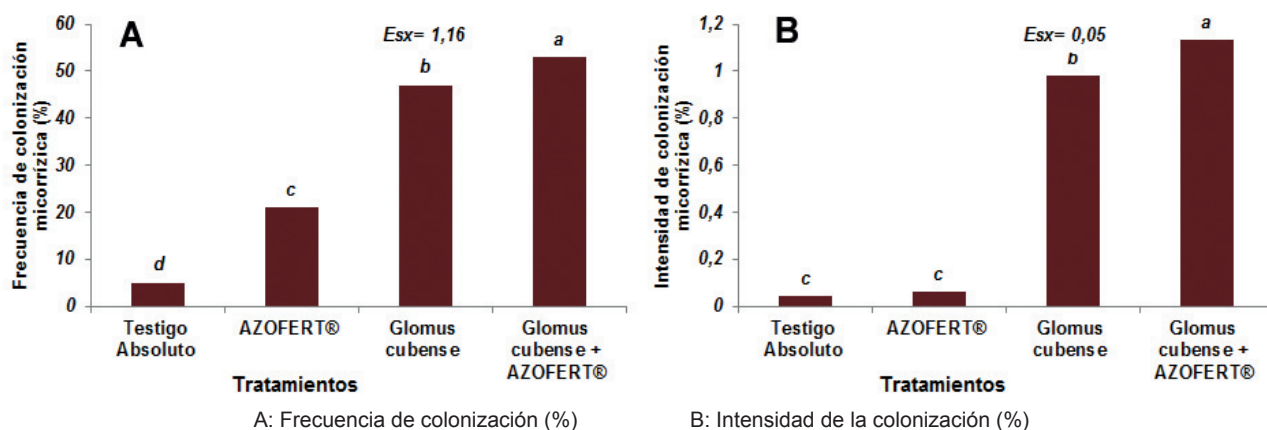


Figura 1. Comportamiento de los indicadores fúngicos en el cultivo del maní a los 45 DDS

La respuesta encontrada en los indicadores fúngicos para los tratamientos tres y cuatro, pudo estar relacionada a que los HMA liberan compuestos a la rizosfera capaces de atraer a otros microorganismos favoreciendo la colonización de la planta (25).

Por otra parte, la respuesta encontrada en los tratamientos testigo absoluto y el inoculado con AZOFERT®, para los indicadores de funcionamiento micorrízico pudo estar relacionada a la presencia de estructuras fúngicas menos competitivas residentes en el suelo donde se desarrolló este estudio. Un análisis integral entre ambos indicadores (frecuencia e intensidad de colonización micorrízica) permite comprobar que la coinoculación potenció la actividad fúngica de la cepa de *Glomus cubense*.

Otro elemento que favoreció la actividad de este hongo fue el estado nutricional inicial del suelo, pues al evaluar los resultados se pudo apreciar una fertilidad media (Tabla I) y para estas condiciones se recomienda la inoculación de dicha cepa (26).

Estudios realizados por estos autores, en diferentes cultivos (malanga, plátano y boniato), demostraron una baja especificidad cepa de HMA-cultivo, siendo la alta especificidad cepa-tipo de suelo la que determina la eficiencia del hongo.

Otras evidencias señalan que un aumento en la fertilidad del suelo puede, a su vez, producir el efecto contrario y convertir esta relación mutualista en parasitaria (27).

INOCULACIÓN CON AZOFERT®

En cuanto a los indicadores de eficiencia de la nodulación se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en estudio (Tabla II). Como puede apreciarse el tratamiento inoculado con AZOFERT® y el coinoculado (*Glomus cubense* + AZOFERT®) alcanzaron valores superiores y no difirieron entre sí. Por su parte, el que fue inoculado con *Glomus cubense* obtuvo valores inferiores, si se compara con los obtenidos por el dos y el cuatro, pero los mismos a su vez, superaron al testigo.

Tabla II. Comportamiento de la eficiencia de la nodulación en los tratamientos en estudio

Tratamientos	Raíz Principal (Rp)	Raíz Secundaria (Rs)	Total/ Nódulos
Testigo absoluto	16,41 ^c	6,84 ^c	23,25 ^c
AZOFERT®	86,73 ^a	36,94 ^a	123,67 ^a
HMA (<i>Glomus cubense</i>)	28,82 ^b	20,21 ^b	49,03 ^b
AZOFERT® + HMA (<i>Glomus cubense</i>)	89,91 ^a	35,09 ^a	125,00 ^a
EsX	7,23(*)	4,41(*)	9,11(*)

Medias con letras iguales por cada columna no difieren significativamente para Duncan ($p < 0,05$)

Para el caso de los nódulos totales, los valores alcanzados en el tratamiento con AZOFERT® y el coinoculado, fueron de 123,67 y 125,00 respectivamente, mientras el inoculado con HMA solo obtuvo 49,03 y el testigo 23,25. Mientras que para los nódulos totales en la raíz primaria los valores obtenidos por los tratamientos dos y el cuatro, fueron de 86,73 y 89,91 respectivamente; por su parte, en el tres se alcanzaron cifras de 28,82 y en el uno de 16,41. Por otra parte, las cifras obtenidas por el tratamiento con AZOFERT® y el coinoculado en el indicador de nódulos totales en la raíz secundaria fueron de 36,94 y 35,09 respectivamente y para la inoculación con *Glomus cubense* se obtuvo 20,21 y 6,84 para el testigo.

El *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas. Frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa; por lo tanto, cuando los que están en el suelo (rhizobios residentes) no fijan las cantidades suficientes de N para las leguminosas, es necesario inocular la semilla antes de la siembra para asegurar la fijación biológica del nitrógeno (25). Por ello, a pesar de que el cultivo del maní tiene la capacidad de establecer simbiosis con *Rhizobium* residentes en los suelos, en el presente estudio se pudo comprobar que la respuesta encontrada en los tratamientos

uno y tres para los indicadores de nodulación, pudo estar relacionada con la presencia de este género en el suelo; sin embargo, los resultados demostraron su baja capacidad infectiva si se compara con las otras variantes en estudio.

Resulta válido resaltar que, un elemento que determina la eficiencia en la interacción *Rhizobium* –leguminosa es la dependencia de la planta y la bacteria, debido a que la planta excreta metabolitos secundarios hacia la rizosfera, entre ellos flavonoides, que determinan la inducción de los genes de nodulación del rizobio, la producción de los factores de nodulación, la adhesión de las células microbianas a la raíz, la inducción de la división celular en la planta, seguido de la penetración del microsimbionte, hasta la formación del simbiosoma y su funcionamiento dentro del nódulo (5). De igual forma, otros estudios han demostrado que los HMA, específicamente su micelio externo y las esporas, inducen cambios en la composición de los exudados de las raíces que favorecen la estructura de la comunidad bacteriana de la rizósfera (28).

Asimismo, la respuesta obtenida en el tratamiento coinoculado está vinculada a que las relaciones mutualistas que se establecen entre las micorrizas y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal están dadas, por un lado por las bacterias, que ponen a disposición el nitrógeno atmosférico fijado y por otra, por las micorrizas, las cuales incrementan la absorción de otros elementos, entre los que se puede mencionar el fósforo, elemento muy significativo para garantizar una adecuada fijación del nitrógeno y el crecimiento de las plantas (27).

COMPORTAMIENTO DE LA INOCULACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO

El comportamiento de la inoculación sobre los indicadores crecimiento y desarrollo de la masa seca del cultivo a los 45 DDS se muestra en la Figura 2. Como se puede observar en la misma, el tratamiento coinoculado con la cepa de HMA *Glomus cubense* y AZOFERT® alcanzó valores superiores de 60 g; el de los tratamientos inoculados de forma simple no difirieron significativamente entre sí con valores de 33 g; mientras que el testigo absoluto difirió de todas las variantes en estudio y alcanzó valores inferiores (25 g).

La masa seca aérea es uno de los indicadores que permite comprobar el beneficio que se obtiene cuando se emplean inoculantes microbianos, debido a que se estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas alcanzando incrementos significativos. Probablemente la respuesta obtenida para este indicador en el cultivo del maní coincide con investigaciones realizadas para evaluar la influencia de la interacción maíz, asociado con leguminosas inoculadas con *Rhizobium*, en el cual fue posible incrementar la masa seca en el cultivo del maíz, sembrado en rotación con leguminosas inoculadas (29).

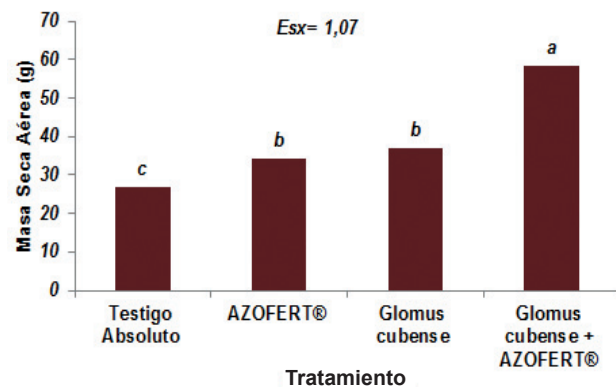


Figura 2. Influencia de la inoculación sobre la masa seca aérea (g) del cultivo del maní a los 45 DDS

COMPORTAMIENTO DE LA INOCULACIÓN EN EL RENDIMIENTO Y ALGUNOS COMPONENTES

El comportamiento del rendimiento y algunos de sus componentes se muestran en la Tabla III. Para la variable masa de 100 granos, se pudo comprobar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, destacándose con igual nivel de significación, el tratamiento inoculado con AZOFERT® y el coinoculado (*Glomus cubense* + AZOFERT®), con valores de 1 546 y 1 560 g respectivamente. En el que se inoculó con la cepa de HMA se pudo observar una respuesta promisoriosa para este indicador, en el cual se alcanzaron valores que superaron al testigo absoluto.

En cuanto al rendimiento se encontró un comportamiento diferenciado entre los tratamientos estudiados destacándose el tratamiento coinoculado con valores de 1 658 kg ha⁻¹. El tratamiento inoculado con AZOFERT® obtuvo valores de rendimiento de 1 486 kg ha⁻¹ y difirió significativamente de la variante inoculada con HMA (1 238 kg ha⁻¹), mientras que el tratamiento testigo absoluto alcanzó valores inferiores de 856 kg ha⁻¹. En cuanto al índice de eficiencia (IE) de la coinoculación, con respecto al tratamiento testigo se encontró valores de 93 %.

Otro elemento distintivo que determina la eficiencia de la aplicación de inoculantes microbianos y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas son las condiciones climáticas. En Cuba, como en muchas regiones tropicales, la explotación agrícola se favorece en el período lluvioso. Ello se debe no solo a la mayor cantidad de precipitaciones, sino también a los mayores niveles de temperatura y humedad que concurren durante ese período, lo cual pudiera determinar la respuesta en las inoculaciones de microorganismos (1).

Tabla III. Comportamiento del rendimiento y algunos componentes durante el experimento

Tratamientos	Masa 100 granos (g)	No. legumbres/ plantas	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Testigo absoluto	691 ^c	8,21 ^d	856 ^d
AZOFERT®	1 546 ^a	15,1 ^b	1 486 ^b
HMA (<i>Glomus cubense</i>)	1 249 ^b	12,44 ^c	1 238 ^c
AZOFERT® + HMA (<i>Glomus cubense</i>)	1 560 ^a	17,36 ^a	1 658 ^a
EsX	0,31(*)	0,06(*)	0,09(*)

Medias con letras iguales por cada columna no difieren significativamente para Duncan (p<0,05)

Esto unido al incremento en el volumen de exploración del suelo, mayor traslocación de agua y nutrientes del suelo a la planta, favorece su estado nutricional y por lo tanto su crecimiento y desarrollo (2).

CONCLUSIONES

- ◆ La aplicación de *Glomus cubense* y AZOFERT® fue efectiva en el cultivo del maní al evaluar los indicadores de funcionamiento para cada simbiote, pero la coinoculación incrementó significativamente la masa seca aérea y el rendimiento, con un índice de eficiencia del 93 %.
- ◆ El empleo de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal constituye una alternativa ecológica para incrementar los rendimientos y favorecer la conservación y protección del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al productor Adalberto Hernández por permitir realizar esta investigación en su Finca.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pedelini, R. *Maní. Guía práctica para su cultivo. Boletín de Divulgación Técnica* [en línea]. 2.ª ed., Ed. INTA, 2012, 143 p., ISSN 1851-4081, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <<http://inta.gov.ar/documentos/mani-guia-practica-para-su-cultivo>>.
2. Solaiman, Z. M.; Abbott, L. K. y Varma, A. *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration* [en línea]. (ser. Soil Biology), vol. 41, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2014, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-662-45369-8, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45370-4>>.
3. Smith, S. E. y Smith, A. "Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Nutrition and Growth: New Paradigms from Cellular to Ecosystem Scales". *Annual Review of Plant Biology*, vol. 62, no. 1, 2011, pp. 227-250, ISSN 1545-2123, DOI 10.1146/annurev-arplant-042110-103846.
4. Thangavel, P. y Sridevi, G. *Environmental Sustainability* [en línea]. Ed. Springer India, 2015, New Delhi, ISBN 978-81-322-2055-8, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <<http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-2056-5>>.
5. Arora, N. K.; Khare, E. y Maheshwari, D. K. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Constraints in Bioformulation, Commercialization, and Future Strategies" [en línea]. En: ed. Maheshwari D. K., *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*, (ser. Microbiology Monographs, no. ser. 18), Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 97-116, ISBN 978-3-642-13611-5, DOI 10.1007/978-3-642-13612-2_5, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-13612-2_5>.
6. Camargo-Ricalde, S.; Montaña, N.; de la Rosa, C. y Montaña, S. "Micorizas: Una gran unión debajo del suelo". *Revista Digital Universitaria*, vol. 13, no. 7, 2012, pp. 1-19, ISSN 1607-6079.
7. Figueiredo, M. do V. B.; Seldin, L.; Araujo, F. F. de y Mariano, R. de L. R. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamentals and Applications" [en línea]. En: ed. Maheshwari D. K., *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*, (ser. Microbiology Monographs, no. ser. 18), Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 21-43, ISBN 978-3-642-13611-5, DOI 10.1007/978-3-642-13612-2_2, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-13612-2_2>.
8. Corbera, G. J. y Nápoles, M. C. "Efecto de la inoculación conjunta Bradyrhizobium elkanii-hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 2, 2013, pp. 05-11, ISSN 0258-5936.
9. Miransari, M. "Arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen uptake". *Archives of Microbiology*, vol. 193, no. 2, 2011, pp. 77-81, ISSN 0302-8933, 1432-072X, DOI 10.1007/s00203-010-0657-6.
10. Garcia, K. y Zimmermann, S. D. "The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition". *Frontiers in Plant Science*, vol. 5, no. 337, 2014, ISSN 1664-462X, DOI 10.3389/fpls.2014.00337, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4101882/>>.
11. Montañez, I.; Vargas, C.; Cabezas, M. y Cuervo, J. "Colonización micorrízica en plantas de aguacate (*Persea americana* L.)". *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 13, no. 2, 2010, pp. 51-60, ISSN 0123-4226.
12. Mujica, Y. y Fuentes, A. G. "Efecto a la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo del tomate en condiciones de estrés abiótico". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, 2012, pp. 40-46, ISSN 0258-5936.
13. Prieto, B. O.; Belezaca, P. C.; Mora, S. W.; Vallejo, Z. E.; Gutiérrez, L. V. y Pinargote, M. E. "Inoculación de *Brachiaria decumbens* con hongos formadores de micorriza arbuscular nativos del Trópico Húmedo Ecuatoriano". *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 4, no. 2, 2011, pp. 9-18, ISSN 1390-4051.

14. Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Ed. Ediciones INCA, 2015, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
15. IUSS Working Group WRB. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. (ed. Micheli E.), (ser. World Soil Resources Reports, no. ser. 103), 2.ª ed., Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007, Rome, Italy, 128 p., ISBN 978-92-5-105511-3.
16. Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H. "Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting". *Transactions of the British Mycological Society*, vol. 46, no. 2, 1963, pp. 235-244, ISSN 0007-1536, DOI 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.
17. Herrera, R. A.; Ferrer, R. L.; Furrázola, E. y Orozco, M. O. *Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical*. (ed. ser. Monasterio M.), Biodiversidad en Iberoamérica. Ecosistemas, Evolución y Procesos Sociales, Inst. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Subprograma XII, Diversidad Biológica, 1995, Mérida, México.
18. Rodríguez, Y.; Dalpé, Y.; Séguin, S.; Fernández, K.; Fernández, F. y Rivera, R. A. "*Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba". *Mycotaxon*, vol. 118, no. 1, 2012, pp. 337-347, ISSN 0093-4666, 2154-8889, DOI 10.5248/118.337.
19. Ortega, E. y Rodés, R. *Manual de prácticas de laboratorio de fisiología vegetal*. Ed. Pueblo y Educación, 1986, La Habana, Cuba, 196 p.
20. Rodríguez, Y.; Arias, L.; Medina, A.; Mujica, Y.; Medina, L. R.; Fernández, K. y Mena, A. "Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 2, 2015, pp. 18-21, ISSN 0258-5936.
21. Trouvelot, A.; Kough, J. y Gianinazzi-Pearson, V. "Mesure du Taux de Mycorrhization VA d'un Systeme Radiculaire. Recherche de Methodes d'Estimation ayant une Signification Fonctionnelle". En: eds. Gianinazzi-Pearson V. y Gianinazzi S., *European Symposium on Mycorrhizae: Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, Ed. INRA, Paris, France, 1985, p. 217-222.
22. Rivera, E. R. y Fernández, S. K. *El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible: Estudio de caso El Caribe* [en línea]. Ed. Ediciones INCA, 2003, La Habana, Cuba, 166 p., ISBN 978-959-7023-24-1, [Consultado: 10 de enero de 2017], Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/299979710_El_manejo_efectivo_de_la_simbiosis_micorrizica_una_via_hacia_la_agricultura_sostenible_Estudio_de_caso_El_Caribe>.
23. Duncan, D. B. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, vol. 11, no. 1, 1955, pp. 1-42, ISSN 0006-341X, DOI 10.2307/3001478.
24. Statistical Graphics Corp. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
25. Das, A. y Varma, A. "Symbiosis: The Art of Living" [en línea]. En: eds. Varma A. y Kharkwal A. C., *Symbiotic Fungi*, (ser. Soil Biology, no. ser. 18), Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 1-28, ISBN 978-3-540-95893-2, DOI 10.1007/978-3-540-95894-9_1, [Consultado: 31 de enero de 2017], Disponible en: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-95894-9_1>.
26. 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: Hamel C. y Plenchette C., *Mycorrhizae in crop production*, Ed. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, N.Y., 2007, pp. 151-195, ISBN 978-1-56022-306-1.
27. Cano, M. A. "A review of interaction of beneficial microorganisms in plants: mycorrhizae, *Trichoderma spp.* and *Pseudomonas spp.*". *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 14, no. 2, 2011, pp. 15-31, ISSN 0123-4226.
28. Welc, M.; Ravnskov, S.; Kieliszewska-Rokicka, B. y Larsen, J. "Suppression of other soil microorganisms by mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in root-free soil". *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, no. 9, 2010, pp. 1534-1540, ISSN 0038-0717, DOI 10.1016/j.soilbio.2010.05.024.
29. Ejigui, J.; Savoie, L.; Marin, J. y Desrosiers, T. "Improvement of the nutritional quality of a traditional complementary porridge made of fermented yellow maize (*Zea mays*): effect of maize-legume combinations and traditional processing methods". *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 28, no. 1, 2007, pp. 23-34, ISSN 0379-5721.

Recibido: 18 de enero de 2016

Aceptado: 7 de julio de 2016