



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del maíz inoculado con hongos micorrízicos arbusculares y asociado con canavalia en la producción de forraje

Effect of corn inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and associated with canavalia on forage production

Lázaro J. Ojeda Quintana¹ , Ramón Rivera Espinosa² , Juan José de la Rosa Capote¹ ,
Osvaldo Arteaga Rodríguez³ 

¹ Centro Universitario Municipal Cumanayagua, Universidad de Cienfuegos Carlos R. Rodríguez, Calle Los Filtros No. 18.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, CP 32700, Mayabeque, Cuba

³ Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) Suelos Cienfuegos, Carretera a Manicaragua, km 13½, Barajagua, Cumanayagua, Cienfuegos

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 19/07/2019
Aceptado: 13/07/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Lázaro J. Ojeda Quintana
joberverde@azurina.cult.cu



RESUMEN

Con el objetivo de determinar la respuesta de la producción y calidad del forraje de maíz inoculado con hongos micorrízicos arbusculares y de su asociación con canavalia, se desarrolló un experimento en el Centro Universitario Municipal de Cumanayagua, en un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: maíz + *Funneliformis mosseae*, maíz + *F. mosseae* + *Canavalia ensiformis*, maíz + *C. ensiformis*, maíz + NPK y maíz sobre suelo Pardo grisáceo. Se emplearon bolsas de polietileno con capacidad para 2 kg de suelo. En el momento de la siembra, el maíz fue inoculado con *F. mosseae* por el método de recubrimiento de la semilla. A los 15 días de su emergencia se sembró la canavalia. A los 60 días se midió el diámetro del tallo y a los 75 días se determinó la producción de biomasa y el porcentaje de proteína bruta del maíz, la canavalia y de su asociación. El mayor crecimiento y producción de maíz se encontró en presencia de la fertilización mineral. La producción de biomasa y proteína bruta del forraje respondieron positivamente a la inoculación micorrízica del maíz y la asociación con canavalia, con los mayores beneficios en la aplicación de ambas prácticas. En el forraje de la asociación, la producción de biomasa y de proteína bruta se incrementó en 24,6 y 15,03, y 29,8 y 23,4 %, respectivamente,

en relación al forraje del maíz solo. Fue superior cuando se inoculó el maíz con la micorriza. El comportamiento inferior de la aplicación conjunta con respecto a la fertilización mineral sugiere la necesidad de complementar la misma con dosis bajas de fertilizantes para optimizar sus beneficios.

Palabras clave: Biofertilizante, biomasa, proteína bruta, *Zea mays*

ABSTRACT

With the objective of determining the response of the production and quality of maize forage inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and their association with canavalia, an experiment was carried out at Centro Universitario Municipal of Cumanayagua, in a randomized block design with five treatments and four replications: maize + *Funneliformis mosseae*, maize + *F. mosseae* + *Canavalia ensiformis*, maize + *C. ensiformis*, maize + NPK and maize on grayish brown soil. Polyethylene bags with a capacity of 2 kg of soil were used. At planting, the maize was inoculated with *F. mosseae* by the seed coating method. Fifteen days after emergence, the canavalia was planted. At 60 days, stem diameter was measured and at 75 days, biomass production and crude protein percentage of maize, canavalia and their association were determined. The highest growth and production of maize was found in the presence of mineral fertilization. Biomass production and gross protein of forage responded positively to mycorrhizal inoculation of maize and the association with canavalia, with the greatest benefits in the application of both practices. In the association forage, biomass and gross protein production increased by 24.6 and 15.03 %, and 29.8 and 23.4 %, respectively, relative to maize forage alone. It was higher when maize was inoculated with mycorrhiza. The inferior performance of co-application with respect to mineral fertilization suggests the need to supplement it with low doses of fertilizers to optimize its benefits.

Keywords: Biofertilizer, biomass, gross protein, *Zea mays*

INTRODUCCIÓN

En el mundo, los sistemas de producción de los rumiantes basan fundamentalmente la alimentación del rebaño en pastos y cultivos forrajeros que ocupan una superficie aproximada de 3500×10^6 ha, cerca de 72 % del área dedicada a la agricultura y un 27 % del total de la tierra (González *et al.*, 2011a).

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Perteneció a la familia poaceae, tribu Maydeas, única especie cultivada de este género. Es un cultivo altamente diverso que, de acuerdo con las evidencias encontradas, pudo haberse originado en Mesoamérica (México, Guatemala) (Acosta, 2009). En el caso del consumo animal, se utiliza como forraje fresco, ensilado o rastrojo (Luna *et al.*, 2013).

La intensificación ganadera con adaptación al cambio climático requiere aplicar principios agroecológicos que permitan elevar la eficiencia de varios procesos biofísicos esenciales como es

la fijación de nitrógeno, la actividad biológica del suelo y el reciclado de nutrientes con la finalidad de aumentar la producción y la calidad de la biomasa e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo (Murgueitio *et al.*, 2015). En estos procesos intervienen las leguminosas y se integra además el uso de biofertilizantes elaborados a partir de diferentes microorganismos del suelo.

El valor de las leguminosas utilizadas como abonos verdes y vía para el suministro de nitrógeno y reciclaje de nutrientes ha sido reconocido por los agricultores. Este efecto consiste fundamentalmente en el aporte de N, producto de la simbiosis entre las leguminosas y bacterias del género *Rhizobium*, así como la movilización de otros nutrimentos presentes en la biomasa de la leguminosa. No menos importante es la conservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que reduce los requerimientos de fertilizantes de los cultivos económicos

asociados y mejora las condiciones de crecimiento y desarrollo de los mismos (Peoples *et al.*, 2019).

El efecto benéfico del uso de leguminosas como suplemento de bovinos en época seca, tanto en producción como en calidad de la leche, está bien documentado. En la literatura y existen muchas opciones de estas especies con potencial para ser usadas, con sus respectivos beneficios en el mejoramiento de la fertilidad del suelo y productividad del cultivo asociado (Castro *et al.*, 2016).

Dentro de los biofertilizantes, el papel de las micorrizas abre nuevas perspectivas en la investigación sobre la nutrición de las plantas. Se reconoce que en la endosimbiosis de los hongos formadores de las micorrizas y la raíz de la planta cumplen la función de la toma y translocación de nutrientes a la planta, mejoran la absorción de agua, promueven la capacidad fotosintética de los cultivos, incrementan los agregados del suelo y establecen relaciones de cooperación con otros microorganismos benéficos entre otros ecoservicios (Xu *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018). En el caso específico de las leguminosas, las micorrizas incrementan la fijación de nitrógeno que ocasionan los rizobios (Bulgarelli *et al.*, 2017).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la respuesta de la producción y calidad del forraje de maíz inoculado con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y de su asociación con canavalia en suelo Pardo grisáceo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un área experimental del Centro Universitario del municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos. Se emplearon bolsas de polietileno horadadas con capacidad para 2 kg, en las que se depositó suelo del tipo Pardo grisáceo (Hernández *et al.*, 2015), con pH (KCl) 5,03, materia orgánica 2,93 %, P_2O_5 y K_2O : 1,23 y 4,43 mg 100 g suelo⁻¹, respectivamente.

El experimento se condujo en un diseño de Bloques al azar con 20 unidades experimentales y 4 réplicas, con los siguientes tratamientos:

- T1. Maíz + *Funneliformis mosseae* / INCAM-2

- T2. Maíz + *F. mosseae* / INCAM-2 + *C. ensiformis*
- T3. Maíz + *Canavalia ensiformis*
- T4. Maíz + NPK (Control)
- T5. Maíz (Testigo)

La cepa de HMA inoculada fue INCAM-2 perteneciente a la especie *Funneliformis mosseae* Nicol. y Gerd. Walker y Schüßler (Schüßler y Walker, 2011), procedente del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. Esta cepa se recomienda para inocular cultivos micótrofos y crecidos sobre suelos con pH-H₂O entre 4,5 y 5,4 (Rivera *et al.*, 2020a).

Cada inóculo contenía una riqueza fúngica de 30 esporas por gramo de sustrato⁻¹, así como abundantes cantidades de fragmentos de raicillas e hifas. La inoculación se realizó por el método del recubrimiento, para lo cual se sumergieron las semillas de maíz en una pasta fluida, elaborada mediante la mezcla de una cantidad de inóculo sólido y agua (Morejón *et al.*, 2017).

Se utilizó la variedad de maíz 'INIVIT M-4' y la *Canavalia ensiformis*. Se realizaron pruebas de germinación previamente de ambas semillas, con un 98 % de emergencia. En cada bolsa se sembraron tres semillas de canavalia 15 días después de haber brotado el maíz y se realizó un raleo, dejando una planta.

La fertilización NPK en el tratamiento control fue a razón 25, 40 y 120 kg ha⁻¹ respectivamente. El PK se aplicó sólo una vez en la siembra, conjuntamente con un 50 % de nitrógeno inicial y el resto fraccionado a los 25 días de sembrado el maíz. Las bolsas se rotaron cada 10 días entre replicas y tratamientos para contrarrestar el efecto de bordes.

Se realizaron las siguientes evaluaciones:

1. Grosor del tallo del maíz (cm)
2. Masa verde del maíz y la canavalia (g)
3. Producción de biomasa (g planta⁻¹), y de proteína bruta (%) para el maíz y su asociación:
 1. Producción de biomasa (g planta⁻¹) entonces = (masa verde (g planta⁻¹) x % Materia seca /100

2. Proteína bruta (%) = nitrógeno en biomasa (%) x 6,25

A los 60 días se midió con un pie de rey el grosor del tallo del maíz. De acuerdo al estado fisiológico y el desarrollo mostrado por las plantas el experimento se extendió hasta los 75 días, momento en el que se cortaron ambos cultivos. Inicialmente, se masó por independiente el maíz y la canavalia, seguidamente en los tratamientos con asociación se masaron las dos plantas juntas. Se determinó la masa verde (g), materia seca (%) por gravimetría, así como el nitrógeno en la biomasa (%) por digestión húmeda con H_2SO_4 + Se y colorimetría con el reactivo de Nessler (Paneque *et al.*, 2010).

Todos los caracteres cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza por lo cual se procedió a efectuar un ANOVA. Para la discriminación de medias se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$), en los casos en que el ANOVA resultó significativo. Como herramienta se usó el programa estadístico SPSS (versión 15.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa el grosor del tallo del maíz a los 60 días, donde el diámetro mayor estuvo en el tratamiento con la aplicación de NPK (1,08 cm), que difirió estadísticamente del resto de los tratamientos. El maíz respondió positivamente a las aplicaciones de inoculante o

a la asociación con canavalia. La aplicación conjunta de la canavalia y la inoculación del maíz, si bien presentó valores numéricamente mayores a la inoculación con micorrizica, no mostró diferencias significativas con este.

La respuesta de los tratamientos indicó que para la variable grosor del tallo resultó similar estadísticamente inocular el maíz con micorrizas en el momento de la siembra (T-1), que inocularlo y además asociarlo con canavalia (T-2). Sin embargo, la respuesta del tratamiento maíz + canavalia demostró que no inocular el maíz con los HMA, aún cuando estuvo asociado con canavalia, disminuyó el grosor del tallo, lo que indica el efecto favorable de la micorrización.

Mena *et al.* (2013) en macetas de plástico de 2,3 kg de capacidad, a las que se le añadieron 10 g de inóculo (11 esporas g^{-1}) de dos inoculantes micorrízicos formados por la especie *Glomus cubense* y el conglomerado de cepas Consorcio Selva, para estudiar las potencialidades en el crecimiento de plantas de maíz, el diámetro del tallo y biomasa seca encontraron que la especie *G. cubense* mostró una mejor respuesta del diámetro del tallo y de la biomasa, lo que muestra como miembros del género *Glomus* inciden favorablemente en estas variables evaluadas.

Otros autores como Montejó *et al.* (2018) reportaron incrementos satisfactorios en el diámetro del tallo de maíz inoculado con HMA, *Azospirillum brasilense* y reducción de la dosis

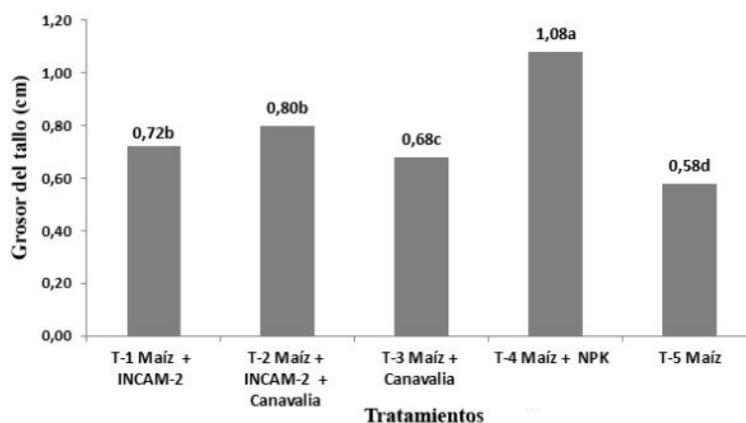


Figura 1. Influencia de la inoculación micorrízica y la asociación con canavalia sobre el grosor del tallo del maíz a los 60 días

ES (\pm): 0,234*

*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

del fertilizante a la mitad, lo que indica un efecto positivo de la combinación de microorganismos del suelo.

La figura 2 muestra la producción de biomasa del maíz. Se aprecia que la fertilización mineral (T-4) alcanzó la mayor producción (8,56 g), seguido de Maíz + INCAM-2 + Canavalia (5,49 g). Los tratamientos Maíz + Canavalia (4,79 g) y Maíz + INCAM-2 (4,74 g) no difirieron entre sí. El testigo obtuvo el menor rendimiento (2,48 g), con diferencias de todos los tratamientos.

A los efectos de utilizar el maíz como planta forrajera y obtener producciones de biomasa superiores al testigo, resultó favorable asociarlo con canavalia, tanto solo (T-3), como micorrizado (T-2) y también inocularlo únicamente con los HMA (T-1). Cuando el maíz fue inoculado con la micorriza (T-1) y asociado con canavalia (T-3) no hubo diferencias estadísticas entre ellos, lo que indica que la mayor producción de biomasa de maíz en relación al testigo se obtuvo cuando se combinó su asociación con la inoculación de las micorrizas (T-2). Este resultado puede constituir una alternativa para incrementar el rendimiento de forraje de maíz como cultivo principal, que los productores puedan asumir sin requerir exceso de recursos y además contribuye al mejoramiento del suelo por el aporte de nitrógeno de las leguminosas.

Autores como Castro *et al.* (2018) consideran una estrategia para resolver los problemas de alimentación en época seca la producción de cultivos forrajeros de maíz y sorgo, la cual puede

verse limitada por deficiencias de nitrógeno y cuya corrección con fertilizantes químicos es poco practicada por costosa. Una opción es el uso eficiente de fuentes alternativas de nitrógeno como son las leguminosas, primero para suplir N en cultivos agrícolas, y segundo, como fuente de alimentación de animales (Castro *et al.*, 2016).

Torres *et al.* (2018) al analizar el intercalado de maíz con leguminosas con fines de manejo concluyeron que la asociación de cultivos de maíz y leguminosas es una técnica agroecológica viable. Principalmente se favorece la conservación del suelo con el mejoramiento de su fertilidad, mejora el rendimiento del desarrollo de granos en la cosecha de maíz y leguminosas, y permiten beneficios ecológicos y económicos.

El aumento de la producción de biomasa del maíz inoculado con micorrizas pudiera estar relacionado con lo referido por Deguchi *et al.* (2007), quienes asociaron la colonización de las raíces y la densidad de hifas en el suelo. esto resultó en el aumento de la absorción de P y del rendimiento en el maíz en un suelo deficiente en P, como sucede en este trabajo que el mismo muestra 1,23 mg/100 g/suelo de P₂O₅.

La figura 3 refleja el contenido de proteína bruta del maíz. El tratamiento Maíz + NPK con 12,04 % alcanzó el mayor porcentaje de proteína bruta, seguido de los tratamientos Maíz + INCAM-2 + Canavalia (11,50 %), Maíz + Canavalia (9,88 %), Maíz + INCAM-2 (8,81 %) y el testigo (6,083 %) con el valor más bajo.

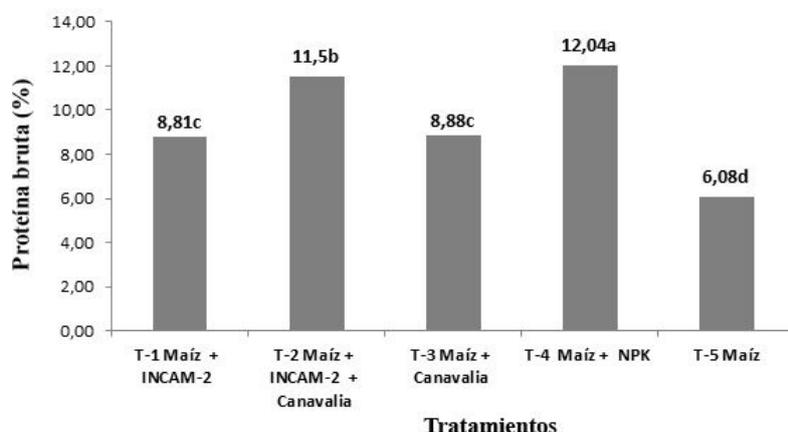


Figura 2. Efecto de los factores en la producción de biomasa del maíz a los 75 días del cultivo
Es (\pm): 0,231*

*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

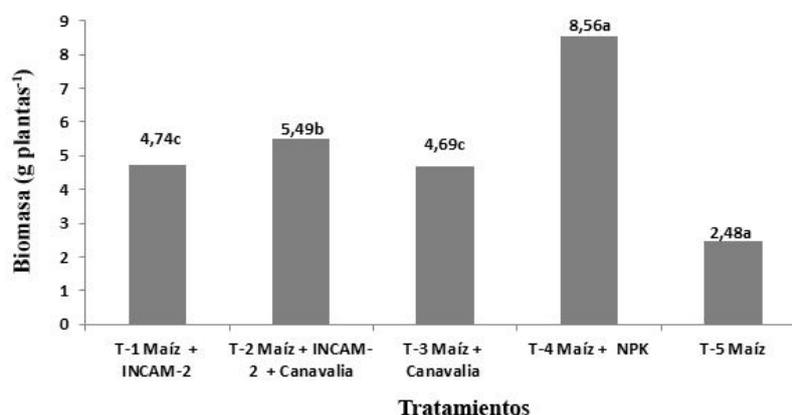


Figura 3. Porcentaje de proteína bruta del maíz a los 75 días del cultivo

Es (\pm): 0,210*

*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

Los resultados alcanzados indicaron que asociar el maíz con la canavalia e inocularlo además con micorriza incrementó el contenido de proteína bruta del forraje en relación al testigo y en la variante donde solo hubo inoculación micorrizica. Este resultado corrobora el efecto favorable de las leguminosas en el incremento de nitrógeno del suelo, que fue potenciado con la inoculación micorrizica e incidió favorablemente en los niveles de proteína bruta del maíz, si se tiene en cuenta que el contenido medio de proteína bruta del maíz es bajo. El papel que las leguminosas juegan en estas asociaciones es fundamental por el aporte de nitrógeno que incorporan al sistema y la relación beneficiosa suelo/planta/microorganismo que se establece.

Un propósito fundamental del trabajo era determinar la respuesta de las variables producción de biomasa y calidad del forraje del maíz cuando se asocia con la canavalia y se inocula además con las micorrizas. Se pudo apreciar en la tabla 1 que en el Tratamiento 2 la respuesta de estas variables fue superior estadísticamente al Tratamiento 3, lo que

evidencia el efecto favorable de la micorrización con la asociación de cultivos.

Al comparar la asociación maíz/canavalia, con el maíz como cultivo principal, se constató que la asociación permitió incrementos de la producción de biomasa (24,6 y 15,03 %, respectivamente) y de proteína bruta (29,8 y 23,4 %, respectivamente) en relación al maíz. Resultó evidente el efecto favorable de inocular el maíz con HMA y de asociar el mismo con *C. ensiformis* en relación al testigo.

Si bien la producción de forraje respondió positivamente a la aplicación conjunta de la inoculación del maíz y la asociación de la canavalia, la producción de biomasa fue inferior a la obtenida cuando el maíz se fertilizó. Estos resultados fueron explicables en la baja fertilidad de este suelo, y aunque se lograron incrementos en la eficiencia de absorción de nutrientes por la micorrización del maíz y la existencia de aportes y reciclaje de nutrientes por la canavalia estos no garantizan los requerimientos nutricionales para obtener rendimientos altos en la producción de biomasa e indica la necesidad de complementar estas

Tabla 1. Efecto de los factores en la producción de biomasa y proteína bruta del forraje de la asociación

Tratamientos	Producción de biomasa (g plantas ⁻¹)	Proteína bruta (%)
T-2. Maíz + INCAM-2 + Canavalia	6,87a	14,93a
T-3. Maíz + Canavalia	5,51b	12,2b
-Es \pm	-0,308	-0,899

*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$)a

prácticas con dosis bajas o medias de fertilizantes para de esa forma garantizar los requerimientos nutricionales del cultivo. Esto concuerda con los encontrados por diferentes autores trabajando con fertilizantes minerales (Rivera *et al.*, 2020a), orgánicos (González *et al.*, 2011b), o con el uso combinado de abonos verdes e inoculantes micorrizicos en diferentes cultivos (Rivera *et al.*, 2020b).

El uso de la Canavalia como asociación o cultivo intercalado se ha informado por numerosos autores. Pentón *et al.* (2016), consideraron que un arreglo espacial de la plantación de morera con mayor densidad de plantación y en doble surco, y el intercalamiento de canavalia inoculada con HMA, garantizaron una mejor respuesta de biomasa y de concentración de P y K en la morera. Las leguminosas representan un suplemento de interés en la ganadería durante periodos de sequías prolongados (Dubeux *et al.*, 2017).

El maíz es un cultivo que se coloniza eficientemente por los HMA, y similar a otras especies esta interacción simbiótica aumenta el crecimiento y desarrollo de las plantas, el contenido de fósforo, la acumulación de masa seca y la tasa fotosintética bajo condiciones limitadas de fósforo, incluso cuando la disposición para la adquisición de fósforo en condiciones de campo es una limitante para su cultivo (Wang *et al.*, 2018). Estos criterios derivan en la aplicabilidad de inocular micorrizas en este cultivo en los suelos Pardo grisáceos de la cuenca ganadera del municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, teniendo en cuenta la baja disponibilidad del fósforo asimilable y el grado de perturbación que los mismos manifiestan.

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizante mineral incrementó las variables evaluadas por encima de todos los tratamientos. En relación al testigo, el grosor del tallo fue mayor cuando el maíz se inoculó con micorrizas y cuando además de inoculado, se asoció con canavalia. La mayor producción de biomasa y el porcentaje de proteína bruta del forraje de maíz, en relación al testigo y a las variantes donde hubo indistintamente inoculación micorrizica y asociación con canavalia, se

encontró cuando el maíz se asoció con canavalia y se inoculó además con micorrizas. En el forraje de la asociación la producción de biomasa y de proteína bruta se incrementó en 24,6 y 15,03 %, y 29,8 y 23,4 %, respectivamente, en relación al forraje del maíz solo. La producción de forraje respondió positivamente a la aplicación conjunta de la inoculación del maíz y la asociación con la canavalia, aunque sin garantizar rendimientos altos de biomasa, lo que indica la necesidad de complementar estas prácticas con dosis bajas o medias de fertilizantes.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Lázaro J. Ojeda Quintana: Formuló, diseñó y condujo la investigación en campo. Evaluó y recopiló los datos en las pruebas de los experimentos, interpretó los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito. Rectificó los señalamientos realizados al mismo por los árbitros.

Ramón Rivera Espinosa: Jefe del Proyecto Nacional al que tributan las investigaciones del artículo. Intervino en la discusión de los objetivos de la investigación. Colaboró en la interpretación y discusión de los resultados del análisis estadístico. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el manuscrito, a partir del arbitraje realizado.

Juan José de la Rosa Capote: Participó en el montaje del experimento, seguimiento del mismo durante todo el período experimental. Realizó de conjunto con el equipo las observaciones sistemáticas, anotando las mismas en el registro de incidencia hasta el corte final y traslado de las muestras al laboratorio. Aportó criterios al manuscrito elaborado inicialmente.

Oswaldo Arteaga Rodríguez: Intervino en el montaje del experimento y en el procesamiento estadístico de los resultados. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R. 2009. El Cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 30 (2): 113-120.

- BULGARELLI, R. G., CASTRO M. F. RIBEIRO, R. V., *et al.* 2017. Mycorrhizae enhance nitrogen fixation and photosynthesis in phosphorus starved soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environmental and Experimental Botany*, 140: 26-33.
- CASTRO, R. E., SIERRA, A. M., MOJICA, J. E., *et al.* 2016. Uso múltiple de leguminosas como abono verde, en rotación con maíz, y heno, para producción de leche. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 17 (1): 17-29.
- CASTRO, E., MOJICA, J. E., CARULLA, J. E., *et al.* 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29 (3): 711-729.
- DEGUCHI, S., SHIMAZAKI, Y., UOZUMI, S., *et al.* 2007. White clover living mulch increases the yield of silage corn via arbuscular mycorrhizal fungus colonization. *Plant Soil*, 291 (1-2): 291-299.
- DUBEUX, J. C. B., MUIR, J. P., APOLINÁRIO, V. X., *et al.* 2017. Tree legumes: an underexploited resource in warm-climate silvopastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (8): 689-703.
- GONZÁLEZ, I., BETANCOURT, M., FUENMAYOR, A., *et al.* 2011a. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum sp.*) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29 (1): 103-112.
- GONZÁLEZ, P. J., ARZOLA, J., MORGAN, O., *et al.* 2011b. Efecto de la inoculación de la cepa de hongo micorrízico arbuscular *Glomus hoi-like* en la respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II (CIAT 36087) a la fertilización orgánica y nitrogenada. *Cultivos Tropicales*, 32 (4): 5-12.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J. M., BOSCH, D., *et al.* 2015 *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA, Instituto de Suelos, Mayabeque, Cuba, 91 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- LUNA, O. J. G., GARCÍA, H. J. L., PRECIADO, R. P., *et al.* 2013. Evaluation of hybrids from simple crosses using maize elite landraces with forage outstanding characteristics for a Mexican arid land. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16 (1): 119-126.
- MENA, A., OLALDE, V., FERNÁNDEZ, K., *et al.* 2013. Diferencias en la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la inoculación con *Glomus cubense* (Y. Rodr. & Dalpé) y con un conglomerado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales*, 34 (2): 12-15.
- MURGUEITIO, E., FLORES, M., CALLE, Z., *et al.* 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., *et al.* (eds.). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 59-101. ISBN: 978-958-9386-74-3.
- MOREJÓN, M., HERRERA, J. A., AYRA PARDO, C., *et al.* 2017. Alternatives in nutrition of transgenic maize FR-Bt1 (*Zea mays* L.): response in growth, development and production. *Cultivos Tropicales*, 38 (4): 146-155.
- MONTEJO-MARTÍNEZ, D., CASANOVA-LUGO, F., OROS-ORTEGA, I., *et al.* 2018. Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Agronomía Mesoamericana*, 29 (2): 325-341.
- PANEQUE, V. M., CALAÑA, J. M., CALDERÓN, M., *et al.* 2010. *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Cuba. 157 p. ISBN: 978-959-7023-51-7.
- PENTÓN, G., RIVERA, R., MARTÍN, G., *et al.* 2016. Intercalamiento de *Canavalia ensiformis* (L.) inoculada con hongos

- micorrízicos arbusculares para la producción de forraje de *Morus alba* (L.). *Pastos y Forrajes*, 39 (1): 33-40.
- PEOPLES, M. B., HAUGGAARD, H., HUGUENIN, O., *et al.* 2019. The contributions of legumes to reducing the environmental risk of agricultural production. In: Lemaire, G., Carvalho, P. C. D. F., Kronberg, S., *et al.* (eds.). *Agroecosystem diversity: Reconciling contemporary agriculture and environmental quality*. Elsevier, Academic Press, pp. 123-143.
- RIVERA, R., FERNÁNDEZ, F., RUIZ, L., *et al.* 2020a. *Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola*. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 155 p. ISBN: 978-959-7258-05-6.
- RIVERA, R., MARTÍN, G. M., SIMÓ, J. E., *et al.* 2020b. Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 23 (3): 1-18.
- SCHÜBLER, A. and WALKER, C. 2011. *Evolution of the 'plant-symbiotic' fungal phylum Glomeromycota*. In: Pöggeler, S. and Wöstemeyer, J. (eds.) *Evolution of fungi and fungal-like organisms. The Mycota XIV*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, pp. 163-585.
- TORRES, S., HUARACA, F., PEZOS, D. L., *et al.* 2018. Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4 (1): 15-22.
- WANG, X., SUN, Y., CHENG, S., *et al.* 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi negatively affect nitrogen acquisition and grain yield of maize in a N deficient soil. *Frontier in Microbiology*, 9: 418.
- XU, H., Y. LU, and TONG, S. 2018. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of maize seedlings under salt stress. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30 (3): 199-204.
- ZHANG, L., FAN, J., FENG, G., *et al.* 2019. The arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* MUCL 43194 induces the gene expression of citrate synthase in the tricarboxylic acid cycle of the phosphate-solubilizing bacterium *Rahnella aquatilis* HX2. *Mycorrhiza*, 29 (1): 69-75.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.