



Avances
ISSN: 1562-3297
cvg@ciget.vega.inf.cu
Instituto de Información Científica y Tecnológica
Cuba

Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de *Zea mays* L.

Miranda Pérez, Darien; Vigil García, Pedro Alejandro; Ravelo Pimentel, Katiushka
Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de *Zea mays* L.
Avances, vol. 23, núm. 3, 2021
Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869395004>

Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de *Zea mays* L.

Effect of arbuscular mycorrhizae on the initial growth phase of Zea mays L.

Darien Miranda Pérez

Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba

darienmp@nauta.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-3601-2228>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869395004>

Pedro Alejandro Vigil García

Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba

pedrovigil30@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0923-5450>

Katiuska Ravelo Pimentel

Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de
Oca, Cuba

katiuska.revelo@nauta.cu

 <https://orcid.org/0000-0001-7622-6602>

Recepción: 24 Marzo 2021

Aprobación: 18 Junio 2021

RESUMEN:

El trabajo experimental se realizó en las áreas pertenecientes a la Cooperativa de Producción Agropecuaria Augusto César Sandino de la Palma, Pinar del Río, Cuba, con el objetivo de evaluar el efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares *G. cubenses* y *G. intraradices*, en la fase inicial de crecimiento del cultivo de *Z. mays*, utilizando un suelo Pardo arcilloso de textura fina, procedente de la propia cooperativa. Para el montaje del experimento se empleó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Se evaluaron las variables de crecimiento, fitomasa y nutrientes en los cultivos, así como los porcentajes de colonización y densidad visual de las especies de hongos estudiados. Los resultados demostraron que la mayor eficiencia de hongos micorrízicos arbusculares - planta, en cuanto a los por cientos de colonización y densidad visual, se obtuvo con *G. cubenses*, así como las cepas de hongo micorrízico arbusculares aplicadas muestran un comportamiento favorable en los indicadores evaluados respectivamente, logrando incrementos de altura y diámetro del tallo en las plantas, sin necesidad de aplicar fertilizantes durante los primeros 45 días después de germinadas las semillas.

PALABRAS CLAVE: colonización, fitomasa, *Glomus cubenses*, *Glomus intraradices*.

ABSTRACT:

The experimental work was carried out in the areas belonging to the Cooperativa de Producción Agropecuaria Augusto César Sandino de la Palma, Pinar del Río, Cuba, with the aim of evaluating the effect of the arbuscular mycorrhizal fungi *G. cubenses* and *G. intraradices*, in the initial growth phase of the *Z. mays* crop, using a Pardo clay soil with a fine texture, from the cooperative itself. To set up the experiment, a completely randomized design with four repetitions was used. The variables of growth, phytomass and nutrients in the crops were evaluated, as well as the percentages of colonization and visual density of the AMF species studied. The results showed that the highest the arbuscular mycorrhizal fungi efficiency - plant, in terms of colonization percentages and visual density, was obtained with *G. cubenses*, as well as the applied arbuscular mycorrhizal fungi strains show a favorable behavior in the evaluated indicators respectively, achieving height increases and diameter of the stem in the plants, without the need to apply fertilizers during the first 45 days after the seeds germinate.

KEYWORDS: colonization, phytomass, *Glomus cubenses*, *Glomus intraradices*.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas agroecológicas aseguran un uso sostenible de los recursos naturales, el cuidado del ambiente y las personas, permiten que se pueda garantizar la alimentación de cada familia a largo plazo. Una de las prácticas enmarcadas dentro de este contexto es el empleo de una gran diversidad de microorganismos, dentro de los cuales están hongos y bacterias, mezclados en diferentes sustratos orgánicos para ser utilizados en la agricultura y en la ganadería (Peña et al., 2019).

En los suelos viven una gran diversidad de microorganismos, muchos de estos desarrollan actividades beneficiosas para los cultivos. Dentro de este grupo de organismos microscópicos inciden hongos que colonizan las raíces y establecen así unas relaciones simbióticas con las plantas conocidas como micorrizas. Existe interés en esta simbiosis, ya que se ha demostrado efectos en el aporte de nutrientes y agua a las plantas, además, en la protección de estas frente a agentes o situaciones que causan estrés a los cultivos (Barea, Pozo & Azcon, 2016).

Entre los microorganismos se destacan las micorrizas, que son asociaciones mutualistas entre los hongos del suelo y raíces de las plantas. En esta simbiosis, el hongo cubre sus demandas de carbono e incrementa la absorción de agua y minerales en la planta, tomando principalmente elementos de lenta difusión tales como fósforo, zinc y cobre (Pérez et al., 2019), favoreciendo su crecimiento y contribuyendo a la estructuración de las comunidades vegetales, la sostenibilidad, la funcionalidad y mantenimiento de ecosistemas naturales, incluyendo los degradados, siendo útiles para la naturaleza y el hombre (Lattuada et al., 2019).

Estos organismos, además, de incrementar la producción, favorecen la resistencia al estrés hídrico incrementan la producción de clorofila y ejercen influencia sobre la resistencia de las plantas sobre su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas, lo que ha sido fundamentado, por diferentes autores donde corroboran que las micorrizas incrementan en las plantas la capacidad de absorción de nutrientes (Piliarová et al., 2019).

Entre los beneficios más visibles de la formación de las micorrizas se encuentra la capacidad de los hongos para estimular en las plantas hospederas un mayor tamaño y producción de granos, a través de la incorporación de fósforo y otros nutrientes. Se conoce también de la producción de fitohormonas y la mejora en la estructura del suelo (Garzón, 2016).

Hoy se hace más que necesario el estudio de alternativas sustentables que optimicen el uso de elementos en los suelos y contribuyan al desarrollo de los cultivos. En este sentido, el estudio y la implementación de herramientas biotecnológicas a base de HMA toman relevancia debido al papel activo que tiene en el transporte de sustancias hacia su planta huésped. Por otro lado, es necesario indagar en la diversidad funcional desplegada entre cultivares de maíz asociados con HMA y que se encuentren bajo condiciones limitadas y altas de nutrientes, principalmente sobre patrones de respuestas del crecimiento vegetal y las modificaciones fisiológicas, por todo lo antes expuesto, se plantea como problema científico: ¿Qué efectos provoca la inoculación de micorrizas arbusculares, en la fase inicial de crecimiento de *Z. mays*?, por lo que esta investigación tiene como objetivo: Evaluar el efecto de la inoculación de micorrizas arbusculares en la fase inicial de crecimiento del cultivo de *Z. mays*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del experimento. Condiciones experimentales

La investigación se realizó dentro de las áreas pertenecientes a la Cooperativa de Producción Agropecuaria Augusto César Sandino de la Palma, Pinar del Río Cuba, geográficamente, limita al norte con la Sierra de Guacamaya, Pico Grande, al este con la Granja 135 del MININT, Pico Chico, Alturas de Pizarras y el límite con el municipio de Los Palacios, al sur con los límites de los municipios Consolación del Sur y al oeste limita con el municipio de Viñales, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación de Hongos

Micorrízicos Arbusculares (HMA) en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de *Z. mays* durante su fase inicial de crecimiento vegetativo en condiciones semicontroladas. Para la realización del mismo se montó un experimento, siguiendo un Diseño Completamente Aleatorizado, con 4 repeticiones del mismo. La siembra se realizó utilizando bolsas de frutales, con una capacidad de 4.0 kg, para el llenado de las miasmas se utilizó un suelo pardo arcilloso de textura fina de la propia cooperativa. Los tratamientos estudiados se muestran en la Tabla 1, los cuales no se fertilizaron durante el período de investigación.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Experimento	Simbología
T1	<i>Z. mays</i> no inoculado (control)	<i>Z. mays</i> + control
T2	<i>Z. mays</i> inoculado con <i>G. cubenses</i>	<i>Z. mays</i> + <i>Gcb</i>
T3	<i>Z. mays</i> inoculado con <i>G. intraradices</i>	<i>Z. mays</i> + <i>Gi</i>

Elaboración propia.

Se aplicó la técnica de recubrimiento para la inoculación de las semillas según método descrito por Fernández (2003) con inóculo puro. El inóculo de *G. cubenses* y *G. intraradices*, se obtuvo del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con una riqueza fúngica de 91 y 40 esporas g⁻¹ de suelo respectivamente. En cuanto al riego de las plantas, se suministró un volumen de agua constante para todos los tratamientos variando de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, garantizando una humedad adecuada en el suelo, acorde con las necesidades hídricas de la planta.

Caracterización química y agroquímica del suelo.

Los cultivos se establecieron en bolsas de polietileno de una capacidad de 4 kg de suelo, sus principales características químicas se muestran en el Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades químicas y agroquímicas de los suelos.

Propiedades	Por ciento	Valoración del resultado
pH (KCL)	5,52	Medianamente ácido
Materia Orgánica	2,03	Bajo (SAN)
P₂O₅ (mg. 100 g⁻¹)	15,17	Bajo
K₂O (mg. 100 g⁻¹)	10,22	Bajo
Ca⁺⁺ (Cmol (+). Kg⁻¹)	2, 30	Muy bajo
Mg⁺ (Cmol (+). Kg⁻¹)	0,49	Medio
K⁺ (Cmol (+). Kg⁻¹)	0,77	Alto
Na⁺ (Cmol (+). Kg⁻¹)	0,06	Muy bajo
T (Cmol (+). Kg⁻¹)	4,75	Muy bajo

Elaboración propia.

Variables evaluadas en el experimento.

Determinación del por ciento de colonización micorrízica en las raíces.

Las raíces muestreadas se lavaron con agua corriente, para eliminar todo el suelo y se secaron al aire. Se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se pesaron aproximadamente 200 mg de raicillas que fueron secadas a 70 °C, para ser teñidas. La evaluación se realizó por el método de

los interceptos, desarrollado por Giovanetti y Mosse (1980), mediante el cual se determinó el porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de colonización. Una vez tomada la muestra y analizadas se calcularon los datos según la fórmula para transformar los datos en % de colonización.

$$\% Col = \frac{\sum(1-5)}{\sum(0-5)} \times 100$$

Determinación del por ciento de Densidad Visual.

La determinación del por ciento de Densidad Visual (%) o intensidad de la colonización se realizó siguiendo la metodología descrita por Trouvelot, Kough y Gianinazzi (1986), mediante la cual se evaluó la ocupación fúngica de cada intercepto y se le asignó un nivel. Posteriormente se realizó el cálculo según la fórmula:

$$\% VD = \frac{A}{Z}$$

Dónde: Z es la sumatoria del número de interceptos contados en cada nivel y A es la multiplicación del número de intercepto contados en cada nivel (Z), por el por ciento de ocupación observada.

Altura y grosor del tallo.

A los 45 Días Después de la Germinación (DDG) se realizaron las mediciones de altura (cm) con una cinta métrica y el grosor del tallo (mm) con un pie de rey.

Acumulación de masa seca aérea y radical.

La masa fresca y seca se midió en gramos por el método gravimétrico en balanza analítica de precisión ± 0.01 g. Las plantas fueron sacadas completamente de las bolsas y llevadas al laboratorio donde se separaron las raíces de la parte aérea y se pesó cada muestreo por separado. Después de haber pesado los muestreos, se pusieron en la estufa para secar a una temperatura de 70 °C hasta alcanzar a un peso constante.

Análisis químico foliar.

Después de determinar la masa seca del muestreo realizado a los 45 DDG, se tomaron muestras secas (30 g) y se enviaron al Instituto de Suelo provincial y Según la Norma Ramal de la Agricultura No. 54-2009, se realizó la determinación de los por cientos de concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P) por el método colorimétrico y para el potasio (K) se utilizó el método de fotometría de llama. Los resultados se expresaron en por ciento de masa seca de N, P y K respectivamente.

Análisis Estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics para Windows, versión 5.1. Todos los caracteres cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza por lo cual se procedió a efectuar un análisis de varianza según modelo de clasificación simple al dato original. Para la comparación de medias se utilizó el procedimiento de Duncan con una significación de un 5 % en los casos en que el ANOVA resultó significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del por ciento de colonización micorrízica.

Al analizar el por ciento de colonización micorrízica en plantas de *Z. mays*, se observó diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con la cepa *G. cubenses*, seguido por la cepa *G. intraradices* y por el control respectivamente. Es importante destacar el efecto de la inoculación sobre el tratamiento control, el cual se colonizó por las cepas nativas. (Figura 1). El por ciento de colonización en los tratamientos *Z. mays*+Gcb y *Z. mays*+Gi fue superior al control en un 39.90 y 12.67 % respectivamente.

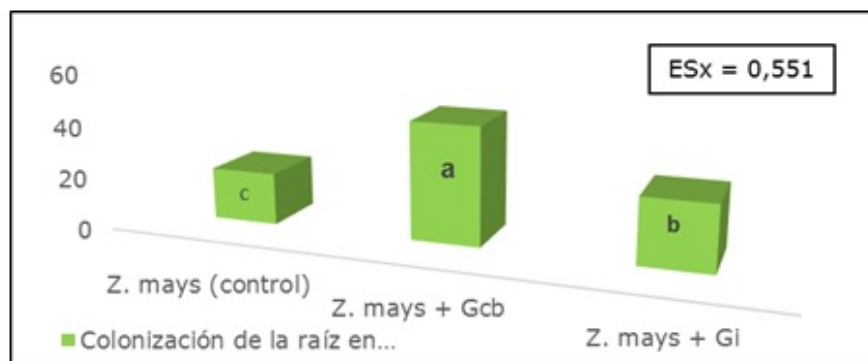


Figura 1. Colonización (%) micorrízica en raíces de *Z. mays*. Leyenda: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0.05$), según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan. Elaboración propia.

Estos resultados son comparables con los de González et al. (2008) al demostrar que los tratamientos inoculados con *G. cubense* mostraron porcentajes de colonización micorrízica significativamente mayores. Esto corroboró la efectividad de esta cepa para alcanzar, al menos en las condiciones de este experimento, niveles de ocupación radical mayores a los *G. intraradices* y los HMA nativos. Si bien estos valores no tienen un patrón estandarizado de comparación, pues la variabilidad de la colonización micorrízica está asociada al tipo de especie vegetal y su edad fisiológica Belezaca et al. (2020).

Determinación del por ciento de densidad visual micorrízica.

En la Figura 2, se muestra el por ciento de densidad visual, la cual refleja la intensidad con que las micorrizas colonizan el interior del sistema radical. Esta manifestó un comportamiento similar al por ciento de colonización micorrízica encontrado en plantas de maíz; destacándose que las plantas inoculadas con la especie *G. cubense* obtuvieron los valores máximos de 0.96 %. Además, se observó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, reflejándose una variación que se relaciona con la micorrización en todo el sistema radical que se expresa en la intensidad visual.

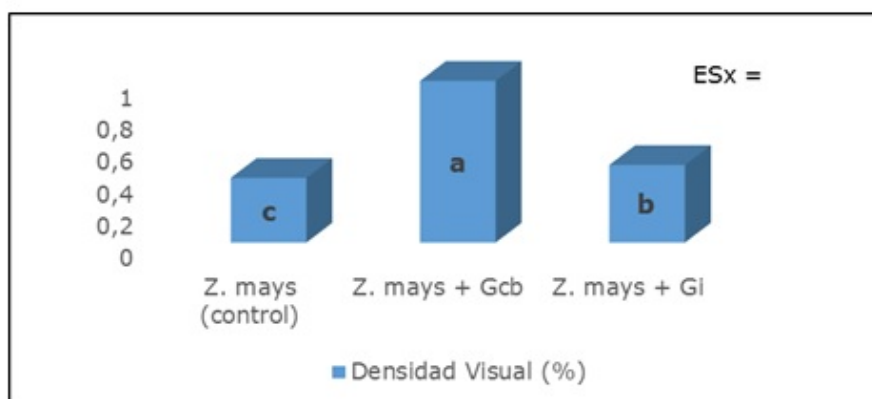


Figura 2. Densidad visual (%) en raíces de *Z. mays* para los diferentes tratamientos. Leyenda: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0.05$), según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan. Elaboración propia.

Los resultados demuestran que existe eficiencia de HMA - planta, pero en un mismo tipo de suelo con igual valor nutricional. Por otra parte, Rivera et al. (2015) plantearon que un factor fundamental para el manejo efectivo de las asociaciones micorrízicas es la disponibilidad de nutrientes en el agroecosistema, derivado del tipo de suelo y de los suministros de nutrientes (fertilización), en forma orgánica o mineral, que son necesarios para complementar los requerimientos de las plantas. Dichos resultados pueden ser comparables con los de

(Latacela et al., 2017), el cual demostró que los HMA tienden a perder capacidad de colonización micorrízica en función de las dosis nitrogenadas, es decir, la capacidad de las poblaciones para colonizar otros cultivos en las secuencias está restringida por la dosis alta de nitrógeno.

Efecto de la inoculación de HMA sobre la altura y grosor del tallo de las plantas evaluadas

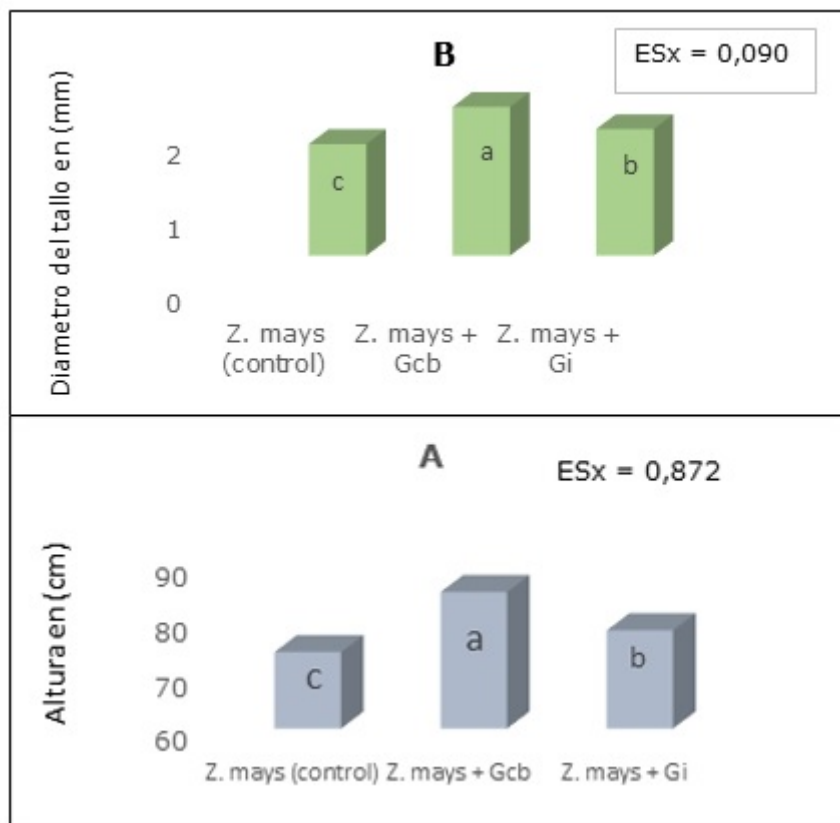


Figura 3. Valores de altura (A) y Grosor del tallo (B) de las plantas de *Z. mays* en los diferentes tratamientos. **Leyenda:** Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0.05$), según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Elaboración propia.

En cuanto a la altura de las plantas (Figura 3 A), se observó valores superiores y significativos en el tratamiento donde se inoculó *G. cubense* con respecto al resto de los tratamientos, los cuales no difieren significativamente, pero se aprecia una tendencia a ser superior con la inoculación de *G. intraradices*. Es importante destacar el efecto que ejerce la micorriza nativa, al punto de no encontrarse diferencias significativas con los tratamientos antes mencionados. Dichos resultados pueden ser comparados con los de reportados por Flores (2019), el cual corrobora que las plantas tratadas con micorrizas fueron estadísticamente superiores a las no tratadas.

Dichos resultados también pusieron de manifiesto el efecto favorable que se obtuvo al realizar inoculaciones, sin fertilización mineral, con las cepas de HMA evaluadas. En cuanto al grosor del tallo no se aprecian diferencias de importancia entre plantas inoculadas y no inoculadas (Figura 3B), exceptuando el *G. cubense* que mostró una pequeña diferencia con respecto a los demás tratamientos.

Resultados similares lo obtuvo Angulo et al. (2018), en algunos parámetros de crecimiento global evaluados en el pimiento Bell Pepper y en el chile jalapeño, respectivamente. Se observa que los tratamientos inoculados con HMA mostraron mayor altura de planta en ambos cultivares de chile; en el pimiento Bell Pepper, el tratamiento con *G. cubense* fue superior ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos, mientras que, en el chile jalapeño, el tratamiento con *G. cubense* llevaron a una mayor altura de la planta.

Estos resultados son comparables también con los descritos por Rivera et al. (2015), en cuyo trabajo refiere que el diámetro y altura del tallo, manifestó diferencias estadísticas entre las cepas estudiadas, resultando mayor el efecto con *G. cubense* con relación a los demás tratamientos. De manera general, en su investigación se observa un crecimiento de tallo diferenciado en el momento del muestreo, las plantas tuvieron respuestas a la inoculación con las diferentes especies de HMA.

Efecto de la inoculación de HMA en la acumulación de masa seca aérea y radical de la planta de Z. Mays.

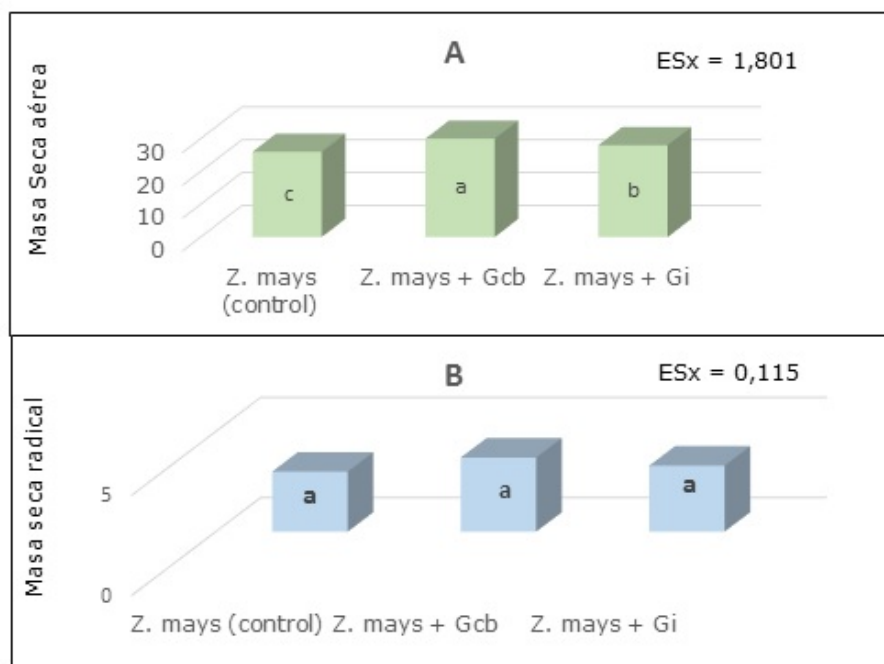


Figura 4. Valores de masa seca aérea (A) y radical (B) de las plantas de *Z. mays* en los diferentes tratamientos. **Leyenda:** Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0.05$), según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Elaboración propia.

La masa seca de la parte aérea (Figura 4 A), muestra valores significativamente superiores en el tratamiento inoculado con *G. cubenses* respecto al resto de los tratamientos sin inocular (control). En cuanto a la masa seca de la raíz (Figura 4 B).

No hubo diferencias significativas entre las plantas inoculadas con los HMA y el control; siendo importante señalar que los tratamientos inoculados con las cepas *G. cubenses* y *G. intraradices* obtuvieron los mayores valores de acumulación de masa seca tanto aérea como en la raíz. Resultados similares han sido reportados por (Flores, 2019), donde mencionan que la presencia de HMA incremento los índices de biomasa seca total de la planta de *Z. mays* en relación a plantas sin estos hongos, evidenciándose en el efecto influyente de estos microorganismos sobre los incrementos de masa seca. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede inferir que la presencia de los inoculantes microbianos potenciaron, en diferente magnitud, las posibilidades de absorción de agua y nutrientes por las plantas (Colina et al., 2020), todo lo cual se traduce en un incremento en los contenidos de masa seca.

Efecto de la inoculación de HMA en la acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio (N, P y K) en la planta de *Z. mays*.

La Figura 5, muestra los resultados del análisis del contenido de nutrientes de las plantas de *Z. mays* al finalizar el experimento a partir del análisis químico foliar realizado. La inoculación con *G. cubense* fue lo que presentó el mayor valor porcentual de extracción de N en base a masa seca, con diferencias significativas del

resto de los tratamientos; respecto al control y al otro tratamiento inoculado, resultado que puede estar muy relacionado con el por ciento de colonización micorrízica que se muestra en la Figura 1.

En este caso, la actividad fúngica asociada a la planta genera un sistema de beneficio mutuo, pues los HMA modifican la morfología de las raicillas, dándole a la planta una mejor capacidad para alcanzar el agua y disolver los nutrientes, pudiendo resolver el problema del agotamiento inminente del stock de fosfato y otros elementos como, nitrógeno, zinc, cobre, hierro, potasio, calcio y magnesio (en algunos casos los nutrientes pueden controlar el desarrollo o iniciar la simbiosis), también puede causar un cambio en la absorción de más nutrientes al mismo tiempo y permiten la inducción de las defensas del hospedero para mejorar la nutrición (Uc et al., 2019).

Por otra parte, se observó que los tratamientos inoculados con la especie de HMA fueron capaces de extraer cantidades significativamente superiores de P que el control, es importante señalar que las plantas inoculadas con *G. intraradices* difieren del resto de los tratamientos, resultado que demuestran que dicha especie de HMA posibilitó poner a disposición de las plantas este nutriente, lo que puede haber ocurrido a partir de la solubilización de P, (Pérez et al., 2019.) de igual forma Angulo et al. (2018) en sus investigaciones refiere que los HMA son importantes en la agricultura ecológica por los beneficios que tienen al establecer una simbiosis con la planta al actuar como movilizadores de agua y nutrientes, principalmente elementos de lenta difusión tales como fósforo, zinc y cobre, favoreciendo su desarrollo. Por otra parte, se observó que los tratamientos inoculados con la especie de HMA fueron capaces de extraer cantidades significativamente superiores de P que el control, es importante señalar que las plantas inoculadas con *G. intraradices* difieren del resto de los tratamientos, resultado que demuestran que dicha especie de HMA posibilitó poner a disposición de las plantas este nutriente, lo que puede haber ocurrido a partir de la solubilización de P, (Pérez et al., 2019) de igual forma Angulo et al. (2018) en sus investigaciones refiere que los HMA son importantes en la agricultura ecológica por los beneficios que tienen al establecer una simbiosis con la planta al actuar como movilizadores de agua y nutrientes, principalmente elementos de lenta difusión tales como fósforo, zinc y cobre, favoreciendo su desarrollo.

En cuanto al porcentaje de concentración de K, se observó una correlación positiva leve. Esto a su vez sugiere que es diferente la relación que tienen las esporas presentes en el suelo con las concentraciones de bases, a la absorción de nutrientes a través del micelio. Se concluye que la planta mejora su sistema de transporte de este elemento a través de la colonización de las raíces por parte del micelio intramatricial de los HMA (Pérez et al. 2016). De igual forma Zhang et al. (2016) observaron que los beneficios de estos microorganismos en los agroecosistemas están muy ligados al aumento de la superficie de absorción de las raíces y, consecuentemente, a la mejora en la eficiencia de utilización de los nutrientes por las plantas.

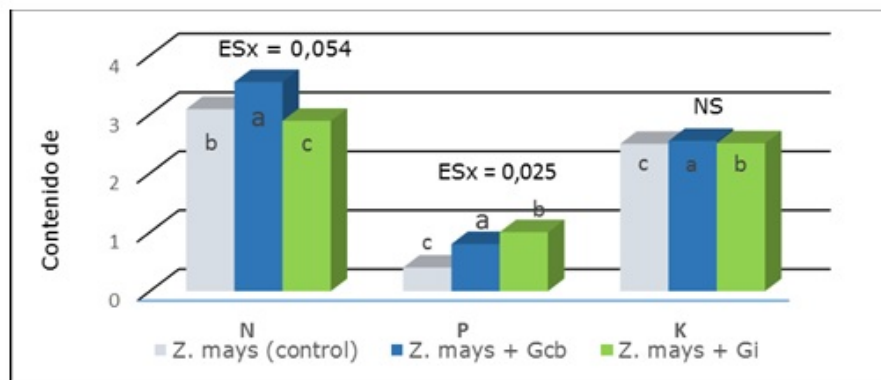


Figura 5. Contenido de nutrientes (N, P y K) (% en base a la masa seca), de las plantas de *Z. mays* en los diferentes tratamientos. **Leyenda:** Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0.05$), según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 5, no se observaron diferencias significativas en cuanto a la acumulación de potasio en la parte foliar de la planta entre los tratamientos estudiados, sin embargo, se aprecia una ligera tendencia a ser superior en las plantas inoculadas con *G. cubense*.

CONCLUSIONES

La mayor eficiencia de HMA - planta, en cuanto a los por cientos de colonización y densidad visual, se obtuvo con *G. cubense*.

Las cepas de HMA aplicadas muestran un comportamiento favorable en los indicadores evaluados respectivamente, garantizando incrementos de altura y diámetro del tallo en las plantas, sin necesidad de aplicar fertilizantes durante los primeros 45 días después de germinadas las semillas.

Con la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares, independientemente de la especie utilizada, se pudo apreciar un mejor estado nutricional de la planta de *Z. mays*.

El empleo de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares demuestra ser una práctica efectiva para la producción de plantas de *Z. mays*, constituyendo una alternativa nutricional válida a la fertilización mineral en el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, A., Ferrera, R., Alarcón, A., Almaraz, J. J., Delgadillo, J., Jiménez, M. & García, O. (2018). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plántulas de 2 variedades de *Capsicum annuum* L. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 158-178.
- Barea, J., Pozo, M. & Azcón-Aguilar, C. (2016). *Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura*. Departamento de Microbiología del Suelo, Estación Experimental del Zaidín, CSIC. *Agricultura*, 10, 746-750.
- Belezaca, C., Calle, D., Prieto, O., López, R., Solano, E., Díaz, O., Díaz, P., Guachambala, M. & Bohórquez, T. (2020). Hongos de micorriza arbuscular presentes en *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balsa) en Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5(3), 1-14, <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/899>
- Colina, E., Paredes, E., Gutiérrez, X. & Vera, M. (2020). Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. *Journal of Science and Research*, 5(2020), 135-154. Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4424768>

- Fernández, F. (2003). *La simbiosis micorrízica arbuscular. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe*. La Habana: INCA. 166p.
- Flores, H. (2019). *Efectos de la combinación de micorrizas más ácidos húmicos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo*. [Tesis Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Garzón, L. (2016). *Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana*. *Luna Azul*, 42, 217-234, <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.14>
- Giovanetti, M. & Mosse, B. (1980). *An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots*. *New Phytologist*, 84, 489-500, <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
- González, P. J., Arzola, J., Morgan, O., Rivera, R., Plana, R. & Fernández, F. (2008). Manejo de las asociaciones micorrízicas en pastos del género *Brachiaria*, cultivados en suelos ferralítico rojo y pardo mullido. *Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)*. [CD-ROOM]. La Habana: INCA.
- Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., León, J., García, G., Goyes, M. & Vera, M. (2017). *Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao*. *European Scientific Journal*, 13(6), 1857- 7431, <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p464>
- Lattuada, D.S., Rieth, S., Back, M.M. & De Souza, P.V. (2019). Interaction between endomycorrhizae and native fruit tree (myrtaceae) in Rio Grande do Sul state. *Ciencia Florestal*, 29(4), 1726-1736, <https://doi.org/10.5902/1980509837389>
- Peña, A., Rojas, M., Milán, E., Guerrero, N. & Arias, H. (2019). Implementación de las técnicas agroecológicas de microorganismos eficientes y bioplaguicida en finca de productores. *Talle Uso y manejos sostenibles de ecosistemas agrícolas, 9na. Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Cuba*. <https://eventos.uho.edu.cu/index.php/ccm/ccm9/paper/view/4092>
- Pérez, A., Cury, K. & Oviedo, L. (2016). Colonización de micorrizas arbusculares en tres especies de pasturas del departamento de Sucre. *Temas Agrarios*, 21(2), 65-75.
- Pérez, Y. Del C., Álvarez, P. E., González, D. & Méndez, V. (2019). Evaluación de la presencia de hongos micorrízico arbusculares en un bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Idesia*, 37(1), 67-73,
- Piliarová, M., Ondreïková, K., Hudcovicová, M., Mihálik, D. & Kraic, J. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi their life and function in ecosystem. *Agriculture (Polnohospodárstvo), Research Institute of Plant Production, Slovakia*, 65(1), 315, <http://doi.org/10.2478/agri-2019-0001>
- Rivera, R., Ruíz, L., Martín, G., Pérez, E., Nápoles, M. C., Garcías, M. & et al. (2015). *Anexo Informe primer semestre/junio 2015 del megaproyecto. "Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos"*. CÓDIGO: P131LH0010003. Recuperado el 16 de enero de 2020, de: https://www.researchgate.net/publication/294582507_Manejo_conjunto_e_impacto_de_biofertilizantes_micorrizicos_y_otros_bioproductos_en_la_produccion_agricola_de_diferentes_cultivos
- Trouvelot, A., Kough, J. & Gianinazzi, V. (1986). *Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme radiculaire. Recherche de methods d'estimation ayant une signification fonctionnelle*. En *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: proceedings of the 1st european symposium on mycorrhizae, Dijon*. (pp. 217-221). Paris: INRA.
- Uc, A.G., Arreola, J., Carrillo, E., Osnaya, M.M., Alarcón, A., Ferrera, R. & Landeros, C. (2019). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Heliconia stricta*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1057-1069, <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1608>
- Zhang, L., Xu, M., Liu, Y., Zhang, F., Hodge, A. & Feng, G. (2016). Carbon and phosphorus exchange may enable cooperation between an arbuscular mycorrhizal fungus and a phosphate-solubilizing bacterium. *New Phytologist* 210(3), 1022-1032, <https://doi.org/10.1111/nph.13838>