

Artículo original

Aplicación del biofertilizante EcoMic[®] en semillero tecnificado para el trasplante mecanizado de arroz semilla

Michel Ruiz-Sánchez^{1*} 

Ariagny Domínguez-Pérez² 

Yaumara Muñoz-Hernández³ 

Roselys Rodríguez-Pérez¹ 

Guillermo S. Díaz-López¹ 

Marcos Valle-Sánchez⁴ 

Ramón Rivera-Espinosa⁵ 

¹Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera La Francia km 1½, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22 900

²Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, calle 26 entre 19 y 21 # 1920, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22 900

³Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”, Avenida José Martí No. 270, Pinar del Río, Cuba. CP 20 100

⁴Instituto de Investigaciones de Granos (IIG), Autopista Novia del Mediodía, km 16½, Bauta, Artemisa, Cuba

⁵Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

* Autor para correspondencia: mich@inca.edu.cu

RESUMEN

La investigación se realizó en la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, en los meses de febrero y marzo de 2020, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] en semillero tecnificado para el trasplante mecanizado de arroz semilla. El biofertilizante se aplicó a una dosis de 6 % en base a la masa de la semilla en cuatro cultivares de arroz (INCA LP-7, Roana, Guillemar y José). La siembra del mismo se realizó en bandejas plásticas (0,60 m x 0,30 m x 0,03 m),

que contenían sustrato con relación 1:1 (v/v) materia orgánica de estiércol vacuno y suelo, siguiendo un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. Se evaluó la altura de las plantas, número de hojas, largo de la raíz, masa seca aérea y de la raíz a los 18 días después de la emergencia. Con la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] en la etapa de semillero, se logró trasplantar plantas de arroz colonizadas por Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), las cuales tienen un mayor desarrollo, en cuanto a la altura, el largo de la raíz, la masa seca aérea y de la raíz, respecto a las no tratadas. El componente genético tiene un efecto marcado en el crecimiento y el desarrollo de las plantas, aun cuando estas son colonizadas por los HMA. A partir de estos resultados se sugiere la aplicación del biofertilizante EcoMic[®], como una alternativa nutricional en los semilleros para trasplante mecanizado de arroz.

Palabras clave: Hongos Micorrízicos Arbusculares, colonización, *Glomus*, *Oryza sativa*

Recibido: 23/06/2021

Aceptado: 18/09/2021

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los principales cereales que se utiliza para la alimentación humana en el mundo, la mayor producción mundial está concentrada en China y la India ⁽¹⁾. Según estimaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para la próxima década, se proyecta que la producción mundial de arroz alcanzará los 582 Mt en 2029; o sea, un incremento en un 15 % y que Asia contribuirá con la mayor parte de este incremento, con 61 Mt adicionales ⁽²⁾. Para lograr tales propósitos continúan los programas de mejoramiento genético en este cereal.

En Cuba, el programa de mejoramiento genético trabaja en la obtención de nuevos cultivares que presenten excelentes cualidades agronómicas y posean buen comportamiento industrial, resistentes a las principales plagas y enfermedades que provocan daños económicos al cultivo y que sean, al menos, tolerantes a estrés abiótico ⁽³⁾. Dentro de los procedimientos en la multiplicación y reproducción de los cultivares comerciales, se aplica el trasplante del arroz para el caso de la semilla original y básica ^(3,4). El trasplante del arroz es una de las operaciones tecnológicas más laboriosas en este cultivo; actividad que se realiza por nuestros agricultores de forma manual, generalmente. Solo en algunas fincas de

referencia e instituciones de investigación el trasplante de arroz se ejecuta de forma mecanizada, debido al alto costo de esta tecnología y los requerimientos técnicos que necesita para lograr una producción estable de este grano ⁽⁵⁾. El trasplante mecánico de arroz es el proceso de trasplante de plántulas cultivadas en un semillero, para después utilizar un trasplantador autopropulsado, esta actividad reduce el costo de establecimiento del cultivo, ahorra mano de obra, asegura el trasplante oportuno y logra una densidad de planta óptima que contribuye a una alta productividad ⁽⁶⁾.

El trasplante, de forma manual y mecanizado, está precedido por un periodo de semillero, el cual se puede realizar directamente en el suelo (tradicional) y tecnificado en alfombra o en bandejas de plástico ⁽⁷⁾. En el caso de este semillero tecnificado, en el proceso de transferencia tecnológica, la actividad de fertilización se realiza con fertilizantes edáficos ⁽⁷⁾ y no incluye alternativas biológicas con la finalidad de encontrar eficiencia en la aplicación de bioproducto EcoMic[®], a base hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en este cultivo. Los hongos HMA proporcionan a los huéspedes, minerales que se absorben a través de las redes de hifas en el suelo y, a cambio, reciben fuentes de carbono, como azúcares y lípidos derivados de fotosintatos de la planta. Esto se considera una relación simbiótica obligada, ya que los HMA pueden completar su ciclo de vida, solo a través de la colonización de su huésped ⁽⁸⁾. La simbiosis de micorrizas arbusculares (MA), en la mayoría de las raíces de las plantas, mejora la absorción de agua y nutrientes del suelo, debido a una vasta red micelial que puede acceder más allá de la zona de agotamiento de las raíces en la rizósfera ⁽⁹⁾. En el interior de la planta, aportan numerosos beneficios a la fisiología vegetal, siendo el más evidente la estimulación del crecimiento vegetal y la mejora de la nutrición mineral ⁽¹⁰⁾. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] en semillero tecnificado para el trasplante mecanizado de arroz semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en condiciones de semilleros tecnificados para el trasplante mecanizado del arroz en la producción de semilla de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios” (UCTB “Los Palacios”), Cuba, a 22°34’32.73” N y 83°14’11.95” O, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), para lo cual se establecieron dos experimentos, uno en el mes de febrero de 2020 y otro en marzo del mismo año. Los experimentos consistieron en la aplicación del biofertilizante EcoMic[®],

a base de HMA (riqueza fúngica de 20 esporas g de suelo⁻¹), por el método de recubrimiento de la semilla ⁽¹¹⁾ a una dosis de 6 % en base a la masa de la semilla de cuatro cultivares comerciales de arroz (INCA LP-7, Roana, Guillemar y José), los que se compararon estos mismos cultivares, pero sin la aplicación de EcoMic[®].

La siembra del semillero se realizó en bandejas plásticas (0,60 m x 0,30 m x 0,03 m), que contenían sustrato con relación 1:1 (v/v), materia orgánica de estiércol vacuno y suelo procedente de las áreas de la UCTB “Los Palacios”. Las bandejas se colocaron al aire libre en área establecida para los semilleros, con riego y buen drenaje.

Previo a la siembra de los cuatro cultivares de arroz se realizó la clasificación de la semilla por el método de densidad, que consistió en sumergir las semillas de arroz en agua de riego y se eliminó toda aquella semilla que flotó, con la finalidad de lograr un máximo de germinación de la semilla ⁽⁷⁾. Se realizó la inoculación de los HMA a través del biofertilizante EcoMic[®], al 50 % de la semilla. Se sembraron 150 g de semilla por bandejas, a una profundidad de 1 cm. Se utilizaron cuatro bandejas por tratamiento y se repitió el experimento en dos momentos en el tiempo, siguiendo un diseño experimental en bloques completamente al azar.

El semillero tuvo un ciclo en días, desde la siembra hasta el momento de evaluación de 18 días, momento en el cual se consideró que las plantas pueden ser trasplantadas al campo ⁽⁷⁾. Las actividades agrotécnicas del semillero se realizaron según el manual de la Tecnología Agrícola para el Trasplante Mecanizado del Arroz en Cuba ⁽⁷⁾, con la excepción de manejo del agua de riego. Los semilleros (bandejas) se mantuvieron desde el momento de la siembra con pases diarios de agua por inundación, hasta los 10 días después de la emergencia (DDE), después se estableció una lámina de agua de hasta 5 cm que se restablecía cada 48 h. En el periodo de febrero a marzo la temperatura promedio fue de 24,1 °C, la humedad relativa de 76,58 % y las precipitaciones estuvieron por debajo de los 3 mm, según los datos proporcionados por la Estación Meteorológica “Paso Real de San Diego”, # 317, en Los Palacios, la cual está situada a 5 km del área de investigación.

Las bandejas se colocaron al aire libre en un área establecida para los semilleros, con riego y buen drenaje

Evaluaciones realizadas

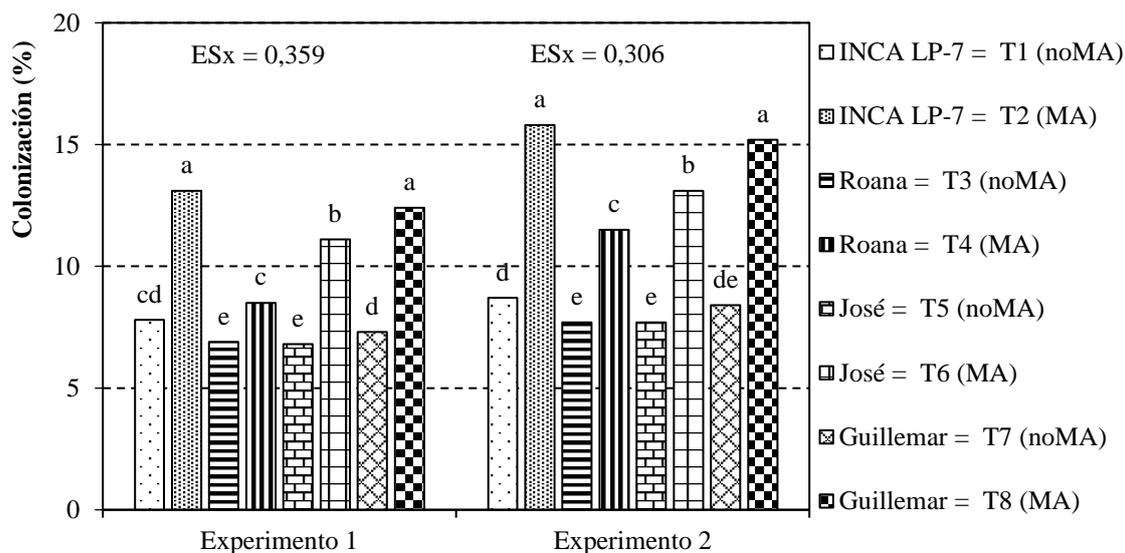
Se tomaron 10 plantas por bandeja para evaluar la altura de las mismas, el largo de las raíces, la masa seca aérea y masa seca de la raíz, al finalizar la etapa de semillero (18 DDE), además del porcentaje de colonización micorrízica. La altura de las plantas se midió desde la superficie del sustrato hasta el extremo superior de la hoja más larga, proyectada en dirección a su crecimiento aéreo ⁽¹²⁾. Las raíces se lavaron con abundante agua para retirar el sustrato adherido y se midió el largo de las mismas hasta el extremo de su proyección, en dirección a su crecimiento. El número de hojas se determinó por conteo en cada planta y se determinó la masa aérea y de la raíz por separado y se colocaron en una estufa a 70 °C hasta alcanzar masa constante.

Se tomaron todas las raíces de 10 plantas por bandejas para conformar un pull, las cuales se tiñeron con tinta Parker QuinK ⁽¹³⁾, posteriormente se utilizó el método de los interceptos ⁽¹⁴⁾, para cuantificar la colonización micorrízica. Se realizaron cuatro conteos por cada repetición.

Los datos obtenidos se analizaron por Análisis de Varianza de Clasificación Simple y cuando existió diferencia significativa, las medias se compararon según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$), para lo cual se utilizó el Programa SPSS sobre Windows, versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del biofertilizante EcoMic[®] provocó incrementos en los porcentajes de colonización micorrízica en todos los cultivares de arroz a los 18 DDE, pero se observó un comportamiento diferencial en función del cultivar (Figura 1). Los mayores valores de colonización micorrízica se apreciaron en los cultivares INCA LP-7 y Guillemar.



Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$) según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Figura 1. Porcentaje de colonización micorrízica en las plantas de arroz inoculadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y no inoculadas (noHMA)

Aun cuando se haya apreciado colonización micorrízica en las raíces de arroz, se puede considerar que los valores de este indicador son bajos, si los comparamos con los informados en otros cultivos que se cultivan en condiciones de aerobiosis ^(12,15). La condición de riego por inundación, así como la presencia de una lámina de agua, puede condicionar carencia de oxígeno en el suelo, lo que pudiera limitar la germinación de las esporas del hongo. Unido a lo anterior, se puede afectar la vía de señalización entre las raíces de las plantas y los HMA, por la exudación de las estrigolactonas en las raíces de la planta de arroz ^(16,17). Según se informó, las plantas de arroz tienen que producir suficientes exudados de estrigolactonas que estimule la colonización ⁽¹⁸⁾. En esta investigación, como existe una alta concentración en el número de plantas de arroz por bandejas (aproximadamente de 5 000 en 0,18 m²) que crecieron a partir del recubrimiento de la semilla con el biofertilizante EcoMic[®], se justifica la colonización de las raíces de arroz, tanto en plantas tratadas con el biofertilizantes, como las no tratadas, debido al posible incremento de exudados de estrigolactonas. En el caso específico de los tratamientos sin la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] la presencia de HMA en las raíces de estos tratamientos responde a que el sustrato no fue esterilizado y, por lo tanto, los HMA residente colonizaron las raíces de estos cultivares de arroz.

Al analizar el comportamiento de la altura de las plantas de arroz a los 18 DDE, se comprobó que las inoculadas con HMA mostraron las magnitudes mayores en todos los cultivares y en los dos experimentos, respecto a las no inoculadas (Tabla 1).

En sentido general, el incremento en la altura de las plantas con HMA, respecto a las plantas noHMA estuvo entre 8 % y 15 %.

Tabla 1. Variables de crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz inoculadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y no inoculadas (noHMA)

Tratamientos		Experimento 1						Experimento 2			
		ALT	N_Hoja	L_Raiz	MSA	MSR	ALT	N_Hoja	L_Raiz	MSA	MSR
INCA LP-7	noHMA	17,41 b	4,00 a	5,05 c	0,0140 cd	0,0050 bc	18,18 cd	4,10 a	6,82 bc	0,0158 b	0,0057 de
	MA	19,70 a	4,20 a	7,67 a	0,0165 a	0,0061 a	20,42 a	4,10 a	8,53 abc	0,0174 a	0,0067 ab
Roana	noHMA	16,29 b	4,00 a	5,09 c	0,0135 e	0,0041 d	17,51 d	4,00 a	6,35 cd	0,0141 cd	0,0057 e
	MA	18,94 a	4,00 a	5,46 c	0,0150 b	0,0058 a	20,29 ab	4,10 a	7,61 abc	0,0156 b	0,0063 bc
José	noHMA	16,76 b	3,90 a	5,21 c	0,0124 e	0,0043 d	18,78 bc	4,00 a	7,14 abc	0,0135 d	0,0055 e
	MA	18,58 a	4,10 a	6,47 ab	0,0148 bc	0,0057 ab	19,16 ab	4,10 a	9,07 ab	0,0154 b	0,0062 cd
Guillemar	noHMA	17,13 b	3,90 a	5,23 c	0,0138 d	0,0045 cd	18,14 cd	4,10 a	6,23 d	0,0145 c	0,0057 de
	MA	19,28 a	4,20 a	6,08 b	0,0159 a	0,0058 a	19,74 a	4,20 a	8,63 a	0,0171 a	0,0070 a
ESx		0,402	0,174 NS	0,259	0,0004	0,00021	0,413	0,140 NS	0,698	0,0003	0,00024

Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$) según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan
 Altura de la planta (ALT); Número de hojas (N_Hojas); Largo de las raíces (L_Raíz); Masa seca aérea (MSA); Masa seca raíz (MSR)

En cuanto al número de hojas por planta no se registraron diferencias significativas en los dos experimentos realizados entre plantas con HMA y noHMA. Sin embargo, se encontró diferencias en el largo de las raíces en el experimento 1, con la excepción del cultivar Roana, que no mostró diferencias entre plantas con HMA y noHMA. En el resto de los cultivares se observó mayor longitud de las raíces en los tratamientos inoculados. En el experimento 2 solamente se apreciaron diferencias en el cv. Guillemar entre las plantas con HMA y las noHMA. La acumulación de masa seca aérea y radicular mostró un comportamiento contrastante, provocado por la presencia del HMA en las raíces y por la respuesta varietal (Tabla 1).

La acumulación de masa seca aérea y radicular, en sentido general, las plantas inoculadas con HMA mostraron los mayores valores, respecto a su control sin inocular. Es importante destacar que los cultivares INCA LP-7 y Guillemar inoculados con HMA mostraron la mayor acumulación de masa seca aérea en ambos experimentos. En el caso del cv. INCA LP-7 el incremento de la MSA respecto a las cultivares sin la aplicación del biofertilizante EcoMic® (INCA LP-7, Roana, José y Guillemar) represento un 13, 74 %; 27,02 %; 28,48 % y 15,60 %, respectivamente. El cv. Guillemar con HMA el incremento fue de 17,92 %; 31, 69 %; 33, 21 % y 9,73 %; respectivamente, respecto al resto de los cultivares (INCA LP-7, Roana, José y Guillemar). Sin embargo, a nivel de acumulación de masa seca de la raíz, en el experimento 1, no se encontró diferencias entre los cultivares

inoculados con HMA y en la segunda repetición los mejores resultados se corresponden con los cultivares INCA LP-7 y Guillemar, seguido por el *cv.* Roana, pero sin diferencias con Guillemar (Tabla 1).

El incremento que se apreció en la altura de las plantas, la masa seca área y radicular, los resultados se corresponden con los informados en otras investigaciones ⁽¹⁸⁾, al inocular plantas de arroz con diferentes cepas de HMA en condiciones similares de suelo y cultivo. Además de que los valores de altura de la planta y la formación de la alfombra por el entrelazado de las raíces, se correspondieron con los parámetros de calidad de las plántulas, listas para el trasplante mecanizado ⁽⁷⁾.

Los resultados de esta investigación evidenciaron que las condiciones de inundación afectaron la colonización, por lo que al momento del trasplante a los 18 DDE, pudieran llevarse al campo plantas sin estar colonizadas. Sin embargo, lo anteriormente mencionado permitió explicar que el incremento en el desarrollo de las plantas inoculadas (altura, número de hojas, largo de las raíces, masa seca parte aérea y de las raíces) en relación con las no inoculadas, puede deberse, fundamentalmente a la formación del micelio extraradical, que facilita a las plantas la absorción de agua y nutrientes, tal como se informó con anterioridad ^(8,19). Aunque puede estar asociado a la exudación por el hongo de hormona de crecimiento y a un mejor estatus nutricional de las plantas ^(20,21), si tenemos en cuenta que el volumen de raíces en las bandejas es denso y la competencia por los nutrientes y por el crecimiento en un semillero se incrementa; por lo tanto, el HMA debe de aumentar su eficiencia en el interior de la raíz para que este le proporcione sustancias elaboradas ⁽⁸⁾.

CONCLUSIONES

- Con la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] en la etapa de semillero, se logra trasplantar plantas de arroz colonizadas por Hongos Micorrízicos Arbusculares. Con porcentajes entre un 10 y un 16 %, además de un mayor desarrollo en cuanto a la altura, el largo de la raíz, masa seca aérea y de la raíz, respecto a las no tratadas.
- El componente genético tiene un efecto marcado en el crecimiento y desarrollo de las plantas, aun cuando estas son colonizadas por los HMA.
- A partir de estos resultados se sugiere la aplicación del biofertilizante EcoMic[®] como una alternativa nutricional en los semilleros para trasplante mecanizado de arroz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Laval- Molkenbuhr E. Arroz: temporada 2019/20 – 2020/21 [Internet]. 2019 [cited 22/09/2021]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. Ministerio de Agricultura: Chile. Available from: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70425/Articulo-arroz.pdf>
2. OECD/FAO. Perspectivas Agrícolas 2020-2029. [Internet]. 2020 [cited 22/09/2021]. OECD Publishing: Paris. Available from: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2020-2029_a0848ac0-es
3. Cristo E, Díaz Valdés EC, Blanco Reinoso G, González Cepero MC, Pérez León N de J, Díaz Solís SH. Cultivares Cubanos de Arroz [Internet]. Primera Edición. Ediciones INCA; 2018 [cited 22/09/2021]. 25 p. Available from: <https://isbn.cloud/9789597258001/cultivares-cubanos-de-arroz/>
4. Rodríguez Pedroso A, Miranda Caballero A, Pérez N, Ruiz Sánchez M, Ramírez-Arrebato M, Díaz Solís S, et al. El Cultivo del Arroz en los Palacios [Internet]. 2020. Available from: https://www.researchgate.net/publication/344352169_El_Cultivo_del_Arroz_en_los_Palacios
5. Caballero AM. Impacto de la tecnología de trasplante mecanizado de arroz. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial [Internet]. 2020 [cited 22/09/2021];4(3):334–49. Available from: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/143>
6. Hossen MA, Hossain MM, Haque ME, Bell RW. Transplanting into non-puddled soils with a small-scale mechanical transplanter reduced fuel, labour and irrigation water requirements for rice (*Oryza sativa* L.) establishment and increased yield. Field Crops Research [Internet]. 2018 [cited 22/09/2021];225:141–51. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429018310323>
7. Díaz López GS, Castell S. Tecnología agrícola para el trasplante mecanizado del arroz en Cuba [Internet]. Primera Edición. Agencia de Medio Ambiente (AMA); 2015 [cited 22/09/2021]. 15 p. Available from: <http://docplayer.es/133183498-E-tecnologia-agricola-para-el-trasplante-mecanizado-del-arroz-en-cuba.html>

8. Sugiura Y, Akiyama R, Tanaka S, Yano K, Kameoka H, Marui S, et al. Myristate can be used as a carbon and energy source for the asymbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [Internet]. 2020 [cited 22/09/2021];117(41):25779–88. Available from: <https://www.pnas.org/content/117/41/25779>
9. Smith SE, Read D. *Mycorrhizal Symbiosis* [Internet]. Tercera Edición. Academic Press; 2000 [cited 22/09/2021]. 800 p. Available from: <https://www.elsevier.com/books/mycorrhizal-symbiosis/smith/978-0-12-370526-6>
10. Azcón-Aguilar C, Barea JM. Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. *Journal of soil science and plant nutrition* [Internet]. 2015 [cited 22/09/2021];15(2):372–96. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-95162015000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=n
11. Espinosa R, Felix F, Martinez L, Cañizares P, Yakelín R, Ortega E, et al. Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola [Internet]. 2020. Available from: https://www.researchgate.net/publication/340223155_Manejo_integracion_y_beneficios_del_biofertilizante_micorrizico_EcoMicR_en_la_produccion_agricola
12. Ruiz-Sanchez M, DellAmico-Rodriguez JM, Cabrera-Rodriguez JA, Munoz-Hernandez Y, M-Almeida F, Aroca R, et al. Rice plant response to suspension of the lamina of water. Part III. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2020 [cited 22/09/2021];41(2):e07. Available from: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=02585936&v=2.1&it=r&id=G ALE%7CA634211259&sid=googleScholar&linkaccess=abs>
13. Rodríguez-Yon Y, Arias L, Carmona A, Mujica Y, Medina-García L, Fernández-Suárez K, Mena A. Alternative staining technique to determine mycorrhizal colonization. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015;36(2):18–21. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Rodriguez-Yakelin/publication/307577276_ALTERNATIVE_STAINNING_TECHNIQUE_TO_DETERMINE_MYCORRHIZAL_COLONIZATION/links/5ab9ffd645851515f5a1311a/ALTERNATIVE-STAINNING-TECHNIQUE-TO-DETERMINE-MYCORRHIZAL-COLONIZATION.pdf
14. Giovannetti M, Mosse B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *The New Phytologist* [Internet]. 1980 [cited 22/09/2021];84(3):489–500. Available from: <https://www.jstor.org/stable/2432123>

15. Ma X, Li X, Ludewig U. Arbuscular mycorrhizal colonization outcompetes root hairs in maize under low phosphorus availability. *Annals of Botany* [Internet]. 2021 [cited 22/09/2021];127(1):155–66. Available from: <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/127/1/155/5900723?redirectedFrom=fulltext>
16. Kobae Y, Kameoka H, Sugimura Y, Saito K, Ohtomo R, Fujiwara T, et al. Strigolactone Biosynthesis Genes of Rice are Required for the Punctual Entry of Arbuscular Mycorrhizal Fungi into the Roots. *Plant and Cell Physiology* [Internet]. 2018 [cited 22/09/2021];59(3):544–53. Available from: <https://academic.oup.com/pcp/article/59/3/544/4794741?login=true>
17. de Oliveira IF, Simeone MLF, de Guimarães CC, Garcia NS, Schaffert RE, de Sousa SM. Sorgoleone concentration influences mycorrhizal colonization in sorghum. *Mycorrhiza* [Internet]. 2021;31(2):259–64. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-020-01006-1>
18. Ruiz-Sánchez M, Muñoz-Hernández Y, Dell'Amico JM, Polón-Pérez R. Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2016 [cited 22/09/2021];37(3):178–86. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362016000300020&lng=es&nrm=iso&tlng=es
19. Quiroga G, Erice G, Aroca R, Chaumont F, Ruiz-Lozano JM. Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to the regulation of radial root water transport in maize plants under water deficit. *Environmental and Experimental Botany* [Internet]. 2019 [cited 22/09/2021];167:103821. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847219307609>
20. Fusconi A. Regulation of root morphogenesis in arbuscular mycorrhizae: what role do fungal exudates, phosphate, sugars and hormones play in lateral root formation? *Annals of Botany* [Internet]. 2014 [cited 22/09/2021];113(1):19–33. Available from: <https://doi.org/10.1093/aob/mct258>
21. Pons S, Fournier S, Chervin C, Bécard G, Rochange S, Frey NFD, et al. Phytohormone production by the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*. *PLOS ONE* [Internet]. 2020 [cited 22/09/2021];15(10):e0240886. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0240886>