



Efecto de rizobios en el crecimiento y rendimiento del cultivar de maíz (*Zea mays* L.) P-79-28

Effect of rhizobia on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivar P-79-28

 Saray Márquez-Cruz*,  Michel Martínez-Cruz †,  Rosa Acosta-Roca

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

RESUMEN: El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo y un cultivo estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de usos. El empleo de bioproductos a base de rizobios en este cultivo, representa una alternativa en la disminución de la aplicación de productos químicos durante su desarrollo. La presente investigación se llevó a cabo en la finca “El Mulato”, perteneciente a la CCS “Orlando Cuellar Peñalver”, del municipio San José de las Lajas; durante los meses de diciembre 2018 hasta abril 2019. Cuatro cepas de *Rhizobium* sp fueron inoculadas, con el objetivo de determinar su efecto sobre los caracteres de crecimiento y rendimiento, en el cultivar de maíz P-79-28. Se constató que las diferentes cepas evaluadas mostraron efectos positivos en los caracteres de crecimiento, no siendo así en los caracteres de rendimiento. El tratamiento con mejores resultados en cuanto a características de crecimiento fue el que se inoculó con la cepa C1, de *Rhizobium* sp.

Palabras clave: tratamiento, bacterias diazotróficas, *Rhizobium*, seguridad alimentaria.

ABSTRACT: Maize is one of the most important cereals in the world and a strategic crop for food sovereignty and security. The use of bioproducts based on rhizobia in this crop, represents an alternative to decrease chemicals application in their development. The present research was carried out on the "El Mulato" farm, CCS "Orlando Cuellar Peñalver", San José de las Lajas municipality. Developed from December 2018 to April 2019, four strains of *Rhizobium* sp. were inoculated, with the objective of determining their effect on the growth and yield characters in the P-79-28 maize variety. It was obtained that the different evaluated stains showed positive effects on yield characters. The treatment that obtained the best results in terms of growth characteristics was the one that was inoculated with the C1 strain of *Rhizobium* sp.

Key words: treatment, bioproduct, microbial inoculants, diazotrophic bacteria.

INTRODUCCIÓN

El maíz constituye una especie vital en la alimentación y cultura de Centroamérica, se considera un cultivo estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de usos (1). Se estima que durante la campaña 2020-2021 la producción mundial de este cultivo alcance los 1133,89 millones de toneladas (2). Este cultivo para su óptimo desarrollo necesita grandes cantidades de fertilizantes para poder alcanzar rendimientos aceptables, pero, a su vez, el uso irracional y desmesurado de fertilizantes constituye la principal causa de pérdida de la fertilidad de los suelos, también, incrementan significativamente la contaminación de los recursos hídricos y de la atmósfera (3).

Bajo estas condiciones, se presenta la alternativa de utilizar tecnologías compatibles con la actividad microbiológica para favorecer la nutrición de las plantas. La aplicación de inoculantes microbianos constituye una alternativa emergente y un componente del manejo integrado en la nutrición vegetal (4). El empleo de bioproductos no pretende eliminar por completo el uso de insumos minerales, sino disminuir las dosis que se aplican a los cultivos y, por tanto, los efectos negativos de estos (5). La aplicación de biofertilizantes a base de ‘Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas’ (PGPR), constituye una alternativa económica e inocua al ambiente, que permite incrementar los rendimientos agrícolas y disminuir los costos de producción (6).

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

Recibido: 12/04/2021

Aceptado: 25/08/2021



Los rizobios son bacterias diazotróficas del suelo que establecen una relación simbiótica con las plantas leguminosas. El aislamiento de estos microorganismos de la rizosfera y como endófitos de las gramíneas (7) y la presencia de mecanismos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal, han permitido incluirlos dentro del grupo de las PGPR (6), por lo que la investigación se plantea como objetivo evaluar el efecto de cepas de rizobios sobre caracteres de crecimiento y rendimiento en el cultivar de maíz P-79-28.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la finca "El Mulato", perteneciente a la CCS "Orlando Cuellar Peñalver"; durante los meses de diciembre 2018 hasta abril 2019. Esta se encuentra ubicada en carretera San José-Tapaste, 5½, Mayabeque, Cuba; la cual presenta un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, éutrico (8).

Se empleó el método de siembra de dos semillas por nido, del cultivar de maíz P-79-28, a la distancia de 50 cm, con un marco de plantación de 0,70 m x 0,40 m y se desarrolló sobre parcelas de cuatro surcos con 5 m de largo. Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar con tres réplicas (Tabla 1).

Las diferentes cepas de rizobios empleadas en los tratamientos se obtuvieron en el departamento de Fisiología Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), y fueron aisladas de plantas de maíz (9). Las cepas con la nomenclatura C se aislaron del rizopiano del cultivar de maíz Canilla y en el caso de la nomenclatura R, se aislaron del rizopiano del cultivar Raúl.

En las parcelas establecidas se efectuó la preparación del suelo con tracción animal, empleando un arado de vertedera para la labor de rotura; posteriormente, se

efectuó el surcado. No se efectuaron aplicaciones de fertilizantes químicos en ninguna de las fases del cultivo.

Las semillas se inocularon con las diferentes cepas de rizobios, momentos antes de la siembra, donde se empleó la dosis de 1 mL del producto puro por cada 250 g de semilla (equivalente a 1000 granos para este cultivar). Se procedió a la inoculación en bandejas esterilizadas, aplicando de forma directa el inóculo sobre las semillas de maíz.

Durante el desarrollo del cultivo se les realizó evaluaciones de 10 caracteres morfoagronómicos (Tabla 2), a una muestra de 10 plantas por tratamiento; las evaluaciones se realizaron según el Manual Gráfico para la Descripción Varietal del Maíz (*Zea mays* L.) (10). Las evaluaciones se efectuaron al seleccionar las plantas de los dos surcos del centro de cada parcela, para evitar el efecto de borde.

La cosecha manual se llevó a cabo a los 96 días de haberse efectuado la siembra (28 de diciembre de 2018 - 2 de abril de 2019).

Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple, a los 10 caracteres cuantitativos evaluados (DT, AMS, AP, NGH, LM, DMM, NGM, M100G, MTG, DMT) de los diferentes tratamientos, a través del programa estadístico Stagraphics Plus versión 5.1 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de rizobios sobre caracteres de crecimiento del maíz

En el transcurso del experimento se evaluaron tres caracteres relacionados con la etapa del crecimiento del cultivo (AP, AMS y DT).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Control absoluto (tratamiento sin la aplicación de productos)
T2	Semillas inoculadas con la cepa <i>Rhizobium</i> sp.(C1)
T3	Semillas inoculadas con la cepa <i>Rhizobium</i> sp.(C4)
T4	Semillas inoculadas con la cepa <i>Rhizobium</i> sp. (C8)
T5	Semillas inoculadas con la cepa <i>Rhizobium</i> sp.(R10)

Tabla 2. Caracteres evaluados, unidad de medida y etapa de evaluación de plantas del cultivar de maíz P-79-28 inoculadas con rizobios

No.	Caracteres evaluados	Unidad de medida	Etapa de evaluación
1	Diámetro del tallo (DT)	(cm)	Llenado de grano
2	Altura a la mazorca superior (AMS)	(m)	Llenado de grano
3	Altura de la planta (AP)	(m)	Llenado de grano
4	Número de granos por hilera (NGH)	Unidad	Pos-cosecha
5	Longitud de la mazorca (LM)	(cm)	Pos-cosecha
6	Diámetro medio de la mazorca (DMM)	(cm)	Pos-cosecha
7	Número de granos por mazorca (NGM)	Unidad	Pos-cosecha
8	Masa de 100 granos (M100G)	(g)	Pos-cosecha
9	Masa total de los granos por mazorca (MTG)	(g)	Pos-cosecha
10	Diámetro medio de la tuza (DMT)	(cm)	Pos-cosecha

Como muestra la **Figura 1**, los tratamientos 2 y 4 mostraron los mejores resultados para el carácter AP; en los cuales se emplearon las cepas C1 y C8, respectivamente. Los tratamientos 1 y 3 difirieron significativamente de éstos (Testigo y C4), aunque el tratamiento 5 (cepa R10) mostró valores estadísticamente compartidos entre todos los tratamientos.

En cuanto a AMS, el tratamiento 2 (C1); fue significativamente superior al resto de los tratamientos, donde el de menor altura a la mazorca superior (AMS) fue el tratamiento 1 (Testigo).

Al analizar estos resultados y lo que se planteó en el año 2003 (11), donde el autor refiere la existencia de una correlación positiva entre AP y AMS-se puede considerar este hecho como el factor que aportó al comportamiento mostrado por el tratamiento 2 respecto al carácter AMS.

Sin embargo, es de resaltar el comportamiento para el carácter AMS entre los tratamientos 4 y 5. Al respecto, es importante considerar para ambos caracteres (AP y AMS), los valores que se obtuvieron en los tratamientos 2, 4 y 5, lo que permitiría estimar la efectividad de las cepas C1, C8 y R10.

Para el carácter DT (**Figura 2**), no hubo diferencias significativas entre los tratamientos analizados, por lo que la inoculación de las plantas de maíz con *Rhizobium* sp. no muestran efecto para el mismo.

De manera general, el tratamiento que mejor resultado mostró, para la mayoría de los caracteres evaluados, fue el número 2, el cual se inoculó con la cepa C1 de *Rhizobium* sp.

A partir de los resultados obtenidos en cuanto a los caracteres evaluados anteriormente, es evidente que las cepas de rizobios utilizadas en los tratamientos muestran un efecto superior en la fase de crecimiento del cultivo, pues mostraron mejores resultados los tratamientos inoculados con las cepas, en comparación con el testigo.

Existen numerosas investigaciones que demuestran la posibilidad de los rizobios para colonizar y potenciar el crecimiento en el maíz y en otros cultivares no pertenecientes a la familia de las leguminosas, como: lechuga, pimiento y tomate (12, 13). Sin embargo, no se encuentran reportes anteriores de los efectos de las cepas analizadas en el presente estudio sobre los caracteres relacionados con el crecimiento: AP, AMS y DT; elemento que, sin lugar a dudas, refiere nuevos aportes de estas cepas en el cultivo del maíz.

Efecto de rizobios sobre caracteres de rendimiento del maíz

En la **Figura 3**, se muestra el análisis del efecto de las cepas que se inocularon en los caracteres DMM, LM y DMT. Para el DMM y LM, los tratamientos 1, 2, 3 y 4 mostraron resultados similares; mientras que en el DMT no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

En cuanto a los caracteres NGH y NGM, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (**Figura 4**); no siendo así para los caracteres M100G y MTG, donde el tratamiento con mejor resultado fue el 1 (**Figura 5**).

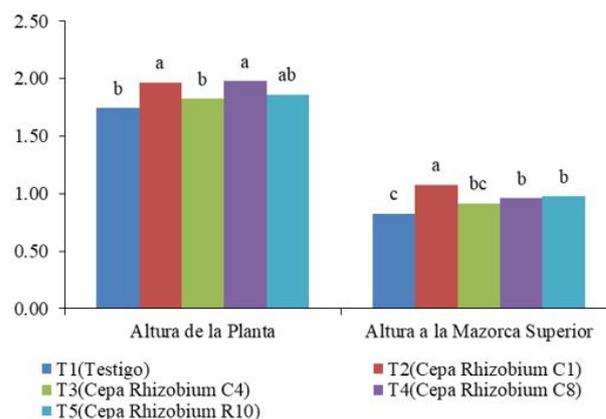


Figura 1. Media y significación estadística de los caracteres relacionados con el crecimiento: Altura de la Planta (AP) (m) y Altura a la Mazorca Superior (AMS) (m)

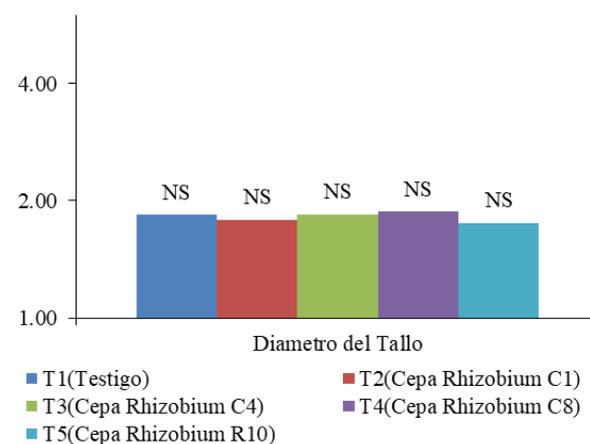


Figura 2. Media y significación estadística del carácter relacionado con el crecimiento: Diámetro del Tallo (DT) (cm)

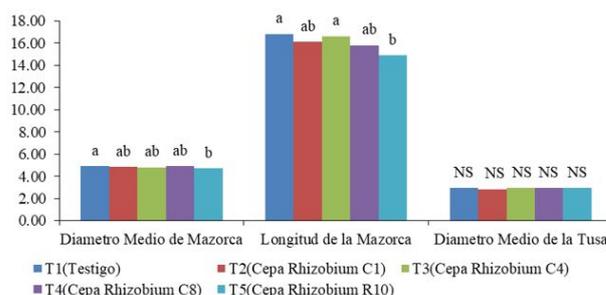


Figura 3. Media y significación estadística de los caracteres de rendimiento: Diámetro Medio de la Mazorca (DMM), Longitud de la Mazorca (LM) y Diámetro Medio de la Tusa (DMT) (cm)

Una vez analizados los diferentes caracteres, tanto de crecimiento como rendimiento, se puede observar que las diferentes cepas de rizobios mostraron efectos positivos durante la etapa de crecimiento, no siendo así con las variables de rendimientos evaluados.

Al respecto, en la presente investigación, la aplicación de las cepas de *Rhizobium* fue efectuada a las semillas antes

de la siembra, no siendo aplicado al cultivo en otras de las fases de desarrollo; lo que pudo haber determinado la no influencia de las cepas evaluadas en los caracteres de rendimiento analizados. De manera general, se plantea que las cepas de *Rhizobium* sp. forman nódulos en las leguminosas, proporcionando nitrógeno fijado a sus huéspedes. Pero también, se ha demostrado que los rizobios son capaces de colonizar las raíces de las no leguminosas, tan eficientemente como colonizan sus hospederos de leguminosas (9).

En un experimento realizado en el cultivo del maíz (14), las inoculaciones de diferentes cepas nativas mostraron datos estadísticos superiores al control, lo que pudo deberse a que los rizobios producen fitohormonas que favorecen una mayor extracción de nutrientes del suelo, promoviendo el crecimiento vegetal y, posiblemente, incrementos en los rendimientos. En el mismo año, en otra investigación, estos autores obtuvieron resultados similares al aplicar cepas de rizobios procedentes de ecosistemas ganaderos de Sancti Spiritus, Cuba.

El efecto de los rizobios sobre el crecimiento fue demostrado en otras investigaciones, donde se reportó un estímulo en la altura de la planta en maíces cultivados en macetas, posterior a la aplicación de nueve aislamientos de rizobios, en comparación con el control no inoculado (15). Dichos autores refieren un efecto en la altura de la planta de 3,23 y 23,44 % sobre el control no inoculado, demostrando que la inoculación con las cepas estudiadas mejoró los parámetros de crecimiento y rendimiento del maíz, tanto en macetas como en campo.

Por otro parte, se ha revelado que la efectividad de los aislamientos de rizobios varía entre diferentes especies contra un hospedero común (16), y de un sitio a otro en el que se efectúen las experimentaciones (15).

Sin embargo, estos valores fueron superiores a los encontrados por otros científicos en un experimento (17), donde se inoculó maíz con cepas comerciales de *Bradyrhizobium japonicum*, en el cual obtuvieron incrementos en la masa seca aérea de la planta, desde 6,7 % hasta 8,7 %, con respecto al control absoluto. Otros autores, hallaron que la cepa E11 de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* fue capaz de estimular el crecimiento en maíz, en condiciones de campo (18).

En este sentido, al considerar la similitud en el origen de las cepas utilizadas en la presente investigación, pudo haber contribuido a los resultados obtenidos, donde no se obtuvieron diferencias significativas entre las cepas para los caracteres de rendimiento evaluados (DMM, LM, DMT, NGH y NGM). Por su parte, la inoculación de las cepas fue efectuada en las mismas condiciones experimentales sobre un mismo hospedero, lo que pudo haber contribuido a la similitud encontrada en el comportamiento de las cepas sobre los caracteres de rendimiento evaluados.

Aunque no pudo ser probada una eficiencia de las cepas estudiadas sobre los caracteres de maíz relacionados con el rendimiento, es distintivo los resultados mostrados para

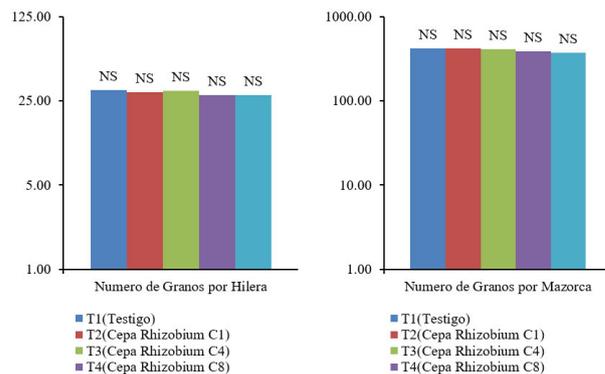


Figura 4. Media y significación estadística de los caracteres de rendimiento Número de Granos por Hilera (NGH) y Número de Granos por Mazorca (NGM) (unidades)

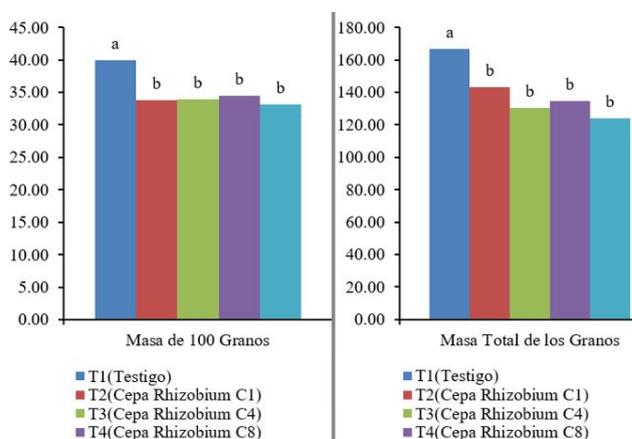


Figura 5. Media y significación estadística de los caracteres de rendimiento: Masa de 100 Granos (M100G) (g) y Masa Total de los Granos (MTG) (g)

el caso del Tratamiento 2 (cepa C1 de *Rhizobium* sp.) sobre AP, AMS y DT, argumentos que aportan a favor de la utilización de esta cepa en el cultivo del maíz.

CONCLUSIONES

- Los rizobios inoculados en las semillas de maíz mostraron efectos superiores en la planta, durante la etapa de crecimiento del cultivo, lo que no ocurrió para los caracteres de rendimiento.
- El tratamiento 2 mostró el mejor resultado para la mayoría de los parámetros evaluados, lo que demostró la eficiencia de la cepa C1 de *Rhizobium* sp. evaluada.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio y teniendo en cuenta las evidencias referenciales de la literatura consultada, se propone evaluar el efecto de las cepas de rizobios estudiadas sobre otros caracteres morfoagronómicos del cultivo y otros cultivares de maíz, con el fin de evaluar la efectividad de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

1. González-Cortés N, Silos-Espino H, Estrada Cabral JC, Chávez-Muñoz JA, Tejero Jiménez L. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2016;7(3):669-80.
2. Produccion Agricola Mundial.com. Producción Mundial de Maíz 2020/2021 [Internet]. 2021 [cited 01/03/2021]. Available from: <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/maiz.aspx>
3. Rodríguez JHV, Landin WEC, Carreño D de los ÁC, Galarza FAE, Herrera GMI, Cárdenas A del RB, et al. Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*. 2020;12(1):e750-e750. doi:10.24188/recia.v12.n1.2020.750
4. Nehra V, Saharan BS, Choudhary M. Evaluation of *Brevibacillus brevis* as a potential plant growth promoting rhizobacteria for cotton (*Gossypium hirsutum*) crop. *SpringerPlus*. 2016;5(1):1-10. doi:10.1186/s40064-016-2584-8
5. Calero-Hurtado A, Pérez-Díaz Y, González-Pardo Hurtado Y, Olivera-Viciedo D, Peña-Calzada K, Castro-Lizazo I, et al. Aplicación complementaria de dos bioproductos incrementan la productividad del frijol común. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2020 [cited 30/03/2021];41(3). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000300007&lng=es&nrm=iso&tng=es
6. Moreno Reséndez A, García Mendoza V, Reyes Carrillo JL, Vásquez Arroyo J, Cano Ríos P. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2018;20(1):68-83. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707
7. Hernández Forte I, García N, Caridad M. Rizobios residentes en la rizosfera de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCA LP-5. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):39-49.
8. Jiménez H, Infante B, Jiménez P, Speck C. Clasificación de los suelos de Cuba [Internet]. 1.ª ed. Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas; 2015 [cited 2/03/2021]. Available from: <https://isbn.cloud/9789597023777/clasificacion-de-los-suelos-de-cuba-2015/>
9. Pérez Reneé. Aislamiento y caracterización de posibles rizobios asociados a la rizosfera de plantas de maíz (*Zea mays*) L. Efecto en el crecimiento del cultivo. [Facultad de Biología, Universidad de la Habana]: Universidad de La Habana; 2017. 35-38 p. <https://www.researchgate.net/profile/Renee-Perez-Perez>
10. Carballo A, Ramírez M, Coronado H, Andrade A, Sánchez S, Valdés M, et al. Guía Técnica para la Descripción Varietal [Internet]. 2014 [cited 01/03/2021]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/313793274_Guia_Tecnica_para_la_Descripcion_Varietal_de_Maiz
11. Martínez M, Ortiz R, Ríos H. Caracterización y evaluación participativa de maíz colectado en la localidad de Catalina de Güines, la Habana. *Cultivos Tropicales*. 2003; 24(4): 69-75.
12. Blanco EL, Castro Y, Olivo A, Skwierinski R, Barrios FM. Germinación y crecimiento de plántulas de pimentón y lechuga inoculadas con rizobios e identificación molecular de las cepas. *Bioagro*. 2018;30(3):207-18.
13. Marquina ME, Ramírez Y, Castro Y. Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón *Capsicum annuum* L. var. Cacique Gigante. *Bioagro*. 2018;30(1):3-16.
14. Bécquer CJ, Salas B. Selección de rizobios adaptados a ecosistemas ganaderos de Alberta, Canadá, inoculados en maíz (*Zea mays*, L.). Fase I: invernadero. *Pastos y Forrajes*. 2008;31(3):229-46.
15. Mehboob I, Zahir ZA, Arshad M, Tanveer A, Khalid M. Comparative effectiveness of different *Rhizobium* sp. for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Environment*. 2012;31(1):37-46.
16. Hafeez FY, Safdar ME, Chaudhry AU, Malik KA. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2004;44(6):617-22. doi:10.1071/ea03074
17. Prévost D, Saddiki S, Antoun H. Growth and mineral nutrition of corn inoculated with effective strains of *Bradyrhizobium japonicum*. En: *Proceedings of the 5th International PGPR Workshop*. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina; 2000.
18. Yanni YG, Rizk RY, El-Fattah FKA, Squartini A, Corich V, Giacomini A, et al. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with rice roots. *Functional Plant Biology*. 2001;28(9):845-70. doi:10.1071/pp01069