TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

MICROORGANISMOS PROMOTORES DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE BRÓCOLI

José Gómez Espinoza[1,2*]; Miguel Ángel Ávila Perches[1]; Alfredo Josué Gámez Vázquez[1]; Anabel Flores Lee; [4]María Guadalupe Gómez Espinoza[3]; Ahuitzolt de Jesús Joaquín Ramos[2],

[1]INIFAP, Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Km. 6.5, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México. [2]Departamento de Posgrado, TecNM-Roque, Carretera, Juventino Rosas - Celaya Km.8, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato, México. [3]Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La piedad km 44, predio El Derramadero, Pénjamo, Guanajuato, México CP 36921, [4]Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Cuitzeo de los Naranjos CP 36976, Abasolo Gto. * ahuitzolt.jr@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El brócoli pertenece a la familia de las *Crucíferas* y al género *Brassica oleraceae* L. *var*. *Itálica,* es originario del Mediterráneo Oriental (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.) y aunque se conocía en Europa, su cultivo fue introducido a México en la década de los noventa. Guanajuato obtiene más del 50 % de la producción nacional en México; sin embargo, es importante asegurar una germinación de semillas mayor al 85 %. El objetivo de este trabajo evaluar el potencial de siete cepas para mejorar el establecimiento de plántulas de brócoli en invernadero y determinar los efectos sobre la producción de la planta con las cepas seleccionadas. Para lo cual se usaron siete microorganismos aislados de microbiomas silvestres que se sembraron en agar SNA y a los siete días se obtuvieron las esporas con una solución de Tween 20. Las semillas fueron desinfectadas y sumergidas en una solución de $1x10^8$ esporas de las cepas seleccionadas. Los resultados indican que para la variable de plántula el tratamiento MT3 fue el mejor. Así mismo, se pudo concluir que el microorganismo denominado MT3 tuvo una mejor respuesta como promotor de crecimiento vegetal en comparación con los demás tratamientos incluyendo los testigos.

Palabras clave: *brócoli (Brassica Oleracea L. var. Itálica), microorganismos, microbiomas, germinación*.

ABSTRACT

Broccoli belongs to the Cruciferae family and the genus Brassica oleraceae L. var. Italica. It is native to the Eastern Mediterranean (Asia Minor, Lebanon, Syria, etc.). Although it was first discovered in Europe, its cultivation was introduced to Mexico in the 1990s. Guanajuato accounts for more than 50% of Mexico's national

production; however, it is important to ensure seed germination rates greater than 85%. The objective of this study was to evaluate the potential of seven strains to improve broccoli seedling establishment in greenhouses and determine the effects of the selected strains on plant production. Seven microorganisms isolated from wild microbiomes were plated on SNA agar, and spores were obtained seven days later using a Tween 20 solution. The seeds were disinfected and immersed in a 1x108 spore solution of the selected strains. The results indicate that the MT3 treatment was the best for the seedling variable. It was also concluded that the microorganism called MT3 performed better as a plant growth promoter compared to the other treatments, including the controls.

Keywords: *broccoli (Brassica Oleracea L. var. Italica), microorganisms, microbiomes, germination.*

INTRODUCCIÓN

El brócoli pertenece a la familia de las *Crucíferas* y al género *Brassica oleracea,* es originario del Mediterráneo Oriental (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.) y aunque se conocía en Europa, el brócoli fue introducido a México como cultivo comercial en la década de los noventa (Rocha y Cisneros, 2019). Es una de las hortalizas muy nutritiva con alto contenido de vitamina C, B2 (riboflavina), provitamina A, potasio y fósforo (SIAP, 2022). El brócoli pose alto contenido de agua hasta un 90% de su composición (Centeno-Rodríguez *et al*., 2017). La producción en México para el año 2022 fue de 632, 258 t. Guanajuato es el principal estado productor con 412,826 t se obtiene el 65.3 % del volumen nacional (SIAP, 2022).

El uso de microorganismos del suelo es esencial en la sostenibilidad de los ecosistemas y actualmente se ha ampliado, lo que incluye el evaluarlos como promotor de la germinación de semillas. Éstos actúan como principales agentes impulsores del ciclo de nutrientes y mejoran la eficiencia de su absorción por las semillas y plantas (Becquer, 2019). Los mecanismos por los que los microorganismos promotores de crecimiento vegetal ejercen efectos positivos sobre las plantas son numerosos; sin embargo, se pueden mencionar la fijación de nitrógeno y la solubilización del fosforo. Además, pueden asociarse a la producción de fitohormonas y la protección contra hongos patógenos (Moraga-Suazo y Opazo, 2016). Uno de los aspectos importantes es que en algunos casos llegan a romper la latencia en algunas semillas y por consecuencia incrementan el porcentage de germinacion (Terry *et al*., 2005). Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial de siete cepas para mejorar el establecimiento de plántulas de brócoli en invernadero y determinar los efectos sobre la producción de la planta con las cepas seleccionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas se recuperaron de plantas silvestres del estado de Guanajuato. Las cuales una vez aisladas, se seleccionaron morfológicamente y de esta manera se optó por siete cepas identificadas con las siguientes abreviaturas y así mismo se especifica de donde fueron aislados; MR1-B (Tejido de nopal, *Opuntia spp*), MT3 (Tejido de nopal, *Opuntia spp*), 22 (Flor de Venenosilla, *Asclepias linaria*), 17 (Raíz de Venenosilla, *Asclepias linaria*), MR6 (Rizosfera de nopal, *Opuntia spp*), 1(Tejido de Sangregado, *Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.) y 7 (Raíz de Sangregado, *Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.), que se conservan en condiciones adecuadas en el edificio de Posgrados en el Instituto Tecnológico de Roque.

Evaluación en invernadero de las cepas seleccionadas: Se evaluaron siete cepas inoculadas con una dosis de $1x10^8$ Unidades Formadoras de colonias (UFC) y dos testigos; superior (Ácido giberélico) inferior (agua). Para la primera etapa se inocularon las semillas y se pusieron en inmersión durante cinco horas, después se sembraron en las charolas de germinación con sustrato peat most y vermiculita en proporción 3:1 y se incubaron en la cámara de germinación la cual estaba aislada de luz durante 72 horas a una temperatura de 27°C. Para después transferirse al invernadero.

Se evalúo la germinación y velocidad de emergencia: Se realizaron conteos diarios del número de semillas germinadas, considerando semillas con la radícula brotada. Se tomaron datos a partir del cuarto día de siembra hasta el día 15 donde se expresaron los resultados en porcentaje. Posteriormente, se hizo la toma de datos de longitud de tallo (LT), longitud de raíz (LR) y diámetro de tallo (DT) y área foliar: se midió la circunferencia de la planta, se utilizó el programa Image J (Imaje J), donde en cada una de las fotos se tomó como referencia un vernier, para establecer una escala (1 cm) y de esta manera se redujo el error de medición. Además, se analizó el peso seco, para lo cual, se secaron las plántulas en un horno a una temperatura de 75°C por 72 horas, posteriormente se hizo la toma de datos los cuales se expresaron en gr/planta. Las evaluaciones se hicieron en tres diferentes fechas; a los 20, 25 y 35 días después de la siembra. El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Ubicado en Celaya, Gto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (cuadrados medios) para estos parámetros (Cuadro 1) nos indica que en los tratamientos de las variables de plántula en invernadero AF, LT, DT, hubo diferencias altamente significativas y se indica que para las variables DR.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de plántula en invernadero a los 20 días.

F.V.	G.L.	AF	LT	DT	L R
TRAT	8	5.2307 **	5.9232**	0.0039 **	8.0171 *
Error	52	0.5002	0.2430	0.0004	1.7527
CV (%)	----	20.5	9.2	10.8	1.7

* indica significancia estadística al nivel 0.05 de probabilidad; ns indica no significativo; AF=área foliar, LGT=longitud de tallo, DT=diámetro de tallo y LR=longitud de raíz.

Cuadro 2. Comparación de Medias del análisis de las variables de plántula en invernadero a los 20 días de siembra.

Tratamiento	Germinación (%)	AF (cm^2)	LT (cm)	DT (cm)	LR (cm)
MR1-B	41.6 e	4.93 abc	5.71 c	0.23	11.06 ab
MT3	90.0 a	6.09 a	7.59 a	0.29 a	12.33 a
AGUA	66.6 c	4.42 bcd	5.40 c	0.18 e	10.37 b
22	53.3 d	5.53 ab	6.83 ab	0.20 cde	11.91 ab
17	65.0 c	3.56 cd	5.70 c	0.21 bcd	10.46 b
MR6	61.6 c	4.28 bcd	5.95 bc	0.20 cde	10.79 ab
1	80.0 b	3.92 bcd	5.85 c	0.19 de	10.84 ab
AG	81.6 b	3.51 cd	5.13 c	0.22 bc	10.51 b
7	61.6 c	3.06 d	5.31 c	0.24 b	10.87 ab

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales. (Diferencia Mínima Significativa, DMS P=0.05. Para las variables área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT) y longitud de raíz (DR).

Según en la comparación de medias (DMS, P=0.05) (Cuadro 2), para tratamientos de las variables de plántula en invernadero; área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT), diámetro de raíz (DR), peso seco (PS) y Germinación (%). Los resultados indican que para la variable de AF el tratamiento MT3 se podría postular como el mejor al igual que en LT, DT, DR donde todos los tratamientos son iguales excepto el tratamiento siete el cual es estadísticamente diferente respecto a los demás. Por lo cual para el análisis del día 20 en invernadero el tratamiento MT3 estadísticamente es el mejor.

Cuadro 3. Comparación de Medias día 25 del análisis de varianza para las variables de plántula en invernadero.

Tratamiento	AF(cm^2)	LGT (cm)	DT (cm)	LR (cm)
MR1-B	3.68 bc	6.67 b	0.215 bc	8.75 ab
MT3	5.10 a	7.89 a	0.257 a	10.76 a
AGUA	3.70 bc	5.73 cd	0.208 bc	8.70 ab
22	3.05 c	5.40 d	0.184 c	8.65 ab
17	4.15 b	6.03 bcd	0.224 ab	9.27 ab

MR6	3.95 b	6.44 bc	0.197 bc	8.17 b
1	3.93 b	6.00 bcd	0.216 bc	9.03 ab
AG	3.13 c	5.30 d	0.187 c	8.73 ab
7	3.53 bc	5.50 d	0.185 c	10.18 ab

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales. (Diferencia Mínima Significativa; (DMS) P=0.05). Para las variables área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT) y Longitud de raíz (DR).

Según en la comparación de medias (DMS, P=0.05) (tabla 3), para tratamientos de las variables de plántula en invernadero; área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT), diámetro de raíz (DR), peso seco (PS) y Germinación (%). Da acuerdo a los resultados de los análisis del día 25 en AF, LGT y DT el tratamiento MT3 fueron estadística fue mejor que los demás tratamientos, sim embargo en DR los tratamientos que son estadísticamente diferentes son; MT3 Y MR6 en el cual MT3 es el mejor según el análisis de varianza.

Cuadro 4. Comparación de Medias día 35 del análisis de varianza para las variables de plántula en invernadero.

Tratamiento	AF (cm^2)	LGT (cm)	DT (cm)	LR (cm)
MR1-B	4.9380 abc	5.7140 c	0.23633 b	11.0690 ab
MT3	6.0997 a	7.5977 a	0.29800 a	12.3343 a
AGUA	4.4233 bcd	5.4047 c	0.18833 e	10.3700 b
22	5.5310 ab	6.8363 ab	0.20633 cde	11.9163 ab
17	3.5617 cd	5.7067 c	0.21933 bcd	10.4647 b
MR6	4.2800 bcd	5.9597 bc	0.20700 cde	10.7977 ab
1	3.9240 bcd	5.8510 c	0.19733 de	10.8450 ab
AG	3.5113 cd	5.1373 c	0.22667 bc	10.5110 b
7	3.0617 d	5.3170 c	0.24100 b	10.8710 ab

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales. (Diferencia Mínima Significativa; (DMS) P=0.05). Para las variables área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT) y Longitud de raíz (DR).

La comparación de medias (DMS, P=0.05) (tabla 4) para tratamientos de las variables de plántula en invernadero; área foliar (AF), longitud de tallo (LGT), diámetro de tallo (DT), diámetro de raíz (DR) y Germinación (%), los resultados indican que el tratamiento MT3 fue el mejor para todas las variables antes mencionadas, en el caso del tratamiento siete para las variables de AF mientras que LGT fue el MT3, en el tratamiento agua para la variable DT fue el de menor respuesta, para el tratamiento AG solamente en la variable DR presento un menor resultado. Para germinación, existe diferencia significativa entre los tratamientos para lo cual el mejor tratamiento fue el MT3 con un 90% de germinación superando los controles los cuales estuvieron por debajo de lo que se indica en la etiqueta del producto y el tratamiento más bajo fue el de MR1-B.

En la Figura 1 se muestra la velocidad de emergencia, donde se logra observar un efecto positivo pues a partir del día 4 después de la siembra empezaron a germinar las semillas con los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que destaco fue el MT3, teniendo 54 semillas germinadas lo cual podemos corroborar con el análisis de varianza donde se presenta un 90% de germinación, por lo que supera a los demás tratamientos. Comparando los resultados obtenidos con los de Can Chulim *et al*. (2014), donde el autor evaluó la germinación y el crecimiento de plántulas en diferentes etapas por lo cual podemos determinar que en el caso del tratamiento MT3 se superó a los que el autor establece.

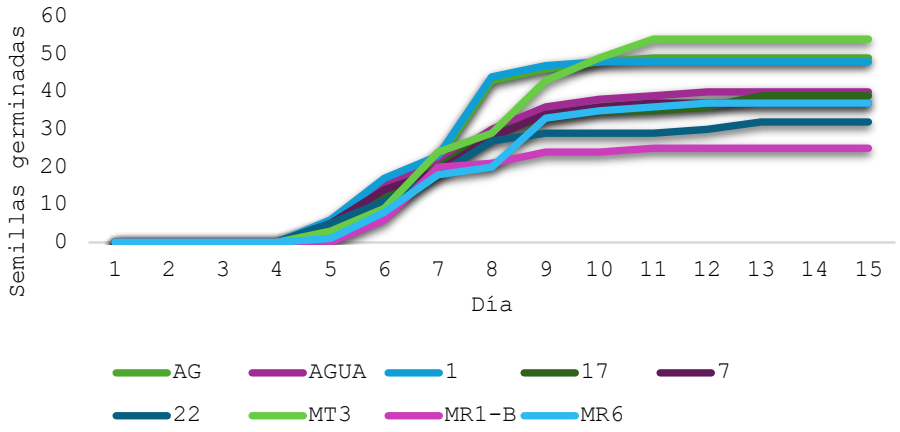

Figura 1. Índice de velocidad de emergencia.

CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas en invernadero, para el caso de plántula, se concluyó que la cepa (aislado) denominado MT3 tuvo una mejor respuesta como microorganismo promotor de crecimiento, superó a los demás tratamientos puesto que tuvo mayor área foliar que los demás tratamientos, raíces más grandes y con ello una mejor absorción en nutrientes tenido así un tallo más grueso y grande. Además, mejoro el tiempo de germinación en las semillas de brócoli.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Becquer, C.-J. (2019). effect of the inoculation of beneficial microorganisms and quitomax on Cenchrus ciliaris L, under condition of agricultural drought. . *pastos y forrajes, 42*(1), 39-47. Retrieved from https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=2089

Centeno-Rodríguez, M. A., Gómez-Salazar, J., & Ceron-García, A. (2017). Efecto del Tratamiento termico de compuestos bioactivos y propiedades fisicoquimicas en brocoli. *Jovenes de la ciencia, 3*(2), 6.

Moraga-Suazo, P., & Opazo, A. Z. (2016). Evaluation of Trichoderma spp. and Clonostachys spp. Strains to Control Fusarium circinatum in Pinus radiata Seedlings. *Chilean journal of agricultural research*, 412-417. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000300011

Rocha, I. J., & Cisneros-Reyes, Y. D. (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta universitaria multidisiplinary scientific Journal , 29*, 13. doi:https://doi.org/10.15174/au.2019.2156

SIAP (2022). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.* Retrieved from Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: https://www.google.com/search?q=SIAP&rlz=1C1CHBF_esMX1050MX1050&oq=SIAP&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyDggAEEUYJxg5GIAEGIoFMg0IARAuGK8BGMcBGIAEMgcIAhAAGIAEMgoIAxAAGLED_GIAEMgcI_BBAAGIAEMgYIBRBFGDwyBggGEEUYPDIGCAc_QRRg80gEIMjMwNmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Rocha IJE; Cisneros-Reyes YD (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta universitaria*, *29*, e2156. Epub 11 de septiembre de 2020.https://doi.org/10.15174/au.2019.2156

Terry E; Leyva A; Díaz MM (2005). Uso combinado de microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativa para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Cultivos Tropicales, 26*(3): 77-81. Retrieved from http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193216156014