

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN INOCULANTE DE MICORRIZAS EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Ing. Bruno Alejandro Olvera Martínez

Dr. José Luis Rodríguez Chávez

Centro Universitario, CEICKOR, México

Dra. Dalia Elizabeth Miranda-Castilleja

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dra. Rocío Crystabel López González

rcl.gonzalez27@gmail.com

Tecnológico Nacional de México/ IT de Ciudad Valles

RESUMEN

El uso de inoculantes microbianos en la agricultura protegida ha mostrado avances limitados, en gran parte debido a las variaciones en sus efectos, influenciados por el tipo de cultivo y las condiciones ambientales. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de un consorcio de micorrizas en el desarrollo y rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L.). Se implementó un diseño experimental en bloques al azar en un sistema hidropónico en invernadero, aplicando dos dosis de inoculante (3 g/planta y 2 g/planta) y se midieron parámetros fenológicos y de rendimiento. Los resultados mostraron que hubo una colonización en raíces por las micorrizas, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en comparación con el grupo control, lo que sugiere que, bajo las condiciones experimentales, el consorcio de micorrizas no generó mejoras notables en el crecimiento del pepino.

Evaluation of the effect of a mycorrhizal inoculant on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) Crop under greenhouse conditions

ABSTRACT

The use of microbial inoculants in protected agriculture has shown limited progress, largely due to variations in their effects, influenced by crop type and environmental conditions. The objective of this study was to evaluate the impact of a mycorrhizal consortium on the development and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). A randomized block experimental design was implemented in a hydroponic greenhouse system, applying two doses of inoculant (3 g/plant and 2 g/plant), and phenological and yield parameters were measured. The results showed root colonization by the mycorrhizas; however, no significant differences were found compared to the control group,

suggesting that under the experimental conditions, the mycorrhizal consortium did not produce notable improvements in cucumber growth.

Palabras clave: Biofertilización, Micorrizas, *Cucumis sativus*, Agricultura Protegida.

1.- Introducción

Los bioinoculantes son reconocidos como componentes clave en el manejo integrado de la nutrición y sanidad de las plantas, contribuyendo a cultivos más sostenibles y con mejores rendimientos (Kumari *et al.*, 2022). Estos inoculantes ofrecen múltiples beneficios, incluyendo la promoción del crecimiento vegetal, una mayor captación y aprovechamiento de nutrientes, así como la prevención de enfermedades (Shahwar *et al.*, 2023). Sin embargo, su aplicación presenta desafíos, ya que los efectos de los bioinoculantes pueden variar significativamente según el tipo de cultivo y las condiciones climáticas y edafológicas de la región. Como resultado, un mismo bioinoculante puede generar diferencias en rendimientos, calidad postcosecha y optimización de recursos. Esta variabilidad ha llevado a cierta resistencia por parte de los agricultores a implementar bioinoculantes, ya que a menudo no cumplen con las expectativas prometidas y sus beneficios no son inmediatos (Orozco-Mosqueda *et al.*, 2021). En contraste, los agroquímicos ofrecen una aplicación más uniforme y resultados rápidos (Omar *et al.*, 2022).

Entre los bioinoculantes, aquellos basados en hongos micorrícicos son especialmente útiles en la agricultura protegida, ya que establecen una simbiosis con las raíces de las plantas, lo que permite una mayor absorción de nutrientes (Zhu *et al.*, 2022). En el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), se ha demostrado que la inoculación con micorrizas mejora el crecimiento vegetativo y el rendimiento (Ali *et al.*, 2019). Sin embargo, en Querétaro, no se ha evaluado la eficiencia de las micorrizas en el cultivo de pepino bajo las condiciones edafológicas del centro del estado.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de un consorcio comercial de micorrizas durante el desarrollo del cultivo de pepino en invernadero y analizar su impacto en el rendimiento. Esto se llevará a cabo mediante la medición de variables de crecimiento, tales como el diámetro del tallo, la altura de la planta, la longitud de las hojas, el número de hojas, y las dimensiones del fruto, además de confirmar la colonización de las micorrizas en las raíces del pepino.

2.- Marco teórico

El pepino (*C. sativus* L.) se considera uno de los cultivos hortícolas más importantes de todo el mundo, El cual se entre los cinco cultivos hortícolas más importantes (Taha *et al.*, 2020), y representa el 0.014% del comercio mundial total. El cultivo del pepino generó durante el 2023, una derrama económica superior a los \$342 millones de pesos con la producción y comercialización de 32 mil 895 toneladas

generadas en los campos agrícolas (SIAP, 2023). México es el quinto productor mundial, con 826,485 toneladas, contribuyendo con el 1.4% del volumen total mundial en el 2020 (SIAP, 2020).

La producción bajo invernadero ha crecido significativamente, ocupando el pepino el 10% de la superficie total cultivada en México (Abarca *et al.*, 2021), destacándose Sinaloa como el mayor productor con el 33.5%, seguido por Sonora y Michoacán con el 23.7% y 9.6% respectivamente (Abarca *et al.*, 2021). El desarrollo de una agricultura sostenible exige reducir el uso de agroquímicos y reemplazarlos por alternativas más ecológicas, eficientes y económicas. En este contexto, se promueve el uso de biofertilizantes debido a la importancia de las comunidades microbianas del suelo y sus funciones beneficiosas para la productividad agrícola, además de ser una opción económicamente viable frente a los agroquímicos (Beltrán-Pineda y Bernal-Figueroa, 2022). Estos biofertilizantes actúan como estimulantes en el desarrollo de cultivos, promoviendo el crecimiento de las plantas (Kumari *et al.*, 2022). Sin embargo, los factores biogénicos y abiógenicos del suelo o sustratos que afectan la efectividad y supervivencia de los inoculantes microbianos en campo aún no se comprenden completamente (Papin *et al.*, 2024).

La biofertilización del suelo con hongos, especialmente los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), mejora la asimilación de nutrientes y ofrece una alternativa a la fertilización química, debido a que forman una simbiosis con diversas especies vegetales, aumentando su crecimiento al mejorar la absorción de macronutrientes como P, N, S y K, y reduciendo la asimilación de Na. También promueven la síntesis de compuestos como prolina y glicina, reguladores de crecimiento, y protegen las plantas del estrés por deshidratación y oxidación (Hashem *et al.*, 2018).

Investigaciones en el cultivo de pepino han evaluado consorcios de hongos micorrícicos arbusculares para incrementar el rendimiento y mejorar el crecimiento. Habibzadeh (2015) encontró que las plántulas de pepino inoculadas con un consorcio de micorrizas (*Glomus mosseae* y *Glomus intraradices*) presentaron mayor asimilación de fósforo foliar, así como un aumento en el peso fresco y seco de raíces, y en la longitud y volumen del fruto, en comparación con el control. Por otro lado, Ali y colaboradores (2019), en un estudio en pepino, encontraron que al inocular el hongo micorrícico *Glomus versiforme* L., obtuvieron plantas con mejor desarrollo y mejoraron la calidad de los frutos. Esto sugiere que los inoculantes micorrícicos pueden servir como biofertilizantes para producir plántulas más robustas y reducir el uso de fertilizantes fosfatados.

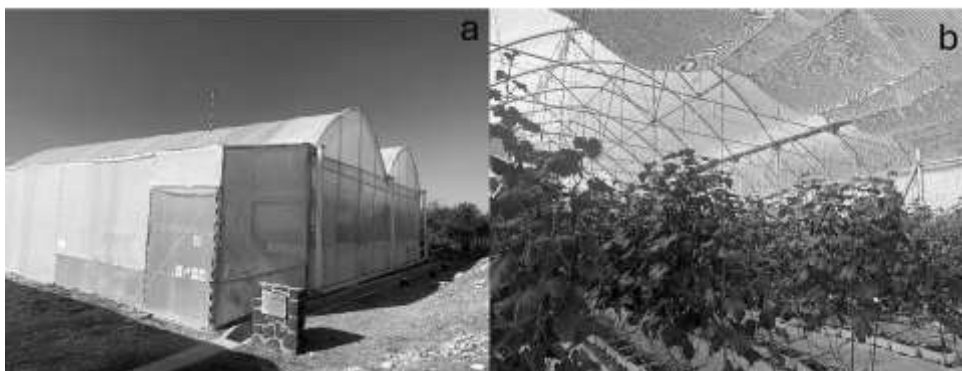
3.- Materiales y método

Ubicación y período de estudio

El experimento se realizó en las instalaciones de CEICKOR en un invernadero tipo gótico multitúnel de media-baja tecnología de 480m² con sistema de riego automático, durante el ciclo de febrero a mayo de 2022 (Fig. 1).

Figura 1.

a) Exterior del invernadero donde se realizó el experimento y b) cultivo de pepino en estudio en condiciones de hidroponía (b).



Semillas y sustrato

Se utilizaron semillas de pepino americano variedad Part 552 (lot 44053ZZZ10), con un porcentaje de germinación mínimo de 90% y pureza del 99.9%, comercializadas por Lark seeds international (California, EE. UU.). Se utilizó como sustrato fibra de coco (GALUKU International Pty Ltd., Sidney, Australia), en una combinación de 70% de fibra de coco y 30% polvo de coco, en macetas hidropónicas.

Inoculante

El inoculante comercial utilizado fue un consorcio de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Scutellospora*, *Glomus* y *Gigaspora*. en presentación granulada y a una concentración de 45000 propágulos/gr infectivos. Se utilizaron 2 dosis de aplicación recomendadas en la ficha técnica para el producto (20 y 40 Kg/Ha respectivamente), dos veces por mes durante los tres meses del ciclo de cultivo.

Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos: el Tratamiento 1 consistió en una dosis media de 2 g/planta, y el Tratamiento 2 en una dosis alta de 3 g/planta. Cada maceta (dimensiones de 45 cm de largo, 30 cm de ancho y 15 cm de alto) incluyó 4 plantas como unidades experimentales, con 10 macetas por tratamiento y control negativo (sin aplicación de inoculante), lo que resultó en un total de 40 unidades experimentales por tratamiento.

Manejo del cultivo

Durante el establecimiento del cultivo, se preparó una solución nutritiva básica con una conductividad de 1.89 mS/cm y pH entre 5.5 y 6. A lo largo del cultivo, los zarcillos y brotes fueron eliminados manualmente, y las plantas se sostuvieron con anillos y rafia. A partir de la quinta semana, se retiraron

las hojas basales cada dos semanas, manteniendo 12-15 hojas por planta. La cosecha inició en la cuarta semana de medición, realizándose una o dos veces por semana, recolectando frutos de más de 20 cm de largo y con diámetro mayor a 4 cm.

Medición de variables

La altura de la planta se midió semanalmente con cinta métrica desde la base del tallo hasta la parte apical, marcando el punto de medición previo para registrar el crecimiento semanal. El diámetro del tallo se midió utilizando un calibrador, justo por debajo del punto de crecimiento, de manera horizontal. El largo de las hojas se midió con cinta métrica, se midió la tercera hoja desde el punto de crecimiento hacia abajo, desde la unión del pecíolo hasta el ápice de la hoja.

Para el largo de los frutos, en cada cosecha (tres cosechas: semana 4, 5 y 6 del cultivo), se tomaron tres muestras de cada tratamiento para medir, desde la parte basal hasta la apical, utilizando una cinta métrica. Para el ancho de los frutos, se midió el diámetro en la parte central de cada fruto con un calibrador. El rendimiento por maceta se evaluó registrando los frutos cosechados de cada maceta, con el fin de obtener el rendimiento promedio por maceta por tratamiento.

Determinación de la colonización de las micorrizas en raíz

Para determinar la colonización de micorrizas en las raíces de pepino, se utilizaron dos segmentos de raíz por maceta. Estos se limpiaron, aclararon con KOH al 10%, enjuagaron y luego trataron con HCl al 10%. Posteriormente, se tiñeron con azul de tripano al 0.05% y se enjuagaron con lactoglicerol al 50% para eliminar el exceso de colorante, permitiendo observar la colonización micorrícica.

Análisis estadísticos

El análisis de datos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey. Los datos fueron procesados con el software R Studio, versión 4.0.2.

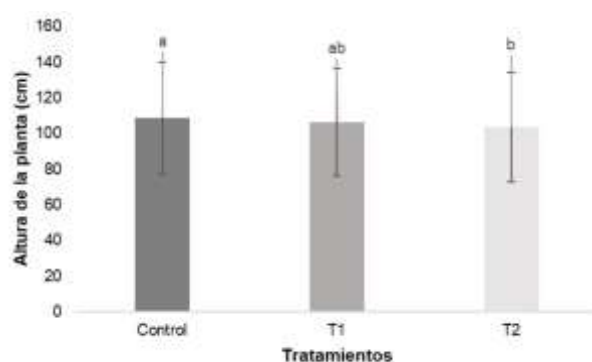
4.- Resultados

Fenología de la planta

Los resultados obtenidos para las variables de la fenología evaluados mostraron que, en cuanto a la altura de la planta, el análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticas significativas, donde el control presentó los valores más altos (106.34 ± 62.55 cm) en comparación con el tratamiento 1 (T1: 108.53 ± 60.63 cm) y tratamiento 2 (T2: 103.51 ± 61.05 cm) (Fig. 2).

Figura 2.

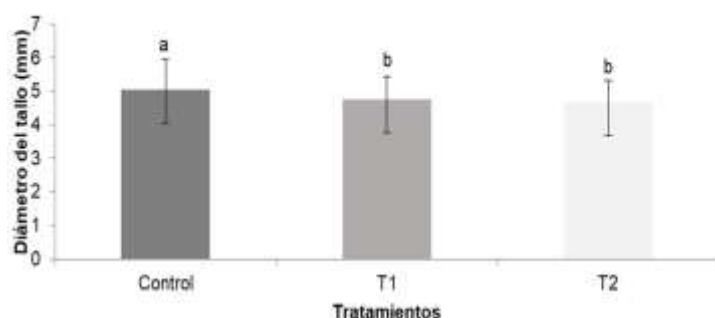
Análisis de medias (prueba de Tukey) entre tratamientos y control en la variable de altura de la planta.



De manera similar, en el diámetro del tallo, el control también mostró valores superiores (5.04 ± 0.92 cm) frente al T1 (4.76 ± 0.68 cm) y T2 (4.67 ± 0.64 cm) (Fig. 3).

Figura 3.

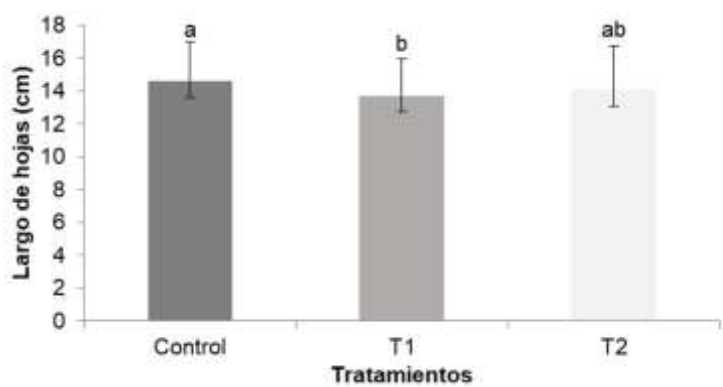
Análisis de medias (prueba de Tukey) entre tratamientos y control en la variable de diámetro del tallo.



En el largo de la hoja, el análisis confirmó que el control obtuvo los mayores valores promedio (14.61 ± 2.38 cm) en comparación con T1 (13.72 ± 2.25 cm) y T2 (14.10 ± 2.62 cm), destacando además un crecimiento lineal en las tres condiciones evaluadas (Fig. 4).

Figura 4.

Análisis de medias (prueba de Tukey) entre tratamientos y control en la variable de largo de la hoja.



Calidad y rendimiento del fruto

El análisis de las variables relacionadas con el fruto y el rendimiento no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Para el largo del fruto, el ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey no reveló diferencias estadísticamente relevantes entre el control (23.24 ± 2.31 cm), T1 (23.48 ± 1.81 cm) y T2 (23.67 ± 1.68 cm). De manera similar, en el ancho del fruto, el ANOVA indicó ausencia de significancia, con promedios prácticamente iguales para el control (4.67 ± 0.55 cm), T1 (4.67 ± 0.61 cm) y T2 (4.80 ± 0.66 cm). En cuanto al rendimiento por maceta, los datos tampoco mostraron diferencias estadísticas, con valores promedio de 1.48 ± 0.71 kg para el control, 1.37 ± 0.80 kg para T1 y 1.24 ± 0.86 kg para T2.

Tabla 1.

Tabla de resultados de análisis ANOVA sobre las variables de calidad y rendimiento del fruto.

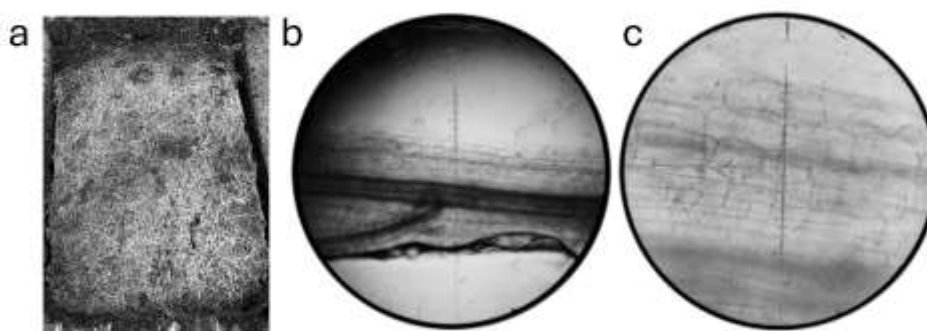
Variable		gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P
Largo del fruto	Tratamiento	2	1.940	0.968	0.255	0.776
	Residuales	60	228.210	3.804		
Ancho del fruto	Tratamiento	2	0.224	0.112	0.305	0.738
	Residuales	60	22.016	0.367		
Rendimiento por maceta	Tratamiento	2	1.350	0.673	1.058	0.350
	Residuales	137	87.130	0.636		

Colonización de micorrizas

La tinción de raíces de pepino permitió observar la colonización por HMA en los tratamientos inoculados con el inoculante, mientras que en el control no se detectó dicha colonización (Fig. 5).

Figura 5.

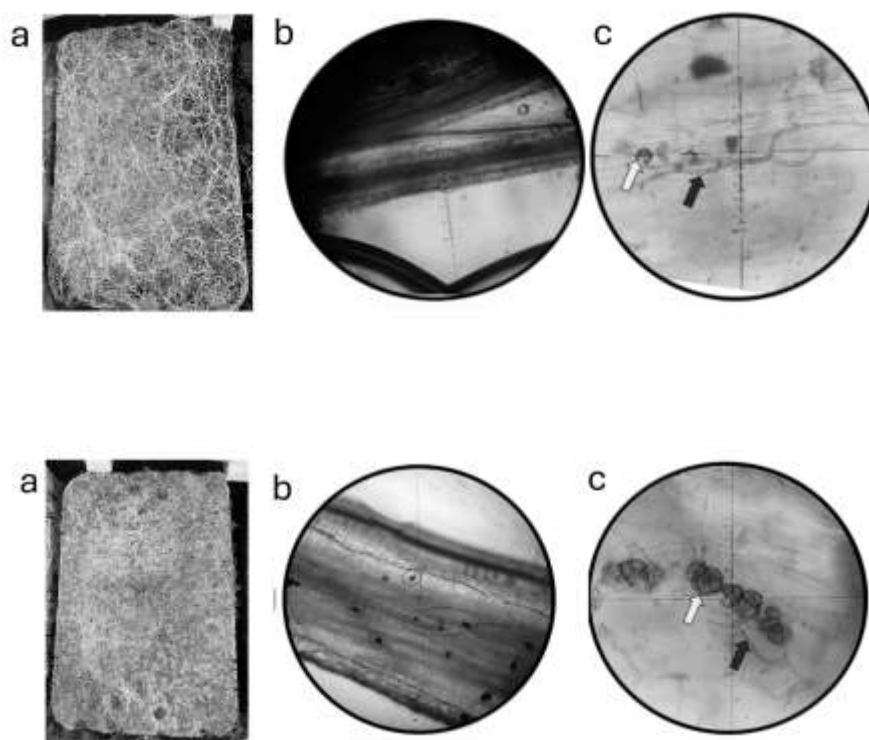
a) Sustrato de fibra de coco con el crecimiento de raíces al final de cultivo del control. b) micrografías de raíces del control con aumentado a 10X, y c) micrografías de las raíces del tratamiento control en un aumento de 40X.



Las imágenes de microscopia muestran la formación de arbuscúlos y micelio dentro de las raíces de pepino en los tratamientos 1 y 2 (Fig. 6 y 7). Aunque no se realizó una cuantificación, visualmente se notó mayor cantidad de arbuscúlos en las tinciones observadas al microscopio (Fig. 5-7). También se observó que la generación de raíces fue visualmente mayor en el sustrato de los tratamientos 1 y 2 en comparación con el control (Fig. 5-7).

Figura 6.

a) Sustrato de fibra de coco con el crecimiento de raíces al final de cultivo del tratamiento 1. b) micrografías de raíces con aumentado a 10X, los óvalos indican la presencia de los HMA en la raíz y c) micrografías de las raíces en un aumento de 40X; la flecha blanca indica la presencia de arbuscúlos y la flecha negra señala la formación del micelio dentro de las raíces.



5.- Discusión

La simbiosis entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las raíces de las plantas es ampliamente reconocida por sus beneficios en el crecimiento vegetal, incluyendo mejoras en el diámetro del tallo, el número de hojas, la altura de los brotes y la longitud de las raíces, tal como lo reportaron Habibzadeh *et al.* (2015) y Ali *et al.* (2019). Sin embargo, en este estudio, la inoculación con HMA, incluso en dosis altas, no mostró un efecto significativo en la mejora del crecimiento de las plantas de pepino (*C. sativus*). Estos resultados contrastan con los descritos por Chen *et al.* (2017), quienes observaron incrementos significativos en el crecimiento y el peso seco al inocular plantas de pepino con HMA.

Una posible explicación para estos resultados es el estrés que puede generarse en las plantas debido a una densidad excesiva de colonización de HMA, como lo sugiere Garrido *et al.* (2010), cuyos datos demostraron que el efecto benéfico que tienen las HMA en la planta *Datura stramonium* L. podría reducirse cuando la alta densidad de colonización altera el equilibrio entre los costo-beneficio de la asociación simbiótica entre las plantas y los HMA. Este fenómeno podría explicar por qué el tratamiento con dosis simple (T1) presentó un mejor desarrollo que el tratamiento con dosis doble (T2). Además, en el presente experimento, las condiciones nutricionales e hídricas se mantuvieron óptimas durante todo el ciclo del cultivo, eliminando posibles factores de estrés que hubieran favorecido una relación más beneficiosa entre los HMA y las plantas. Esto concuerda con lo reportado por Begum *et al.* (2022),

quienes señalaron que los HMA son más efectivos en la mejora de la absorción de nutrientes en condiciones de estrés. Asimismo, en términos de parámetros de cosecha y calidad de los frutos, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos y el control, lo que respalda la hipótesis de que la fertilización óptima disminuye el efecto benéfico de los HMA.

Finalmente, aunque se demostró que las HMA lograron establecer una relación simbiótica con las raíces de las plantas tratadas con el inoculante, esto parece haber generado un efecto negativo en el desarrollo del cultivo, como también lo describe Garrido *et al.* (2010). Estos resultados resaltan la importancia de ajustar cuidadosamente la dosis de inoculantes micorrízicos y las condiciones del cultivo para maximizar sus beneficios.

6.- Conclusión

Los resultados obtenidos en las plantas de pepino variedad Part 552 cultivadas en hidroponía en invernadero e inoculadas con un inoculante de HMA indican que la aplicación de dicho consorcio comercial, en dos dosis, no produjo diferencias estadísticamente significativas en parámetros como la altura de la planta, diámetro del tallo, largo de hojas, ni en rendimiento, largo y ancho de los frutos. Sin embargo, se observó una mayor colonización de las raíces en los tratamientos con el inoculante. Lo que subraya la importancia de realizar investigaciones adicionales para adaptar las condiciones de manejo y nutricionales que optimicen el uso de los inoculantes microbianos en sistemas de cultivo específicos como la hidroponía en invernaderos. En particular, para futuras experimentos se considera: 1) Realizar aplicaciones del producto a base de micorrizas desde el trasplante de la planta para aumentar la efectividad de la colonización, 2) inocular el producto de micorrizas en las mismas dosis utilizadas en este experimento para *C. sativus* en invernadero, pero con condiciones de baja fertilización química y finalmente 3) cuantificar la biomasa a diferentes etapas fenológicas para confirmar las posibles diferencias estadísticas a lo largo del ciclo del cultivo.

7.- Agradecimientos

Agradecemos al Centro Universitario Ceickor por su generosa colaboración al proporcionar el espacio y el material necesario para llevar a cabo este trabajo de investigación.

8.- Referencias bibliográficas

- Abarca, O. R., Martínez, J. H., y Razo, F. D. J. G. (2021). Análisis económico del pepino persa en condiciones de invernadero en Guerrero y Estado de México, 2020. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 48, 678-689.
- Ali, A., Ghani, M. I., Ding, H., Fan, Y., Cheng, Z., y Iqbal, M. (2019). Co-amended synergistic interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and the organic substrate-induced cucumber yield and

- fruit quality associated with the regulation of the am-fungal community structure under anthropogenic cultivated soil. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(7), 1539. doi:10.3390/ijms20071539
- Begum, N., Wang, L., Ahmad, H., Akhtar, K., Roy, R., Khan, M. I., y Zhao, T. (2022). Co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and the plant growth-promoting rhizobacteria improve growth and photosynthesis in tobacco under drought stress by up-regulating antioxidant and mineral nutrition metabolism. *Microbial ecology*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01815-7>
- Beltrán-Pineda, M. E., y Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mitis*, 12(1). DOI: 10.21789/22561498.1771
- Chen, S., Jin, W., Liu, A., Zhang, S., Liu, D., Wang, F., Lin, X., y He, C. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) increase growth and secondary metabolism in cucumber subjected to low temperature stress. *Scientia Horticulturae*, 160, 222-229. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.05.039
- Garrido, E., Bennett, A. E., Fornoni, J. y Strauss, S. Y. (2010). The dark side of the mycorrhiza. *Plant Signaling & Behavior*, 5 (8), 1019-1021. DOI: 10.4161/psb.5.8.12292
- Habibzadeh, Y. (2015). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus levels on dry matter production and root traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *African Journal of Environmental Science and Technology*, 9(2), 65-70. DOI: 10.5897/AJEST2014.1691
- Hashem, A., Alqarawi, A. A., Radhakrishnan, R., Al-Arjani, A. B. F., Aldehaish, H. A., Egamberdieva, D., y Abd_Allah, E. F. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the oxidative system, hormones and ionic equilibrium to trigger salt stress tolerance in *Cucumis sativus* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(6), 1102-1114. DOI: 10.1016/j.sjbs.2018.03.009
- Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K., y Kumar, A. (2022). Microbial inoculants as plant biostimulants: A review on risk status. *Life*, 13(1), 12. <https://doi.org/10.3390/life13010012>
- López, E. J., Ortega, S. G., López, M. A. H., León, J. J., Puente, E. O. R., y Amador, B. M. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*, 11(24).
- Omar, A. F., Abdelmageed, A. H., Al-Turki, A., Abdelhameid, N. M., Sayyed, R. Z., y Rehan, M. (2022). Exploring the plant growth-promotion of four *Streptomyces* strains from rhizosphere soil to enhance cucumber growth and yield. *Plants*, 11(23), 3316. <https://doi.org/10.3390/plants11233316>
- Orozco-Mosqueda, M. D. C., Flores, A., Rojas-Sánchez, B., Urtis-Flores, C. A., Morales-Cedeño, L. R., Valencia-Marin, M. F., y Santoyo, G. (2021). Plant growth-promoting bacteria as bioinoculants: attributes and challenges for sustainable crop improvement. *Agronomy*, 11(6), 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061167>
- Papin, M., Philippot, L., Breuil, M. C., Bru, D., Dreux-Zigha, A., Mounier, A., y Spor, A. (2024). Survival of a microbial inoculant in soil after recurrent inoculations. *Scientific Reports*, 14(1), 4177. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54069-x>

- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S., y Faizan, S. (2023). Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9(6). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16134
- SIAP. (2020). Pepino. Panorama agroalimentario 2020. [En línea]. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020.
- SIAP. (2023). Generó cultivo de pepino derrama económica superior a los \$342 MDP en 2023. [En línea]. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/bajacalifornia/articulos/genero-cultivo-de-pepino-derrama-economica-superior-a-los-342-mdp-en-2023-en-la-zona-costa-de-bc>
- Singh, J. S., Koushal, S., Kumar, A., Vimal, S. R., y Gupta, V. K. (2016). Book review: microbial inoculants in sustainable agricultural productivity-Vol. II: functional application. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2105. DOI: 10.3389/fmicb.2016.02105
- Spagnoletti, F. N., di Pardo, A. F., Gómez, N. E. T., y Chiocchio, V. M. (2013). Las micorrizas arbusculares y Rhizobium: una simbiosis dual de interés. *Revista Argentina de Microbiología*, 45(2), 131-132.
- Suhail, F. M. (2013). Effect of mycorrhizal fungi inoculation and seaweed extract spray on some growth characters and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, 1(3), 209-214.
- Taha, N., Abdalla, N., Bayoumi, Y., y El-Ramady, H. (2020). Management of greenhouse cucumber production under arid environments: A Review. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 4(2020), 123-136. DOI: 10.21608/jenvbs.2020.30729.1097
- Tüfenkçi, Ş., Demir, S., Şensoy, S., Ünsal, H., Durak, E. D., Erdinc, C., Biçer, S., y Ekinci, A. (2012). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the seedling growth of four hybrid cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(3), 317-327. DOI: 10.3906/tar-1012-1608
- Zhu, B., Gao, T., Zhang, D., Ding, K., Li, C., y Ma, F. (2022). Functions of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 303, 111219. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111219>