

Respuesta agronómica en plantas de pepino inoculadas con biofertilizantes y
modificación de potasio y azufre en la solución nutritiva

Agronomic response in cucumber plants inoculated with biofertilizers and
modification of potassium and sulfur in the nutrient solution

Paredes-Jácome José Rafael¹, Allende-Molar Raúl¹, Cuenca-Condoy Mercedes María¹,
Rodríguez-Cabrera Rocío¹ y Mendoza-Villarreal Rosalinda²

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan
Tampico Km. 7, Tuxpan, Veracruz. ²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila.

NOTA SOBRE LOS AUTORES

José Rafael Paredes Jácome: jparedes@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0002-1765-6933>

Raúl Allende-Molar: rallende@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0001-6193-3232>

Mercedes María Cuenca Condoy: mcuenca@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0001-8686-5790>

Rocío Rodríguez Cabrera: rocrodriquez@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0001-6329-426x>

Rosalinda Mendoza Villarreal: rosalindamendoza@hotmail.com  <http://orcid.org/0000-0002-0600-4358>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a José Rafael Paredes Jácome.

RESUMEN

El crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como rendimiento y calidad de los frutos están relacionados directamente con el proceso de nutrición mineral. Para ello se realizó un experimento en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan, con el

Recibido: 02/08/2022

Aceptado: 23/10/2022

Publicado: 01/12/2022



Copyright (c) 2022 Paredes-Jácome José Rafael, Allende-Molar Raúl, Cuenca-Condoy Mercedes María, Rodríguez-Cabrera Rocío y Mendoza-Villarreal Rosalinda.

Esta obra está protegida por una licencia
[Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

objetivo de determinar la respuesta en plantas de pepino inoculados con biofertilizantes y modificación de la concentración de nutrientes como potasio (K) y azufre (S) en base al análisis de agua, tomando como referencia la solución nutritiva Steiner. Se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial, el factor a con dos niveles: inoculación y sin inoculación; mientras que el factor b tuvo tres niveles: 3, 5 y 7 miliequivalentes de K (cationes) y 5, 7 y 9 miliequivalentes de S (aniones) para mantener una solución nutritiva balanceada. Se evaluó la altura de planta, diámetro de tallo, número y peso promedio de frutos, peso fresco y seco de planta, y rendimiento por planta. Las aplicaciones medias de 5 y 7 miliequivalentes de K y S mostraron diferencias significativas en las variables de número, peso de frutos, peso fresco y seco de planta siendo mayores los resultados obtenidos en esas variables cuando no se inoculaban las plantas, lo mismo ocurrió en el rendimiento por planta, la dosis media de miliequivalentes superó en 51.9 y 86.4% a la dosis baja y alta respectivamente. Por lo cual, aplicaciones carentes y/o excesivas de nutrientes minerales impactan de manera negativa la respuesta agronómica en plantas de pepino, esto demuestra la relevancia de aplicar la dosis óptima en los cultivos.

Palabras clave: Nutrición, biofertilización, rendimiento.

ABSTRACT

Crop growth and development, as well as fruit yield and quality, are directly related to the mineral nutrition process. For this, an experiment was carried out at the Faculty of Biological and Agricultural Sciences Campus Tuxpan, with the objective of determining the response in cucumber plants inoculated with biofertilizers and modification of the concentration of nutrients such as potassium (K) and sulfur (S) based on to water analysis, taking the Steiner nutrient solution as a reference. An experimental design with a factorial arrangement was used, factor a with two levels: inoculation and without inoculation; while factor b had three levels: 3, 5 and 7 milliequivalents of K (cations) and 5, 7 and 9 milliequivalents of S (anions) to maintain a balanced nutrient solution. Plant height, stem diameter, average number and weight of fruits, fresh and dry plant weight, and yield per plant were evaluated. The average applications of 5 and 7 milliequivalents of K and S showed significant differences in the variables of number, weight of fruits, fresh and dry weight of the plant, the results obtained in these variables being greater when the plants were not inoculated, the same occurred in yield per plant, the average dose of

milliequivalents was 51.9 and 86.4% higher than the low and high dose, respectively. Therefore, insufficient and/or excessive applications of mineral nutrients negatively impact the agronomic response in cucumber plants, this demonstrates the relevance of applying the optimal dose in crops.

Keywords: Nutrition, biofertilization, yield.

INTRODUCCIÓN

El pepino *Cucumis sativus* (L.) es una hortaliza que se produce en varios países del mundo y puede ser cultivado en condiciones de campo abierto o bajo agricultura protegida, dependiendo de las condiciones climatológicas de la zona (Preciado et al., 2011); en México la producción de pepino juega un papel importante debido a que su consumo genera una alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional, en el año 2019 Sinaloa, Sonora y Michoacán fueron los principales estados productores de esta hortaliza SIAP (2020).

En la producción agrícola, la aplicación de fertilizantes inorgánicos de forma desmesurada es una de las prácticas con mayor costo, reduciendo las utilidades del productor y promoviendo la contaminación y degradación de los suelos, aplicaciones continuas de fertilizantes inorgánicos en los cultivos originan disminución de materia orgánica y de actividad biológica, así como un desbalance nutrimental (Kanter et al., 2015). Sin embargo, es importante aportar a las plantas los elementos esenciales para su óptimo crecimiento, como el K^+ que participa en el gradiente de potencial eléctrico en las membranas celulares, turgencia, activación de enzimas, fotosíntesis, metabolismo de azúcares y de almidón, síntesis de proteínas, apertura y cierre de estomas; ya que un suministro adecuado de K se asocia con aumento de rendimiento y tamaño de fruto de los cultivos hortícolas (Zhang et al., 2010).

Una alternativa para la producción agrícola es el empleo de los microorganismos benéficos, como biofertilizantes, la cual ha sido una práctica común en los últimos años; las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, (PGPR por sus siglas en inglés) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), ya que estos microorganismos se adaptan y crecen rápidamente alrededor de las raíces de las plantas (Kumar & Saraf 2015), mejorando las propiedades del suelo, actuando de manera simbiótica con las plantas favoreciendo la absorción de agua y nutrientes presentes en el suelo. (Rashid et al. 2016).

Debido a lo anterior el objetivo general de este trabajo fue determinar la respuesta en crecimiento y rendimiento en plantas de pepino al modificar la concentración de miliequivalentes de K y S en la solución nutritiva, y la inoculación de biofertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan, de la Universidad Veracruzana, se utilizó un invernadero tipo asimétrico para mantener el cultivo. Como material vegetal se utilizó semilla de pepino tipo slicer "Marvila F1" de la casa semillera Bejo; las plántulas se trasplantaron a los 25 días después de haber sido sembradas, y se establecieron a hilera sencilla a una distancia de 30 cm entre planta y planta.

Los tratamientos evaluados, fue la modificación de los miliequivalentes de K y S en la solución nutritiva (Cuadro 1) y la inoculación de biofertilizantes. Se realizó análisis de agua para considerar el aporte de elementos en nuestra solución, por lo cual los elementos restantes aplicados en meq L⁻¹ fueron: NO₃⁻: 10.73, Ca⁺⁺: 2.28, Mg⁺⁺: 4.01 en cuanto a K⁺ y SO₄⁻ se modificaron a la par en cada tratamiento para que existiera un balance en la solución nutritiva. La aplicación de los biofertilizantes se realizó al momento del trasplante, se utilizó el producto "Invassore mais", el cual está formado por diversas cepas PGPR y se aplicó 3 ml L⁻¹, y se utilizó el producto "Rhizotech" a base de un consorcio de HMA en el cual se aplicó 31.2 g de producto (200 esporas) por planta.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos aplicados en plantas de pepino modificando la solución nutritiva.

Tratamiento	Factor a:	Factor b:
T1	Sin biofertilizante	K ⁺ : 3 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 5 meq L ⁻¹
T2	Con biofertilizante	K ⁺ : 3 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 5 meq L ⁻¹
T3	Sin biofertilizante	K ⁺ : 5 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 7 meq L ⁻¹
T4	Con biofertilizante	K ⁺ : 5 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 7 meq L ⁻¹
T5	Sin biofertilizante	K ⁺ : 7 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 9 meq L ⁻¹
T6	Con biofertilizante	K ⁺ : 7 meq L ⁻¹ y SO ₄ ⁻ : 9 meq L ⁻¹

Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm) realizada con cinta metrica, diámetro de tallo (mm) tomado con un vernier digital, número de frutos por planta, peso promedio de fruto (g), rendimiento por planta (g) y peso fresco y seco de planta, la toma de pesos tanto en fruto como en planta, se realizaron mediante una báscula electrónica con capacidad de 5 kg, los datos se obtuvieron 60 días después del trasplante.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo de tratamientos factorial 2×3 . El factor a lo constituyen la inoculación de biofertilizante y el factor b son las tres concentraciones de K^+ en la solución nutritiva. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$) en el programa estadístico SAS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los resultados obtenidos se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables a excepción de la variable diámetro de tallo donde la respuesta fue igual en todos los tratamientos (Cuadro 2); para la variable altura de planta la respuesta es muy similar en todos los tratamientos con excepción en el T1 que es el de menor concentración de elementos K^+ y SO_4^- , lo que pudo haber influido directamente en el crecimiento de la planta; resultados similares en las variables de crecimiento en plantas de pepino reportan Parras-Terraza et al., (2016) quienes al modificar la relaciones NO_3^- aniones y K^+ , mencionan que concentraciones altas de estos elementos en la solución nutritiva influyen directamente en la respuesta agronómica de la planta. Es de resaltar que el tratamiento T3 con la dosis media de K^+ y SO_4^- sobresale en las variables número de frutos por planta, y peso promedio de fruto; mientras que en la biomasa fresca y seca coincide con el tratamiento T4 el cual tiene la misma dosis de K^+ y SO_4^- pero se le añadieron los biofertilizantes, de ahí que los biofertilizantes actúen simbióticamente con las plantas e intervengan en la acumulación de biomasa de las plantas. Lo obtenido coincide con Calero et al., (2019) indicaron que la inoculación de grupos microbianos favorece el crecimiento de plantas, porque intervienen en diversos procesos, como la fijación de N_2 , aumenta la disponibilidad de nutrientes esenciales y promueve el desarrollo de plantas, además de incrementar la productividad y calidad de las cosechas.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables evaluadas en plantas de pepino.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Número de frutos por planta	Peso promedio de fruto (g)	Peso fresco de planta (g)	Peso seco de planta (g)
T1	112.13b	13.48a	6.90c	367.33b	219.17d	15.70e
T2	124.43ab	13.72a	7.37c	374.33ab	280.17b	19.72bc
T3	142.62a	12.68a	10.07a	389.17a	308.33a	22.05a
T4	130.28ab	13.47a	9.62a	371.33b	300.67a	21.10ab
T5	130.10ab	13.10a	6.00d	344.17c	234.33d	16.72de
T6	129.63ab	13.63a	8.10b	381.33ab	254.00c	18.22cd

De acuerdo con los resultados obtenidos, las diferentes dosis de K^+ influyeron en la respuesta de las plantas de pepino, sobre todo tuvieron impacto en el rendimiento de planta, siendo el tratamiento T3 con una dosis de media de K^+ y SO_4^- el que sobresale de los demás tratamientos (Fig. 1). Los rendimientos obtenidos difieren a lo obtenido con Barraza (2012) donde reporta un rendimiento de 3310 g por planta con solución nutritiva al 25% a los 120 días después del trasplante, ya que en nuestro experimento superamos ese promedio a los 60 días después del trasplante; pero nuestros resultados coinciden con lo reportado por Ramírez-Vargas (2019) ya que 60 días después de trasplante obtiene rendimientos que van de los 2001 a los 2895 g en tres diferentes variedades de pepino bajo condiciones de agricultura protegida.

Resalta la importancia de contar con un análisis de agua de nuestro sitio experimental y aplicar cantidades realmente necesarias mediante la solución nutritiva, ya que, de acuerdo a lo obtenido, dosis bajas y altas de K^+ no favorecen la obtención de rendimientos óptimos en la producción de pepino; esto se sustenta con lo mencionado por Zhang et al., (2010) donde una óptima aplicación de K es favorable para un adecuado manejo de los nutrientes en la agricultura.

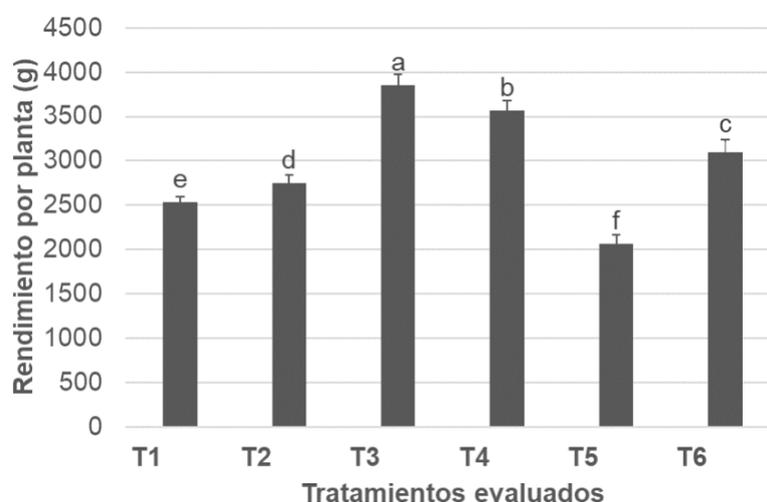


Fig. 1 Rendimiento obtenido por planta (g) con los diferentes tratamientos aplicados en plantas de pepino.

CONCLUSIONES

En base a lo obtenido, la aplicación de dosis medias de K y S en la solución nutritiva favorecieron el crecimiento y desarrollo de plantas de pepino, haciendo referencia a aplicaciones óptimas y suficientes considerando el aporte de contenido mineral del agua que se utiliza para riego, favoreciendo la reducción de fertilizantes inorgánicos y opimiendo la contaminación de suelos por un exceso de sales; por su parte la aplicación de biofertilizantes no mostró diferencias significativas, sin embargo, es importante considerarlos y realizar investigaciones futuras con diferentes dosis o periodos de aplicación, con el objetivo de reducir aún más la utilización de insumos inorgánicos.

LITERATURA CITADA

- Barraza F. (2012) Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Montería, Colombia. Temas Agrarios 17(2):18-29 pp.
<https://doi.org/10.21897/rta.v17i2.699>
- Calero, A.; Quintero, E.; Pérez, Y.; Olivera, D.; Peña, K.; Jimenez, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. Biotecnol. Sect. Aprovechamiento Agroindustrial. (Colombia). 17(1):25-33.
<https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1201>

- Kanter, D. R., Zhang, X., & Mauzerall, D. L. (2015). Reducing nitrogen pollution while decreasing farmers' costs and increasing fertilizer industry profits. *Journal of Environmental Quality*, 44(2), 325-335. <https://doi.org/10.2134/jeq2014.04.0173>
- Kumar, C.; Saraf, M. 2015. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. *J. Agric. Res. Dev. (Nigeria)*. 5(2):108-119. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5171.2164>
- Preciado, R. P.; Fortis, V.; García, J. L.; Rueda, E.; Esparza, R. J. R.; Lara, A.; Segura, M. A. y Orozco, V. 2011. Evaluation of organic nutrient solutions for greenhouse tomato production. *Interciencia*. 36(9):689-693.
- Ramírez-Vargas, C. (2019). Nutrients extraction, growing and production of cucumber in hydroponic protected culture system. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 107-117. <http://dx.doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4122>
- Rashid, M.I.; Mujawar, L.H.; Shahzad, T.; Almeelbi, T.; Ismail, I.M.I.; Oves, M. (2016). Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiol. Res. (Holanda)*. 183:26-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Panorama Agroalimentario 2020. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020 (Consulta: 2022).
- Zhang, F.; Niu, J.; Zhang, W.; Chen, X.; Li, Ch.; Yuan, L. and Xie, J. (2010). Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant Soil*. 335:21-34. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0323-4>

Copyright © 2022 Copyright (c) 2022 Paredes-Jácome José Rafael, Allende-Molar Raúl, Cuenca-Condoy Mercedes María, Rodríguez-Cabrera Rocío y Mendoza-Villarreal Rosalinda.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)