Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

FERTILIZACIÓN CON MICROELEMENTOS EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus L.*) EN CONDICIÓN DE INVERNADERO

Ian P. Suarez Joya[1]; Luis F. Herrera Mendoza[1]; Edgar A. Meléndez Pescador[1]; José M. Martínez Caracheo[1]; María L. Rivera Serrano[2]; Juan P. González Morales[2]; Luis P. Guevara Acevedo[2]¶

[1]Estudiante de Ingeniería en Agronomía Tecnológico Nacional de México campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [2]Tecnológico Nacional de México campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. ¶Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de microelementos sobre variables agronómicas en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en un invernadero de 90m^2 dentro del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, se utilizaron tres diferentes dosis de producto con microelementos comercial (Tradecorp AZ). Las dosis utilizadas fueron DC 3.27g L^{-1}, 5XDC 16.35 g L^{-1} y 15XDC 49.05 g L^{-1} además de un testigo comercial con aplicación de algas marinas a una dosis de 5 mL L^{-1}, dos semanas después del trasplante se realizó la primera aplicación. 7 días después de la primera aplicación iniciaron las mediciones en las cuales se evaluaron tres plantas por unidad experimental y en las que se registraron: altura de la planta, numero de hojas, unidades SPAD de clorofila y diámetro de tallo. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en longitud de planta, número de hojas y contenido de clorofila, mientras que el diámetro del tallo no presentó diferencias significativas. La dosis 5XDC mostró la mayor longitud de planta, mientras que la dosis 15XDC presentó mayores valores en unidades SPAD y número de hojas. Los resultados evidenciaron que dosis altas de microelementos favorecen el desarrollo fenológico y vegetativo del cultivo de pepino bajo condiciones protegidas.

Palabras clave: *microelementos, invernadero, fertilización, desarrollo vegetativo*

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different micronutrient doses on agronomic variables in cucumber cultivation under greenhouse conditions. The experiment was conducted in a 90 m² greenhouse at the Instituto Tecnológico Nacional de México. Three different doses of a commercial micronutrient product (Tradecorp AZ) were used. The applied doses were RDC 3.27 g L^{-1}, 5XRDC 16.35 g L^{-1}, and 15XRDC 49.05 g L^{-1}, in addition to a commercial control treatment with seaweed application at a dose of 5 mL L^{-1}. The first application was carried out two weeks after transplanting. Seven days after the first application, measurements began, evaluating three plants per experimental unit. The recorded variables were plant height, number of leaves, SPAD chlorophyll units, and stem diameter. The results showed highly significant differences in plant

height, number of leaves, and chlorophyll content, while stem diameter showed no significant differences. The 5XRDC dose produced the greatest plant height, whereas the 15XRDC dose showed higher SPAD values and number of leaves. The results demonstrated that high micronutrient doses promote the phenological and vegetative development of cucumber crops under protected conditions.

Keywords: *micronutrients, greenhouse, fertilization, vegetative development.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) representa una de las hortalizas de mayor importancia económica en México, debido a su alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional, lo que ha impulsado su crecimiento productivo en las últimas décadas (Figueroa-Hernández y Espinosa-Torres, 2020). Según datos obtenidos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023), dicha producción fue posible gracias al suministro adecuado de nutrientes durante el ciclo del cultivo, particularmente en la fase vegetativa, donde los microelementos desempeñan un papel fundamental en el metabolismo vegetal. La absorción de nutrientes y el crecimiento de las plantas están estrechamente relacionados con la disponibilidad nutrimental durante el ciclo del cultivo, por lo que un adecuado suministro de macro y micronutrientes permite mejorar variables como el área foliar, acumulación de biomasa, producción de frutos y rendimiento final. (Ramírez-Vargas, 2019). Los microelementos, tales como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (B), son esenciales en pequeñas cantidades, pero su deficiencia puede limitar significativamente el crecimiento y rendimiento del pepino, ya que participan en procesos como la fotosíntesis, la síntesis de enzimas y la regulación hormonal (Marschner, 2012; Broadley *et al*., 2012). En cultivos hortícolas, se ha observado que la aplicación adecuada de estos elementos mejora la calidad del fruto, incrementa la resistencia al estrés y optimiza la absorción de macronutrientes (Fageria *et al*., 2011). Las algas marinas poseen compuestos promotores del crecimiento vegetal que pueden estimular la germinación de semillas, incrementar el desarrollo radicular, favorecer la absorción de nutrientes y mejorar parámetros fisiológicos relacionados con la fotosíntesis y la acumulación de biomasa en diferentes especies agrícolas. (Hernández-Herrera *et al*., 2018). En conjunto, los microelementos desempeñan un papel crítico en la productividad agrícola, ya que su adecuada disponibilidad influye directamente en la calidad de los cultivos, su rendimiento y su capacidad de adaptación a condiciones adversas (Agrotey, 2024). El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosificaciones de microelementos sobre el cultivo del pepino bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de encontrar si una mayor dosificación que la recomendada por el fabricante pueden incrementar el desarrollo fenológico en las etapas iniciales del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero dentro del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Roque, en una superficie total de 90 m². Se empleó la variedad de pepino persa y se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA), conformado por cinco bloques, tres diferentes dosis de microelementos (Tradecorp AZ) y un testigo con aplicación de algas marinas a una dosis de 5 mL L^{-1}. Las dosis utilizadas fueron: dosis comercial 3.27 g L^{-1}, 5XDC 16.35 g L^{-1} y 15XDC 49.05 g L^{-1} aplicadas una vez a la semana. Previo al trasplante, el suelo fue labrado y recubierto con acolchado agrícola, se instaló un sistema de riego por goteo con dos cintas por cama, aplicando un volumen de 1 m³ de agua por semana durante todo el ciclo del cultivo. Posteriormente, las plantas fueron trasplantadas con una distancia de 15 cm entre plantas y una profundidad de siembra de 3 cm. Durante las dos primeras semanas después del trasplante se realizaron dos aplicaciones de enraizador Raizgrán® Plus de la marca Bioenzymas, mediante fertirriego, con una dosis de 500 g por riego. Para cumplir con los requerimientos nutrimentales del cultivo, semanalmente se aplicaron por fertirriego semanalmente los siguientes compuestos: 54 g de nitrato de calcio, 34 g de nitrato de potasio, 22 g de ácido fosfórico, 200 g de urea y 52 g de sulfato de magnesio. Las aplicaciones de los tratamientos evaluados iniciaron dos semanas después del trasplante. Las mediciones comenzaron una semana después de la primera aplicación de los tratamientos, evaluándose tres plantas por bloque. Para ello se utilizaron los siguientes materiales: una báscula gramera digital (Truper), un vernier (Atvercey), una cinta métrica (Makita) y un medidor de clorofila SPAD (Minolta). Las evaluaciones se realizaron dos veces por semana y se consideraron los siguientes parámetros: altura de planta, número de hojas, ancho de tallo y cantidad de clorofila. Finalmente, para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza y, cuando se presentaron diferencias significativas, se aplicó una prueba de medias de Tukey. Para ello se utilizó el programa SAS® 9.4 para Windows, versión 2012.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los tratamientos en las variables de crecimiento evaluadas resultó en efectos altamente significativos para longitud de planta (Pr > F, <0.0001), número de hojas (Pr > F, <0.0001) y unidades SPAD (Pr > F, 0.0007), mientras que para el diámetro del tallo no hubo una diferencia significativa (Pr > F, 0.3290) Estos resultados coinciden con lo reportado por Méndez-López *et al.* (2024) en los que se pudo observar un efecto positivo sobre el desarrollo de la planta como resultado de la aplicación de microelementos.

Por otra parte, los muestreos mostraron alta significancia (Pr > F, <0.0001) en todas las variables evaluadas, indicando que el desarrollo fenológico del cultivo influyó directamente sobre la longitud de planta, número de hojas, diámetro de tallo y contenido de clorofila tal como menciona. Los micronutrientes participan activamente

en procesos fisiológicos y metabólicos relacionados con el crecimiento, desarrollo fenológico y reproducción de las plantas, aun cuando son requeridos en concentraciones muy pequeñas dentro de los tejidos vegetales.

Cuadro 1. Cuadrado medio de las variables agronómicas por efecto de la aplicación de microelementos a diferentes dosis en el cultivo de pepino.

FV	gl	Cuadrado Medio			
		LongPl (cm)	NúmHj	Diám/tallo (mm)	Unidades SPAD (Clorofila)
Trat (T)	3	151.63^{ns}	40.67**	15.69^{ns}	49.35*
Muest (M)	6	18353.53**	80.62**	11035.69**	135.13**
Bloq	1	785.54*	2.05^{ns}	126.73*	14.4^{ns}
T x M	18	36.4^{ns}	8.54**	22.09^{ns}	20.78*
EE	111	54.23	2,07	13,55	8,13
Total	139	-	-	-	-
R^2		0.94	0.76	0.97	0.59
C. V. (%)		13.7	14.9	22.3	6.3

FV = Fuente de variación, gl = grados de libertad, ** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01), ** = Diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05), ns = No existe diferencia significativa estadística (P ≥ 0.05), CV (%) = Coeficiente de variación; gl = grados de libertad.

El tratamiento 5XDC la dosis comercial fue la que obtuvo un mejor desempeño en cuanto altura de planta siendo este un 5.09% por encima del testigo, demostrando el efecto positivo que tiene el suministro de micro elementos durante el crecimiento vegetativo, estos resultados coinciden con lo planteado por Soetan *et al.,* 2010 quien menciona que los microelementos como hierro, zinc, cobre, manganeso y boro participan activamente en procesos metabólicos y enzimáticos relacionados con el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas. El tratamiento 15XDC fue la que presentó una mayor cantidad de unidades SPAD siendo un 5.94% mayor que el testigo, también esta dosis la que logró un incremento de 23.26% en número de hojas siendo estos resultados contrarios a los obtenidos por Lora Silva, 2007 quien menciona lo que el exceso de micronutrientes esenciales como Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, B y Mo puede provocar problemas de toxicidad vegetal, afectando procesos fisiológicos, crecimiento y desarrollo de las plantas.

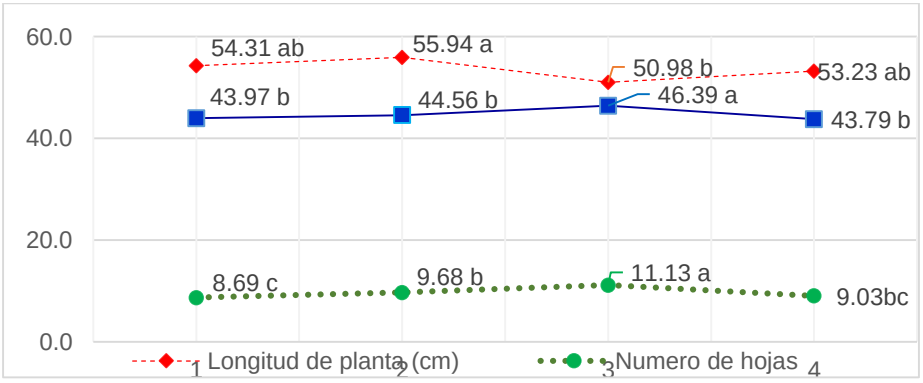

Figura 1 Evaluación diferentes tratamientos en cultivo del pepino

CONCLUSIONES

Se recomienda el uso de dosis superiores a la dosis comercial recomendada por el fabricante del producto Tradecorp AZ, siendo la dosis de 49.05 g L^{-1} la que provoco un mayor número de hojas incrementando en un 23.26%, además de una mayor cantidad de unidades SPAD con un aumento del 5.94%. La dosis de 16.35 g L^{-1} obtuvo los mejores resultados en cuanto a altura de planta logrando un incremento del 5.09%, ambos tratamientos superaron al testigo utilizado (algas marinas) y a la dosis comercial 3.27g L^{-1}

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrotey. (2024). *Importancia de los micronutrientes en las plantas para un crecimiento saludable*. https://www.agrotey.com.mx/importancia-de-los-micronutrientes-en-las-plantas/?utm_source

Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). *Function of nutrients: micronutrients*. Plant and Soil.

Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R. B. (2011). *Micronutrients in crop production*. Advances in Agronomy.

FIGUEROA HERNANDEZ, E. S. T. H. E. R., & Espinosa Torres, L. E. (2020). Análisis de la producción de pepino y pepinillos en México.

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Briceño-Domínguez, D. R., Di Filippo-Herrera, D. A., & Hernández-Carmona, G. (2018). *Las algas como potenciales estimulantes del crecimiento vegetal para la agricultura en México*. Hidrobiológica, 28(1), 129-140.

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., *et al*. (2009). *Seaweed extracts as biostimulants of plant growth*. Journal of Plant Growth Regulation.

Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press.

Méndez-López, A., García-Santiago, J. C., González-Méndez, L. M., Martínez-Amador, S. Y., Leal-Robles, A. I., & Sánchez-Vega, M. (2024). *Impacto de nanofertilizantes en el rendimiento y calidad de pepino bajo condiciones de invernadero*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15(4), e3343. https://doi.org/10.29312/remexca.v15i4.3343

Ramírez-Vargas, C. (2019). *Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico*. Revista Tecnología en Marcha, 32(1), 107-117.

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). *Biostimulants in agriculture*. Frontiers in Plant Science.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Pepino mexicano, el favorito de muchos*. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/pepino-mexicano-el-favorito-de-muchos

Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). *The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review*. African Journal of Food Science, 4(5), 200-222.