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

APLICACIÓN FOLIAR DE MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativum* L.) EN INVERNADERO

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

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

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de micronutrientes y extractos de algas marinas sobre variables de crecimiento en pepino persa bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en el Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones, tres tratamientos y un testigo comercial. Los tratamientos consistieron en aplicaciones foliares de micronutrientes en dosis comercial (DC) de 3.27 g L^{-1}, 2xDC a 6.54 g L^{-1} y 10xDC con 32.7 g L^{-1} además de un tratamiento con algas marinas a dosis de 5 mL L^{-1}. A los 8 días después de la aplicación se tomaron 3 plantas por unidad experimental y se midieron las variables longitud de planta, número de hojas, diámetro de tallo y contenido relativo de clorofila SPAD. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en longitud de planta y número de hojas, así como diferencias significativas en contenido de clorofila. El tratamiento con micronutrientes en dosis 10xDC a dosis de 32.7 g L^{-1} presentó los mejores resultados, alcanzando una altura promedio de 58.58 cm, un promedio de 11.09 hojas por planta y valores superiores de clorofila respecto al resto de los tratamientos. En contraste, el diámetro del tallo no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Palabras clave: *micronutrientes, crecimiento, experimento, clorofila, tratamientos*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different doses of micronutrients and seaweed extracts on growth variables in Persian cucumber under greenhouse conditions. The experiment was conducted at the National Technological Institute of Mexico, Roque campus, using a completely randomized block design with five replicates, three treatments, and a commercial control. The treatments consisted of foliar applications of micronutrients at commercial doses CD of 3.27 g L^{-1}, 2xCD at 6.54 g L^{-1}, and 10xCD at 32.7 g L^{-1}, in addition to a seaweed treatment at a dose of 5 mL L^{-1}. Eight days after application, three plants per experimental unit

were taken, and the following variables were measured: plant length, number of leaves, stem diameter, and relative chlorophyll content SPAD. The results showed highly significant differences in plant length and number of leaves, as well as significant differences in chlorophyll content. The micronutrient treatment at a dose of 10xDC 32.7 g L^{-1} yielded the best results, achieving an average height of 58.58 cm, an average of 11.09 leaves per plant, and higher chlorophyll levels compared to the other treatments. In contrast, stem diameter did not show significant differences between treatments.

Keywords: *micronutrients, growth, experiment, chlorophyll, treatments*

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de gran importancia económica a nivel mundial debido a su alta demanda en fresco y su relevancia en sistemas de producción intensiva, especialmente en agricultura protegida. En países como México, su cultivo ha cobrado mayor interés por su valor en exportación y su adaptabilidad a diferentes condiciones de manejo agronómico (Monge-Pérez, 2021; Moreno *et al*., 2024). Esta especie pertenece a la familia Cucurbitaceae y se caracteriza por ser una planta herbácea anual con crecimiento rápido y sistema radicular superficial, lo que la hace altamente dependiente de un adecuado suministro de agua y nutrientes (Marcano *et al*., 2018). El crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino están influenciados por factores ambientales como temperatura, humedad y radiación solar, así como por el manejo agronómico aplicado. Diversos estudios han demostrado que estos factores inciden directamente en variables como la altura de la planta, número de hojas y rendimiento del fruto, siendo este último uno de los indicadores más importantes en la producción (Monge-Pérez, 2021). Asimismo, la selección de híbridos y variedades adecuadas puede mejorar significativamente la productividad y calidad del cultivo bajo diferentes sistemas de producción (Moreno *et al*., 2024). Por otra parte, la nutrición vegetal juega un papel fundamental en el desarrollo del pepino, no solo en términos de macronutrientes, sino también en la disponibilidad de microelementos esenciales como hierro, zinc, manganeso y boro. Estos micronutrientes participan en procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, la síntesis de enzimas y la formación de estructuras reproductivas, por lo que su deficiencia puede limitar el crecimiento y reducir el rendimiento del cultivo (Garrido *et al*., 2024; Pilla-Bardales *et al.,* 2025). En este sentido, el uso de tecnologías agrícolas como la fertilización balanceada, biofertilizantes y sistemas de riego eficientes permite optimizar el aprovechamiento de nutrientes y mejorar tanto la productividad como la calidad del fruto, contribuyendo a una producción más sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque, utilizando un área experimental de 90 m². Para el establecimiento del cultivo se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), integrado por cinco bloques, tres tratamientos y un testigo comercial. Los tratamientos evaluados consistieron en diferentes concentraciones de micronutrientes y extracto de algas marinas: DC a dosis de 3.27 g L^{-1} de micronutrientes, 2xDC a 6.54 g L^{-1} de micronutrientes, 10xDC con 32.7 g L^{-1} de micronutrientes (Tradecorp AZ®) y un testigo comercial de algas marinas con dosis de 5 mL L^{-1} NG-PLUS® (De asistencia Biotecnológica). Se utilizó pepino variedad persa, cuyas plántulas fueron trasplantadas manteniendo una separación de 30 cm entre plantas, en camas de 1.20 metros de ancho y una longitud de 15 metros. Previo al trasplante, el suelo fue acondicionado y cubierto con acolchado agrícola. Posteriormente se instaló un sistema de riego por goteo compuesto por dos cintillas por cama, proporcionando aproximadamente 1 m³ de agua semanal durante el ciclo del cultivo. Además, se realizaron aplicaciones de enraizador (Raizgrán® Plus) mediante fertirriego, utilizando una dosis de 500 g por evento de riego. Durante el desarrollo del cultivo se presentó incidencia de araña roja (*Tetranychus urticae*), por lo que se aplicó el insecticida (Rotaprid®), utilizando la dosis recomendada de 1 L ha^{-1} mediante aplicación foliar además de que se presentó pulgón para el cual se aplico el insecticida (Elimiplan ®) utilizando la dosis recomendada de 500 g ha^{-1}. Los tratamientos comenzaron a aplicarse a los 15 días después del trasplante, las aplicaciones se realizaron de manera foliar utilizando un aspersor manual Truper® con capacidad de 2 L, asignando una bomba para cada uno de los tratamientos con el fin de evitar contaminaciones entre los tratamientos. Asimismo, las aplicaciones se efectuaron una vez por semana durante el periodo de evaluación. Para la toma de datos, se seleccionaron tres plantas al azar por unidad experimental, se registró la altura de planta utilizando un flexómetro Truper®, midiendo desde la base hasta el ápice de crecimiento; el diámetro del tallo fue determinado con ayuda de un vernier (Atverce®); el número de hojas se contabilizó manualmente; y el contenido relativo de unidades SPAD de clorofila se evaluó mediante un medidor SPAD Minolta® esta metodología se llevó a cabo dos veces por semana Finalmente, los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa SAS® versión 9.4 para Windows, mediante un DBCA con un análisis de varianza y cuando este presento diferencias significativas se realizó una prueba de medias Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de los tratamientos a base de micronutrientes y algas marinas influyó con efecto altamente significativo en las variables longitud de planta ($Pr > F, < 0.0001$) y número de hojas ($Pr > F, < 0.0001$), lo cual demuestra que la aplicación foliar de micronutrientes favoreció el crecimiento

vegetativo de las plantas. El contenido de clorofila (SPAD) también fue influido significativamente (Pr > F, 0.0002) por los tratamientos, indicando una respuesta favorable de las plantas tratadas, posiblemente relacionada con una mayor eficiencia fotosintética y mejor absorción de nutrientes. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sánchez *et al*. (2019), quienes mencionan que la aplicación de micronutrientes como Fe, Zn, Mn y B favorece procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino, además de mejorar variables asociadas al vigor vegetal y contenido de clorofila. De igual manera, Gómez *et al*. (2022) reportaron incrementos significativos en variables fisiológicas y productivas en plantas de pepino bajo aplicaciones foliares de micronutrientes, señalando que estos compuestos mejoran la actividad metabólica y el rendimiento fotosintético del cultivo. De igual manera, Sadeghian (2013) señala que los micronutrientes son indispensables para el crecimiento adecuado de los cultivos, esto debido a su participación en procesos metabólicos, síntesis de clorofila y actividad enzimática, lo cual repercute positivamente en variables de crecimiento y vigor vegetal. Para el diámetro de tallo no se encontraron resultados significativos entre los tratamientos.

Cuadro 2. Cuadrado medios de las variables de crecimiento de pepino por de aplicación foliar de micronutrientes y algas.

FV	gl	Cuadrado Medio			
		Longitud de planta (cm)	Número de hojas	Diámetro del tallo (mm)	Clorofila (SPAD)
Trat (T)	3	439.58**	112.24**	0.84^{ns}	75.34*
Muest (M)	6	21329.6**	94.16**	37.61**	61.95**
Bloq	1	838.21*	13.54*	21.94**	35.18^{ns}
T x M	18	44.21^{ns}	3.29^{ns}	2.81*	32.05*
EE	111	54.93	1.87	1.17	10.55
Total	139	-	-	-	-
R^2		0.95	0.82	0.69	0.5
C. V.		13.55	14.82	13.97	7.52

FV= Fuente de variación; gl = Grados libertad; Trat (T)= Tratamiento; Muest (M)= Muestreo; Bloq= Bloque; T x M= Tratamiento*Muestreo; EE= Error Experimental; $R^{2=}$ R- Cuadrado; C.V= Coeficiente de variación

En la Figura 1, se pueden ver los resultados de los tratamientos en la etapa de crecimiento vegetativo, donde se observa que la aplicación de micronutrientes de forma foliar en una dosis de 10xDC a dosis de 32.7 g L^{-1} presento los mayores valores para todas las variables, después la dosis de 2xDC con 6.54 g L^{-1} de micronutrientes al tener resultados parecidos a los de algas marinas y la dosis comercial presento los valores más bajos para todas las variables.

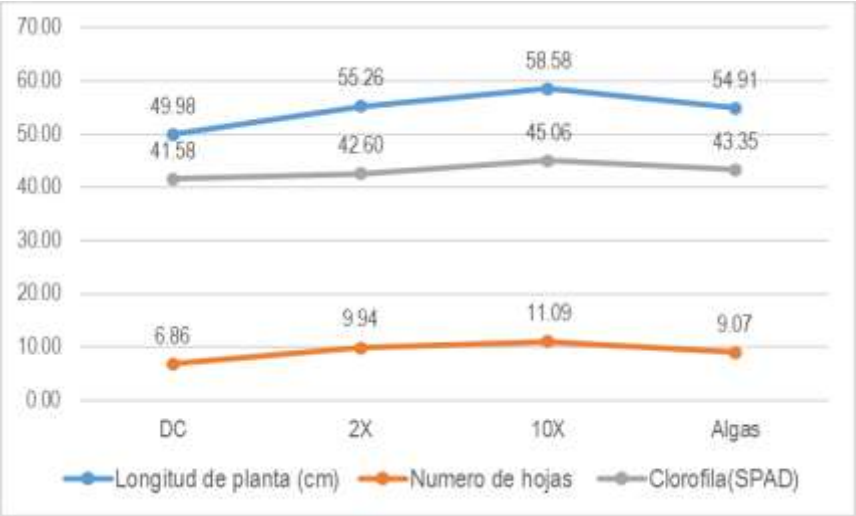

Figura 1. Evaluación de los diferentes tratamientos de micronutrientes y algas en pepino.

Para longitud de planta la aplicación foliar de micronutrientes en una dosis de 10xDC a 32.7 g L^{-1} presento el valor más alto teniendo una altura promedio de 58.58 cm, mientras tanto seguido de una dosis de micronutrientes de 2xDC con 6.54 g L^{-1} con una altura promedio 55.26 cm parecido a los resultados de las algas marinas con dosis de 5 mL L^{-1} presento una altura promedio de 54.91 cm y siendo las de menor valor la DC con 3.27 g L^{-1} con una altura de 49.98 cm. Por otro lado, el número de hojas se observó que las plantas con mayor número de hojas fue el tratamiento de 10xDC a dosis de 32.7 g L^{-1} con un promedio de 11.09, seguido de 2xDC con 6.54 g L^{-1} y algas marinas que obtuvieron valores similares y el que menos tuvo fue DC con valor de 6.86. A su vez, los valores presentados en unidades SPAD de clorofila se determinaron los valores más altos en la aplicación de 10xDC a 3.27 g L^{-1} y algas marinas con valores de 45.06 y 43.35 respectivamente.

CONCLUSIONES

Para tener mayor producción de pepino en invernadero se recomienda la aplicación de micronutrientes en una dosis de 10xDC a 32.7 g L^{-1} debido a que se aumenta un 17.2% la longitud de la planta, un 22.3% en número de hojas y un 4.0% en unidades SPAD de clorofila.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barraza, F. V., Sánchez, E., Moreno, E. C., & Pineda, J. (2018). *Extracción de Fe, Mn, Zn, Cu y B en cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(3), 611-620.

Garrido, F., Dávila Medina, M. D., & Hernández Juárez, A. (2024). Nematodos asociados al cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) y efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento. *Biotecnia, 26*(1).

Guillén-Enríquez, R. R., Zuñiga-Estrada, L., Ojeda-Barrios, D. L., Rivas-García, T., Trejo-Valencia, R., & Preciado-Rangel, P. (2022). *Efecto de la nanobiofortificación con hierro en el rendimiento y compuestos bioactivos en pepino*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13(spe28), 173-184

Marcano, C., Acevedo, I., Contreras, J., Jiménez, O., Escalona, A., & Pérez, P. (2018). Crecimiento y desarrollo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9*(8), 1629–1636.

Monge-Pérez, J. E. (2021). Pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en ambiente protegido: correlaciones entre variables de crecimiento y rendimiento. *Tecnología en Marcha, 34*(4), 75–91

Moreno Gamarra, L. R., Caballero Casuriaga, O., & Valdez Ocampo, F. D. (2024). Productividad de híbridos de pepino con dosificaciones de fertilizante potásico. *Revista Científica El Surco, 7*(2), 8–14.

Sadeghian, S. (2013). *Nutrición de cafetales*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Cenicafé, 85–116.