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

BIOFERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Edgar A. Meléndez Pescador [1]; José M. Martínez Caracheo [1]; Luis F. Herrera Mendoza [1]; Ian P. Suarez Joya [1]; Lourdes Rivera Serrano [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

La producción de calabacita (*Cucurbita pepo L.*) bajo condiciones de invernadero requiere estrategias de manejo nutricional que permitan incrementar el rendimiento y mejorar la calidad del fruto. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de biofertilizantes y extractos de algas marinas sobre variables productivas y de calidad en calabacita. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco bloques y tres tratamientos: biofertilizante líquido, extracto de algas marinas y un testigo comercial. Se evaluó el número de botones florales, número de frutos, longitud, diámetro y peso del fruto. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando el extracto de algas marinas con los mayores valores en número de frutos (5.19), longitud (12.14 cm) y peso del fruto (244.04 g). Los biofertilizantes también presentaron resultados favorables en comparación con el testigo comercial. Por lo que la aplicación foliar de biofertilizantes y extractos de algas marinas representa una alternativa sustentable para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad comercial de la calabacita bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave: *Invernadero, biofertilizantes, algas marinas, rendimiento, calidad de fruto*

ABSTRACT

The production of zucchini (*Cucurbita pepo L.*) under greenhouse conditions requires nutritional management strategies to increase yield and improve fruit quality. The objective of this research was to evaluate the effect of foliar application of biofertilizers and seaweed extracts on zucchini production and quality variables. The experiment was established using a randomized complete block design with five replicates and three treatments: liquid biofertilizer, seaweed extract, and a commercial control. The number of flower buds, number of fruits, fruit length, diameter, and weight were evaluated. The results showed significant differences between treatments, with the seaweed extract exhibiting the highest values for number of fruits (5.19), length (12.14 cm), and fruit weight (244.04 g). The biofertilizers also showed favorable results compared to the commercial control. It is concluded that the foliar application of biofertilizers and seaweed extracts represents a sustainable alternative to increase the yield and improve the commercial quality of zucchini under greenhouse conditions.

Keywords: Greenhouse, biofertilizers, seaweed, yield, fruit quality

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es una hortaliza de gran importancia económica en México debido a su alta demanda en el mercado nacional e internacional. En el año 2017, este cultivo ocupó el octavo lugar entre las hortalizas producidas en el país, con un rendimiento promedio de 14.457 t ha^{-1} en una superficie cosechada de 8 212 ha (SIAP, 2017). Estos datos reflejan su relevancia productiva y su contribución al sector hortícola nacional. Además, la producción de calabacita bajo condiciones de invernadero representa una alternativa económicamente viable y con amplio potencial de desarrollo, ya que permite un mayor control de los factores ambientales y una mejora en la eficiencia productiva (Méndez-López *et al.,* 2016). En los sistemas de producción intensivos, el manejo nutricional es uno de los factores que más influye en el rendimiento y calidad comercial del fruto. Tradicionalmente, la fertilización inorgánica ha sido la principal estrategia para satisfacer los requerimientos del cultivo; sin embargo, su uso excesivo incrementa los costos de producción y puede generar efectos negativos en el suelo y el ambiente. En este contexto, los abonos orgánicos de origen vegetal o animal, como el compost, el vermicompost y los biofertilizantes, representan alternativas de fertilización que pueden disminuir la dependencia de insumos químicos y reducir los costos productivos sin comprometer el rendimiento (Muñoz-Villalobos *et al*., 2018). Entre los nutrientes esenciales para la producción de calabacita, el potasio desempeña un papel fundamental durante la etapa de floración y llenado de fruto, al participar en la activación enzimática, regulación osmótica y transporte de fotoasimilados, procesos directamente relacionados con el peso y número de frutos (Basak *et al.,* 2019). No obstante, una fracción considerable del potasio presente en el suelo se encuentra en formas no disponibles para la planta, lo que limita su aprovechamiento. Los microorganismos solubilizadores de potasio constituyen una alternativa biológica capaz de transformar formas insolubles de este elemento en compuestos disponibles mediante la producción de ácidos orgánicos y otros metabolitos (Sheng *et al*., 2016). Asimismo, los extractos de algas marinas contienen fitohormonas naturales, aminoácidos y compuestos bioactivos que estimulan procesos fisiológicos relacionados con la floración, el amarre y el desarrollo del fruto (Hernández *et al.,* 2016). El uso combinado de biofertilizantes y extractos de algas marinas bajo condiciones de invernadero podría representar una estrategia sustentable para incrementar la producción y mejorar la calidad comercial de la calabacita. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes en el rendimiento y la calidad comercial del fruto de calabacita producida bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un invernadero del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Roque, con una superficie aproximada de 90 m^2. Para el establecimiento del cultivo se habilitaron cinco

camas de siembra de 1.20 m de ancho por 15 m de longitud, donde se estableció calabacita variedad Zucchini Gray® (Hortiaflor) en arreglo de una sola hilera, con una separación de 0.35 m entre plantas. El biofertilizante empleado se preparó en un contenedor con capacidad de 200 L bajo agitación continua. A la mezcla se incorporaron 50 kg de fosfato diamónico (18-46-00) y un consorcio bacteriano con una concentración de (10-6) UFC integrado por microorganismos de los géneros *Bacillus, Rhizobium* y *Azospirillum*. La solución se mantuvo en fermentación durante 21 días, conservando un rango de pH entre 6.5 y 7.0. Al finalizar el proceso, el extracto líquido obtenido se recuperó para su aplicación en el cultivo. Durante el desarrollo del experimento se detectó infestación de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), por lo que se realizó una aplicación del insecticida Monitor® 600 (metamidofos) a una dosis de 1 mL L^{-1} de agua. De manera complementaria, se efectuaron dos aplicaciones del bioestimulante Raizgran Plus®(Bioenzymas) mediante el sistema de riego, con un intervalo de siete días entre aplicaciones y una dosis de 12.5 g L^{-1} de agua. Posterior mente a los 19 días de siembre se establecieron los tratamientos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar conformado por cinco bloques; cada bloque incluyó dos tratamientos y un testigo comercial distribuidos aleatoriamente. Los tratamientos aplicados fueron, 5 mL L^{-1} de algas marinas NG-PLUS® (De Asistencia Biotecnológica) y 3 mL L^{-1} de biofertilizante líquido y un testigo comercial con aplicación de Bayfolan® Forte (Bayer Crop Science) a 3 mL L^{-1} de agua. Las aplicaciones se realizaron vía foliar utilizando aspersores manuales con capacidad de 2 L, asignando un aspersor exclusivo para cada producto con el propósito de evitar contaminación cruzada. Las evaluaciones se enfocaron en variables asociadas al desempeño reproductivo del cultivo. A los 26 días se empezó a realizar la toma de datos manera manual, el número de botones florales y el número de frutos por planta en cada fecha de muestreo. En los frutos cosechados se determinaron sus características físicas mediante la medición de longitud, diámetro y peso, para determinar el diámetro se utilizó un vernier digital Atverce ®. La longitud se midió con una cinta métrica de 3 m marca Truper ® para asegurar precisión en frutos de mayor tamaño. El peso individual de los frutos se obtuvo utilizando una báscula digital marca Truper ® de precisión comercial. Las mediciones se realizaron dos veces por semana durante el periodo productivo. Los datos obtenidos se sometieron a análisis estadístico con un diseño experimental de bloques al azar con 5 bloque. 2 tratamientos y un testigo, mediante el paquete SAS versión 9.4 para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos en las variables relacionadas con el rendimiento como numero de botones (F 25.89, $Pr<0.0001$) y numero de frutos (F 14.18, $Pr<0.0001$), lo que indica que la aplicación de biofertilizantes y extractos de algas marinas influyó positivamente en el desempeño productivo del cultivo bajo condiciones de invernadero.

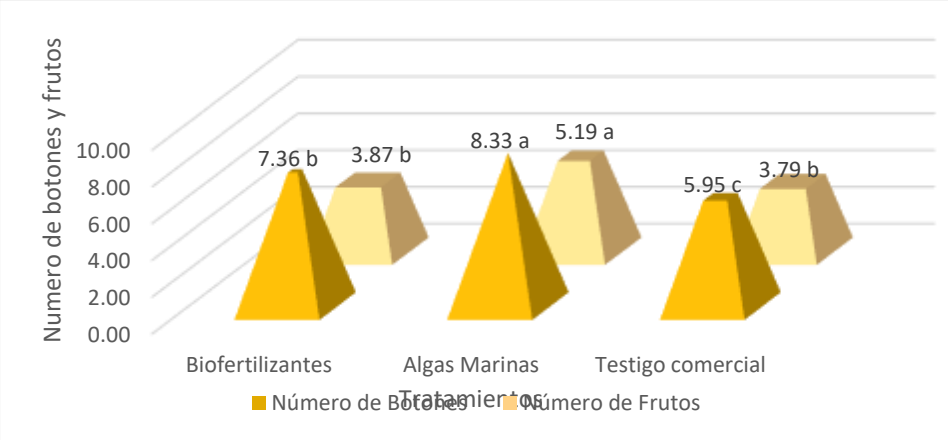

Figura 2. Número de botones florales y número de frutos por planta de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en función de la aplicación de biofertilizantes, extractos de algas marinas y un testigo comercial bajo condiciones de invernadero.

En la Figura 1 se muestra que el tratamiento con extracto de algas marinas presentó el mayor número de 8.33 botones florales, seguido del biofertilizante 7.36, mientras que el testigo comercial presentó el valor más bajo 5.95. De igual forma, el número de frutos fue mayor en el tratamiento con algas marinas con 5.19 frutos, seguido del biofertilizante teniendo 3.87 frutos, superando al testigo que presento 3.79 frutos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Alaniz-Villanueva *et al.* (2026), quienes observaron incrementos significativos en el número de frutos por planta (hasta 6.66 frutos) con la aplicación de biofertilizantes, lo que confirma el efecto positivo de los biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo. Asimismo, Hernández *et al.* (2014) señalan que los extractos de algas marinas contienen fitohormonas como auxinas y giberelinas que estimulan la floración y el amarre de frutos, lo cual explica el comportamiento observado en este estudio. El aumento en el número de frutos también puede atribuirse a la acción de los compuestos bioactivos y microorganismos presentes en los biofertilizantes aplicados de forma foliar, los cuales pueden ser absorbidos directamente a través del tejido vegetal, favoreciendo procesos fisiológicos clave. En este sentido, la aplicación foliar permite una respuesta más rápida en la planta al mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y estimular rutas metabólicas relacionadas con la floración y el desarrollo del fruto. De acuerdo con Basak *et al.* (2009), estos microorganismos contribuyen a la disponibilidad de nutrientes esenciales como el potasio, el cual desempeña un papel fundamental en el desarrollo reproductivo y el llenado del fruto.

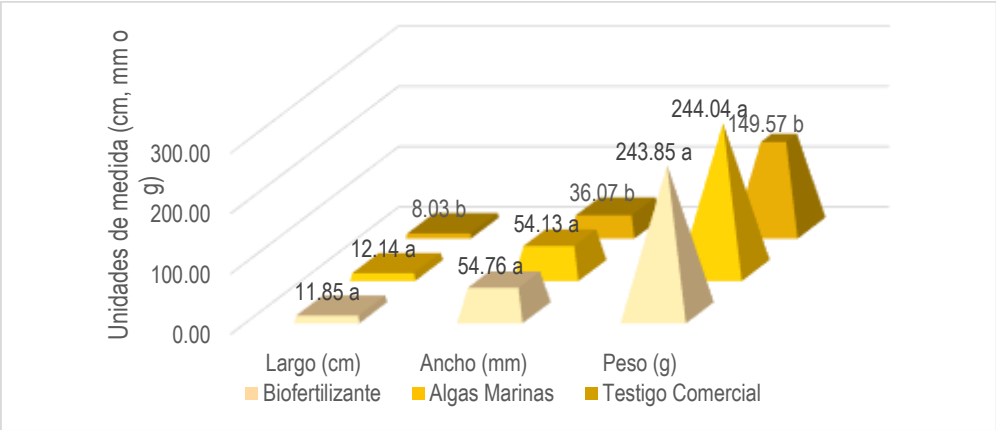

Figura 3. Variables de calidad del fruto (longitud, diámetro y peso) de calabacita bajo diferentes tratamientos de fertilización en condiciones de invernadero.

En las variables sobre la calidad del fruto se observaron diferencias significativas como longitud (F 7.47, Pr<0.0010), diámetro (F 6.77, Pr<0.0019) y peso (F 5.43, Pr<0.0061) de cada uno de los tratamientos, Siendo el tratamiento con extracto de algas marinas mostró los mayores valores en longitud con 12.14 cm y peso de 244.04 g (Fig. 2), seguido del biofertilizante con valores similares (11.85 cm y 243.85 g). El testigo comercial registró los valores más bajos en todas las variables evaluadas. Estos resultados son similares con lo reportado por Alaniz-Villanueva *et al.* (2026), quienes encontraron incrementos en la longitud de frutos de hasta 17.01 cm y peso de 220g promedio por fruto mediante la aplicación de biofertilizantes. Además, estudios como los de Cruz-Cárdenas *et al.* (2021) y Rosabal-Ayan *et al.* (2021) destacan que los biofertilizantes no solo incrementan el rendimiento, sino que también mejoran la eficiencia en la absorción de nutrientes y la actividad fisiológica de las plantas. Esto se traduce en frutos de mayor tamaño, peso y calidad comercial, especialmente los extractos de algas marinas, representan una alternativa eficiente para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad del fruto de calabacita.

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de biofertilizantes y extractos de algas marinas mostró efectos positivos sobre el rendimiento y la calidad del fruto de calabacita bajo condiciones de invernadero. Por lo cual se recomienda su aplicación de manera foliar en el cultivo de calabacita bajo condiciones de invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alaniz-Villanueva, O., Silva-Marrufo, O., Galindo-Villanueva, H., & Betancourt-Chaidez, B. (2026). Evaluación de la producción y rentabilidad de la calabaza mayera con el uso de biofertilizantes y un fertilizante químico comercial. Abanico Boletín Técnico, 5, 1–8.

Basak, B. B., & Biswas, D. R. (2019). Influence of potassium solubilizing microorganisms (KSM) on the release of potassium from waste mica. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(5), 655–665. https://doi.org/10.1002/jpln.200800081

Cruz-Cárdenas, C. I., et al. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(5), 899–913.

Hernández, H. R. M., Santacruz, R. F., Ruiz, L. M. A., Norrie, J., & Hernández, C. G. (2016). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Applied Phycology, 26(1), 619–628. https://doi.org/10.1007/s10811-013-0078-4

Méndez-López A, Villanueva-Verduzco C, Sahagún-Castellanos J, Avitia-García E, Colinas-León MT, JamilenaQuesada M, et al. (2016) Obtención, caracterización y agrupamiento de genotipos partenocárpicos de calabaza (Cucurbita pepo L.) tipo “Round Zucchini”. Revista Chapingo Serie Horticultura

Muñoz-Villalobos JA, Velásquez-Valle MA, Osuna-Ceja ES, Macías-Rodríguez H (2018) El uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

Rosabal-Ayan, L., et al. (2021). Microorganismos del suelo y su uso en agricultura. Magna Scientia UCEVA.

Sheng, X. F., & He, L. Y. (2016). Solubilization of potassium-bearing minerals by a wild-type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Canadian Journal of Microbiology, 52(1), 66–72. https://doi.org/10.1139/w05-117

SIAP (2017) Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Situación al 31 de OCTUBRE de2014.http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do. Fecha de consulta: 15 de agosto de 2015.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2017). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México.