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

BIOESTIMULANTES EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Luis F. Herrera Mendoza[1]; Ian P. Suarez Joya[1]; Edgar A. Meléndez Pescador[1]; José M. Martínez Caracheo[1]; María L. 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]Docente en 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 variedad Zucchini Gray de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) constituye un cultivo de importancia dentro del sector hortícola debido a su alta demanda y valor productivo. En este contexto, el uso de bioestimulantes se ha propuesto como una alternativa para mejorar la productividad de los cultivos. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de bioestimulantes en la producción de calabacita bajo condiciones de invernadero. Se evaluaron ácido salicílico (AS) a una dosis de 6.7 mM, extracto de algas marinas (AM) a 5 mL L^{-1} y un testigo comercial Bayfolan® Forte a 3 mL L^{-1}. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con cinco bloques. Los tratamientos se aplicaron a los 19 días después de la siembra, hasta la cosecha. Además, se registraron variables relacionadas con la producción, tales como número de botones florales y frutos por planta, así como largo, ancho y peso de los frutos durante la cosecha. Una vez analizados los datos, se observó que el tratamiento con AM presento resultados con mayor significancia, seguido del AS, mientras que el testigo comercial mostro los valores más bajos.

Palabras clave: *bioestimulantes, producción, calabacita, calidad, frutos.*

ABSTRACT

The Zucchini Gray variety of squash (*Cucurbita pepo* L.) is an important crop in the horticultural sector due to its high demand and productive value. In this context, the use of biostimulants has been proposed as an alternative to improve crop productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of biostimulants on zucchini production under greenhouse conditions. Salicylic acid (SA) at a dose of 6.7 mM, seaweed extract (SE) at 5 mL L^{-1}, and a commercial control, Bayfolan® Forte, at 3 mL L^{-1} were evaluated. The experiment was established using a randomized complete block design with five blocks. Treatments were applied 19 days after planting until harvest. Variables related to production were also recorded, such as the number of flower buds and fruits per plant, as well as the length, width, and weight of the fruits at harvest. Once the data was analyzed, it was observed that the AM treatment showed the most significant results, followed by AS, while the control showed the lowest values.

Keywords: *biostimulants, production, zucchini, quality, fruits*

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucurbita pepo L.*) es una hortaliza de amplia distribución debido a su capacidad de adaptación y a su elevada demanda en el mercado. Por lo que, representa una opción productiva en el sector hortícola, ya que permite obtener rendimientos en periodos cortos de producción (Alvarado *et al.*, 2021). Además, sus frutos aportan nutrimentos esenciales como minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes, lo que incrementa su importancia en la alimentación humana (Apáez *et al.*, 2019). Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021) la producción de calabacita en México, posee una importancia económica significativa, ya que participa activamente en los mercados nacionales e internacionales y constituye una fuente de ingresos para los productores hortícolas. Asimismo, el cultivo bajo condiciones de invernadero permite optimizar el uso de recursos mediante el control de factores ambientales que favorecen el desarrollo vegetal (Rouphael & Colla, 2020). Sin embargo, los sistemas de producción intensiva dependen en gran medida de la aplicación de fertilizantes minerales y su uso excesivo de estos insumos puede incrementar los costos de producción, además de ocasionar efectos negativos sobre el ambiente y la fertilidad del suelo (Díaz *et al.,* 2016). Por ello, recientemente se han buscado estrategias que permitan mejorar la productividad agrícola de manera más eficiente y sustentable (Bulgari *et al.,* 2019). Dentro de estas estrategias destacan los bioestimulantes, sustancias capaces de estimular procesos fisiológicos en las plantas, mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de nutrimentos y favorecer el crecimiento vegetal (Rouphael & Colla, 2020). Estos compuestos incrementan el rendimiento de los cultivos y aumentan la tolerancia al estrés ambiental sin reemplazar la fertilización convencional (Yakhin *et al.,* 2017). Entre los más utilizados se encuentran los extractos de algas marinas (AM), los cuales contienen compuestos bioactivos como aminoácidos, vitaminas y reguladores de crecimiento que estimulan el desarrollo de las plantas (Bulgari *et al.,* 2019). Asimismo, el ácido salicílico actúa como un regulador fisiológico que participa en la activación de mecanismos de defensa y en la regulación de diversos procesos metabólicos en las plantas (Rivas-San Vicente & Plasencia, 2016). La aplicación exógena de este compuesto puede mejorar la actividad fotosintética y favorecer el crecimiento en cultivos hortícolas (Nazar *et al.,* 2017). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de bioestimulantes en la producción de calabacita bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en condiciones controladas dentro de un invernadero con una superficie total de 90 m², del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Roque. Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA), integrado por cinco bloques, dos tratamientos y un testigo comercial.

Los tratamientos evaluados fueron AS), extracto de algas marinas (AM) y un testigo comercial (Bayfolan® Forte). Se utilizó la variedad de calabacita Zucchini Gray® (Hortiflor), sembrada a una distancia de 40 cm entre plantas y a una profundidad de 3 cm, en suelo previamente preparado y cubierto con acolchado agrícola. Se instaló un sistema de riego por goteo con dos cintas por cama, suministrando aproximadamente 1 m^3 de agua por semana durante todo el ciclo del cultivo. A los siete días posteriores a la siembra se efectuó una resiembra en los sitios donde no se presentó emergencia. Asimismo, se realizaron dos aplicaciones de enraizador (Raizgrán® Plus) mediante fertirriego, con una dosis de 500 g. Para el manejo fitosanitario de araña roja (*Tetranychus urticae Koch*) se controló con el insecticida Monitor®600 con 1 mL L^{-1} y para el control de cenicilla se aplicó extracto de yuca (Id-Gar® Steph) en 4 mL L^{-1}, respectivamente aplicados de manera foliar. Asimismo, durante el desarrollo del cultivo se presentó deficiencia de calcio, por lo que se aplicó quelato de calcio (Quelafarm® Calcio) con 3 mL L^{-1} vía foliar. A los 19 días después de la siembra se aplicaron los tratamientos consistentes en 6.7 mM de ácido salicílico, 5 mL L^{-1} de algas marinas NG-PLUS® (De Asistencia Biotecnológica) y un testigo comercial con 3 mL L^{-1} de Bayfolan® Forte (Bayer Crop Science). Las aplicaciones se realizaron con un aspersor manual Truper® con capacidad de 2 L, efectuándose de forma semanal a partir de la emergencia de las plántulas. Durante el desarrollo del cultivo se evaluaron variables relacionadas con la producción, registrando el número de botones florales y el número de frutos por planta mediante conteo directo en cada unidad experimental. Asimismo, durante la cosecha se midieron características físicas de los frutos, determinando la longitud con un flexómetro Truper®, el diámetro (ancho) con un vernier Atverce® y el peso mediante una balanza digital Truper®. Estas evaluaciones se realizaron en frutos cosechados de cada unidad experimental. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa SAS® 9.4 para Windows (SAS, 2012), considerando el diseño experimental (DBCA), integrado por cinco bloques y tres tratamientos, con sus respectivas repeticiones por unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de los tratamientos influyó significativamente en las variables de producción evaluadas en el cultivo de calabacita. En cuanto al número de botones ($Pr > F, < 0.0001$) y número de frutos ($Pr > F, < 0.0001$), se observaron efectos altamente significativos, lo cual coincide con lo reportado por Peña (2020), quien reporta incrementos importantes en el número de frutos en maracuyá mediante el uso de bioestimulantes. De igual manera, Hernández (2024) señala que la aplicación de estos compuestos favorece la emisión de botones florales y mejora variables de crecimiento y calidad del fruto en cultivos hortícolas como la fresa. Estos resultados también concuerdan con lo reportado por Díaz *et al.* (2016) y Guardiola-Márquez *et al.* (2019), quienes documentaron efectos altamente significativos en la producción y desarrollo de cucurbitáceas bajo la aplicación de bioestimulantes.

En el Cuadro 1 se observa que los tratamientos presentaron efectos altamente significativos en número de botones y frutos, así como efectos significativos en las variables de largo, ancho y peso del fruto, lo que indica que los tratamientos evaluados influyeron tanto en el rendimiento como en la calidad del fruto. Este comportamiento es similar con lo reportado por Ayala-Tafoya *et al.* (2020), quienes encontraron que la aplicación de compuestos bioestimulantes incrementa significativamente las variables productivas en cultivos hortícolas, particularmente en especies del género *Cucurbita*. Asimismo, Guerrero *et al.* (2018) reportaron que la fertilización foliar puede modificar de manera significativa el desarrollo del fruto dependiendo del tipo de insumo aplicado.

Cuadro 1. Cuadrado Medio de las variables de producción de calabacita por efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes.

FV	gl	Cuadrado Medio				
		Número de botones	Número de frutos	Largo (cm)	Ancho (mm)	Peso (g)
Trat (T)	2	87.12**	70.76**	154.17*	5600.95*	104541.49*
Muest (M)	10	65.25**	73.85**	68.57*	876.68^{ns}	40057.03^{ns}
Bloq	1	0.97^{ns}	0.17^{ns}	32.09^{ns}	1217.48^{ns}	28062.36^{ns}
T x M	20	12.75**	4.40*	9.06^{ns}	226.94^{ns}	5626.41^{ns}
EE	131	3.58	1.52	33.79	879.54	21741.23
Total	164	-	-	-	-	-

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; Trat = Tratamiento; Muest = Muestreo; Bloq = Bloque; T x M = Tratamiento por Muestreo; EE = Error Experimental; ** =Diferencias altamente significativas (Pr ≤ 0.0001); * = Diferencias estadísticas significativas (Pr ≤ 0.005); ns = Diferencias no significativas (P≥0.005).

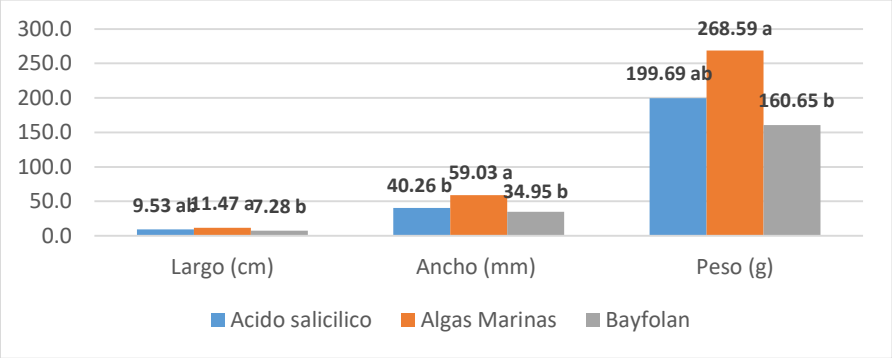

Figura 1. Evaluación de los tratamientos de bioestimulantes en el cultivo de calabacita bajo condiciones de invernadero.

Por su parte, los muestreos mostraron efectos altamente significativos en número de botones y frutos, y significativos en el largo del fruto, lo cual sugiere una variación en la producción a lo largo del ciclo del cultivo. Este comportamiento coincide con lo señalado por Guardiola-Márquez *et al.* (2019), quienes indican que en cultivos hortícolas de producción continua existe una dinámica en la emisión de estructuras reproductivas asociada a cambios fisiológicos durante el desarrollo. En cuanto a la interacción tratamiento por muestreo (T ×

M), se observaron efectos significativos en número de botones y frutos, lo que evidencia que la respuesta de los tratamientos depende del momento de evaluación.

Similar a lo reportado por Agüero (2019), quien señala que la eficiencia de los bioestimulantes se relaciona estrechamente con las etapas fenológicas del cultivo, particularmente en floración y fructificación. En la Figura 1 se analiza que para la variable largo del fruto, la aplicación foliar de AM a dosis de 5 mL L^{-1} presentó el valor más alto con 11.47 cm, seguido del AS con 9.53 cm, superando en conjunto en más del 23% al testigo comercial. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Hernández (2024), quien señala que los bioestimulantes favorecen la elongación celular y el crecimiento del fruto. En cuanto al ancho del fruto, las AM mostraron el mayor incremento con 59.03 mm, superando al AS en aproximadamente 31% y al testigo comercial hasta en un 40%, lo cual es consistente con lo reportado por Ayala-Tafoya *et al.* (2020), quienes observaron incrementos significativos en el diámetro de frutos con el uso de bioestimulantes. Por otro lado, en la variable peso del fruto, el tratamiento con AM alcanzó un promedio de 268.59 g, superando al AS en cerca de un 25%, y al testigo comercial en más de un 40%. Estos resultados coinciden con lo reportado por Díaz *et al.* (2016) y Peña (2020), quienes documentaron incrementos en el rendimiento mediante la aplicación de bioestimulantes en cultivos frutales y hortícolas.

CONCLUSIONES

Para la producción de calabacita bajo condiciones de invernadero se recomienda la aplicación de AM a dosis de 5 mL L^{-1}, ya que incrementa significativamente la calidad del fruto, alcanzando aumentos superiores al 23% en largo, 31% en ancho y más del 40% en peso en comparación con el testigo comercial. Asimismo, el uso de bioestimulantes mostró un efecto positivo en el rendimiento del cultivo, destacando su eficiencia sobre la fertilización foliar tradicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüero, J. A. (2019). Efecto de bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas. Universidad Autónoma de Sinaloa.

Alvarado, J., Valdez, L., Cepeda, M., Rubí, M., & Pineda, J. (2021). Producción y rentabilidad del cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(3), 543–552. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2685

Apáez, B., Lara, R., Apáez, M., & Raya, J. (2019). Importancia nutricional y económica de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en sistemas hortícolas. Revista Fitotecnia Mexicana, 42(2), 145–152.

Apáez, B., Lara, R., Apáez, M., & Raya, J. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con aplicación de zeolita y fertilizante químico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 23, 211–221.

Ayala-Tafoya, F., Zatarain-López, D. M., Valdez-Aguilar, L. A., & Partida-Ruvalcaba, L. (2020). Bioestimulantes y su efecto en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(3), 567–579.

Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. Agronomy, 9(6), 306. https://doi.org/10.3390/agronomy9060306

Castellanos-Morales, G., Paredes-Torres, L. M., Gutiérrez-Rodríguez, C., & Sánchez-de la Vega, G. (2018). Genetic diversity and domestication of *Cucurbita pepo* in Mexico. Frontiers in Ecology and Evolution, 6, 1–12.

Díaz, A. M., Hernández, R., & Sánchez, E. (2016). Uso de biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento de cucurbitáceas. Revista Chapingo Serie Horticultura, 22(2), 145–156.

Díaz, A., Alvarado, M., Allende, M., & Ortiz, J. (2016). Fertilización y manejo nutrimental en cultivos hortícolas bajo agricultura protegida. Revista Chapingo Serie Horticultura, 22(3), 183–195. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.03.010

Guardiola-Márquez, A., López-Martínez, V., & Pérez-Grajales, M. (2019). Efecto de biofertilizantes en el desarrollo de cultivos hortícolas bajo condiciones protegidas. Revista Fitotecnia Mexicana, 42(1), 23–31.

Guerrero, R. M., Ramírez, H., & Torres, A. (2018). Evaluación de fertilización foliar en cultivos hortícolas en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(5), 1023–1034.

Hernández, J. L. (2024). Uso de bioestimulantes en la producción de fresa *(Fragaria × ananassa)* bajo condiciones protegidas. Universidad Autónoma Chapingo.

Kates, H. R., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2017). Evolutionary and domestication history of *Cucurbita pepo*. Plant Systematics and Evolution, 303, 933–943.

Nazar, R., Umar, S., Khan, N. A., & Sareer, O. (2017). Salicylic acid signaling in plants. Environmental and Experimental Botany, 161, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.02.007

Paris, H. S. (2016). Origin and emergence of the cultivated cucurbits. Horticultural Reviews, 44, 1–63.

Peña, M. A. (2020). Evaluación de bioestimulantes en el rendimiento de maracuyá (*Passiflora edulis*). Universidad Autónoma de Nayarit.

Rivas-San Vicente, M., & Plasencia, J. (2016). Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany, 62(10), 3321–3338. https://doi.org/10.1093/jxb/erq447

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: From experimental data to practical applications. Agronomy, 10(10), 1461. https://doi.org/10.3390/agronomy10101461

Rouphael, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., Kyriacou, M., & De Pascale, S. (2017). Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate as a biostimulant for greenhouse crops. Frontiers in Plant Science, 8, 435. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00435

Sánchez, E., Fortis, M., Preciado-Rangel, P., & García-Hernández, J. L. (2017). Bioestimulantes en la agricultura: una revisión de su uso en México. Terra Latinoamericana, 35(3), 271–283.

SIAP. (2021). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/siap

Valdez-Aguilar, L. A., & Reed, D. W. (2017). Respuesta de cultivos hortícolas a bioestimulantes bajo condiciones de estrés. Revista Chapingo Serie Horticultura, 23(1), 45–56.

Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. Frontiers in Plant Science, 7, 2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

Zatarain-López, D. M., Ayala-Tafoya, F., & Partida-Ruvalcaba, L. (2018). Uso de extractos de algas marinas en la producción de cultivos hortícolas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(7), 1501–1512.