TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

ACTIVADORES FISIOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PEPINO

Francisco Jiménez Figueroa[1]; Leonardo M. Tovar Pacheco[1]; Hans Blanquet[2]; Ricardo Yáñez Lopez[2]; Daniel Rodríguez Mercado[2]; Luis P. Guevara Acevedo[2§]

[1]Estudiante de ingeniería en Agronomía TecNM-Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [2]TecNM-Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. [3]Instituto TecNM-Roque, Celaya, Gto. [§]Autor de correspondencia: luis.ga@roque.tecnm.mx

RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido fumárico, extracto de algas marinas y su combinación en la producción de plantas de pepino *Cucumis sativus* Fuzeta® (Bejo). El estudio se llevó a cabo en el invernadero y laboratorio de Fitosanidad del Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. Plántulas fueron trasplantadas en bolsas negras de 17 x 30 cm y a los 8 días después del trasplante (ddt) se fertilizaron cada una de ellas con nitrato de calcio CALCINIT® (YaraTera), combinado con H_2SO_4, a la par se suministró vía riego imidacloprid Muralla Max® (Bayer) y extracto de yuca. A los 10 ddt se aplicaron los tratamientos en un diseño de bloques al azar con 3 bloque y 3 tratamientos de ácido fumárico (Meyer®) a dosis de 100 ppm, algas marinas (NG-Plus®) 5 mL L^{-1}, su combinación y un testigo comercial FertiPlus® (Delta®) a dosis de 2 mL L^{-1}. La primera cosecha se realizó a los 60 ddt, registrando datos sobre largo de fruto, ancho de fruto y peso de fruto. Teniendo un total de 5 cosechas. El análisis estadístico se efectuó mediante el software SAS 9.4 para Windows, demostrando que el tratamiento con ácido fumárico obtuvo los mejores resultados en comparación con el testigo comercial.

Palabras clave: *Algas marinas, bioestimulantes, ancho de fruto, ácido fumárico, peso de fruto*.

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the effect of foliar applications of fumaric acid, seaweed extract and their combination on the production of *Cucumis sativus* Fuzeta® (Bejo). The study was carried out in the greenhouse and phytosanitary laboratory of the Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. Seedlings were transplanted in 17 x 30 cm black bags and 8 days after transplanting (ddt), each one was fertilized with CALCINIT® calcium nitrate (YaraTera), combined with H_2SO_4, while imidacloprid Muralla Max® (Bayer) and yucca extract were applied via irrigation. At 10 ddt the treatments were applied in a randomized block design with 3 blocks and 3 treatments of fumaric acid (Meyer®) at a dose of 100 ppm, seaweed (NG-Plus®) 5 mL L-1, their combination and a commercial control FertiPlus® (Delta®) at a dose of 2 mL L-1. The first harvest was

carried out at 60 ddt, recording data on fruit length, fruit width and fruit weight. Statistical analysis was carried out using SAS 9.4 software for Windows, showing that the treatment with fumaric acid obtained the best results compared to the commercial control.

Key words: *seaweeds, biostimulants, fruit width, fumaric acid, fruit weight.*

INTRODUCCIÓN

El *Cucumis sativus* L., comúnmente conocido como pepino, es una planta herbácea de ciclo anual, con un crecimiento rastrero y de desarrollo indeterminado. Pertenece a la familia de las cucurbitáceas y tiene su origen en las zonas tropicales de Asia. Este cultivo es ampliamente consumido, tanto en fresco como industrializado (Kapuriya, 2017). En cuanto a la producción de pepino en México, se produjo 803,706 toneladas de pepino en 2019, concentrando casi 60% en Sinaloa, Sonora y Michoacán, con mayor disponibilidad de enero a mayo. Seis estados cosechan todo el año, pero Sinaloa solo en esos meses. México es el sexto productor mundial, exportando 72.3% de su producción, principalmente a Estados Unidos. (PFC, 2020). Para una mejor producción se lleva a cabo el uso de bioestimulantes vegetales que representa una estrategia innovadora y ecológica para lograr una agricultura más sostenible. Su aplicación ayuda a reducir diversas limitaciones, como la falta de agua, el agotamiento de los recursos naturales, el impacto de factores ambientales adversos y los efectos del cambio climático (Rouphael *et al.,* 2018). Los bioestimulantes formulados con extractos de algas marinas se destacan como una de las alternativas más innovadoras y sostenibles para promover el crecimiento vegetal. Su naturaleza biodegradable y segura los convierte en una opción ecológica, ya que no generan residuos tóxicos ni afectan negativamente al medioambiente (Hassan *et al.,* 2021). Entre las algas marinas más empleadas en la agricultura destaca *Ascophyllum nodosum*, cuyos extractos contienen diversos elementos inorgánicos esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre (Battacharyya *et al.,* 2021). Cuando se habla de bioestimulantes, es importante considerar el ácido fumárico, un compuesto natural presente en frutas, verduras y en las raíces de *Fumaria officinalis*, se trata de una sustancia inocua y no tóxica, ampliamente utilizada en la industria alimentaria. En agricultura, su aplicación contribuye a mejorar la producción de los cultivos al actuar como un activador fisiológico de la planta a lo largo de su ciclo de desarrollo (Grupo Pochteca, s.f). Es por esto que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones foliares de ácido fumárico, extracto de algas marinas y su combinación en la producción de plantas de pepino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Roque, específicamente en el invernadero y el laboratorio de fitosanidad. Durante el estudio, se trasplantaron plántulas de pepino Fuzeta® (Bejo), en bolsas negras de 17 x 30 cm, las cuales fueron llenadas a una proporción de 1:1:1 con tierra lama, tezontle y arena. A los 8 días después del trasplante (ddt), se llevó a cabo la fertilización con nitrato de calcio Calcinit® (Yaratera) en una concentración de 2 g L^{-1}. Posteriormente, la dosis se incrementó a 4 g L^{-1} y se combinó con 2 mL L^{-1} de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Al mismo tiempo, se realizó una aplicación foliar de 5 mL L^{-1} de imidacloprid muralla max® (Bayer) y 2 mL L^{-1} de extracto de yuca. A los 10 ddt se aplicaron los tratamientos durante la etapa vegetativa del pepino en un diseño de bloques al azar con 3 bloques y 3 tratamientos de ácido fumárico (Meyer®) en una concentración de 100 ppm, algas marinas (NG-Plus®) a 5 mL L^{-1}, una combinación de ambos entre ácido fumárico+algas marinas con una dosis de 100 ppm+5 mL L^{-1} y un testigo comercial fertiplus® (Delta®) a 2 mL L^{-1}, las aplicaciones se realizaron utilizando una aspersora manual (Truper®). A los 31 ddt, se inició el tutoreo de las plantas y, simultáneamente, se incrementó la dosis de nitrato de calcio a 3 g L^{-1}. Luego, a los 39 ddt, se aplicó nuevamente imidacloprid muralla max® (Bayer) de forma foliar a una dosis de 2.5 mL por cada 10 L^{-1} de agua. Posteriormente, a los 59 ddt, se añadió extracto de yuca a 2 mL L^{-1}.

La primera cosecha se realizó a los 60 ddt, midiendo largo del fruto se midió desde la base hasta la punta del fruto con un flexómetro (Pretul®), la anchura se tomó de la parte media del fruto utilizando un vernier (Keatronic®) y el peso se registró con el uso de una báscula (Electronic Kitchen Scale®). Esto se siguió llevando a cabo en cada cosecha siendo estas a los 68, 76, 82 y 88 ddt. Finalmente teniendo un total de 5 cosechas. Para interpretar los resultados de las variables medidas, se efectuó un análisis de varianza, cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias Tukey ($p>0.05$) usando el software estadístico SAS System 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos aplicados de manera foliar presentaron efecto altamente significativo al 99% de confiabilidad ($\alpha \leq 0.01$) en las variables de largo de fruto, ancho de fruto y peso de fruto en plantas de pepino (Cuadro 1), estos valores difieren a los reportados por Tambo *et al.* (2023) quienes obtuvieron valores no significativos en estas variables utilizando biol en el cultivo de pepino.

Cuadro 1. Cuadrado medio del efecto del ácido fumárico, algas marinas en parámetros agronómicos de plantas de pepino.

Fuente	DF	Cuadrado Medio		
		Largo de Fruto (cm)	Ancho de Fruto (mm)	Peso de Fruto (g)
Trat (T)	3	195.11 **	999.05 **	30928.14 **
Muest (M)	4	47.19 ns	189.47 ns	4667.28 ns
Bloq (B)	1	3.05 ns	14.94 ns	4.64 ns
T x M	12	12.63 ns	85.47 ns	1164.57 ns
EE	39	23.08	134.84	2642.97
Total	59	-	-	-

En cuanto al largo de fruto, la aplicación foliar de ácido fumárico a dosis de 100 ppm y la combinación de ácido fumárico + algas (100 ppm + 5mL L^{-1}) alcanzaron los mayores valores con 20.06 cm y 18.32 cm, el testigo comercial fertiplus® presentó un valor menor, con 11.32 centímetros siendo más bajo con relación a un 55%, a diferencia de Vasquez (2019), quien, en el cultivo de pepino obtuvo un valor estadístico de 19.03 cm al aplicar vermicomposta 40% + 2.5 g algas.

En cuanto a el ancho de fruto en la aplicación de ácido fumárico (100 ppm) mostró el mayor valor de 46.57 mm, lo cual resulta ser un 52.41% más efectivo que el testigo comercial fertiplus® el cual registro un ancho de 26.64 mm, Estos resultados difieren a los reportados por Preciado (2019), quien observó un ancho de fruto de 55 mm en respuesta a su tratamiento con ácido salicílico en el cultivo de pepino.

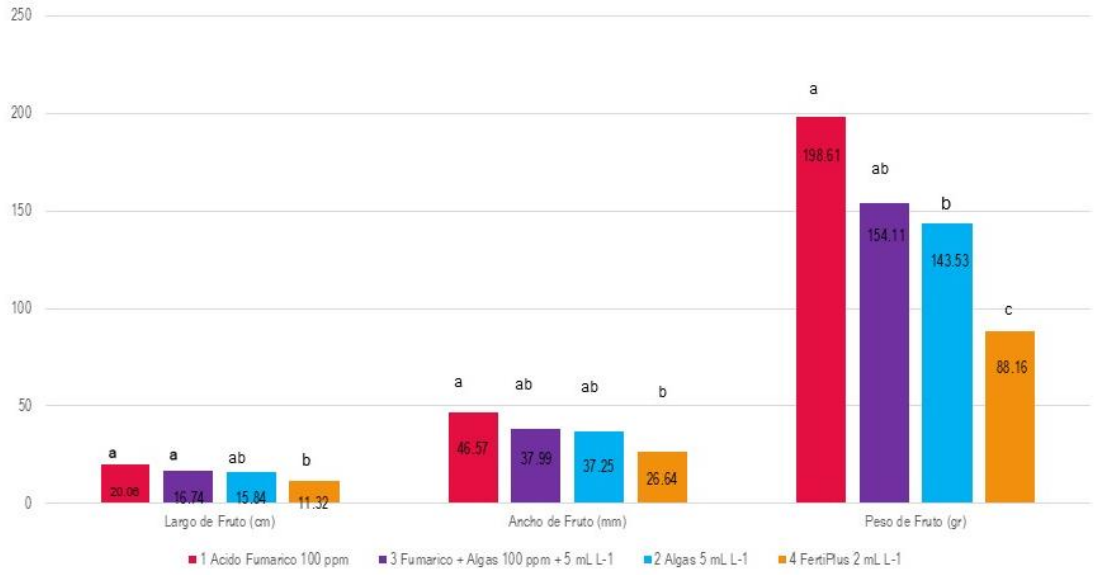

Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de ácido fumárico, algas marinas y su combinación en largo de fruto, ancho de fruto y peso de fruto de pepino.

Los resultados obtenidos para el peso de fruto registraron un promedio de 198.61 g, superior al obtenido con el testigo comercial fertiplus® que alcanzó 88.16 g. No obstante, ambos valores fueron menores a los reportados por Avilés (2022), con 280.55 g utilizando biol y 326.73 g en su testigo con bocashi.

CONCLUSIONES

Para la producción de pepino en condiciones de invernadero se recomienda la aplicación foliar de ácido fumárico a dosis de 100 ppm, debido a que resulta ser una estrategia eficaz para un mejor rendimiento del cultivo, aumentado en más de 52.41% las variables de producción, convirtiéndolo en una opción viable para la producción agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aviles CJJ (2022). Análisis económico de diferentes tipos de fertilización en la producción de cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en el cantón milagro.

Battacharyya D; Babgohari MZ; Rathor P; Prithiviraj B (2021). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae, vol. 196, pp. 39-48

Grupo Pochteca (s.f.). Usos y beneficios del ácido fumárico en los alimentos. https://mexico.pochteca.net/usos-y-beneficios-del-acido-fumarico-en-los-alimentos/.

Hassan SM; Ashour M; Sakai N; Zhang L; Hassanien HA; Gaber A; Ammarr GAG (2021). Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*), Agriculture, vol. 11, no. 320, pp. 1-16).

Kapuriya VK; Ameta KD; Teli SK; Chittora A; Gathala S; Yaday S (2017). Effect of spacing and training on growth and yield of polyhouse grown cucumber (*Cucumis sativus L.*), International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 6, no. 8, pp. 299-304.

PFC, Procuraduría Federal del Consumidor (2020). Pepino, fresco y saludable. https://www.gob.mx/profeco/documentos/pepino-fresco-ysaludable?state=published.

Preciado RP (2019). La aspersión foliar de ácido salicílico mejora los compuestos fenólicos y flavonoides, así como la producción de frutos en pepino (*Cucumis sativus* L.).

Rouphael Y; Kyriacou MC; Petropoulos SA; De Pascale S; Colla G (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. Sci. Hortic. 234:275-289. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033

Tambo CVR; Romero SBL; Merino JLG; Arévalo BSE (2023). Evaluación del rendimiento de pepino bajo dos sistemas de fertilización en invernadero

Vásquez VY (2019) Evaluación de biofertilizantes sobre la productividad del pepino (*Cucumis sativus L.*) en invernadero.