

# Efecto de dos porcentajes de drenaje y de un bioestimulante en pepino (*Cucumis sativus*) producido bajo invernadero


## Effect of two drainage rates and a biostimulant in cucumber (*Cucumis sativus*) grown under greenhouse conditions

Julio César Loáiciga-Arias<sup>1</sup>,  
José Eladio Monge-Pérez<sup>2</sup>, Michelle Loría-Coto<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 5 de octubre, 2022  
Fecha de aprobación: 18 de febrero, 2023

Loáiciga-Arias, J.C; Monge-Pérez, J.E; Loría-Coto, M. Efecto de dos porcentajes de drenaje y de un bioestimulante en pepino (*Cucumis sativus*) producido bajo invernadero. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, N° 4. Octubre-Diciembre, 2023. Pág. 31-44.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6298>

- 1 Coordinación Regional de Agricultura Orgánica, Dirección de Desarrollo Chorotega, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. Correo electrónico: [julioaloaicigaa@gmail.com](mailto:julioaloaicigaa@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-1055-9874>.
- 2 Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: [jose.mongeperez@ucr.ac.cr](mailto:jose.mongeperez@ucr.ac.cr)  
 <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>
- 3 Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Correo electrónico: [michelle\\_loria@yahoo.com](mailto:michelle_loria@yahoo.com)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0456-2230>

## Palabras clave

Cambio climático; calidad; rendimiento; extracto de algas; fracción de lavado; bioestimulante.

## Resumen

Se evaluó el efecto de la aplicación de dos porcentajes de drenaje (10 % y 30 %) y de un bioestimulante (vía foliar, vía radicular, y testigo) sobre el rendimiento y la calidad del pepino cv. Modan cultivado bajo invernadero. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de frutos por planta, peso del fruto (g), rendimiento (ton/ha), y porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix). En comparación con las plantas que tuvieron un 30 % de drenaje, las plantas con un 10 % de drenaje presentaron únicamente las siguientes diferencias significativas: una menor altura, un menor diámetro de tallo, y un mayor rendimiento de segunda calidad. La aplicación foliar del bioestimulante produjo un aumento significativo en las siguientes variables, en comparación con la aplicación radicular y el testigo: número de frutos por planta (comercial y primera calidad), y rendimiento (total, comercial y de primera calidad). La aplicación radicular del bioestimulante provocó un mayor peso del fruto de tercera calidad, en comparación con la aplicación foliar, pero no fue diferente del testigo. La aplicación foliar del bioestimulante mejoró el rendimiento y la calidad del pepino, por lo que se recomienda su uso, bajo las condiciones en que se realizó el estudio. Se recomienda el uso de un drenaje del 10 % en pepino cultivado en invernadero, dado que produjo un rendimiento y calidad similar al obtenido con 30 %, pero representa una economía importante de agua y nutrientes.

## Keywords

Climate change; quality; yield; seaweed extract; leaching fraction; biostimulant.

## Abstract

Researchers evaluated the effect of applying two drainage rates (10 % and 30 %) and a biostimulant (foliar, root, and control treatments) on the yield and quality of cucumber cv. Modan grown under greenhouse conditions. Evaluated variables were: plant height (cm), stem diameter (mm), number of fruits per plant, fruit weight (g), yield (ton/ha), and percentage of total soluble solids (°Brix). Compared to plants with 30 % drainage rate, plants with a 10% rate showed only the following significant differences: lower height, smaller stem diameter, and higher second quality yield. The foliar application of biostimulant produced a significant increase in the following variables, compared to the root application and the control: number of fruits per plant (commercial and first quality), and yield (total, commercial and first quality). The root application of biostimulant caused a higher weight of the third quality fruit, compared to the foliar application, but it was not different from the control. The foliar application of biostimulant improved the yield and quality of cucumber, for which its use is recommended under the conditions in which the study was carried out. The use of a 10 % drainage rate is also recommended in greenhouse-grown cucumber, as it produced similar yields and quality to those obtained with a 30 % rate, thus representing an important economy of water and nutrients.

## Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una planta anual, herbácea, de crecimiento rastrero e indeterminado, perteneciente a la familia Cucurbitaceae, y originaria de las regiones tropicales de Asia; este cultivo tiene un alto índice de consumo, tanto en fresco como industrializado [1].

Los bioestimulantes a base de extractos de algas marinas están entre los más modernos y sostenibles promotores del crecimiento vegetal, y se caracterizan por ser biodegradables e inofensivos, lo que los hace compuestos ambientalmente amigables que no provocan residuos tóxicos [2]. Entre las sustancias que contienen estos extractos se encuentran minerales, polisacáridos, reguladores del crecimiento, ácidos grasos poliinsaturados, lípidos, proteínas, antioxidantes y colorantes; los fertilizantes líquidos a partir de algas marinas pueden aumentar el contenido de clorofila y el rendimiento total, y mejorar el sistema radical de muchas plantas, además de que protegen contra enfermedades y los efectos del estrés abiótico, por lo que se han usado para estimular el crecimiento y aumentar la productividad en muchos cultivos, tales como el pepino [3] [4] [5] [2]. Una de las algas marinas más utilizadas en agricultura es *Ascophyllum nodosum*, cuyos extractos poseen componentes inorgánicos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre [3].

Los extractos de algas modifican el metabolismo celular, debido a la inducción de la síntesis de moléculas antioxidantes que pueden mejorar el crecimiento vegetal y la resistencia de las plantas al estrés [6]. Se ha informado que la aplicación de extractos de algas provocó un aumento en el rendimiento en papa, pepino y repollo chino, así como en el contenido de sólidos solubles totales en fresa; además, el extracto del alga *A. nodosum* provocó el aumento del tamaño del fruto en el cultivo de pimiento [6].

En el cultivo de pepino, la aplicación de extractos de *A. nodosum* mejora la tolerancia a enfermedades como *Alternaria cucumerinum*, *Didymella applanata*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora melonis*, *Erysiphe polygoni*, *E. necator* y *Sphaerotheca fuliginea* [7] [8].

Los extractos líquidos de algas se pueden aplicar al suelo, cerca de la raíz de la planta, mezclado con el agua de riego y aplicado como riego por goteo, o también se pueden aplicar como aspersión foliar, que es la forma más común, en una amplia variedad de hortalizas, frutas y flores [3] [4]. La eficacia de los extractos de algas depende de la fase de crecimiento de la planta en la que se aplique; el mejor momento es cuando la planta está en crecimiento vegetativo, antes del inicio de la floración, con el fin de estimular el cuajado y maduración del fruto [3] [4].

En sistemas de producción de hortalizas en ambiente protegido se maneja un sistema de riego con drenaje, es decir, que cuando se aportan riegos con la solución nutritiva, generalmente se deja drenar un 20-30 % del volumen total aplicado [9] [10] [11]; este porcentaje de drenaje permite aportar la cantidad de agua y nutrientes que la planta requiere para su óptimo crecimiento y desarrollo, además que permite el lavado de sales que se acumulan en el sustrato. Otros autores recomiendan que el porcentaje de drenaje sea entre 20 y 40 % del volumen de solución nutritiva aportado [12], mientras que otros investigadores indican que un porcentaje de drenaje de 30-35% es necesario para evitar la salinización del sustrato [13].

La proporción de drenaje necesaria depende de factores como el ritmo de transpiración del cultivo o la calidad del agua, y se utiliza normalmente como indicador o diagnóstico del adecuado fertirriego; desde un punto de vista práctico, es razonable pensar entre un 10 % y 30 %, en función de la época del año, el estado de desarrollo de las plantas, y la calidad del agua de riego [10].

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos porcentajes de drenaje y de la aplicación de un bioestimulante, sobre el rendimiento y calidad de pepino cultivado bajo condiciones de invernadero.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Barrio San José de Alajuela, Costa Rica, situada a 10° 1' latitud Norte y 84° 16' longitud Oeste, a una altitud de 883 msnm, con un promedio de precipitación anual de 1940 mm, y un promedio anual de temperatura de 22 °C.

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero modelo XR de la marca Richel (Francia), tipo multicapilla, con techo de plástico, con ventilación cenital automática, y con un sistema de riego por goteo para proporcionar a las plantas el suministro de agua y nutrientes. Se utilizó la metodología de manejo integrado de plagas descrito por otros autores [14].

Se utilizó el genotipo de pepino (*Cucumis sativus* L.) partenocárpico Modan F-1. El trasplante se realizó el 19 de julio de 2015, cuando las plántulas tenían al menos una hoja verdadera. El cultivo se estableció en sacos plásticos rellenos con fibra de coco como sustrato, con una longitud de 1 m de largo, 20 cm de ancho, y 15 cm de altura. La distancia entre hileras fue de 1,54 m y la distancia entre plantas de 25 cm, para una densidad de 2,60 plantas/m<sup>2</sup>. Se eliminaron todos los brotes secundarios, y se dejó solo el tallo principal. Cuando fue necesario se realizó amarre y tutoreo de las plantas.

Se evaluaron seis tratamientos (cuadro 1). Se utilizaron dos formas de aplicación del bioestimulante: vía foliar, y vía radicular (aplicada al sustrato), y además se incluyó un testigo, al cual no se le realizaron aplicaciones del bioestimulante; se usó el bioestimulante Algamix®, el cual es preparado con extractos del alga marina *Ascophyllum nodosum* [15]. Los tratamientos de porcentaje de drenaje consistieron en un aporte considerado como óptimo (30 %) y un aporte considerado como deficitario (10 %).

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados.

Número	Tratamiento		Dosis
	Aplicación de bioestimulante	Drenaje	
1	Foliar	10 %	350 ml/ha
2	Radicular	10 %	3,5 l/ha
3	Sin aplicación (Testigo)	10 %	n.a.
4	Foliar	30 %	350 ml/ha
5	Radicular	30 %	3,5 l/ha
6	Sin aplicación (Testigo)	30 %	n.a.

Los niveles de humedad del sustrato se controlaron con el programador de riego Igrow modelo 1400, por medio de radiación acumulada. Se colocaron dos estaciones de monitoreo para medir el volumen de agua dispensada al saco y el volumen total de agua drenada del saco, y de esta forma calcular y ajustar el porcentaje de drenaje respectivo; estas mediciones se realizaron diariamente.

Desde la siembra hasta los 14 días después del trasplante (ddt), el cultivo se manejó con niveles óptimos de riego; los diferentes tratamientos se aplicaron a partir de los 15 ddt, y se extendieron hasta el fin del ciclo del cultivo. La frecuencia de aplicación del bioestimulante fue de cada 14 días.

Se utilizó un sistema de fertirriego automatizado, con una solución nutritiva validada para la producción de pepino en ambiente protegido (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Programa de fertirrigación utilizado.

Edad del cultivo	Concentración del nutriente (mg/l)											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo	B
0-14 ddt	150	53	240	165	40	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,09	0,8
15-30 ddt	161	53	265	175	50	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,09	0,8
>30 ddt	172,5	53	290	175	55	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,09	0,8

Nota: ddt = días después del trasplante.

La cosecha inició el 17 de agosto de 2015 (29 ddt), y se realizó una vez a la semana, hasta el 2 de noviembre de 2015 (106 ddt), recolectando los frutos que mostraban color verde oscuro, y cuya base y ápice tenían el mismo grosor. Los frutos se clasificaron en categorías de calidad (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Categorías de calidad del pepino.

Característica	Categoría de calidad			
	Primera	Segunda	Tercera	Rechazo
Longitud del fruto (cm)	Mayor a 20	Entre 16 y 20	Entre 12 y 15,9	Cualquiera
Deformaciones	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes
Daños	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes

Las variables evaluadas fueron:

- Número de frutos por planta:** se determinó el número de frutos por planta para cada categoría de calidad, realizando una sumatoria de los frutos obtenidos en todas las cosechas, y luego se dividió entre el número de plantas por parcela.
- Peso promedio del fruto (g):** se determinó realizando una sumatoria del peso de todos los frutos registrados durante todas las cosechas, y luego se dividió entre el número de frutos totales; esta variable se determinó para cada categoría de calidad; se usó una balanza electrónica marca Ocony, modelo TH-I-EK, de 5000,0 ± 0,1 g de capacidad.
- Rendimiento por hectárea (ton/ha):** se calculó a partir del peso de los frutos cosechados y de la densidad de siembra, para cada categoría de calidad. El rendimiento comercial se calculó sumando el peso de la producción de las categorías de primera, segunda y tercera calidad; el rendimiento total se obtuvo sumando el peso obtenido para todas las categorías de calidad.
- Altura de planta (cm):** al finalizar el ciclo del cultivo se midió la altura de la planta, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma; se utilizó una cinta métrica de 8 m de longitud marca Assist. Se evaluaron 6 plantas por repetición.
- Diámetro de tallo (mm):** se midió esta variable en la base del tallo; las evaluaciones se realizaron al finalizar el ciclo del cultivo, y se utilizó un calibrador digital marca Mitutoyo, modelo CD-6" CS, con una capacidad de 154,5±0,1 mm. Se evaluaron 6 plantas por repetición.

- 6. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix):** se tomó un fruto por repetición, al cual se le midió esta variable con la ayuda de un refractómetro manual marca BOECO, con una capacidad de  $0-32,0 \pm 0,2$  °Brix.

Se registraron los datos de temperatura y humedad relativa (HR) que prevalecieron dentro del invernadero durante la ejecución del experimento, mediante sensores y un registrador de datos marca Onset, modelo HOBO U30. Asimismo, se evaluó diariamente el valor de pH y conductividad eléctrica (CE), tanto de la solución nutritiva que salía del gotero, como de la solución de drenaje para ambos tratamientos (10 % y 30 %).

Cada unidad experimental constó de dos sacos (8 plantas), de las cuales se consideraron las dos plantas de los extremos como bordes para reducir el efecto de la deriva durante las aplicaciones foliares del bioestimulante sobre la parcela útil (6 plantas).

Se utilizó un diseño irrestricto al azar, con un arreglo factorial con dos factores, los cuales correspondían a dos porcentajes de drenaje, y dos formas de aplicación del bioestimulante más un testigo, para un total de seis tratamientos y cuatro repeticiones.

Para todas las variables se realizó un análisis estadístico de varianza, y se utilizó la prueba LSD Fisher con una significancia de 5 % para confirmar o descartar diferencias entre tratamientos.

## Resultados y discusión

Durante el período en que se desarrolló el ensayo, la temperatura diurna promedio dentro del invernadero se ubicó en  $27,1$  °C (con extremos máximos de  $33,4$  °C), y la temperatura nocturna promedio fue de  $21,4$  °C (con extremos mínimos de  $19,8$  °C). La HR diurna promedio fue de  $72,3$  % (con extremos mínimos de  $52,3$  %), y la HR nocturna promedio fue de  $89,2$  % (con extremos máximos de  $94,2$  %).

La temperatura ideal para el desarrollo del cultivo de pepino es de  $20-25$  °C, con máximas y mínimas tolerables de  $34$  °C y  $15$  °C, respectivamente, y en el caso de la HR, el valor ideal es de  $60-70$  % [16]; estos valores ideales de temperatura y HR fueron superados en las condiciones del invernadero de la EEAFBM, por lo que se pudo haber producido estrés abiótico en el cultivo.

A lo largo del ensayo, el valor promedio de pH del gotero fue de  $6,0$ , mientras que del drenaje de  $30$  % fue de  $6,5$ , y del drenaje de  $10$  % fue de  $6,7$ . Por otra parte, el valor promedio de CE del gotero fue de  $2,50$  dS/m, y fue de  $3,50$  dS/m para el drenaje de  $30$  %, y de  $4,30$  dS/m para el drenaje de  $10$  %; lógicamente, la CE fue mayor con  $10$  % de drenaje, en relación con el uso de  $30$  % de drenaje, debido a una mayor salinidad del sustrato.

Según varios autores, la conductividad eléctrica óptima para el cultivo de pepino es entre  $2,2$  y  $2,7$  dS/m; además, este cultivo no tolera el estrés salino, y su rendimiento baja hasta un  $10$  % con una conductividad eléctrica de  $3,3$  dS/m [17].

En el cuadro 4 se presentan los resultados de las variables altura de planta y diámetro de tallo. Con respecto al factor drenaje, los mayores valores para ambas variables se obtuvieron con  $30$  % de drenaje. El tratamiento Testigo con  $30$  % de drenaje obtuvo plantas con una mayor altura, en comparación al tratamiento de aplicación radicular con  $10$  % de drenaje. En relación al diámetro del tallo, todos los tratamientos con  $30$  % de drenaje tuvieron un valor superior, con respecto al Testigo con  $10$  % de drenaje.

En otra investigación en invernadero, se halló que la altura de planta del híbrido Modan fue de  $288$  cm, hasta los  $60$  ddt [18]; en el presente ensayo se obtuvo un mayor valor para esta variable, debido a que las evaluaciones se extendieron por un período más extenso.

En otro ensayo, la aplicación foliar de un extracto de algas produjo plantas con la misma altura que el testigo [2]; este mismo resultado se obtuvo en el presente trabajo, tanto con 10 % de drenaje como con 30 %.

**Cuadro 4.** Altura de planta y diámetro de tallo en pepino.

Efecto	Tratamiento	Variable	
		Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)
Factor Drenaje	10 %	659 a	11,37 a
	30 %	762 b	12,16 b
Bioestimulante x Drenaje			
Foliar	10 %	704 ab	11,47 ab
Radicular	10 %	617 a	11,45 ab
Testigo	10 %	656 ab	11,19 a
Foliar	30 %	760 ab	12,15 bc
Radicular	30 %	734 ab	12,12 bc
Testigo	30 %	794 b	12,22 c

Nota: Datos que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según la prueba LSD Fisher.

Otros investigadores encontraron que la aplicación foliar de extractos de algas produjo plantas con una altura mayor que el testigo [19] [20].

En otro ensayo se evaluaron dos extractos de algas en pepino en invernadero en aplicación foliar; uno de ellos produjo una mayor altura de planta en comparación con el testigo, pero el otro extracto obtuvo la misma altura que el testigo [21].

En una investigación en pepino, con aplicaciones foliares de dos extractos de algas, se halló que con la dosis menor la altura de la planta fue similar al testigo, pero con las dos dosis mayores la altura fue superior al testigo [22].

En el cuadro 5 se presentan los datos obtenidos para el número de frutos por planta. Se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos del factor de aplicación de bioestimulante, para las categorías de primera calidad, comercial y rechazo; el tratamiento foliar obtuvo una mayor cantidad de frutos comerciales y de primera calidad con respecto a los otros tratamientos, y una menor cantidad de frutos de calidad de rechazo, en comparación al testigo. En el caso del factor drenaje, no se hallaron diferencias significativas para ninguna de las categorías de calidad. La interacción bioestimulante x drenaje no fue estadísticamente significativa para ninguna de las calidades.

En otra investigación en invernadero, se halló que el número total de frutos cosechados por planta para el híbrido Modan fue de 8,44 hasta los 60 ddt [18]. Otros autores obtuvieron un total de 15,0 frutos por planta para este híbrido [23], y en otro ensayo se obtuvo una producción total entre 16,4 y 17,4 frutos por planta, según la densidad de siembra [24]. Otros autores hallaron para este híbrido en el invernadero de la EEAFBM un total de 31,60 frutos por planta, hasta los 97 ddt en época lluviosa [25], y 22,04 frutos por planta hasta los 94 ddt en la época seca [26]; los resultados obtenidos en el presente trabajo se ubican entre los informados en estas dos últimas investigaciones.

**Cuadro 5.** Número de frutos por planta, según categoría de calidad.

Efecto	Tratamiento	Número de frutos por planta, según calidad					
		Total	Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Rechazo
B	Foliar	27,67 a	25,57 b	16,23 b	5,71 a	3,62 a	2,10 a
	Radicular	25,02 a	22,08 a	13,73 a	4,75 a	3,60 a	2,94 ab
	Testigo	26,00 a	22,00 a	14,04 a	4,67 a	3,29 a	4,00 b
D	10 %	26,69 a	23,67 a	14,61 a	5,46 a	3,60 a	3,03 a
	30 %	25,76 a	22,76 a	14,72 a	4,63 a	3,42 a	3,00 a
Interacción B x D		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bioestimulante x Drenaje							
Foliar	10 %	26,34 ab	24,63 ab	14,96 ab	5,88 b	ns	1,71 a
Radicular	10 %	25,83 ab	22,92 ab	14,12 a	5,21 ab	ns	2,92 abc
Testigo	10 %	27,92 ab	23,46 ab	14,75 a	5,29 ab	ns	4,46 c
Foliar	30 %	29,00 b	26,50 b	17,50 b	5,54 ab	ns	2,50 ab
Radicular	30 %	24,21 a	21,25 a	13,33 a	4,29 ab	ns	2,96 abc
Testigo	30 %	24,08 a	20,54 a	13,33 a	4,05 a	ns	3,54 bc

Nota: B: bioestimulante; D: drenaje. Datos que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según la prueba LSD Fisher.; ns = no significativa.

Otros investigadores encontraron que la aplicación foliar de extractos de algas produjo un mayor número de frutos por planta que el testigo [19]; esto mismo sucedió en el presente trabajo para el número de frutos por planta de calidades primera y comercial.

En otro ensayo, la aplicación foliar de extractos de algas en pepino produjo la misma cantidad de frutos por planta que en el testigo [20], y lo mismo sucedió en otro trabajo con la aplicación radicular de extracto de algas [27]. En este mismo sentido, en el cultivo de melón en invernadero, la aplicación de Algamix® vía radicular produjo un número de frutos por planta estadísticamente similar al testigo [28].

En otros estudios con extractos de algas aplicados vía foliar en pepino en invernadero, el número de frutos por planta fue superior o igual al testigo, según el tipo de extracto [21], la dosis utilizada [29] [22], y la variedad de pepino [6].

Unos autores probaron dos porcentajes de drenaje (17% y 29%) en pepino hidropónico en invernadero; el número de frutos por planta fue mayor en las plantas que recibieron 29% de drenaje [30]; en forma contraria, en el presente trabajo no se hallaron diferencias entre 10 % y 30 % de drenaje, para esta variable.

En el cuadro 6 se presentan los datos de peso promedio del fruto. Solamente se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos del factor de aplicación de bioestimulante, para la categoría de tercera calidad; el tratamiento radicular obtuvo un mayor peso promedio del fruto de tercera calidad, en comparación con el tratamiento foliar, pero no fue diferente del valor obtenido por el tratamiento testigo. En el caso del factor drenaje, no se hallaron diferencias significativas para ninguna de las categorías de calidad. La interacción bioestimulante x drenaje no fue estadísticamente significativa para ninguna de las categorías de calidad.



**Cuadro 6.** Peso promedio del fruto, según categoría de calidad.

Efecto	Tratamiento	Peso promedio del fruto (g), según calidad					
		Total	Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Rechazo
B	Foliar	336,75 a	353,01 a	404,01 a	278,71 a	233,61 a	149,71 a
	Radicular	328,00 a	346,90 a	387,22 a	298,62 a	263,90 b	176,05 a
	Testigo	320,14 a	349,22 a	393,93 a	285,59 a	246,99 ab	158,07 a
D	10 %	329,72 a	349,25 a	395,51 a	289,37 a	249,95 a	177,76 a
	30 %	326,87 a	350,17 a	394,60 a	285,91 a	246,38 a	144,79 a
Interacción B x D		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bioestimulante x Drenaje							
Foliar	10 %	ns	ns	391,03 ab	287,15 ab	238,63 a	168,19 ab
Radicular	10 %	ns	ns	397,62 ab	291,98 ab	272,73 b	211,60 b
Testigo	10 %	ns	ns	397,88 ab	288,98 ab	238,51 a	153,50 ab
Foliar	30 %	ns	ns	416,99 b	270,27 a	228,60 a	131,23 a
Radicular	30 %	ns	ns	376,83 a	305,27 b	255,06 ab	140,50 a
Testigo	30 %	ns	ns	389,98 ab	282,19 ab	255,48 ab	162,64 ab

Nota: B: bioestimulante; D: drenaje. Datos que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según la prueba LSD Fisher.; ns = no significativa.

En otra investigación en invernadero, se halló que el peso del fruto para el híbrido Modan fue de 342,60 g [18], y en otro ensayo se obtuvo para este híbrido un peso promedio de 372-388 g, según la densidad de siembra [24]. Otros autores hallaron para este híbrido en el invernadero de la EEAFBM un peso del fruto de 254,52 g en época lluviosa [25], y de 304,51 g en la época seca [26]. Otros investigadores reportaron para el genotipo Modan un peso promedio del fruto de 328 g [23]; los valores hallados en el presente estudio se acercan a los obtenidos por estos últimos investigadores.

Varios investigadores evaluaron extractos de algas en pepino en invernadero, en aplicación foliar, y hallaron que las plantas que recibieron los extractos produjeron frutos con un peso similar al testigo [29] [21] [31], y lo mismo sucedió en otro ensayo con la aplicación radicular de extracto de algas [27]; en el presente trabajo se hallaron resultados similares. En este mismo sentido, en el cultivo de melón en invernadero, la aplicación de Algamix® vía radicular produjo un peso del fruto estadísticamente similar al testigo [28].

En otros ensayos, la aplicación foliar de extractos de algas en pepino, produjo frutos con un peso superior o igual al testigo, según la dosis del extracto [22] [20], el tipo de extracto y la variedad de pepino [6].

En el cuadro 7 se presenta el rendimiento obtenido en el ensayo. Se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos del factor de aplicación de bioestimulante, para las categorías de calidad de primera, comercial, total y rechazo; el tratamiento foliar obtuvo un mayor rendimiento total, comercial y de primera calidad, y un menor rendimiento de rechazo, con respecto a los otros tratamientos. En el caso del factor drenaje, solamente se hallaron diferencias significativas para la categoría de segunda calidad; el tratamiento de 10 % obtuvo un mayor rendimiento de segunda calidad, en comparación con el tratamiento de 30 %. La interacción bioestimulante x drenaje fue estadísticamente significativa para el rendimiento total, comercial y de primera calidad.

**Cuadro 7.** Rendimiento por hectárea, según categoría de calidad.

Efecto	Tratamiento	Rendimiento hasta los 106 ddt (ton/ha), según calidad					
		Total	Comercial	Primera	Segunda	Tercera	Rechazo
B	Foliar	241,24 b	233,47 b	170,36 b	41,09 a	22,02 a	7,77 a
	Radicular	212,66 a	198,85 a	138,35 a	36,43 a	24,07 a	13,81 b
	Testigo	216,35 a	200,08 a	144,23 a	34,80 a	21,06 a	16,27 b
D	10 %	228,26 a	214,82 a	150,56 a	41,04 b	23,22 a	13,45 a
	30 %	218,57 a	206,78 a	151,40 a	33,84 a	21,54 a	11,79 a
Interacción B x D		*	*	*	ns	ns	ns
Bioestimulante x Drenaje							
Foliar	10 %	226,83 ab	219,60 bc	152,09 a	44,05 b	ns	7,24 a
Radicular	10 %	226,10 ab	210,72 ab	146,36 a	39,30 ab	ns	15,38 bc
Testigo	10 %	231,86 ab	214,13 ab	153,22 a	39,76 ab	ns	17,73 c
Foliar	30 %	255,64 b	247,34 c	188,63 b	38,13 ab	ns	8,31 ab
Radicular	30 %	199,22 a	186,98 ab	130,34 a	33,55 ab	ns	12,24 abc
Testigo	30 %	200,84 a	186,03 a	135,23 a	29,83 a	ns	14,82 abc

Nota: B: bioestimulante; D: drenaje. Datos que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según la prueba LSD Fisher.; \* = significativa ( $p \leq 0,05$ ); ns = no significativa.

En otra investigación en invernadero, se halló que el rendimiento del híbrido Modan hasta los 60 ddt fue de 48,26 ton/ha [18]. Otros autores obtuvieron para este híbrido un rendimiento entre 147 y 177 ton/ha, según la densidad de siembra [24], y otros investigadores reportaron para el genotipo Modan un rendimiento de 158 ton/ha [23]. Otros autores hallaron para este híbrido en el invernadero de la EEAFBM un rendimiento total de 175,30 ton/ha hasta los 94 ddt en la época seca [26], y de 211,30 ton/ha hasta los 97 ddt en época lluviosa [25]; los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los hallados por estos últimos autores.

Varios investigadores han informado que la aplicación foliar de extractos de algas (*A. nodosum* y otras) produjo un mayor rendimiento en pepino, en comparación con el testigo [8] [2]; en la presente investigación se encontró un resultado similar para el rendimiento total, comercial y de primera calidad; esto se podría explicar por el efecto benéfico del extracto de *A. nodosum*, el cual ayudó a la planta a superar las consecuencias negativas del estrés abiótico.

En otros ensayos en pepino, se obtuvo el mismo rendimiento entre las plantas que recibieron la aplicación foliar de extractos de algas y el testigo [20] [31], y lo mismo sucedió en otro ensayo con la aplicación radicular de extracto de algas [27]. En este mismo sentido, en el cultivo de melón en invernadero, la aplicación de Algamix® vía radicular produjo un rendimiento total y un rendimiento comercial estadísticamente similares al testigo [28].

En otros ensayos, la aplicación foliar de extractos de algas en pepino en invernadero han producido un rendimiento superior o similar al testigo, según el tipo de extracto [21], la dosis usada [29] [22], el año de evaluación [19], y la variedad de pepino [6].

Según [4], la respuesta de las plantas a la aplicación de extractos de algas depende del material biológico (planta y alga), condiciones de crecimiento, métodos de cultivo, la dosis utilizada, la forma de aplicación, y los momentos de aplicación de los extractos.

Unos autores evaluaron dos porcentajes de drenaje (17% y 29%) en pepino hidropónico en invernadero; el rendimiento total fue mayor en las plantas que recibieron 29% de drenaje [30]; en forma contraria, en el presente trabajo no hubo diferencias en el rendimiento total entre 10 % y 30 % de drenaje.

Otros investigadores ensayaron con porcentajes de drenaje de 15 % y 30 % en pepino hidropónico, y no hallaron diferencias en el rendimiento total entre ambos tratamientos [32]; en el presente trabajo se obtuvo un resultado similar, entre 10 % y 30 % de drenaje.

Dado que en este trabajo no se hallaron diferencias en el rendimiento total y comercial entre 10 % y 30 % de drenaje, es preferible el uso de 10 % de drenaje, pues representa una opción interesante ante el cambio climático, tanto a nivel económico como ambiental, dado el ahorro en agua y nutrientes que involucra. Este resultado también demuestra que la mayor salinidad del sustrato que se obtuvo con el tratamiento de 10 % de drenaje, en comparación con el uso de 30 % de drenaje, no causó un efecto perjudicial al cultivo, lo que podría indicar que el híbrido Modan presenta algún grado de tolerancia a la salinidad.

Por otra parte, otro resultado interesante de destacar es la interacción significativa entre bioestimulante y drenaje para el rendimiento de primera calidad; el tratamiento 30 % de drenaje con aplicación foliar obtuvo un rendimiento superior a los otros cinco tratamientos para esta categoría de calidad.

En el cuadro 8 se presentan los resultados obtenidos para el porcentaje de sólidos solubles totales. No se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos del factor de aplicación de bioestimulante, ni tampoco entre los tratamientos del factor drenaje. La interacción bioestimulante x drenaje no fue estadísticamente significativa.

**Cuadro 8.** Porcentaje de sólidos solubles totales del fruto.

Efecto	Tratamiento	Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)
B	Foliar	3,16 a
	Radicular	3,61 a
	Testigo	3,03 a
D	10 %	3,33 a
	30 %	3,20 a
Interacción B x D		ns
Bioestimulante x Drenaje		
Foliar	10 %	ns
Radicular	10 %	ns
Testigo	10 %	ns
Foliar	30 %	ns
Radicular	30 %	ns
Testigo	30 %	ns

Nota: B: bioestimulante; D: drenaje. Datos que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), según la prueba LSD Fisher.; ns = no significativa.

En otra investigación en invernadero, se halló que el porcentaje de sólidos solubles totales del híbrido Modan fue de 3,60 °Brix [18]. Otros investigadores obtuvieron para esta variable entre 3,0 y 3,7 °Brix, según la densidad de siembra, en pepino Modan [24]. Otros autores hallaron

para este híbrido en el invernadero de la EEAFBM un porcentaje de sólidos solubles totales de 2,89 °Brix en época lluviosa [25], y 3,40 °Brix en la época seca [26]; los resultados obtenidos en el presente ensayo se acercan a los hallados por estos últimos autores.

Unos investigadores evaluaron dos extractos de algas en pepino en invernadero en aplicación foliar; las plantas que recibieron los extractos produjeron frutos con un porcentaje de sólidos solubles totales similar al testigo [21] [20]; en el presente trabajo se obtuvieron resultados similares.

En el cultivo de melón en invernadero, la aplicación de Algamix® vía radicular produjo un porcentaje de sólidos solubles totales estadísticamente similar al testigo [28]; este mismo resultado se halló en la presente investigación.

## Conclusiones y recomendaciones

En comparación con las plantas que tuvieron un 30 % de drenaje, las plantas con un 10 % de drenaje presentaron únicamente las siguientes diferencias significativas: una menor altura, un menor diámetro de tallo, y un mayor rendimiento de segunda calidad.

La aplicación foliar del bioestimulante produjo un aumento significativo en las siguientes variables, en comparación con la aplicación radicular y el testigo: número de frutos por planta (comercial y primera calidad), y rendimiento (total, comercial y de primera calidad).

La aplicación radicular del bioestimulante provocó un mayor peso del fruto de tercera calidad, en comparación con la aplicación foliar, pero no fue diferente del testigo.

La aplicación foliar del bioestimulante mejoró el rendimiento y la calidad del pepino, por lo que se recomienda su uso, bajo las condiciones en que se realizó el estudio.

Se recomienda el uso de un drenaje del 10 % en pepino cultivado en invernadero, dado que produjo un rendimiento y calidad similar al obtenido con 30 %, pero representa una economía importante de agua y nutrientes.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de la Universidad de Costa Rica y de CONARE, para la realización de este trabajo. Asimismo, agradecen la colaboración de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés.

## Referencias

- [1] V. K. Kapuriya, K. D. Ameta, S. K. Teli, A. Chittora, S. Gathala and S. Yadav, "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, 2017.
- [2] S. M. Hassan, M. Ashour, N. Sakai, L. Zhang, H. A. Hassanien, A. Gaber and G. A. G. Amarr, "Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*)," *Agriculture*, vol. 11, no. 320, pp. 1-16, 2021.
- [3] D. Battacharyya, M. Z. Babgohari, P. Rathor and B. Prithiviraj, "Seaweed extracts as biostimulants in horticulture," *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 39-48, 2015.
- [4] A. Pohl, A. Kalisz and A. Sekara, "Seaweed extracts' multifactorial action: influence on physiological and biochemical status of Solanaceae plants," *Acta Agrobotanica*, vol. 72, no. 1, p. 1758, 2019.
- [5] A. A. Espinosa-Antón, R. M. Hernández-Herrera and M. González, "Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas," *Bioteología Vegetal*, vol. 20, no. 4, pp. 257-282, 2020.

- [6] T. Z. Sarhan and S. F. Ismael, "Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.)," *International Journal of Agricultural and Food Research*, vol. 3, no. 1, pp. 41-54, 2014.
- [7] P. P. Shukla, E. G. Mantin, M. Adil, S. Bajpai, A. T. Critchley and B. Prithiviraj, "Ascophyllum nodosum-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management," *Frontiers in Plant Science*, vol. 10, no. 655, pp. 1-22, 2019.
- [8] O. Ali, A. Ramsubhag and J. Jayaraman, "Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production," *Plants*, vol. 10, no. 531, pp. 1-27, 2021.
- [9] C. Baixauli and J. Aguilar, *Cultivo sin suelo de hortalizas*, Valencia, España: Textos Imatges S. A., 2002, p. 59.
- [10] M. Urrestarazu, *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*, Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 2015, p. 267.
- [11] R. G. Snyder, "Guía del cultivo de tomate en invernaderos," 2016.
- [12] F. Giuffrida, S. Argento, V. Lipari and C. Leonardi, "Methods for controlling salt accumulation in substrate cultivation," *Acta Horticulturae*, vol. 614, pp. 799-803, 2003.
- [13] A. Pardossi, F. Malorgio, L. Incrocci, G. Carmassi, R. Maggini, D. Massa and F. Tognoni, "Simplified models for the water relations of soilless cultures: what they do or suggest for sustainable water use in intensive horticulture," *Acta Horticulturae*, vol. 718, pp. 1-10, 2006.
- [14] E. Elizondo-Cabalca and J. E. Monge-Pérez, "Pimiento (*Capsicum annuum*) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables," *Revista Posgrado y Sociedad*, vol. 17, no. 2, pp. 33-60, 2019.
- [15] Lida Plant Research, "AlgamiX: plant biostimulant," 2022. [Online]. Available: <https://www.lidaplantresearch.com/bioestimulantes-vegetales/algamiX/>.
- [16] N. Mora, H. Campos, J. Fallas, S. Morales, M. Blanco and J. Alfaro, "Caracterización de la agrocadena pepino holandés," Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 2007.
- [17] F. Galindo, M. Fortis, P. Preciado, R. Trejo, M. Segura and J. Orozco, "Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido," *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, no. 78, pp. 1219-1232, 2014.
- [18] C. Ramírez-Vargas, "Extracción de nutrientes, crecimiento y producción del cultivo de pepino bajo sistema de cultivo protegido hidropónico," *Tecnología en Marcha*, vol. 32, no. 1, pp. 107-117, 2019.
- [19] Y. M. Ahmed and E. A. Shalaby, "Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber," *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, vol. 4, no. 3, pp. 235-240, 2012.
- [20] E. F. Hasan and A. A. Hussein, "Effect of soil coverage with organic mulching and spraying with seaweed extract on some vegetative and productive traits of cucumber grown in greenhouses," *Diyala Agricultural Sciences Journal*, vol. 12, pp. 206-220, 2020.
- [21] T. Z. Sarhan, S. T. Ali and S. M. S. Rasheed, "Effect of bread yeast application and seaweed extract on cucumber (*Cucumis sativus* L.) plant growth, yield and fruit quality," *Mesopotamia Journal of Agriculture*, vol. 39, no. 2, pp. 26-34, 2011.
- [22] K. T. Pico, "Fertilización foliar a base de algas marinas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en época lluviosa en la zona de Quevedo," Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador, 2017.
- [23] J. López-Elías, J. C. Rodríguez, M. A. Huez, S. Garza, J. Jiménez and E. I. Leyva, "Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda," *IDESIA*, vol. 29, no. 2, pp. 21-27, 2011.
- [24] J. López-Elías, S. Garza, M. A. Huez, J. Jiménez and E. O. Rueda, "Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero," *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 24, pp. 25-36, 2015.
- [25] J. A. Cruz-Coronado and J. E. Monge-Pérez, "Producción de siete genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivados en ambiente protegido," *Tecnología en Marcha*, vol. 33, no. 2, pp. 102-118, 2020.
- [26] K. Chacón-Padilla and J. E. Monge-Pérez, "Rendimiento y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado bajo invernadero," *Revista Pensamiento Actual*, vol. 17, no. 29, pp. 39-50, 2017.
- [27] A. Macedo, "Evaluación de cinco genotipos de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos bioestimulantes en hidroponía," División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2004.

- [28] T. Alvarado-Sánchez and J. E. Monge-Pérez, "Efecto de la aplicación de bioactivadores y del raleo manual de frutos sobre el rendimiento y la calidad de melón (*Cucumis melo* L.) bajo cultivo protegido en Costa Rica," *Tecnología en Marcha*, vol. 28, no. 4, pp. 15-25, 2015.
- [29] J. C. Ascencio, "Comparativo de tres fuentes y niveles de bioestimulantes vegetales en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) manejado orgánicamente en Tingo María," Departamento Académico de Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú, 2008.
- [30] M. K. Schon and M. P. Compton, "Comparison of cucumbers grown in rockwool or perlite at two leaching fractions," *HortTechnology*, vol. 7, no. 1, pp. 30-33, 1997.
- [31] S. Zamora, J. L. Loa, F. A. Beltrán, J. G. Loya, F. H. Ruiz and A. Palacios, "Extrato de algas como biofertilizante na qualidade de pepino (*Cucumis sativus*)," *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, vol. 4, no. 3, pp. 3771-3776, 2021.
- [32] S. Hikosaka, M. Hohjo, T. Maruo, Y. Shinohara and T. Ito, "Effects of leaching rate and renewal of nutrient solution on cucumber growth in recirculating hydroponics using organic medium," *Environmental Control in Biology*, vol. 40, no. 2, pp. 187-194, 2002.