



Short note [Nota corta]

EFFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL CRECIMIENTO, CARACTERÍSTICAS FOLIARES Y DENSIDAD POBLACIONAL DE *Bemisia tabaci* EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) †

[EFFECT OF BIOSTIMULANTS ON THE GROWTH, FOLIAR CHARACTERISTICS AND POPULATION DENSITY OF *Bemisia tabaci* IN HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.)]

Esaú Ruiz-Sánchez¹, Zaci Felicia Chan-Escalante¹, Horacio Salomón Ballina-Gómez¹, María Antonieta Fernández-Herrera² and Cristian de Jesús Góngora-Gamboa^{1*}

¹*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Email: *cristian.gongora@itconkal.edu.mx*

²*Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida. km 6 Antigua Carretera a Progreso. Apdo. Postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.*

**Corresponding author*

SUMMARY

Background. The use of biostimulants is an alternative to improve the growth and productivity of horticultural crops. **Objective.** To evaluate the effect of three biostimulants (seaweed extracts, humic acids and amino acids) on the plant growth, foliar characteristics, and population density of *Bemisia tabaci* in habanero pepper plants (*Capsicum chinense*). **Methodology.** The biostimulants were applied to the plant growth substrate in seedling and in pot plants. The response variables were plant growth, leaf thickness and toughness, leaf area and population density of *B. tabaci*. **Results.** Humic acids promoted the number of leaves and stem thickness in seedlings. The thickness of the leaves was stimulated by seaweed extract and humic acids and the leaf area by amino acids. The biostimulants had no effect on the response of the plants to the population density of *B. tabaci*. **Implication.** The use of biostimulants in habanero pepper plants could enhance plant growth in specific growth phases. **Conclusion.** The use of biostimulants in habanero pepper plants did not show consistent effects on plant growth promotion in habanero pepper. There were no effects of the biostimulants on the induction of plant defense to *B. tabaci* in habanero pepper.

Key words: Plant Biostimulants; Amino acids; Humic acids; Seaweed extract; Plant growth.

RESUMEN

Antecedentes. El uso de bioestimulantes es una alternativa para mejorar el crecimiento y productividad de hortalizas. **Objetivo.** Evaluar el efecto de tres bioestimulantes (extracto de algas marinas, ácidos húmicos y aminoácidos) en el crecimiento, características foliares y densidad poblacional de *Bemisia tabaci* en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*). **Metodología.** Los bioestimulantes se aplicaron al sustrato a plantas en semillero y posteriormente a las plantas en macetas. Se evaluaron variables de crecimiento, grosor y dureza foliar, área foliar y densidad poblacional de *B. tabaci*. **Resultados.** Los ácidos húmicos promovieron el número de hojas y diámetro de tallo en plantas de semillero. El grosor de hojas fue estimulado por extracto de algas y los ácidos húmicos y el área foliar por los aminoácidos. Los bioestimulantes no tuvieron efectos en la respuesta de las plantas a la densidad poblacional de *B. tabaci*. **Implicación.** El uso de bioestimulantes podría ser una opción para mejorar crecimiento de plantas de chile habanero en algunas etapas. **Conclusión.** El uso de bioestimulantes en plantas de chile habanero no mostró efectos consistentes en el crecimiento de plantas de chile habanero. Tampoco se observó efectos en la inducción de defensa vegetal a *B. tabaci*.

Palabras clave: Bioestimulantes de plantas; Aminoácidos; Ácidos húmicos; Extracto de algas; Crecimiento vegetal.

† Submitted April 20, 2021 – Accepted January 11, 2022. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

INTRODUCCIÓN

Los bioestimulantes son productos obtenidos de diferentes sustancias orgánicas, inorgánicas o de microorganismos capaces de mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas, así como aumentar la tolerancia a estrés (du Jardin, 2015; Bulgari *et al.*, 2019). Los bioestimulantes son clasificados con base en su origen tales como sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) (Canellas *et al.*, 2015), extractos de algas marinas (Battacharyya *et al.*, 2015), proteínas hidrolizadas (origen vegetal y animal) (Colla *et al.*, 2015), microorganismos benéficos (bacterias y hongos) (Ruzzi *et al.*, 2015), quitosanos (Pichyangkura *et al.*, 2015), silicio (Savvas y Ntatsi, 2015), y extractos de residuos alimentarios o de desechos industriales (Drobek *et al.*, 2019).

El efecto de los bioestimulantes ha sido evaluado en el crecimiento y desarrollo de diversas especies cultivadas. Particularmente, en especies del género *Capsicum* se han observado efectos positivos en el crecimiento, acumulación de biomasa, fisiología y rendimiento de fruto. Por ejemplo, Pascual *et al.* (2008) encontraron que sustancias húmicas promueven el crecimiento (mayor número de hojas y por lo tanto mayor actividad fotosintética) y rendimiento de fruto de *Capsicum annuum* L. cv. Piquillo. Azcona *et al.* (2011) reportaron que sustancias húmicas aumentan la producción de biomasa seca (hojas, brotes y raíces), altura y área foliar en las primeras etapas del desarrollo de *C. annuum* L. cv. Piquillo, además se observaron efectos positivos en variables fisiológicas (fotosíntesis neta y conductividad estomatal). Ertani *et al.* (2014) observaron que proteínas hidrolizadas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y extracto fresco de vid (*Vitis vinifera* L.) promueven el crecimiento (peso fresco de hojas y frutos y el número de frutos verdes) y la producción de metabolitos secundarios en plantas de *Capsicum chinense* L. cv. Fuoco della Prateria. Renaut *et al.* (2019) encontraron que el extracto comercial del alga marrón (*Ascophyllum nodosum* L.) aumenta el número de frutos, peso seco (brotes y raíces) en *C. annuum*.

Los bioestimulantes también pueden tener la capacidad de suprimir fitoparásitos. En este sentido, Islam *et al.* (2020) revelaron que extractos de algas marinas (*A. nodosum* y *Durvillaea potatorum*) suprimen el crecimiento del patógeno *Phytophthora cinnamomi* en las raíces de plantas hospederas. Gómez-Hernández *et al.* (2021) observaron que el extracto acuoso del alga (*Halymenia floresii*) tiene actividad antifúngica contra *Pseudocercospora fijiensis in vitro*. En cuanto al impacto en insectos fitófagos, Nasab *et al.* (2018) mencionan que en plantas de canola (*Brassica napus* L.) tratadas con ácidos húmicos y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, los áfidos plaga tuvieron menor longevidad, fecundidad y período

reproductivo, concluyendo que las plantas tratadas con bioestimulantes eran más resistentes a *B. brassicae*. Rengasamy *et al.* (2016) señalaron que la aplicación de un compuesto derivado del alga marrón (*Ecklonia maxima*) a plantas de repollo (*Brassica oleracea*), provocaron mayor repelencia de insectos (nula infestación de ninfas de *B. brassicae*). En Yucatán el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un producto que depende ampliamente del uso de agroquímicos, por lo que es preponderante encontrar alternativas de producción que sean de bajo impacto ambiental, por tal motivo, se investigaron los efectos de tres bioestimulantes comerciales sobre el crecimiento, características foliares relacionadas con la defensa a fitófagos y densidad poblacional de *B. tabaci* en plantas de *C. chinense* en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y descripción de tratamientos

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero en el Tecnológico Nacional de México, campus Conkal (21° 4' N y 89° 31' O) en Yucatán. El trabajo se realizó en un período de tres meses de diciembre de 2020 a febrero de 2021, la temperatura mínima fue de 17.6 °C, la máxima fue de 31.5 °C, humedad de 69% y precipitación de 55.1 mm CONAGUA (2021). Se utilizaron tres bioestimulantes comerciales (Tabla 1), los cuales se aplicaron al sustrato en el agua de riego.

Manejo de plantas en semillero y en macetas en invernadero

Las plantas de chile habanero se obtuvieron de semillas de la variedad comercial Jaguar desarrollada y comercializada por el INIFAP (Meraz *et al.*, 2018). Para los tratamientos en semillero, se usaron plantas establecidas en charolas de poliestireno de 200 cavidades que contenían plantas de 25 días de emergidas. Para iniciar los ensayos, las charolas se seccionaron por la mitad para formar grupos de 100 plantas, de tal manera que estos grupos de plantas se mantuvieran bajo las condiciones de espacio en las que crecen durante el periodo de semillero. Para cada tratamiento se tomaron cinco grupos de 100 plantas. Cada grupo de plantas representó una repetición. Las plantas se regaron a diario y se fertilizaron cada dos días con 2 g L⁻¹ de triple 19. Después de las cuatro aplicaciones de los tratamientos, y cuando las plantas tenían 47 días de emergencia, se tomaron 6 plantas del área central de cada grupo de 100 plantas (30 plantas por tratamiento) y se trasplantaron en macetas de plástico de 1 L. Estas plantas en macetas se acomodaron dentro de un invernadero, con una distribución de 1.2 m entre filas y 50 cm entre plantas. Inmediatamente posterior al trasplante, se procedió a

colocar plantas de tomate infestadas con *B. tabaci* entre las filas de chile habanero. Durante la etapa de desarrollo, las plantas en macetas se fertilizaron con triple 19 (3 g L⁻¹), tres veces por semana.

Evaluación de crecimiento de plantas en semillero y en macetas

Como variables de crecimiento se evaluó la altura de las plantas, diámetro del tallo y número de hojas. La medición de altura de planta se realizó con una regla graduada, tomándose desde la base de la planta hasta el meristemo apical de la planta. El diámetro del tallo se midió en la base de la planta con ayuda de un vernier digital. El conteo de las hojas se realizó contando únicamente las hojas formadas en su totalidad. Se midió también el grosor, la dureza y el área foliar (tamaño de hoja) de las hojas, para lo cual se tomaron para cada planta muestreada, las dos hojas más jóvenes completamente extendidas. La dureza (g cm²) de la hoja se midió con un penetrómetro (AMS 59032 OSHA, USA), el grosor (mm) con un micrómetro (Mitutoyo modelo H-2780 JPN) y el área foliar (cm² por hoja) se midió con el programa de procesamiento de imagen digital ImageJ. Para cada fecha de evaluación (20 y 30 días después del trasplante), se muestreó un grupo de cinco plantas por tratamiento, cada planta representó una repetición.

Evaluación de densidad poblacional de *Bemisia tabaci*

Se determinó el número de adultos de *Bemisia tabaci* contabilizando los insectos posados en las dos primeras hojas totalmente extendidas de cada planta a los 20 y 30 días después del trasplante (ddt), para ello se observó el envés de manera cuidadosa. Las hojas observadas se cortaron y se trasladaron al laboratorio donde se determinó el número de huevos y ninfas en un microscopio estereoscópico. El área de cada hoja muestreada se determinó con ayuda del programa de procesamiento de imágenes digitales ImageJ.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos de crecimiento, características foliares relacionadas con la defensa a insectos fitófagos y la densidad poblacional de *B. tabaci* se evaluaron para comprobar la normalidad con la prueba de Shapiro–Wilk y se analizaron mediante un ANOVA ($P \leq 0.05$). Luego, se realizó una comparación de medias con la prueba HSD de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat.

RESULTADOS

Crecimiento de plantas de chile habanero (*C. chinense*) en etapa de semillero

En el análisis de crecimiento en plantas de semillero, a los 45 días posteriores de la emergencia, se observó que las plantas tratadas con ácidos húmicos tuvieron significativamente mayor número de hojas (9.8 hojas por planta) y diámetro del tallo (2.1 mm) en comparación con las plantas control. Ninguno de los bioestimulantes indujo incremento en la altura de las plantas (Tabla 2).

Crecimiento de plantas de chile habanero (*C. chinense*) establecidas en macetas

Se realizaron dos evaluaciones, una a los 20 y otra a los 30 días después del trasplante (ddt). En ambas evaluaciones se observó que los bioestimulantes no tuvieron efectos positivos sobre ninguna de las variables de crecimiento de las plantas (Tabla 3).

Características foliares relacionadas con la defensa a insectos fitófagos a los 20 y 30 ddt

Para las características foliares relacionadas con la defensa vegetal a insectos fitófagos, se observó que el extracto de algas y los ácidos húmicos promovieron el grosor de hojas (0.21 y 0.19 mm respectivamente) sólo a los 20 ddt. No se observó incremento significativo en la variable dureza foliar por efecto de

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la evaluación de los bioestimulantes en plantas de chile habanero (*C. chinense*).

Tratamiento	Producto comercial (% Ingrediente)	Compañía	Dosis *
Extracto de algas marinas	NUTRI ALGA (Material algáceo 25%)	Bio Agro Chemical S.A. de C.V.	10 ml L ⁻¹
Ácidos húmicos	HUMITRON® 12L (Ácidos Húmicos 12%)	Arysta Life Science México	10 ml L ⁻¹
Aminoácidos	AMIKRONE® (Aminoácidos totales 51.22%)	Biokrone S.A. de C.V.	10 ml L ⁻¹
Control	Agua		

* En etapa de semillero se realizó un total de cuatro aplicaciones (25, 35, 40 y 44 días después de la emergencia) y en plantas establecidas en macetas en invernadero se realizó un total de tres aplicaciones (15, 21 y 28 días después del trasplante).

los bioestimulantes en ninguna de las dos evaluaciones (20 y 30 ddt). En cuanto al área foliar, los aminoácidos promovieron el incremento (13.0 cm² por hoja) sólo a los 20 ddt (Tabla 4).

Evaluación de densidad poblacional de *Bemisia tabaci* en plantas de chile habanero (*C. chinense*) a los 20 y 30 ddt

En ninguna de las dos evaluaciones (20 y 30 ddt) se encontraron diferencias significativas en la densidad poblacional de huevos y ninfas entre plantas tratadas con bioestimulantes y plantas control. Con respecto a la densidad poblacional de adultos, sólo en la evaluación a los 30 ddt fue significativamente menor

en las plantas tratadas con ácidos húmicos (0.30 adultos hoja⁻¹) (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Los bioestimulantes han mostrado efectos positivos en el crecimiento y fisiología de las plantas del género *Capsicum* (Ertani *et al.*, 2015; Renaut *et al.*, 2019). En el presente trabajo, la aplicación de ácidos húmicos promovió el número de hojas y diámetro de tallo en plantas de chile habanero en etapa de semillero. Los ácidos húmicos y aminoácidos fomentan la regulación de genes transportadores de nitrógeno y aminoácidos, lo cual podría ser en parte responsable del efecto observado en el crecimiento de las plantas (Wilson *et*

Tabla 2. Crecimiento y acumulación de biomasa en plantas de chile habanero (*C. chinense*) en etapa de semillero (45 días después de emergencia).

Tratamientos	Número de hojas por planta	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)
Extracto de algas	8.6 ± 0.27 b	13.1 ± 0.18 a	1.8 ± 0.03 b
Ácidos húmicos	9.8 ± 0.42 a	12.5 ± 0.31 b	2.1 ± 0.03 a
Aminoácidos	8.9 ± 0.23 ab	10.6 ± 0.19 c	1.8 ± 0.04 b
Control	7.1 ± 0.28 c	12.5 ± 0.25 ab	1.7 ± 0.02 b

Medias (± EE) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (P≤0.05).

Tabla 3. Crecimiento en plantas de chile habanero (*C. chinense*) a los 20 y 30 ddt en plantas establecidas en macetas en un invernadero.

Tratamiento	Número de hojas	Altura (cm)		Diámetro (mm)
		Muestreo a los 20 ddt		
Extracto de algas	11.0 ± 0.32 b	15.7 ± 0.76 a	2.5 ± 0.05 a	
Ácidos húmicos	11.8 ± 0.20 b	14.9 ± 1.00 a	2.4 ± 0.12 a	
Aminoácidos	13.8 ± 0.37 a	15.8 ± 0.46 a	2.7 ± 0.09 a	
Control	12.0 ± 0.40 ab	16.0 ± 0.22 a	2.4 ± 0.05 a	
		Muestreo a los 30 ddt		
Extracto de algas	12.8 ± 0.49 a	15.5 ± 0.89 a	2.4 ± 0.05 a	
Ácidos húmicos	12.8 ± 0.73 a	12.5 ± 0.72 b	2.0 ± 0.32 a	
Aminoácidos	13.2 ± 0.49 a	14.8 ± 0.82 ab	2.5 ± 0.08 a	
Control	11.8 ± 0.66 a	14.9 ± 0.40 ab	2.3 ± 0.02 a	

Medias (± EE) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (P≤0.05). Los análisis se hicieron por separado para cada fecha de muestreo (20 y 30 ddt).

Tabla 4. Características foliares relacionadas con la defensa a insectos fitófagos a los 20 y 30 ddt.

Tratamiento	Grosor (mm)	Dureza (g cm ⁻²)		Área foliar (cm ² por hoja)
		Muestreo a los 20 ddt		
Extracto de algas	0.21 ± 0.01 a	0.30 ± 0.02 a	6.4 ± 0.42 b	
Ácidos húmicos	0.19 ± 0.01 a	0.26 ± 0.01 a	6.9 ± 0.61 b	
Aminoácidos	0.17 ± 0.01 b	0.30 ± 0.03 a	13.0 ± 0.70 a	
Control	0.18 ± 0.01 b	0.31 ± 0.03 a	7.1 ± 0.45 b	
		Muestreo a los 30 ddt		
Extracto de algas	0.23 ± 0.01 a	0.26 ± 0.01 a	7.7 ± 0.95 ab	
Ácidos húmicos	0.24 ± 0.01 a	0.27 ± 0.01 a	6.0 ± 0.47 b	
Aminoácidos	0.22 ± 0.02 a	0.26 ± 0.01 a	8.6 ± 0.70 a	
Control	0.22 ± 0.01 a	0.26 ± 0.01 a	6.9 ± 0.31 ab	

Medias (± EE) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (P≤0.05). Los análisis se hicieron por separado para cada fecha de muestreo (20 y 30 ddt).

Tabla 5. Densidad poblacional de *Bemisia tabaci* en plantas de chile habanero (*C. chinense*) a los 20 y 30 ddt.

	Huevos cm ⁻²	Ninfas cm ⁻²	Adultos hoja ⁻¹
Tratamiento		<u>Muestreo a los 20 ddt</u>	
Extracto de algas	0.02 ± 0.02 a	0.05 ± 0.03 a	1.40 ± 0.48 b
Ácidos húmicos	0.03 ± 0.02 a	0.07 ± 0.05 a	0.01 ± 0.01 a
Aminoácidos	0.03 ± 0.02 a	0.01 ± 0.01 a	1.40 ± 0.48 b
Control	0.09 ± 0.05 a	0.01 ± 0.01 a	0.50 ± 0.17 ab
		<u>Muestreo a los 30 ddt</u>	
Extracto de algas	0.09 ± 0.03 b	0.06 ± 0.05 a	1.30 ± 0.26 b
Ácidos húmicos	0.01 ± 0.01 a	0.02 ± 0.02 a	0.30 ± 0.15 a
Aminoácidos	0.05 ± 0.04 ab	0.10 ± 0.10 a	0.60 ± 0.22 ab
Control	0.03 ± 0.02 ab	0.10 ± 0.10 a	1.30 ± 0.30 b

Medias (± EE) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (P≤0.05). Los análisis se hicieron por separado para cada fecha de muestreo (20 y 30 ddt).

al., 2015; Colla *et al.*, 2017). Los resultados del presente estudio coinciden con los de Ertani *et al.* (2014) y Ertani *et al.* (2015), donde la aplicación de aminoácidos aumentó el crecimiento de plantas de *Capsicum chinense*. Ibrahim *et al.* (2019) indican que este tipo de bioestimulante incrementa el crecimiento en plantas de *Capsicum annuum* debido directamente a los nutrientes suministrados por los bioestimulantes y a la promoción de absorción de nutrientes. Esta mayor disponibilidad de micro y macronutrientes pudo haber coadyuvado al aumento en el número de hojas por planta observado en el presente estudio. Este efecto también ha sido reportado en otros cultivos hortícolas solanáceas, como la papa y el tomate (Alenazi *et al.*, 2016; Atiyeh *et al.*, 2002).

En general, las características foliares relacionadas con la defensa vegetal a insectos fitófagos no fueron influenciadas por la aplicación de bioestimulantes. Sólo se observó un incremento en el tamaño promedio de hojas con la aplicación de aminoácidos y el grosor de hojas con extracto de algas y ácidos húmicos. En investigaciones anteriores se ha demostrado una relación positiva en la aplicación de bioestimulantes en el incremento del grosor de hojas y área foliar de diversas especies (Rouphael *et al.*, 2016; El-Mageed *et al.*, 2017; Khan *et al.*, 2018). En este sentido, Rouphael *et al.* (2016) destacaron que el efecto de los bioestimulantes en el incremento del grosor de hojas, no sólo podría favorecer el control del intercambio de gases y la difusión de CO₂ a lo largo del mesófilo, sino también podría mitigar los efectos adversos de factores bióticos y abióticos. En este estudio no se observó una tendencia clara de incremento de grosor o dureza foliar, características indispensables en la defensa a insectos masticadores y chupadores (Saour, 2010).

En el presente estudio, la aplicación de los bioestimulantes no tuvo efecto en la respuesta de la planta a la densidad poblacional de *B. tabaci*. Sólo se observó disminución de la densidad de adultos en una fecha de muestreo, y no se observaron efectos sobre la

densidad poblacional de huevos o ninfas de *B. tabaci*. Los bioestimulantes no son directamente activos contra organismos dañinos, pero inducen en las plantas cierta resistencia a plagas y patógenos (Posmyk *et al.*, 2016). Se ha documentado que los bioestimulantes promueven las defensas vegetales, incluso cuando ya existe una infección (Wite *et al.*, 2015; Islam *et al.*, 2020). Por su parte, el efecto de los bioestimulantes en los insectos fitófagos ha sido poco estudiado. En este sentido, algunos bioestimulantes que promueven el vigor de las plantas, también pueden inducir resistencia a plagas (Saour, 2010; Nasab *et al.*, 2018; Rengasamy *et al.*, 2016). En este estudio no se observaron efectos consistentes de los bioestimulantes en la respuesta de las plantas de chile habanero a mantener bajas las densidades poblacionales de *B. tabaci*.

CONCLUSIÓN

La aplicación de aminoácidos al sustrato en plantas en semillero promueve el número de hojas y el tamaño de hoja en chile habanero (*Capsicum chinense*). Los bioestimulantes no tuvieron efectos sobre el grosor y dureza foliar, tampoco en la respuesta de las plantas a la densidad poblacional de *B. tabaci* en plantas de chile habanero. Se recomienda evaluar estos bioestimulantes en etapas avanzadas de desarrollo de las plantas de chile habanero para determinar su efecto en el rendimiento de frutos en el cultivo.

Acknowledgments. Zaci Chan Escalante received a scholarship from Conacyt for Master of Science studies.

Funding. Research was financed by authors.

Conflict of interests. None

Compliance with ethical standards. Does not apply

Data availability. Data is available with the corresponding author upon reasonable request. Email. cristian.gongora@itconkal.edu.mx

Author contribution statement (CRediT)

E. Ruiz-Sánchez: Conceptualization, Writing – review & editing, Supervision. **Z. F. Chan-Escalante:** Methodology, data curation. **H. S. Ballina-Gómez:** Conceptualization, Writing – original draft, Supervision. **M. A. Fernández-Herrera:** Writing – review & editing. **C. J. Góngora-Gamboa:** Formal Analysis, Writing – original draft.

REFERENCIAS

- Alenazi, M., Wahb-Allah, M. A., Abdel-Razzak, H. S., Ibrahim, A. A. and Alsadon, A., 2016. Water regimes and humic acid application influences potato growth, yield, tuber quality and water use efficiency. *American Journal of Potato Research*, 93, pp. 463–473. DOI: 10.1007/s12230-016-9523-7.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D., 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84(1), pp. 7-14. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00017-2.
- Azcona, I., Pascual, I., Aguirreolea, J., Fuentes, M., García-Mina, J. M. and Sánchez-Díaz, M., 2011. Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, pp. 916–924. DOI: 10.1002/jpln.201000264.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P. and Prithviraj, B., 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 39–48. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.012.
- Bulgari, R., Franzoni, G. and Ferrante, A., 2019. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*, 9, pp. 306. DOI: 10.3390/agronomy9060306.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. and Piccolo, A., 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 15–27. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R. and Rouphael, Y., 2017. Biostimulant Action of Protein Hydrolysates: Unraveling Their Effects on Plant Physiology and Microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, pp. 2202. DOI: 10.3389/fpls.2017.02202.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R. and Rouphael, Y., 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 28–38. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.08.037.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 2021. Centro Hidrometeorológico Yucatán. Consultado en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- Drobek, M., Fraç, M. and Cybulska J., 2019. Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Agronomy* 9, pp. 335. DOI: 10.3390/agronomy9060335.
- du Jardin, P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 3-14. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.
- El-Mageed, T. A. A., Semida, W. M. and Rady, M. M., 2017. Moringa leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 193, pp. 46-54 DOI: 10.1016/j.agwat.2017.08.004.
- Ertani, A., Pizzeghello, D., Francioso, O., Sambo, P., Sanchez-Cortes, S. and Nardi S., 2014. *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: chemical and metabolomic approaches. *Frontiers in Plant Science*, 5, pp. 375. DOI: 10.3389/fpls.2014.00375.
- Ertani, A., Sambo, P., Nicoletto, C., Santagata, S., Schiavon, M. and Nardi, S., 2015. The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2, pp. 11. DOI: 10.1186/s40538-015-0039-z.
- Gómez-Hernández, M., Rodríguez-García, C. M., Peraza-Echeverría, L., Peraza-Sánchez, S. R., Torres-Tapia, L. W., Pérez-Brito, D., Vargas-Coronado, R. F. and Cauich-Rodríguez, V., 2021. In vitro antifungal activity screening of beach-cast seaweeds collected in Yucatan, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, 33, pp. 1229–1237. DOI: 10.1007/s10811-021-02384-5.

- Ibrahim, A., Abdel-Razzak, H., Wahb-Allah, M., Alenazi, M., Alsadon, A., and Dewir, Y. H., 2019. Improvement in Growth, Yield, and Fruit Quality of Three Red Sweet Pepper Cultivars by Foliar Application of Humic and Salicylic Acids. *HortTechnology*, 29(2), pp. 170-178. DOI: 10.21273/HORTTECH04263-18
- Islam, M. T., Gan, H. M., Ziemann, M., Hussain, H. I., Arioli, T. and Cahill, D., 2020. Phaeophyceae (Brown Algal) Extracts Activate Plant Defense Systems in *Arabidopsis thaliana* Challenged With *Phytophthora cinnamomi*. *Frontiers in Plant Science*, 11, pp. 852. DOI: 10.3389/fpls.2020.00852.
- Khan, R. I., Hafiz, I. A., Shafique, M., Ahmad, T., Ahmed, I. and Qureshi, A. A., 2018. Effect of pre-harvest foliar application of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on growth, yield, and storage life of different bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under hydroponic conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(18), pp. 2309-2319. DOI: 10.1080/01904167.2018.1504966.
- Meraz, R. M., Cavazos, A. G. and Aguilar, M. R., 2018. Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), pp. 487- 492. DOI 10.29312/remexca.v9i2.1089.
- Nasab, R. S., Yali, M. P. and Bozorg-Amirkalae, M., 2018. Effects of humic acid and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on induced resistance of canola to *Brevicoryne brassicae* L. *Bulletin of Entomological Research*, 109(4), pp. 479-489. DOI: 10.1017/S0007485318000779.
- Pascual, I., Avilés, M., Aguirreolea, J. and Sánchez-Díaz, M., 2008. Effect of sanitized and non sanitized sewage sludge on soil microbial community and the physiology of pepper plants. *Plant and Soil*, 310, pp. 41–53. DOI: 10.1007/s11104-008-9626-0.
- Pichyangkura, R. and Chadchawan, S., 2015. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 49–65. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.031.
- Posmyk, M. M. and Szafrńska, K., 2016. Biostimulators: A New Trend towards Solving an Old Problem. *Frontier in Plant Science*, 7, pp.748. DOI 10.3389/fpls.2016.00748.
- Renaut, S., Masse, J. P. N, Blal, B. and Hijri, M., 2019. A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. *Microbial Biotechnology*, 12, pp. 1346–1358. DOI: 10.1111/1751-7915.13473.
- Rengasamy, K. R. R., Kulkarni, M. G., Pendota, S. C. and Van Staden, J., 2016. Enhancing growth, phytochemical constituents and aphid resistance capacity in cabbage with foliar application of eckol--a biologically active phenolic molecule from brown seaweed. *New Biotechnology*, 33(2), pp. 273-279. DOI: 10.1016/j.nbt.2015.11.002.
- Rouphael, Y., De Micco, V., Arena, C., Raimondi, G., Colla, G. and De Pascale, S., 2016. Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*, 29, pp. 459–470. DOI: 10.1007/s10811-016-0937-x.
- Ruzzi, M. and Aroca, R., 2015. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp.124-134. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.08.042.
- Saour, G. 2010. Organic biostimulant application induces increased densities of leaf hairs and trichomes on potato: Implication for susceptibility to potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Advances in Horticultural Science*, 24(2), pp. 104-108.
- Savvas, D. and Ntatsi, G., 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, pp. 66-81. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.010.
- Wilson, H. T., Xu, K. and Taylor, A. G., 2015. Transcriptome Analysis of Gelatin Seed Treatment as a Biostimulant of Cucumber Plant Growth. *The Scientific World Journal*, 391234. DOI: 10.1155/2015/391234.
- Wite, D., Mattner, S. W., Porter, I. J. and Arioli, T., 2015. The suppressive effect of a commercial extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum* on infection of broccoli by *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Applied Phycology*, 27, pp. 2157–2161. DOI: 10.1007/s10811-015-0564-y.