

Efecto de extractos de algas marinas en la germinación y crecimiento de hortalizas de interés económico

Effect of Seaweed Extracts on Germination and Growth of Vegetables of Economic Interest

 Omar Cartaya-Rubio^{1*},  Yanelis Reyes-Guerrero¹,  Eduardo Iván Jerez-Mompie¹ and  Yaisys Blanco-Valdés¹

¹*Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.*

¹¹*Universidad Agraria de la Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.*

*Autor para correspondencia: Omar Cartaya-Rubio, e-mail: ocartaya@inca.edu.cu

RESUMEN: Los bioestimulantes a base de extractos de algas marinas pueden ser una opción para mejorar la germinación y el crecimiento de las plantas. El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad de la aplicación de extractos de algas marinas en la germinación y crecimiento de hortalizas de interés económico. Para el desarrollo del mismo se condujeron dos experimentos para conocer los efectos del producto con diferentes diluciones. El primer experimento demostró las potencialidades de este producto en la fase de germinación de las semillas de hortalizas (col, acelga y lechuga); el segundo experimento se realizó esta experiencia en campo con los mejores resultados obtenidos en el experimento anterior para evaluar la influencia del producto en los indicadores de crecimiento y desarrollo de hortalizas. Los resultados demostraron que el tratamiento a las semillas con solución de 1% del extracto estimuló la germinación y el crecimiento de las radículas de las semillas de hortalizas en estudio. Además, su efecto estimulador del crecimiento se evidenció con el aumento de la altura, número de hojas, el largo, el ancho de la hoja y el rendimiento de las hortalizas en estudio al utilizar la dilución del producto al 1%.

Palabras clave: bioestimulantes, diluciones, semillas, col, acelga, lechuga.

ABSTRACT: Biostimulants based on seaweed extracts may be an option to improve plant germination and growth. The objective of the work was to evaluate the effectiveness of the application of seaweed extracts in the germination and growth of vegetables of economic interest. For its development, two experiments were conducted to know the effects of the product with different dilutions. The first experiment demonstrated the potential of this product in the germination phase of vegetable seeds (cabbage, chard and lettuce); In the second experiment, this experience was carried out in the field with the best results obtained in the previous experiment to evaluate the influence of the product on the growth and development indicators of vegetables. The results showed that the treatment of the seeds with a 1% solution of the extract stimulated the germination and growth of the radicles of the vegetable seeds under study. In addition, its growth-stimulating effect is evidenced by the increase in height, number of leaves, length, width of the leaf and yield of the vegetables under study when using the 1% dilution of the product.

Keywords: Biostimulants, Dilutions, Seeds, Cabbage, Chard, Lettuce.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial y el deterioro acelerado de los agroecosistemas en las últimas décadas, impone al sector agroindustrial la búsqueda y formulación de nuevos y mejores productos que permitan obtener producciones agrícolas sostenibles y alimentos más saludables. Una de las áreas prometedoras en la agricultura moderna es el uso racional de bioproductos con actividad estimulante del crecimiento de plantas, obtenidos de materias primas locales (El Boukhari et al., 2020; Rouphael & Colla, 2020).

Los bioestimulantes agrícolas se definen como cualquier sustancia natural y/o microorganismo, aplicados a las plantas, semillas o rizosfera, con el objetivo de aumentar el crecimiento vegetal, el uso eficiente de nutrientes, la tolerancia al estrés y los parámetros de calidad de las cosechas (Rouphael & Colla, 2020).

Los extractos de algas marinas (EAM) son uno de los principales grupos de bioestimulantes que pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, además, aceleran el consumo de nutrientes; debido a que estas son fuentes ricas de metabolitos secundarios (Espinosa-Antón et al., 2020).

Recibido: 04/09/2024

Aceptado: 25/02/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** O. Cartaya. **Curación de datos:** O. Cartaya, Y. Reyes, Y. Blanco. **Análisis formal:** O. Cartaya, Y. Reyes, E. Jerez. **Investigación:** O. Cartaya, Y. Reyes, Y. Blanco, E. Jerez. **Metodología:** O. Cartaya. **Supervisión:** O. Cartaya. **Validación:** O. Cartaya, Y. Reyes. **Roles/Writing, original draft:** O. Cartaya, Y. Reyes, Y. Blanco. **Redacción-revisión y edición:** O. Cartaya, Y. Reyes, E. Jerez.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En el proceso de germinación, se ha encontrado que el pretratamiento a las semillas incrementa la velocidad de imbibición y el influjo de metabolitos solubles en agua ablanda la testa, regula los procesos bioquímicos y pre-germinativos que dan inicio a la emisión y crecimiento de la radícula (Pérez-Madruga et al., 2020). En este sentido, diversos estudios han demostrado que el tratamiento con extractos de algas marinas mejora la germinación de las semillas Barone et al. (2018) y particularmente, los extractos de algas del género *Sargassum* (Castellanos-Barriga et al., 2017; Hernández-Herrera et al., 2016).

En Cuba, se cultivan gran variedad de hortalizas y se hace necesario, cada vez más, incrementar la producción de estos cultivos de manera sostenible; por lo que hay que optar por productos naturales o fertilizantes biológicos. En este contexto, el extracto de algas marinas y particularmente, el extracto de alga de *Sargassum fluitans* puede ser una opción para estimular la germinación y el crecimiento de posturas de hortalizas (Martínez-González et al., 2022).

Teniendo en cuenta las potencialidades de los extractos de algas del género *Sargassum fluitans*, en el crecimiento y desarrollo de las plantas, nos planteamos en el presente estudio como objetivo general, evaluar la efectividad de la aplicación de extractos de algas en la germinación y el crecimiento de hortalizas de interés económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del extracto acuoso de *Sargassum fluitans*

El extracto acuoso de sargazo (*Sargassum fluitans*), fue obtenido a partir de material fresco recogido en la costa de la playa Santa Fe, al oeste de la provincia La Habana, siguiendo la metodología que se describe a continuación: lavado primero del sargazo con agua de mar y luego, varias veces con agua corriente hasta eliminar toda la sal y arena. Posteriormente, el sargazo lavado se colocó en un recipiente y se cubrió completamente con agua corriente y se dejó en reposo por tres meses, con agitación dos veces por semana. Al final del período, el líquido se filtró para eliminar los restos y este fue considerado un extracto al 100%.

Efecto de diferentes concentraciones del extracto acuoso de sargazo en la germinación de hortalizas

La investigación se llevó a cabo en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en una cámara de crecimiento. La evaluación de la germinación se realizó *in vitro* sobre placas petri de 16 mm de diámetro, sembrando 25 semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Chile 185-3, col (*Brassica oleracea* L.) y acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) por placa respectivamente. Se aplicaron los

tratamientos a razón de 1 mL/ semilla de extracto de alga a diferentes concentraciones (grupos tratados) o agua destilada (grupo control), como sustrato sobre papel previamente esterilizado (Tabla 1).

TABLA 1. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción
1	Testigo (agua destilada)
2	EAS 0, 05%
3	EAS 1%
4	EAS 1, 5%

Las placas de germinación se mantuvieron en condiciones controladas a temperatura (20,1-22,0 °C) y humedad relativa (50-64%), condiciones que fueron monitoreadas diariamente mediante un termohigrómetro (Fisher Scientific). La emergencia de las plántulas se determinó a partir de un conteo diario durante 10 días para posteriormente realizar el porcentaje de germinación. También se determinó la masa seca de las radículas a los 10 días después de germinadas las semillas. El experimento se replicó dos veces en el tiempo y se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y 10 réplicas.

Evaluación del extracto acuoso de sargazo en el crecimiento de hortaliza

La investigación se desarrolló durante el primer trimestre del 2023, en la Finca “Santa Ana” perteneciente a la CCS “Manuel Fajardo” en el área experimental predomina el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández-Jiménez et al. (2019). Algunas de las principales características químicas del suelo, se muestran en la Tabla 2.

Para el estudio se emplearon tres especies de hortalizas, acelga, lechuga y col. Se sembraron cuatro surcos de 80 m cada uno, por cada cultivo, las semillas fueron sembradas en líneas con una distancia entre surcos de 50 cm. A los 15 días se aclararon las plantas, dejando las plantas distanciadas a 15 cm.

A los 20 días de la siembra, dos de ellos fueron asperjados con el extracto de alga a una concentración del 1% (cada 15 días) y dos permanecieron sin tratar. Todas las aspersiones se realizaron temprano en la mañana (8-9 am), para aprovechar la apertura estomática en las hojas de las plantas; todas se hicieron manualmente utilizando una mochila de 16 L de capacidad con boquilla de cono a presión constante. Además, se realizaron dos escardas y un ligero aporcado.

TABLA 2. Algunas de las principales características químicas del suelo

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	M.O (%)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺	(cmol _c kg ⁻¹)	
0-20	6,4	2,11	234	0,52	9,93	1,80

En la cosecha, en todos los casos, se tomó una planta cada 2 m, para un total de 40 plantas por surco y 80 por tratamiento. A las plantas se le determinó la altura de la planta (cm), el número de hojas por planta, la longitud de la hoja (cm), el ancho de la hoja (cm) y el rendimiento (kg m^{-2}).

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA de Clasificación Simple. Las medias resultantes se compararon con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para $p \leq 0.05$ cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, procesado con el programa Statgraphics Centurión bajo el sistema operativo Windows7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de diferentes concentraciones del extracto acuoso de sargazo en la germinación de hortalizas

La germinación de las semillas es un proceso oxidativo, donde influyen múltiples factores, en la [Figura 1](#) se muestra la influencia del tratamiento a las semillas con diferentes concentraciones de EAS en el de germinación de hortalizas, en condiciones controladas.

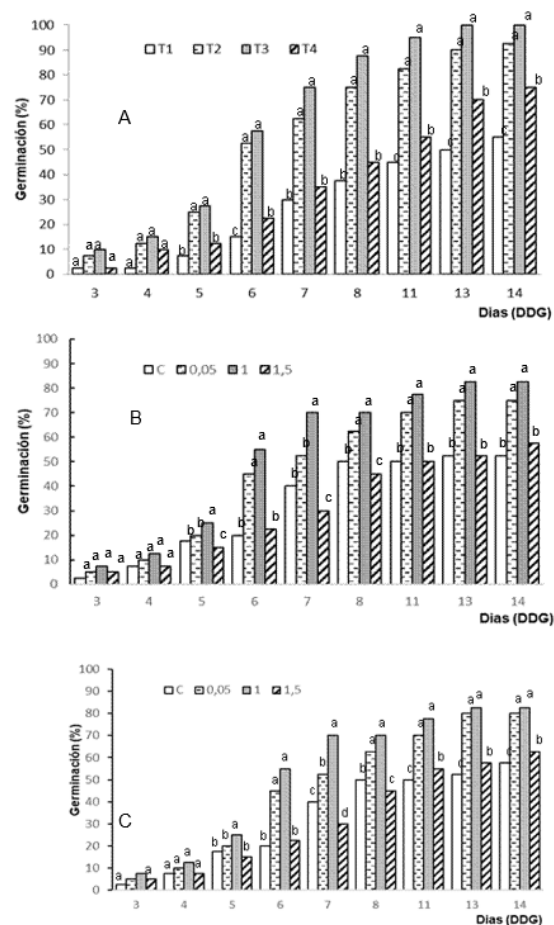
Puede observarse que en los primeros 5 DDG, momentos de las tres primeras evaluaciones, las concentraciones empleadas de EAS (T 2, 3 y 4) no lograron estimular el porcentaje de germinación por encima del control (T1) en ninguna de las semillas en estudio; obteniéndose el menor valor en la concentración de 1, 5% correspondiente al tratamiento T4.

Sin embargo, después de los 6 DDG, se aprecia el efecto fisiológico deseado del EAS sobre la germinación en los tratamientos 2, 3 y 4; demostrándose que las concentraciones empleadas lograron estimular este proceso, alcanzando valores por encima del control. Otro hallazgo importante fue que a medida que se disminuyó la concentración del EAS disminuyó la germinación; obteniéndose el mejor resultado en la concentración de 1% correspondiente al tratamiento T3.

En sentido general, todos los tratamientos con EAS, incluido el de 1, 5% (T4), que fue el de menor número de semillas germinadas presentó se comportaron mejores que el tratamiento control, por lo que se puede plantear que la velocidad de germinación de estas semillas fue más lenta que en los tratamientos donde se aplicó el EAS.

Según [Vijayakumar et al. \(2019\)](#) las macroalgas y sus extractos son estimulantes naturales que aceleran la germinación de las semillas y aumentan el vigor de las plántulas cuando se emplean en dosis relativamente bajas. Varios estudios describen sus efectos beneficiosos en el porcentaje, índice y tiempo medio de germinación, así como en la longitud de la plúmula y de la radícula ([Layek et al., 2018](#); [Silva et al., 2019](#)). No obstante, altas dosis de extractos de algas inhibieron la tasa de germinación de semillas de los cultivos frijol mungo ([Hernández-Herrera et al. \(2016\)](#)), pimiento (*Capsicum annum* L.) [Vijayakumar et al. \(2019\)](#) y lechuga [Silva et al. \(2019\)](#).

En este trabajo los mejores resultados en la germinación de las semillas de hortalizas se obtienen cuando se emplean



T1-Control, T2- 0, 05%, T3- 1%, T4- 1, 5%

Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con $p < 0,05$ según Duncan.

FIGURA 1. Efecto de EAS en el porcentaje de germinación de la semilla de hortalizas A: Acelga, B: Lechuga, C: Col.

concentraciones intermedias del extracto, de ahí que las altas dosis (1, 5%) puedan inhibir o retardar la germinación de las semillas como muestran los resultados alcanzados en el trabajo.

Al analizar la masa seca a los 14 DDG las semillas ([Tabla 3](#)), todas las concentraciones ensayadas incrementaron significativamente la masa seca de las radículas.

Las respuestas de la germinación y la masa seca de las radículas ante el tratamiento de las semillas con el extracto acuoso de sargazo, observadas en este trabajo, pueden estar relacionadas con la composición del extracto, ya que se ha informado, la presencia de macro (N, P, K, Mg, Ca) y microelementos (Fe, Mn, Zn, Cu); así como de auxinas y citoquininas en dichos extractos ([Divya et al., 2015](#)).

Además, se ha constatado por [Ghaderiardakani et al. \(2019\)](#) que los bioestimulantes a base de algas pardas, como por ejemplo *Ascophyllum nodosum*, sobre-regulan la expresión del gen transportador de nitrato NRT1.1., estimulando la detección de nitrógeno y el transporte de auxinas, lo cual provoca el crecimiento acelerado de las raíces laterales y mejora la asimilación del nitrógeno.

TABLA 3. Influencia de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de sargazo en la masa seca de las radículas (10 días) de hortalizas

Tratamientos	Masa seca de radículas (mg)		
	Acelga	Lechuga	Col
T1	0,9	1,1	1,2
T2	1,2	1,5	1,6
T3	1,5	1,8	1,7
T4	1,1	1,6	1,4

T1-Control, T2- 0, 05%, T3- 1%, T4- 1, 5%

Por otra parte, Rafiee et al. (2020) han informado que el efecto estimulador de los extractos acuosos de algas está relacionado con todas las sustancias presentes en los mismos como son: carbohidratos, proteínas, vitaminas, aminoácidos, lípidos, macro y micronutrientes, pigmentos, así como fitohormonas naturales como las auxinas, giberelinas y citoquininas, las cuales incrementan el metabolismo celular en las semillas tratadas, estimulan los procesos de división y alargamiento celular y por ende, el crecimiento de las plántulas. Estos hallazgos pudieran explicar el incremento en la masa seca de las radículas que se encontró en este trabajo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el trabajo sobre la germinación de las semillas y masa seca de las radículas, se seleccionó la concentración de 1,0% para ejecutar los estudios posteriores.

Evaluación del extracto acuoso de sargazo en el crecimiento de hortalizas

Se pudo constatar que, en los cultivos en estudio, las plantas tratadas con el extracto acuoso de sargazo al 1% evidenciaron mejor comportamiento en los estadios iniciales del crecimiento que las del control, lo que no contradice los resultados hallados al evaluar la influencia del extracto de algas en semillas de hortalizas, donde se favoreció la germinación y la emisión de raíces (Mzibra et al., 2021). En un estudio realizado por Shukla et al. (2019) en *Murraya paniculata* L., con un bioestimulador con base de *Ascophyllum nodosum* permitió un mayor porcentaje de germinación en relación con otros compuestos.

Resultados en acelga

En la Tabla 4, se muestra el efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento de las posturas de acelga. Como se observa se obtuvo diferencias significativas para las variables evaluadas, donde la aplicación del extracto acuoso de sargazo al 1% fue significativamente superior al control.

Resultados en lechuga

Como se muestra en la Tabla 5, se obtuvo diferencias significativas para las variables evaluadas, donde la aplicación del extracto acuoso de sargazo al 1% fue significativamente superior al control.

Sin embargo, aunque se detectaron diferencias en el tamaño de las hojas, el número de éstas por plantas permaneció invariable al final del cultivo, lo que indica que el extracto acuoso posibilita un mayor desarrollo de las mismas. No obstante, en otras especies se han observado resultados diferentes en relación con la influencia de este producto en el número de hojas por planta, como se obtuvo en el caso de la acelga en este trabajo.

Resultados en col

Los diámetros polar y ecuatorial son uno de los indicadores más apreciados por la población cubana, la norma cubana vigente no establece especificaciones de tamaño para la col, pero sí que deben ser repollos bien formados, con hojas basales protectoras y un 15% de tolerancia de los defectos totales.

TABLA 4. Influencia del extracto acuoso de sargazo en el crecimiento de plantas de acelga

Tratamientos	Altura (cm)	Número de hojas	Largo foliar (cm)	Ancho foliar (cm)	Peso (g)
Control	30,40 b	7,06 b	13,42 b	8,58 b	0,89 b
Extracto 1%	38,06 a	9,80 a	18,69 a	11,25 a	1,50 a
ES x	0,74 *	0,36*	0,27***	0,84 ***	0,03*

TABLA 5. Efecto del extracto acuoso de sargazo en el cultivo de la lechuga

Tratamientos	Altura (cm)	Número de hojas	Largo foliar (cm)	Ancho foliar (cm)	Peso (g)
Control	20,20 b	17,93	21,42 b	11,67 b	0,11 b
Extracto 1%	25,32 a	16,86	32,87 a	19,83 a	0,19 a
ES x	0,34 *	n. s	0,56***	0,23 ***	0,008*

Se obtuvo diferencias significativas para el diámetro polar y ecuatorial, donde el tratamiento de la aplicación del extracto acuoso de sargazo al 1% fue significativamente superior al control, lo cual significó un 16 y 6% de incremento, y se aprecia en la [Tabla 6](#).

En el caso de la masa fresca del fruto agrícola ([Tabla 5](#)) se mantuvo un comportamiento similar, resultando la de mayor masa aquellas plantas que recibieron la aspersión foliar del EAS al 1%, con diferencias significativas con respecto al control.

De forma general, el crecimiento de la planta en esta etapa del desarrollo se debe al efecto que ejerce el estimulante empleado al activar diferentes procesos fisiológicos como el incremento de la fotosíntesis y la producción de diferentes hormonas que actúan sobre la elongación de las células de la planta; además, como el producto es aplicado al follaje, es rápidamente absorbido y translocado sin ningún gasto adicional de energía, influyendo en la elongación del tejido vegetativo, y promoviendo el crecimiento de las plantas.

Lo anterior podría explicar la mayor altura que alcanzan las plantas con el tratamiento del extracto acuoso de sargazo, momento que se corresponde con las primeras etapas del crecimiento vegetativo, etapa en que la planta necesita de los efectos del bioestimulante, especialmente como promotor del crecimiento.

Se han reportado los efectos del EAS en el crecimiento de las plantas, algunos autores como [Wuang et al. \(2016\)](#) han encontrado que estimula el crecimiento de los cultivos de manera similar al fertilizante químico, debido a que posee cantidades superiores de otros elementos (calcio, hierro, manganeso, zinc y selenio) que ayudan a moderar las cantidades de nutrientes requeridos por las plantas.

Así, en *Amaranthus gangeticus*, [Anitha et al. \(2016\)](#) han encontrado que la imbibición de las semillas y la aplicación foliar de extractos de *Spirulina* incrementaron los niveles de proteínas y de hierro en las plantas. De igual forma, se informó que la imbibición de semillas de *Phaseolus aureus* y *Solanum lycopersicum* L., en extractos de esta especie, aumentó los niveles de Zn en las plantas.

En cuanto al número de hojas, el largo y ancho de la hoja en las diferentes hortalizas en estudio, se encontró diferencias significativas del tratamiento al cual se aplicó el extracto acuoso de sargazo al 1% con respecto al control; lo anterior permite apreciar el efecto estimulante que ejerce el producto aplicado sobre el desarrollo de las hojas de las plantas analizadas, en especial al aplicarse vía foliar.

[Shalaby & El-Ramady \(2014\)](#) realizaron experimentos de campo para evaluar la influencia de las aplicaciones foliares del extracto de *Arthrospira fusiformis* (Voronichin) Komárek & J.W.G. Lund a razón de 1 ml L⁻¹ en el crecimiento, el rendimiento y sus componentes y la vida útil de las plantas de ajo y los resultados indicaron que solo aumentó la altura de la planta en comparación con el control.

La aplicación de EAS puso de manifiesto un efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de los cultivos hortícolas, mejorando la producción de la biomasa ya que la aspersión foliar reúne una serie de estrategias para el aporte de sustancias o elementos esenciales a la planta vía aérea, encaminadas a mejorar directamente los procesos de absorción, transporte y transformación de los nutrientes en las hojas, los tallos o frutos, donde se aprovechan los mecanismos de toma pasiva y activa que ocurren en estos órganos.

Al analizar el rendimiento agrícola ([Figura 2](#)), se observa que la aplicación del EAS al 1% supera al tratamiento control, el mismo tratamiento en que se favoreció en el resto de las variables analizadas.

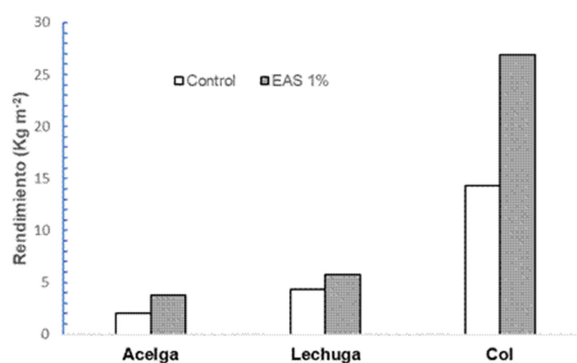


FIGURA 2. Efecto en el rendimiento de la aspersión foliar de EAS al 1% en diferentes hortalizas.

El rendimiento por superficie, obtenido a partir de la aplicación del EAS al 1%, se encuentra dentro de los rangos que se plantea para estas hortalizas en sistema de huerto intensivo.

De forma general, como se aprecia en los resultados obtenidos en este trabajo en los diferentes indicadores evaluados en las hortalizas en estudio, al aplicar el extracto acuoso de algas vía foliar, las variables analizadas tuvieron una mejor respuesta en el tratamiento EAS 1%, con respecto al resto al control. Se infiere que fisiológicamente las plantas necesitaron y respondieron mejor a los efectos del

TABLA 6. Efecto del extracto acuoso de sargazo en el cultivo de la col

Tratamientos	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Masa del fruto (Kg)
Control	12,04	20,61 b	1,81 b
Extracto 1%	12,86	22,19 a	2,10 a
ES x	0,27 n.s	0,39**	0,11 ***

bioestimulante portador de un conjunto de intermediarios bioquímicos de alta energía, extraordinariamente valiosos para las plantas de cultivo, lo cual se evidencia en la resistencia al estrés, en el incremento de los rendimientos, la mejora de la calidad de la cosecha, y confirman la capacidad del EAS de estimular los procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas, y de activar diferentes procesos fisiológicos como el incremento de la fotosíntesis y la producción de diferentes hormonas que actúan sobre la elongación de las células de las plantas, procesos en los que pudieran estar implicados los mecanismos de acción del EAS; la presencia de auxinas y aminoácidos de acción auxínica puede incidir tanto en el sistema foliar, como en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

CONCLUSIONES

- Los mejores resultados en la germinación de las semillas de hortalizas con el EAS se obtuvieron a la concentración de 1%.
- La aplicación de EAS al 1% en condiciones de campo favorece el crecimiento, desarrollo y rendimiento de plantas de hortalizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anitha, L., Gannavarapu S B, & Kalpana, P. (2016). Effect of supplementation of *Spirulina platensis* to enhance the zinc status in plants of *Amaranthus gangeticus*, *Phaseolus aureus* and tomato. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 7(06), 289-299, ISSN: 2156-8456.
- Barone, V., Baglieri, A., Stevanato, P., Broccanello, C., Bertoldo, G., Bertaggia, M., Cagnin, M., Pizzeghello, D., Moliterni, V., & Mandolino, G. (2018). Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology*, 30, 1061-1071, ISSN: 0921-8971, Publisher: Springer.
- Castellanos-Barriga, L. G., Santacruz-Ruvalcaba, F., Hernández-Carmona, G., Ramírez-Briones, E., & Hernández-Herrera, R. M. (2017). Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Applied Phycology*, 29, 2479-2488, ISSN: 0921-8971, Publisher: Springer.
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359, ISSN: 2223-7747, Publisher: MDPI.
- Espinosa-Antón, A., Hernández-Herrera, R., & González-González, M. (2020). *Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. Biotecnología Vegetal*. 2020; 20 (4): 257-282. ISSN 2074-8647. [Consultado: 20 de noviembre de 2023].
- Ghaderiardakani, F., Collas, E., Damiano, D. K., Tagg, K., Graham, N., & Coates, J. C. (2019). Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Scientific reports*, 9(1), 1983, ISSN: 2045-2322, Publisher: Nature Publishing Group UK London.
- Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Zañudo-Hernández, J., & Hernández-Carmona, G. (2016). Activity of seaweed extracts and polysaccharide-enriched extracts from *Ulva lactuca* and *Padina gymnospora* as growth promoters of tomato and mung bean plants. *Journal of applied phycology*, 28, 2549-2560, ISSN: 0921-8971, Publisher: Springer.
- Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., & Speck, N. C. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), ISSN: 0258-5936, Publisher: Ediciones INCA.
- Layek, J., Das, A., Idapuganti, R. G., Sarkar, D., Ghosh, A., Zodape, S. T., Lal, R., Yadav, G. S., Panwar, A. S., & Ngachan, S. (2018). Seaweed extract as organic bio-stimulant improves productivity and quality of rice in eastern Himalayas. *Journal of Applied Phycology*, 30, 547-558, ISSN: 0921-8971, Publisher: Springer.
- Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., López-Padrón, I., Reyes-Guerrero, Y., & Núñez-Vázquez, M. de la C. (2022). Efecto de un extracto de *Sargassum fluitans* sobre la germinación de semillas de tomate. *Cultivos Tropicales*, 43(2), e11-e11, ISSN: 1819-4087.
- Mzibra, A., Aasfar, A., Benhima, R., Khouloud, M., Boulif, R., Douira, A., Bamouh, A., & Meftah, K. S. (2021). Biostimulants derived from Moroccan seaweeds: Seed germination metabolomics and growth promotion of tomato plant. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40, 353-370, ISSN: 0721-7595, Publisher: Springer.
- Pérez-Madruga, Y., López-Padrón, I., & Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2), ISSN: 0258-5936, Publisher: Ediciones INCA.
- Rafiee, P., Ebrahimi, S., Hosseini, M., & Tong, Y. W. (2020). Characterization of soluble algal products (SAPs) after electrocoagulation of a mixed algal culture. *Biotechnology reports*, 25, e00433, ISSN: 2215-017X.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 11, 40, ISSN: 1664-462X, Publisher: Frontiers Media SA.
- Shalaby, T. A., & El-Ramady, H. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 271-275, ISSN: 1835-2693, Publisher: Southern Cross Publishers Lismore, NSW.
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in plant science*, 10, 462648, ISSN: 1664-462X, Publisher: Frontiers.
- Silva, L. D., Bahcevandziev, K., & Pereira, L. (2019). Production of bio-fertilizer from *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum muticum* (Phaeophyceae). *Journal of Oceanology and Limnology*, 37, 918-927, ISSN: 2096-5508, Publisher: Springer.

- Vijayakumar, S., Durgadevi, S., Arulmozhi, P., Rajalakshmi, S., Gopalakrishnan, T., & Parameswari, N. (2019). Effect of seaweed liquid fertilizer on yield and quality of *Capsicum annum* L. *Acta Ecologica Sinica*, 39(5), 406-410, ISSN: 1872-2032, Publisher: Elsevier.
- Wuang, S. C., Khin, M. C., Chua, P. Q. D., & Luo, Y. D. (2016). Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal research*, 15, 59-64, ISSN: 2211-9264, Publisher: Elsevier.

Omar Cartaya-Rubio, Dr.C., Investigador Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Yanelis Reyes-Guerrero, Dr.C., Investigador Auxiliar, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yanelis@inca.edu.cu

Eduardo Iván Jerez-Mompie, Dr.C., Investigador Auxiliar, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: ejerez@inca.edu.cu

Yaisys Blanco-Valdés, Dr.C., Investigador Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yaisys@inca.edu.cu.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.