

Artículo original

Efecto de un extracto de *Sargassum fluitans* sobre la germinación de semillas de tomate

Lisbel Martínez-González^{1*} 

Geydi Pérez-Domínguez¹ 

Indira López-Padrón¹ 

Yanelis Reyes-Guerrero¹ 

Miriam de la C. Núñez-Vázquez¹ 

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

* Autor para correspondencia: lisbel@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 el efecto que el tratamiento a las semillas de tomate con diferentes soluciones de un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* ejercía en la germinación. Se ejecutaron dos experimentos; en el primero se sumergieron semillas del cv. Mariela, durante dos horas, en diferentes concentraciones (0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3 %) de extracto acuoso de sargazo. Las semillas se colocaron en placas Petri que contenían agua destilada y las placas se colocaron en la oscuridad en una cámara de germinación a 28-30 °C durante diez días. A los siete días, se evaluó el porcentaje de germinación y a los diez, la masa seca de las radículas. Este experimento se repitió utilizando las tres concentraciones de mejor comportamiento y se realizaron las mismas evaluaciones, además de la dinámica y velocidad de germinación. En el segundo experimento, se utilizaron las mismas tres concentraciones del extracto y las semillas se colocaron en placas que contenían solución de NaCl 50 o 75 mmol L⁻¹ y se evaluaron indicadores de germinación y de crecimiento. Los resultados demostraron que el tratamiento a las semillas con solución de 1,5 % del extracto estimuló el crecimiento de las radículas tanto en condiciones normales como salinas. Sin embargo, el porcentaje final de germinación no siempre incrementó significativamente y no hubo respuesta cuando las semillas germinaron en NaCl 75 mmol L⁻¹.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, algas, salinidad

Recibido: 15/12/2020

Aceptado: 26/04/2021

INTRODUCCIÓN

Los extractos de algas marinas son uno de los principales grupos de bioestimulantes que pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas y acelerar el consumo de nutrientes ⁽¹⁾; debido a que las algas marinas son fuentes ricas de metabolitos secundarios ⁽²⁻⁴⁾ como fitohormonas y otras sustancias promotoras del crecimiento ⁽⁵⁾. Dentro de ellos, los extractos de algas pardas han sido los más utilizados como bioestimulantes, ya que no solo estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que, además, mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo y permiten mitigar el efecto dañino que los estreses ambientales provocan en las plantas ⁽⁶⁾.

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 ⁽⁷⁾. En este sentido, diversos estudios han demostrado que el tratamiento con extractos de algas marinas mejora la germinación de las semillas ^(8,9) y, particularmente, los extractos de algas del género *Sargassum* ⁽¹⁰⁻¹²⁾.

Por otra parte, la salinidad afecta la germinación de las semillas de dos formas, la primera, debido al estrés osmótico que se crea, lo que dificulta la absorción de agua y la segunda por los efectos tóxicos inducidos por los iones Na⁺ y Cl⁻. Las semillas y las posturas son particularmente vulnerables al incremento de la salinidad debido a que en esta etapa, aun las plantas no han desarrollado los mecanismos fisiológicos para tolerar concentraciones crecientes de sal ⁽¹³⁾.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es la hortaliza principal que se cultiva en Cuba y se hace necesario, cada vez más, incrementar la producción de este cultivo 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 tomate.

El objetivo de este trabajo fue determinar si el tratamiento a las semillas de tomate cultivar Mariela con diferentes concentraciones de extracto de *Sargassum fluitans* sera capaz de estimular la germinación de las mismas cuando son crecidas tanto en medio acuoso como salino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se ejecutaron en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque.

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 semillas de tomate cv. Mariela

Se utilizaron semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Mariela, procedentes del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, las cuales se desinfectaron con NaClO 5 % durante 10 minutos. Posteriormente, se trataron durante dos horas con diferentes concentraciones (0,01; 0,05; 0,1, 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 y 3,0 %) del extracto acuoso de sargazo (EAS). Una vez culminados los tratamientos, las semillas se colocaron en placas Petri esterilizadas (25 semillas por placa y cuatro placas por tratamiento) a las cuales se le adicionaron 12 mL de agua destilada. Las placas se colocaron en la oscuridad en una cámara de crecimiento a 28-30 °C durante diez días. A los siete días, se evaluó el porcentaje final de germinación y a los diez días, se seleccionaron 50 radículas por tratamiento, para evaluar la masa seca de las radículas.

Este experimento se repitió con las tres concentraciones de mejor respuesta y se procedió de manera similar a la primera repetición. En este caso, se siguió la dinámica de germinación mediante el conteo de las semillas germinadas a 1, 2, 3, 4, 5 y 7 días de colocadas las semillas en las placas y se expresó en porcentaje. Además, se calculó el comportamiento de la velocidad de germinación mediante la fórmula $VG=n_i/t_i$, donde n_i es el número de semillas recién germinadas en el tiempo t_i . Al igual que en la primera repetición, se determinó a los diez días la masa seca de las radículas.

Efecto de un extracto acuoso de sargazo en la germinación de semillas de tomate cv. Mariela en medio salino

En este experimento, se utilizaron las mismas tres concentraciones del extracto acuoso de sargazo, utilizadas en la repetición del experimento anterior y la diferencia consistió en que en este caso las semillas se colocaron en placas Petri que contenían solución de NaCl 50 o 75 mmol L⁻¹. Se realizó el conteo de las semillas germinadas a los 3, 4, 5, 6 y 7 días después de colocadas en las placas y se calculó la velocidad y el tiempo medio de germinación por tratamiento, para lo cual se utilizaron las fórmulas $VG= \Sigma(n_i/d_i)$, siendo n_i el número de semillas germinadas en el tiempo d_i y $TMG= \Sigma(D \times n)/\Sigma n$, donde n es el número de semillas recién germinadas en el día D y D es el número de días contados desde el comienzo del experimento ⁽¹⁴⁾. A los siete días, se calculó el porcentaje final de germinación y a los diez días, se evaluó la masa seca de las radículas, de manera similar al experimento anterior.

Procesamiento estadístico

Los datos obtenidos, en ambos experimentos, se procesaron mediante el cálculo de las medias, la desviación estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de diferentes concentraciones del extracto acuoso de sargazo en la germinación de semillas de tomate cv. Mariela

La influencia que el tratamiento a las semillas con diferentes concentraciones de EAS ejerció en el porcentaje final de germinación y la masa seca de las radículas de tomate cv. Mariela, se muestran en la Tabla 1. Se destacan los tratamientos de EAS 0,05, 1,0 y 1,5 % por incrementar significativamente el porcentaje final de germinación, en comparación con el tratamiento control; mientras que todas las concentraciones ensayadas incrementaron significativamente la masa seca de las radículas.

Tabla 1. Efecto de diferentes concentraciones del extracto acuoso de sargazo (EAS) en el porcentaje final de germinación de las semillas (siete días) y masa seca de las radículas de tomate cv. Mariela crecidas en agua destilada durante diez días

Tratamientos	Porcentaje final de germinación	Masa seca (mg radícula ⁻¹)
Control	79 ± 6,7	1,1 ± 0,06
EAS 0,01 %	88 ± 6,4	1,3 ± 0,04*
EAS 0,05 %	91 ± 2,0*	1,5 ± 0,04*
EAS 0,1 %	84 ± 3,2	1,4 ± 0,07*
EAS 0,5 %	88 ± 5,5	1,5 ± 0,04*
EAS 1,0 %	92 ± 4,5*	1,3 ± 0,05*
EAS 1,5 %	90 ± 3,9*	1,5 ± 0,04*
EAS 2,0 %	85 ± 7,4	1,2 ± 0,02*
EAS 2,5 %	86 ± 2,3	1,4 ± 0,04*
EAS 3,0 %	83 ± 6,7	1,3 ± 0,05*

Medias ± intervalos de confianza

*Representan las medias que difieren significativamente del control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$

Resultados similares en el porcentaje final de germinación y en el índice de vigor, fueron obtenidos, cuando semillas de *Solanum lycopersicum*, *Solanum melongena* y *Capsicum annum* fueron tratadas por 24-48 horas con un extracto acuoso de *Sargassum johnstonii*, aunque en este caso se utilizaron concentraciones de 3, 4 y 5 % ⁽¹²⁾. Un incremento del porcentaje de germinación de semillas de tomate hasta un 100 % fue obtenido cuando éstas fueron tratadas con un extracto de *Sargassum tenerrimum* 0,8 % ⁽¹⁵⁾. Sin embargo, cuando extractos de *Sargassum vulgare* (0,2 y 0,5 %) se adicionaron al medio, no hubo un efecto significativo en el porcentaje final de germinación de las semillas de los cultivares de tomate Agatha y Nemadore ⁽¹³⁾.

En otros cultivos, como el maní, se ha informado que el tratamiento a las semillas con un extracto de *Sargassum fluitans* Borgersen (15 mg mL⁻¹) estimuló la germinación y los indicadores de crecimiento de las plantas ⁽¹⁶⁾. En plantas de *Vigna mungo* y *Vigna radiata*, se demostró que un extracto de algas al 3 % estimuló el crecimiento, incrementó la concentración de pigmentos fotosintéticos, proteínas, azúcares reductores y totales y aminoácidos ⁽¹⁷⁾. 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 ⁽¹⁰⁾. Además, se ha constatado 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 ⁽²⁾.

De estos resultados, se seleccionaron las concentraciones de 0,05, 0,5 y 1,5 % para ejecutar los estudios posteriores, teniendo en cuenta que se trata de concentraciones baja, media y alta, dentro de las ensayadas y además, fueron los tratamientos que proporcionaron los mayores valores de masa seca de las radículas y además, dos de ellos (0,05 y 1,5 %) incrementaron, también, el porcentaje final de germinación.

En la Figura 1 se aprecia como las dos concentraciones más bajas utilizadas aceleraron la germinación de las semillas, ya que mostraron porcentajes de germinación significativamente superiores a los dos días de iniciado el experimento (Figura 1A), como consecuencia de una mayor velocidad de germinación de las semillas de estos tratamientos entre el primero y segundo día de iniciado el experimento (Figura 2A), en comparación con las semillas del tratamiento control. Sin embargo, entre el segundo y tercer día, se revirtió esta situación; lo que hizo que no se encontraran diferencias significativas en los porcentajes finales de germinación de las semillas, siete días después de iniciado el experimento (Tabla 2).

La masa seca de las radículas incrementó significativamente en las semillas tratadas con las tres concentraciones del extracto de sargazo (Tabla 2), confirmando los resultados que se obtuvieron en la primera repetición (Tabla 1).

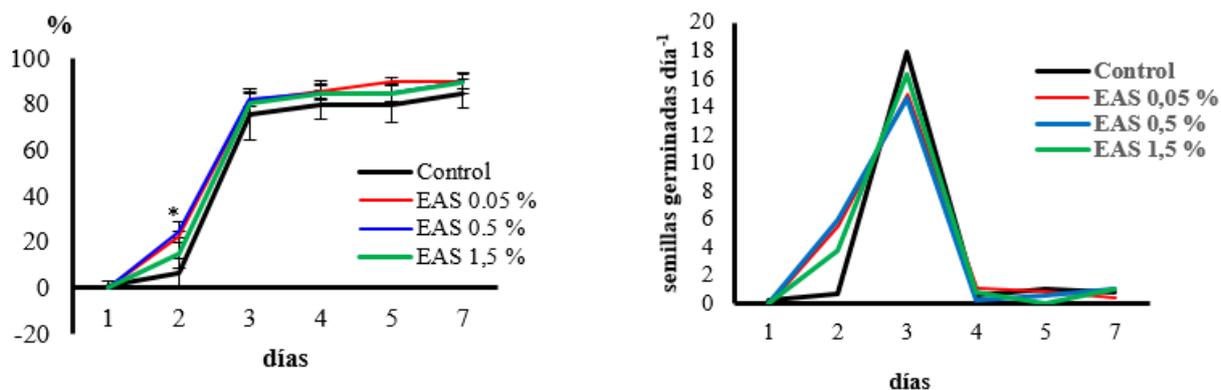


Figura 1. Influencia de tres concentraciones de extracto acuoso de sargazo en la dinámica del porcentaje (A) y de la velocidad de germinación (B) de semillas de tomate cv. Mariela

Tabla 2. Influencia de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de sargazo en el porcentaje final de germinación (siete días) y la masa seca de las radículas (10 días) de tomate cv. Mariela

Tratamientos	Porcentaje final de germinación	Masa seca de radículas (mg)
Control	85,0 ± 6,3	1,3 ± 0,07
EAS 0,05 %	89,5 ± 3,1	1,6 ± 0,04*
EAS 0,5 %	90,0 ± 3,5	1,5 ± 0,04*
EAS 1,5 %	89,5 ± 4,5	1,6 ± 0,04*

Medias ± intervalos de confianza

*Representan las medias que difieren significativamente del tratamiento control según intervalos de confianza a $\alpha=0,05$

La influencia positiva de extractos de *Sargassum* en indicadores del crecimiento de plantas de tomate ha sido informada, anteriormente, por varios autores utilizando diversos modos de aplicación. De esta forma, la aplicación al medio de germinación y crecimiento de las plantas de un extracto de *Sargassum vulgare* incrementó la masa fresca y seca de las plántulas, así como la longitud de las radículas a los 14 días de iniciados los tratamientos ⁽¹³⁾.

Resultados favorables, también, fueron informados por otros autores ⁽¹⁵⁾, quienes utilizaron el mismo modo de aplicación pero con un extracto de *Sargassum tenerrimum*. Además, estos autores utilizaron otros modos de aplicación como es la aplicación al suelo, el tratamiento a las semillas y la aspersion foliar y encontraron un incremento de varios indicadores del crecimiento, 40 días después de la siembra.

En remolacha, se encontró que extractos de microalgas sobre-regularon la expresión de genes relacionados con el metabolismo primario y secundario asociado con el consumo de nutrientes, lo que estimuló el crecimiento radical ⁽⁷⁾. Por otra parte, se ha 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 ⁽¹⁸⁻²⁰⁾, 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.

Los resultados obtenidos en las dos repeticiones de este experimento indicaron que el tratamiento a las semillas de tomate cv. Mariela, durante dos horas, con un extracto acuoso de sargazo al 0,05 %, no siempre estimuló el porcentaje final de germinación; sin embargo, sí incrementó la masa seca de las radículas a los diez días de iniciado el experimento. Esto puede ser de gran utilidad para la producción de posturas de tomate de calidad; por lo que se hace necesario continuar investigando en el tema.

Dada la respuesta favorable de la masa seca de las radículas ante el tratamiento de las semillas con el extracto acuoso de sargazo, se decidió evaluar la efectividad del extracto cuando las semillas germinan en un medio salino, para lo cual se utilizaron las mismas concentraciones.

Efecto de un extracto acuoso de sargazo en la germinación de semillas de tomate cv.

Mariela en medio salino

El efecto que las tres concentraciones del extracto acuoso de sargazo ejercieron sobre algunos indicadores de la germinación y la masa seca de las radículas se muestra en la Tabla 3. Como se puede apreciar, la concentración de 1,5 % incrementó significativamente, la velocidad de germinación, lográndose que el porcentaje final de germinación (87,2 %) se obtuviera desde los tres días en la solución de NaCl 50 mmol L⁻¹, en concordancia con el TMG obtenido para ese tratamiento.

El incremento de la concentración de NaCl hasta 75 mmol L⁻¹, no produjo variaciones en los indicadores de la germinación en el tratamiento control; sin embargo, éstos no respondieron al tratamiento a las semillas con ninguna de las tres concentraciones del extracto ensayadas.

Tabla 3. Influencia de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de sargazo en la germinación y la masa seca de las radículas de tomate cv. Mariela en medio salino

Tratamientos	Concentraciones de NaCl	VG (semillas día ⁻¹)	TMG (días)	% G	MSR (mg)
Control		6,2 ± 0,2	3,3 ± 0,3	80,0 ± 4,3	1,70 ± 0,04
EAS 0,05 %		7,1 ± 0,7	3,1 ± 0,2	87,2 ± 5,2	1,22 ± 0,03
EAS 0,5 %	50 mmol L ⁻¹	6,8 ± 1,2	3,1 ± 0,1	83,2 ± 12,7	1,74 ± 0,01
EAS 1,5 %		7,3 ± 0,5*	3,0 ± 0,0	87,2 ± 5,8	1,90 ± 0,02*
Control		6,2 ± 0,96	3,4 ± 0,1	81,3 ± 11,4	1,38 ± 0,04
EAS 0,05 %	75 mmol L ⁻¹	6,1 ± 0,3	3,2 ± 0,1	76,0 ± 4,3	1,15 ± 0,02
EAS 0,5 %		6,4 ± 0,7	3,2 ± 0,2	80,8 ± 4,6	1,23 ± 0,04
EAS 1,5 %		6,1 ± 0,9	3,2 ± 0,1	75,2 ± 8,7	1,64 ± 0,01*

Medias ± intervalos de confianza

*Representan las medias que difieren significativamente del tratamiento control según intervalos de confianza a $\alpha=0,05$

VG- Velocidad de germinación TMG – Tiempo medio de germinación % G – Porcentaje final de germinación MSR – Masa seca de radículas

Un comportamiento diferente mostró la masa seca de las radículas, la cual disminuyó significativamente en el tratamiento control cuando la concentración de NaCl incrementó. Esto demostró que la masa seca de las radículas resultó un indicador más sensible al estrés salino que la germinación de las semillas. Resultados similares fueron informados al estudiar el comportamiento de la germinación y la masa seca del cultivar Poncho Negro y de la especie silvestre *Solanum peruvianum* en NaCl 100 mM, encontraron que el estrés salino afectó significativamente la masa seca de las plantas; mientras que el porcentaje de germinación no se afectó al compararlo con el tratamiento control sin sal ⁽²¹⁾.

El tratamiento a las semillas con el extracto acuoso de sargazo a 1,5 % incrementó significativamente la masa seca de las radículas, independientemente, de la concentración de NaCl presente en el medio.

Varios autores han informado los efectos beneficiosos de los extractos de *Sargassum* sobre el comportamiento de la germinación de semillas de diversas especies vegetales en condiciones salinas. Por ejemplo, en el caso

del tomate ⁽¹³⁾, se ha encontrado que extractos acuosos (0,2 y 0,5 %) de *Sargassum vulgare* incrementaron la germinación de dos cultivares en 2 y 5 %, respectivamente en soluciones de NaCl 2 y 4 g L⁻¹; sin embargo, esos incrementos no fueron estadísticamente significativos. Efectos favorables sobre la germinación de semillas de trigo duro ⁽²²⁾ y frijol ⁽²³⁾, fueron encontradas con la adición de extractos de *Sargassum vulgare* a las soluciones de esas mismas concentraciones de NaCl. En el presente trabajo, la concentración del extracto de sargazo de 1,5 % incrementó en un 9 % la germinación en NaCl 50 mmol L⁻¹ y este incremento no fue estadísticamente significativo. No obstante, debe tenerse en cuenta que el modo de aplicación de los extractos fue diferente, ya que en este trabajo las semillas se trataron durante dos horas, mientras que en la información revisada los extractos se adicionaron al medio de germinación, es decir, a las soluciones de NaCl.

El incremento en la masa seca de las radículas, encontrada en el presente trabajo, confirma los resultados obtenidos por otros autores ⁽¹³⁾, quienes informaron que la aplicación de un extracto de *Sargassum vulgare* mejoró significativamente el crecimiento de la radícula de dos cultivares de tomate sometidos a estrés salino. Según estos autores, este incremento en la longitud de la radícula se debe a la presencia en los extractos de algunas sustancias promotoras del crecimiento como el AIA, AIB, giberelinas, citoquininas, micronutrientes y aminoácidos. En relación con esto, se ha informado, también, que plantas de canola tratadas con extractos de macroalgas y sometidas a estrés salino exhibieron contenidos significativamente superiores de hormonas vegetales en comparación con las plantas no tratadas, lo que explica la estimulación del crecimiento inducida por los mismos bajo estas condiciones ⁽²⁴⁾.

Estos resultados revelan las potencialidades que posee el extracto acuoso de los sargazos que arriban a las costas cubanas para ser utilizado como bioestimulante en la agricultura; por lo que se hace necesario continuar investigando en este tema y evaluar la influencia que la aplicación de este extracto puede ejercer en el crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate cultivadas tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés; así como probar otras dosis, modos y momentos de aplicación.

CONCLUSIONES

- El tratamiento de las semillas de tomate cv. Mariela con un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* incrementó significativamente la masa seca de las radículas con independencia de la concentración utilizada; sin embargo, el porcentaje final de germinación no siempre incrementó significativamente; a pesar de que algunas concentraciones (0,05 y 0,5%) aceleraron la germinación los dos primeros días.
- Cuando las semillas germinaron en medio salino, la respuesta fue diferente y solamente el tratamiento con el extracto a 1,5 % logró promover el crecimiento de las radículas en ambas concentraciones de NaCl (50 y 75 mmol L⁻¹); mientras que, de los indicadores de germinación evaluados, solo se encontró un incremento en la velocidad de germinación en la concentración de 50 mmol L⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

1. Du Jardin P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* [Internet]. 2015;196:3–14. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>
2. Battacharyya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* [Internet]. 2015;196:39–48. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381530176X>
3. Godlewska K, Michalak I, Tuhy Ł, Chojnacka K. Plant growth biostimulants based on different methods of seaweed extraction with water. *BioMed research international* [Internet]. 2016;2016. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2016/5973760/>
4. Layek J, Das A, Idapuganti RG, Sarkar D, Ghosh A, Zodape ST, et al. Seaweed extract as organic bio-stimulant improves productivity and quality of rice in eastern Himalayas. *Journal of Applied Phycology* [Internet]. 2018;30(1):547–58. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1225-0>
5. Chanthini KM-P, Senthil-Nathan S, Stanley-Raja V, Thanigaivel A, Karthi S, Sivanesh H, et al. *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kützing derived seaweed liquid fertilizers as prospective bio-stimulant for *Lycopersicon esculentum* (Mill). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [Internet]. 2019;20:101190. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818119306073>
6. Pérez-Madruga Y, López-Padrón I, Reyes-Guerrero Y. Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2020;41(2). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200009&script=sci_arttext&tlng=pt
7. Barone V, Baglieri A, Stevanato P, Broccanello C, Bertoldo G, Bertaggia M, et al. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology* [Internet]. 2018;30(2):1061–71. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1283-3>
8. Hernández-Herrera RM, Santacruz-Ruvalcaba F, Zañudo-Hernández J, Hernández-Carmona G. 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* [Internet]. 2016;28(4):2549–60. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-015-0781-4>
9. Castellanos-Barriga LG, Santacruz-Ruvalcaba F, Hernández-Carmona G, Ramírez-Briones E, Hernández-Herrera RM. Effect of seaweed liquid extracts from *Ulva lactuca* on seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Applied Phycology* [Internet]. 2017;29(5):2479–88. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1082-x>

10. Divya K, Roja N, Padal S. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii* on germination, growth and productivity of brinjal. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (IJARSET) [Internet]. 2015;2(10):868–71. Available from: http://www.ijarset.com/upload/2015/october/3_IJARSET_Divya.pdf
11. MM E-S, Ismail MM, Hamouda MM. Influence of Some Brown Seaweed Extracts on Germination and Cytological Responses of *Trigonella foenum-graecum* L. 2016; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Mostafa-El-Sheekh/publication/306091666_Influence_of_Some_Brown_Seaweed_Extracts_on_Germination_and_Cytological_Responses_of_Trigonella_foenum-graecum_L/links/58754eda08ae329d6220602d/Influence-of-Some-Brown-Seaweed-Extracts-on-Germination-and-Cytological-Responses-of-Trigonella-foenum-graecum-L.pdf
12. Patel RV, Pandya KY, Jasrai RT, Brahmabhatt N. Significance of green and brown seaweed liquid fertilizer on seed germination of *Solanum melongena*, *Solanum lycopersicum* and *Capsicum annum* by paper towel and pot method. International Journal of Recent Scientific Research [Internet]. 2018;9:24065–72. Available from: <http://recentscientific.com/significance-green-and-brown-seaweed-liquid-fertilizer-seed-germination-solanum-melongena-solanum-ly>
13. Aymen EM, Salma L, Halima C, Cherif H, Mimoun E. Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two tomatoes cultivars (*Solanum lycopersicum* L) under salt stress. Octa Journal of Environmental Research [Internet]. 2014;2(3). Available from: http://sciencebeingjournal.com/sites/default/files/02-0203_0.pdf
14. Mzibra A, Aasfar A, Benhima R, Khouloud M, Boulif R, Douira A, et al. Biostimulants derived from moroccan seaweeds: seed germination metabolomics and growth promotion of tomato plant. Journal of Plant Growth Regulation. 2021;40(1):353–70. doi:<https://doi.org/10.1007/s00344-020-10104-5>
15. Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant. International Journal of ChemTech Research [Internet]. 2016;9(09):285–93. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Sasireka-Rajendran-3/publication/310614544_Effect_of_seaweed_extract_Sargassum_tenerrimum_on_seed_germination_and_growth_of_tomato_plant_Solanum_lycopersicum/links/5c0f76fe92851c39ebe46f77/Effect-of-seaweed-extract-Sargassum-tenerrimum-on-seed-germination-and-growth-of-tomato-plant-Solanum-lycopersicum.pdf
16. Komoe K, Badiane Bintou C, Grogga N, Kouame Kra F, Zirihi Guede N. Evaluation of the biostimulant activity of the seaweed extract *Sargassum fluitans* Børgesen (Sargassaceae) on germination and growth parameters of *Arachis hypogea*. Biomedicine and Nursing [Internet]. 2018;4(4). Available from: http://www.sciencepub.net/nurse/nurse040418/02_34078bnj040418_6_10.pdf
17. Bharath B, Nirmalraj S, Mahendrakumar M, Perinbam K. Biofertilizing efficiency of *Sargassum polycystum* extract on growth and biochemical composition of *Vigna radiata* and *Vigna mungo*. Asian

- Pacific Journal of Reproduction [Internet]. 2018;7(1):27. Available from: <https://apjr.net/article.asp?issn=2305-0500;year=2018;volume=7;issue=1;spage=27;epage=32;aulast=Bharath>
18. Rafiee P, Ebrahimi S, Hosseini M, Tong YW. Characterization of Soluble Algal Products (SAPs) after electrocoagulation of a mixed algal culture. Biotechnology Reports [Internet]. 2020;25:e00433. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X19304278>
19. Mahmoud SH, Salama DM, El-Tanahy AM, Abd El-Samad EH. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. Annals of Agricultural Sciences [Internet]. 2019;64(2):167–75. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178319300272>
20. Uthirapandi V, Suriya S, Boomibalagan P, Eswaran S, Ramya SS, Vijayanand N, et al. Bio-fertilizer potential of seaweed liquid extracts of marine macro algae on growth and biochemical parameters of *Ocimum sanctum*. J. Pharmacogn. Phytochem [Internet]. 2018;7:3528–32. Available from: <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3/PartAV/7-3-244-742.pdf>
21. Cortés VG, Alanoca PN, Llave MC. Efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento vegetativo de plantas de tomate silvestres y cultivadas. Interciencia [Internet]. 2014;39(7):511–7. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931446010.pdf>
22. Latique S, Elouaer MA, Chernane H, Hannachi C, Elkaoua M. Effect of seaweed liquid extract of *Sargassum vulgare* on growth of durum wheat seedlings (*Triticum durum* L) under salt stress. International Journal of Innovation and Applied Studies [Internet]. 2014;7(4):1430. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.8148&rep=rep1&type=pdf>
23. Salma L, Aymen EM, Maher S, Hassen A, Chérif H, Halima C, et al. Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L) under salt stress. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science [Internet]. 2014;7:116–20. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Elouaer/publication/261703282_Effect_of_seaweed_extract_of_Sargassum_vulgare_on_germination_behavior_of_two_bean_cultivars_Phaseolus_vulgaris_L_under_salt_stress/links/0a85e5350e8e9d66de000000/Effect-of-seaweed-extract-of-Sargassum-vulgare-on-germination-behavior-of-two-bean-cultivars-Phaseolus-vulgaris-L-under-salt-stress.pdf
24. Hashem HA, Mansour HA, El-Khawas SA, Hassanein RA. The potentiality of marine macro-algae as bio-fertilizers to improve the productivity and salt stress tolerance of canola (*Brassica napus* L.) plants. Agronomy [Internet]. 2019;9(3):146. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/3/146>