

Extractos de algas promueven la producción de granos de dos líneas de frijol común

Algal extracts promote the grain production of two common bean lines

Lisbel Martínez González, MSc., Especialista, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. lisbel@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0003-4089-8815>

Miriam de la Caridad Núñez Vázquez, Dr. C., Investigadora Titular, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. mnunez@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0002-3197-4954>

Adianys de la Caridad Álvarez Díaz, Estudiante, Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700 <https://orcid.org/0009-0008-2338-826X>

Betty Leidys González Pérez, Especialista, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. betty@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0002-0200-5564>

Rafael Torres García, Especialista, Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. rafael@inca.edu.cu <https://orcid.org/0009-0007-3768-4900>

Geydi Pérez Domínguez, Aspirante a investigador, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. geydi@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0001-6873-9125>

Anaysa Gutiérrez Almeida, Reserva Científica, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. anaysa@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0002-2053-4590>

Yanelis Reyes Guerrero, Dr. C, Investigadora Auxiliar, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, INCA, Carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700. yanelisrg@inca.edu.cu <https://orcid.org/0000-0001-8453-1324>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores

Conceptualización: Miriam de la C. Núñez Vázquez y Yanelis Reyes Guerrero

Investigación: Lisbel Martínez González, Adianys de la C. Álvarez Díaz, Betty Leidys González Pérez, Rafael Torres García, Geydi Pérez Domínguez, Anaysa Gutiérrez Almeida.

Metodología: Lisbel Martínez González y Miriam de la C. Núñez Vázquez

Supervisión: Miriam de la C. Núñez Vázquez y Yanelis Reyes Guerrero

Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Curación de datos

Lisbel Martínez González, Miriam de la C. Núñez Vázquez, Adianys de la C. Álvarez Díaz, Yanelis Reyes Guerrero

Resumen

En los últimos años, la producción de frijol en Cuba ha venido decreciendo; por lo que el reto actual de los productores es lograr incrementarla usando tecnologías amigables con el medio ambiente. Por esta razón, el objetivo fundamental del presente trabajo fue determinar el efecto que las aspersiones foliares con extractos de algas ejercen en la producción de granos del frijol. Para esto, se ejecutó un experimento en el Área Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, donde se utilizaron semillas de dos líneas de frijol que están en fase de registro, una de granos de color rojo (C-8) y otra de granos de color blanco (C-13), las cuales se sembraron el 22 de enero de 2023. Se efectuaron tres aspersiones foliares (25, 39 y 53 días después de la siembra); en el caso de la línea C-8 se evaluaron tres tratamientos: 1) control, 2) dos aspersiones con el extracto de *Spirulina* (20 mg ha⁻¹) y otra con extracto de sargazo (2 %) y 3) dos aspersiones con extracto de *Spirulina* 40 mg ha⁻¹ y una con 20 mg ha⁻¹. En la línea C-13 se evaluó solamente el efecto de las aspersiones con extracto de sargazo 2 %. Los resultados demostraron que tres aspersiones foliares, dos con extracto de *Spirulina* (20 mg ha⁻¹) y una con extracto de sargazo (2 %); así como tres aspersiones foliares con extracto de sargazo fueron efectivas en la promoción de la producción de granos de las líneas C-8 y C-13, respectivamente.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, *Spirulina*, Sargazo, rendimiento en granos

Abstract

In Cuba, bean production has been decreasing in recent years; therefore, the current challenge for producers is to increase it using environmentally friendly technologies. For this reason, the fundamental objective of this research was to determine the effect that foliar sprays with algae extracts have on bean grain production. For this, an experiment were carried out in the Central Area of the National Institute of Agricultural Sciences and seeds from two lines that are in the registration phase were used, one with red grains (C-8) and another with white grains (C-13), which were sown on January 22, 2023. Three foliar sprays were carried out (25, 39 and 53 days after sowing); In the case of line C-8, three treatments were evaluated: 1) control, 2) two sprays with *Spirulina* extract (20 mg ha⁻¹) and another with sargassum extract (2%) and 3) two sprays with *Spirulina* extract 40 mg ha⁻¹ and one with 20 mg ha⁻¹. In line C-13, only the effect of spraying with 2% sargassum extract was

evaluated. The results showed that three foliar sprays, two with *Spirulina* extract (20 mg ha⁻¹) and one with *Sargassum* extract (2%); as well as three foliar sprays with *Sargassum* extract were effective in promoting grain production of lines C-8 and C-13, respectively.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, *Spirulina*, *Sargassum*, grain yield

Introducción

El frijol común, en Cuba, se considera un alimento estratégico y constituye junto al arroz, la dieta básica de la población, debido a que este grano contiene alrededor de un 20 % de proteínas, lo que lo sitúa en una posición ventajosa respecto a otros alimentos (1). En los últimos años, la producción de este cultivo ha venido decreciendo debido a diversos factores, de manera tal, que en el 2021, esta fue de 57 642 t con un rendimiento promedio de 0,86 t ha⁻¹(2). Esta producción nacional no satisface las necesidades de consumo de la población; por esta razón, la agricultura cubana, en la actualidad tiene como una de sus principales prioridades incrementar la producción de este cultivo utilizando tecnologías que sean afables con el medio ambiente.

Los extractos de algas marinas representan más del 33% del mercado global de bioestimulantes agrícolas (3). Sin embargo, las macroalgas son normalmente recolectadas en el mar, lo que dificulta la estandarización de la materia prima (4) y una alternativa prometedora para resolver esta situación es el uso de microalgas y cianobacterias (5), aunque éstas se cultivan, generalmente, en condiciones artificiales, lo que encarece la fuente de biomasa para la producción de los bioestimulantes (6).

Evidencias científicas demuestran la acción estimulante de los extractos de algas marinas y en especial, las del género *Sargassum*, en el rendimiento y la calidad nutricional de los cultivos (7,8), la tolerancia a estrés abiótico (9) y la protección frente a plagas y enfermedades (10). Sin embargo, en Cuba, a pesar de las arribazones de sargazos que han ocurrido en las costas, en los últimos años (11), no se han explotado aún las potencialidades de uso de sus extractos como bioestimulantes agrícolas.

Las cianobacterias, dentro de las cuales se encuentra la *Spirulina* (*Arthrospira platensis*), se ha demostrado que estimulan la germinación de las semillas (12,13), el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las cosechas (14-16); así como la tolerancia a determinados estrés abióticos (17-19). En Cuba, no hay antecedentes del uso de extractos de *Spirulina* con fines agrícolas; de ahí la necesidad de realizar investigaciones relacionadas con la aplicación de extractos de *Spirulina* en nuestra agricultura, con vistas a disminuir el uso de agroquímicos, tan costosos para el medio ambiente y para la economía del país (20).

Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos que las aspersiones foliares con extractos de sargazo y spirulina ejercen en la producción de granos en el cultivo del frijol.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en un área de frijoles sembrada el 22 de enero de 2023 en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado agrogénico (21) en el Área Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicada en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. Se utilizaron dos líneas de frijol que están en fase de registro, una de granos color rojo (C-8) y otra de granos color blanco (C-13). El área contaba con 42 hileras de 90 m de longitud del genotipo de color rojo y 16 del genotipo de color blanco y la distancia de siembra utilizada fue 0,7 x 0,07 m.

Los extractos utilizados fueron: 1) Extracto alcohólico de Spirulina (EASp), preparado a partir del polvo seco de Spirulina comercializado por la Empresa Génix, LABIOFAM, S.A., disuelto en EtOH 70 % con una relación m/v (1:20), macerado a temperatura ambiente durante 10 días, filtrado y conservado a 4°C. 2) Extracto acuoso de sargazo (EAS) preparado a partir de la mezcla de *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans* recolectado en la costa de playas del Este, Guanabo, lavado varias veces y puesto a macerar en agua corriente con una relación m/v (1:6) durante tres meses, filtrado y conservado a temperatura ambiente.

Las aspersiones foliares a las plantas de ambas líneas se ejecutaron a los 25, 39 y 53 días después de la siembra (DDS), coincidiendo con la etapa vegetativa, la floración y la formación de granos, respectivamente. En el caso de la línea C-8 se evaluaron tres tratamientos: 1) Control sin aspersión foliar, 2) las dos primeras aspersiones con EASp a razón de 20 mg ha⁻¹ y la tercera con EAS 2 % y 3) las dos primeras aspersiones con EASp a razón de 40 mg ha⁻¹ y una tercera con EASp a razón de 20 mg ha⁻¹. En el caso de la línea C-13 se evaluaron solamente dos tratamientos, un tratamiento control sin aspersión foliar y un tratamiento donde se utilizó en la primera aspersión EAS 0,3 % y en las otras dos EAS 2 %.

En todos los casos, las aspersiones se realizaron a diez hileras por tratamiento dejando el resto como control. Las atenciones culturales se realizaron de acuerdo con la Guía Técnica del cultivo (22), destacándose que no se aplicaron fertilizantes minerales ni orgánicos y que las labores de limpieza se realizaron de forma manual.

A los 79 DDS, se efectuó la cosecha y se seleccionaron para las evaluaciones 80 plantas al azar por tratamiento. Los indicadores del rendimiento evaluados fueron: número de legumbres por planta, número de granos por legumbre y por planta, masa de granos por planta (g) y masa de 100 granos (g).

Se utilizó un diseño muestral, por lo que los datos se procesaron mediante los cálculos de las medias, las desviaciones estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$.

Resultados y discusión

En la figura 1 se presentan los resultados de la influencia de los tratamientos en el número de legumbres (Figura 1A) y en el número de granos por legumbre (Figura 1B) y por planta (Figura 1C).

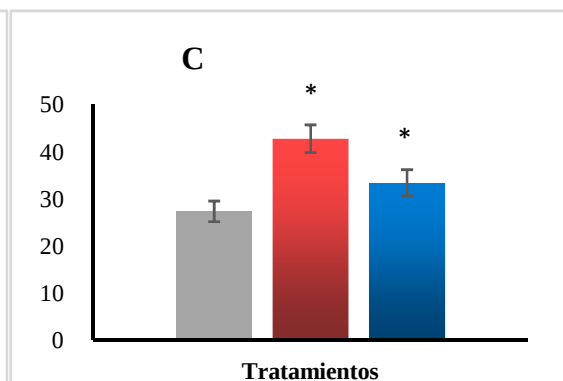
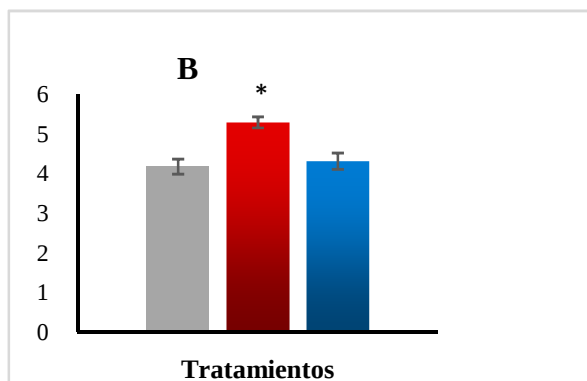
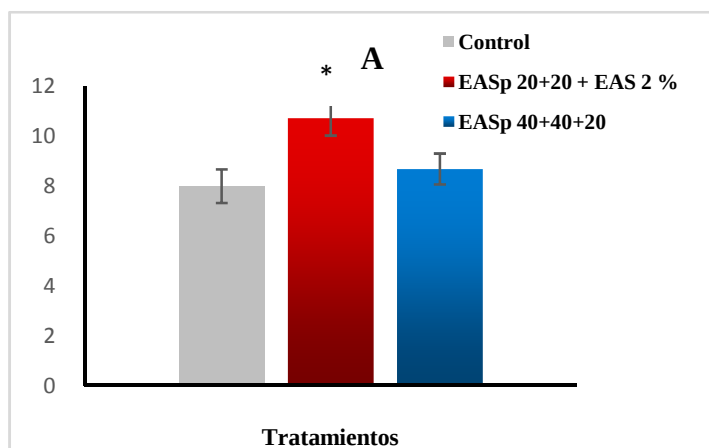


Figura 1- Efecto de tres aspersiones foliares con extractos de algas en el comportamiento del número de legumbres(A), el número de granos por legumbre (B) y el número de granos por planta (C) en frijoles línea C-8. Las barras representan los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$ y los asteriscos los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control.

Se aprecia que el tratamiento consistente en dos aspersiones foliares, una en la fase vegetativa y otra al inicio de la floración, o sea, a los 25 y 39 días después de la siembra, respectivamente, con un extracto alcohólico de Spirulina a razón de 20 mg ha^{-1} y una tercera aspersión foliar en la fase de desarrollo de las legumbres, o sea, a los 53 días después de la siembra con un extracto acuoso de sargazo al 2 % fue el de mejor comportamiento, pues estimuló significativamente los tres indicadores evaluados.

Se debe notar que las aspersiones foliares con el extracto de Spirulina a razón de 40, 40 y 20 mg ha⁻¹, si bien no estimularon significativamente el número de legumbres y el número de granos por legumbre, sí incrementaron el número total de granos por planta.

Por su parte, en la figura 2 se muestra el comportamiento de la masa de granos por planta (Figura 2A) y de la masa de 100 granos (Figura 2B). Se debe destacar, que el tratamiento donde las aspersiones se efectuaron con los dos extractos presentó una disminución significativa del tamaño de los granos, pues la masa de 100 granos fue significativamente inferior al resto de los tratamientos. Sin embargo, esta respuesta no impidió que ese tratamiento incrementara significativamente la masa de granos por planta en un 30 %, lo que está relacionado con el aumento que este tratamiento provocó en el número de legumbres y de granos por legumbre y por planta (Figura 1).

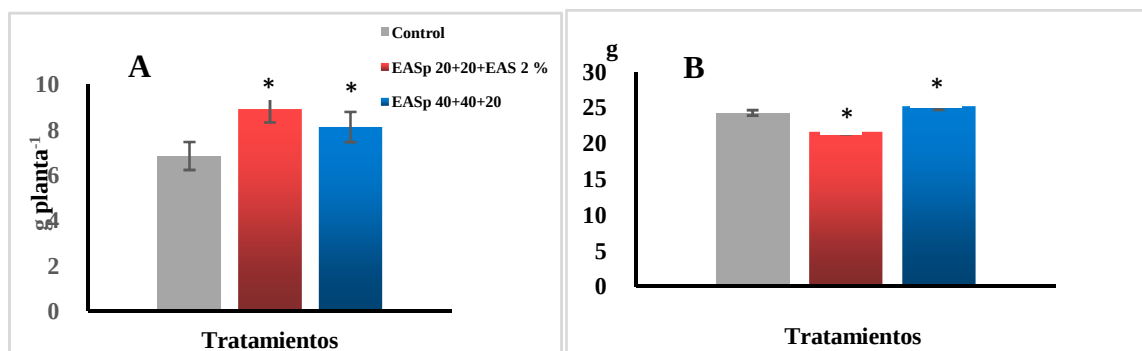


Figura 2 - Efecto de las aspersiones foliares con extractos de algas en la masa de granos por planta **(A)** y en la masa de 100 granos **(B)** de plantas de frijol línea C-8 .

Las barras representan los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$ y los asteriscos los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control

Es necesario señalar, que a pesar de que esta siembra se efectuó a finales del mes de enero y que la plantación no recibió fertilización alguna, el número de semillas por legumbre, así como la masa de 100 semillas de las plantas del tratamiento control alcanzaron valores similares a los informados para algunos cultivares de frijol de color rojo sembrados en el mes de octubre y fertilizados químicamente (23). Sin embargo, la diferencia radicó en el número de legumbres por planta que fue prácticamente un 50 % inferior al informado por los referidos autores. No obstante, se ha planteado (24), que ocho legumbres por planta y una densidad poblacional efectiva de 250 000 plantas por ha pueden garantizar un rendimiento superior a 1,5 t ha⁻¹, aunque estará relacionado con la masa fresca de los granos y el número de granos por legumbre.

En el presente trabajo, la distancia de siembra utilizada no permite alcanzar esa densidad de población; sin embargo, las plantas que fueron asperjadas con los extractos de algas alcanzaron un

número de legumbres superior a 8, mientras que, el número de semillas por legumbre y la masa promedio de los granos, fue significativamente superior en los tratamientos que recibieron dos aspersiones con EASp y una con EAS y en los que recibieron tres aspersiones con EASp, respectivamente. Esto nos indica que, en ausencia de fertilizantes, el uso de estos extractos se pudiera convertir en una alternativa viable para la producción de frijoles.

Los resultados de las evaluaciones de los componentes del rendimiento de las plantas de la línea C-13, en el momento de la cosecha, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.- Efecto de las aspersiones foliares con un extracto acuoso de sargazo en el comportamiento de los componentes del rendimiento del frijol línea C-13

Tratamientos	No. de legumbres/planta	No. de granos/legumbre	No. de granos/planta	Masa de granos/planta (g)	Masa de 100 granos (g)
Control	7,7 ± 0,8	4,2 ± 0,2	29,2 ± 3,1	3,955 ± 0,41	13,81 ± 0,31
EAS	10,2 ± 0,9*	5,1 ± 0,2*	43,3 ± 3,6*	5,877 ± 0,52*	13,80 ± 0,36

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

Se observó que las plantas del tratamiento control de esta línea presentaron un número de legumbres por planta y de granos por legumbre similar a la línea C-8; sin embargo, la masa de 100 granos alcanzó un valor muy inferior a los informados para los cultivares comerciales de grano blanco que se cultivan en el país (25), aunque fue similar al informado para una línea, procedente del CIAT, Colombia, introducida en el país (26).

Las aspersiones foliares con el extracto acuoso de sargazo a los 25, 39 y 53 días después de la siembra, si bien no modificaron la masa de 100 granos, sí incrementaron significativamente el número de legumbres por planta (32,5 %), el número de granos por legumbre (21,4 %) y por planta (44,8 %), así como la masa de granos por planta (48,6 %) de dicha línea. Se debe tener en cuenta que este efecto se produjo, aún cuando se utilizó una concentración del extracto inferior (0,3 %) en la primera aspersión.

Las respuestas de las plantas a las aplicaciones de diferentes tipos de extractos de algas, se debe no sólo a los diversos metabolitos presentes en su composición, sino también a la estimulación de la actividad de microorganismos benéficos presentes en la rizosfera (27,28). De esta forma, el potencial de los extractos de macroalgas, microalgas y cianobacterias de ser usados como biofertilizantes y bioestimulantes ha sido revisado por diversos autores (10, 29-32).

En leguminosas, se ha demostrado que la aplicación de extractos de Spirulina estimula la germinación de semillas de maní (13), mejora la germinación, el vigor y evita el deterioro de las

semillas de *Vigna mungo* (33), mientras que las aspersiones foliares estimularon el crecimiento y el rendimiento de *Lupinus luteus* (14).

Por otro lado, se encontró que las aplicaciones cada diez días de un extracto acuoso de *Sargassum polycystum* en *Vigna radiata* y *Vigna mungo* estimularon el crecimiento de las plantas e incrementaron las concentraciones de pigmentos fotosintéticos, proteínas solubles, azúcares reductores y totales y los aminoácidos; respuesta asociada a la presencia en el extracto de hormonas vegetales, macro y microelementos (34).

Resultados favorables en el crecimiento y rendimiento de plantas de *Vigna unguiculata* L., fueron obtenidos cuando las plantas se asperjaron con un extracto de *Sargassum crassifolium* (20 %) en combinación con un fertilizante inorgánico (35) y posteriormente, se informó que la aplicación de un extracto de *Sargassum wightii* 1 % junto con la biofertilización con *Rhizobium* exhibieron los mejores resultados en acelerar el crecimiento y el rendimiento de plantas de esta especie (36).

En frijoles, se ha informado que cinco aspersiones foliares con un extracto de *Sargassum wightii*, estimuló indicadores del crecimiento y el rendimiento de las plantas (37). Recientemente, se encontró que la aplicación de extractos de Spirulina al suelo conjuntamente con las aspersiones foliares a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, estimuló el crecimiento y la producción de las plantas cultivadas en un suelo salino contaminado con metales pesados, contrarrestando los efectos del estrés y minimizando la contaminación de los granos (18).

Además, algunos autores han utilizado la aspersión foliar, en tres momentos del ciclo del cultivo, con extracto de algas marinas, extracto de Spirulina y la combinación de ambos y han encontrado que, aunque todos los tratamientos fueron superiores al control, los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de la combinación de extractos de alga marina y Spirulina (38).

Los resultados que se obtuvieron en este trabajo confirman la actividad bioestimulante de los extractos de Spirulina y sargazo, a pesar de las diferencias que existen en cuanto al solvente y el método de preparación utilizados para la obtención de los mismos. Por ejemplo, en esta investigación, se utilizó etanol al 70 % para obtener el extracto de Spirulina, mientras que otros autores han utilizado solventes tales como etanol puro, metanol, acetona:metanol (1:1), agua, entre otros (14,34,39).

Es conocida la influencia que ejerce la polaridad del solvente en la composición de los extractos. Así, se ha informado que existe un cambio significativo en la actividad antioxidante y el contenido de fitonutrientes en el extracto etanólico de Spirulina en comparación con el extracto acuoso (40).

Con relación al sargazo, se debe significar que el extracto utilizado presentó una baja concentración de fenoles, flavonoides, proteínas y carbohidratos solubles (datos no publicados), comparada a lo

informado a nivel internacional. No obstante, las aspersiones foliares del mismo en el cultivo del frijol fue capaz de estimular la producción de granos en el mismo.

Estos resultados aunque deben confirmarse, son de gran importancia científica y económica para el país, porque demostró el beneficio de realizar tres aspersiones foliares con extractos de Spirulina y sargazo, de relativamente fácil preparación, tanto solos como combinados en el cultivo del frijol, principalmente en áreas donde no se disponga de ningún tipo de fertilización.

Conclusiones

Las aspersiones foliares con extractos de Spirulina y sargazo, una durante la etapa vegetativa (25 DDS) y dos durante la etapa reproductiva (39 y 53 DDS) incrementan la producción de granos en el cultivo del frijol, destacándose la aspersión a los 25 y 39 DDS con el extracto de Spirulina (20 mg ha⁻¹) y a los 53 DDS con el extracto de sargazo al 2 %; así como las tres aspersiones con un extracto acuoso de sargazo.

Referencias

- 1-Morales-Soto A, Lamz-Piedra A. Métodos de mejora genética en el cultivo del frijol común(*Phaseolus vulgaris* L.) frente al Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol (BGYMV). Cultivos Tropicales. 2020; 41(4):e10
- 2-ONEI, Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. In: Anuario Estadístico de Cuba 2021. Capítulo 9; Edición 2022.p 4-35. <http://www.onei.cu>.
- 3-El Boukhari ME-M, Barakate M, Bouhia Y, Lyamlouli K. Trends in seaweed extract based biostimulants: manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. Plants. 2020; 9(359):1-23. doi: 10.3390/plants9030359
- 4-ChiaieseP, CorradoG, CollaG, KyriacouMC, RouphaelY. Renewable sources of plant biostimulation: microalgae as a sustainable means to improve crop performance. Front. Plant Sci. 2018; 9:1782. doi: 10.3389/fpls.2018.01782
- 5-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.).J. Appl. Phycol. 2018; 30:1061-72. doi: 10.1007/s10811-017-1283-3
- 6-Godlewska K, Michalak I, Pacyga P, Baśladyńska S, Chojnacka K. Potential applications of cyanobacteria: *Spirulina platensis* filtrates and homogenates in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2019; 35:80 <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2653-6>
- 7-Vasantharaja R, Abraham LS, Inbakandan D, Thirugnanasambandam R, Senthilvelan T, Ayesha Jabeen SK et al.Influence of seaweed extracts on growth, phytochemical contents and antioxidant

capacity of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2019; 17: 589–94. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.021>

8-Kaladharan, P.; Subramannian, S.; Anjelo, P.; Thulasidharan, A.; Vysakhan, P. Mulching brown seaweed *Sargassum wightii* during transplant on the growth and yield of paddy. Journal of the Marine Biological Association of India 2021; 63(1):117-21. doi:10.6024/jmbai.2021.63.1.2244-17

9-Sharma S, Chen C, Khatri K, Rathore MS, Pandey SP. *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. Plant Physiology and Biochemistry. 2019;136: 143-54. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.01.015

10-Hamed SM, El-Rhman AA, Abdel-Raouf N, Ibraheem IBM. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. BeniSuef University Journal of Basic and Applied Sciences. 2018; 7:104-10. doi: 10.1016/ j.bjbas.2017.08.002

11-Arencibia-Carballo G, Irañeta-Batallán JM, Morell J, Moreira-González AR. Arribazones de *Sargassum* en la costa norte occidental de Cuba. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático. 2020; 2(1):19-30. doi 10.26359/52462.0220.

12-Akgül F. Effect of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler extract on seed germination of wheat and barley. Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2019; 34(2):148-53. doi: 10.28955/alinterizbd.639000

13-Sivalingam KM. Isolation, identification and evaluation of *Spirulina platensis* for its effect on seed germination of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), Wolaita Sodo, Southern Ethiopia. J. Algal Biomass Utilization. 2020;11(2):34-42.

14-Shedeed ZA, GhedaS, ElsanadilyS, Alharbi K, Osman MEH. *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. Agriculture. 2022; 12:781. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060781>

15-Abreu AP, Martins R, Nunes J. Emerging applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) sp. Bioengineering. 2023; 10:955. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080955>

16-SeğmenE, ÜnlüHÖ. Effects of foliar applications of commercial seaweed and *spirulina platensis* extracts on yield and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum* L.). Cogent Food & Agriculture. 2023; 9: 2233733. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2233733>

17-Hamouda RA, Shehawy MA, El Din SMM, Albalwe FM, Albalawi HMR, Hussein MH. Protective role of *Spirulina platensis* liquid extract against salinity stress effects on *Triticum aestivum* L. Green Processing and Synthesis. 2022; 11:648–58. <https://doi.org/10.1515/gps-2022-0065>

18-Rady MM, Elrys AS, Selem E, Mohsen AAA, Arnaout SMAI, El-Sappah AH et al. *Spirulina platensis* extract improves the production and defenses of the common bean grown in a heavy

metals-contaminated saline soil. Journal of Environmental Sciences. 2023; 129: 240–57. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.09.011>

19-Mostafa MM, Hammad DM, Reda MM, El-Sayed AE-KB. Water extracts of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* enhance tomato (*Solanum lycopersicum* L.) tolerance against saline water irrigation. Biomass Conversion and Biorefinery. Published online: 27 June 2023. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04460-x>

20-López-Padrón I, Martínez-González L, Pérez-Domínguez G, Reyes-Guerrero Y, Núñez-Vázquez M, Cabrera-Rodríguez JA. Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. Cultivos Tropicales, 2020; 41(2):e10.

21-Hernández Jiménez A, Pérez Jiménez JM, Bosch Infante D, Castro Speck N. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultivos Tropicales. 2019; 40(1):a15-e15

22-Faure Alvarez B, Benítez González R, Rodríguez Acosta E, Grande Morales O, Torres Martínez M, Pérez Rodríguez P. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. La Habana, Cuba; 2014 p. 34

23-Izquierdo Martínez M, Santana Baños Y, García Cabañas A, Carrodegua Díaz S, Aguiar González I, Ruiz Sanchez M et al. Respuesta agronómica de cinco cultivares de frijol común en un agroecosistema del municipio Consolación del Sur. Centro Agrícola. 2018; 45(3):11-6. <http://cagricola.uclv.edu.cu>

24-Ortíz R. Sistema formal e informal de semillas: Nuevos horizontes. In: Ortiz R, Miranda S, Martínez C, Ríos H, Cárdenas RM, editors. La biodiversidad agrícola en manos del campesinado cubano. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2013. ISBN 978-959-7023-63-0

25-Leyva RM, García E, Chaveco O, Permuy N, Bruzón Y. Producción agroecológica del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Colección Aprender e Innovar. Lueiro M, editor. UEICA-H. Holguín. 2020. ISBN 979-959-234-147-0

26-Lamz-Piedra A, Morales-Soto A, Peteira Delgado-Oramas B, Florido-Bacallao M. Caracterización de 11 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a *Zabrotes subfasciatus* Boheman en Cuba. CienciaUAT. 2023; 18(1):178-90 <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i1.1680>

27-Renaut S, Masse J, Norrie JP, Blal B, Hijri M. A commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. Microbial Biotechnology. 2019; 12(6):1346-58. doi: 10.1111/17517915.13473

- 28-SolomonW, Mutum L, JandaT, MolnárZ. Potential benefit of microalgae and their interaction with bacteria to sustainable crop production. *Plant Growth Regulation*. 2023; 101:53–65 <https://doi.org/10.1007/s10725-023-01019-8>
- 29-Begum M, Bordoloi BC, Singha DD, Ojha NJ. Role of seaweed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops: A review. *Agricultural Reviews*. 2018; 39(4):321-6.[doi: 10.18805/ag.R-1838](https://doi.org/10.18805/ag.R-1838).
- 30-Ali O, RamsubhagA, Jayaraman J. Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. *Plants*.2021; 10:531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- 31-Ammar EE, Aioub AAA, Elesawy AE, Karkour AM, Mouhamed MS, Amer AA et al. Algae as Bio-fertilizers: Between current situation and futureprospective. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022;29: 3083–96. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.020>
- 32-Ramakrishnan B, Maddela NR, VenkateswarluK, Megharaj M. Potential of microalgae and cyanobacteria to improve soil health and agricultural productivity: a critical view. *Environ. Sci.: Adv*.2023; 2:586-611 [doi: 10.1039/D2VA00158F](https://doi.org/10.1039/D2VA00158F)
- 33- ThinhNQ. Influences of seed priming with *Spirulina platensis* extract on seed quality properties in black gram (*Vigna mungo* L.).*Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*. 2021; 63(1):36-41 [doi: 10.31276/VJSTE.63\(1\).36-41](https://doi.org/10.31276/VJSTE.63(1).36-41)
- 34-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*.2018; 7(1):27-32. [doi:10.4103/2305-0500.220982](https://doi.org/10.4103/2305-0500.220982)
- 35-Vijayarasa K, Somasundaram S, Shanmugalingam S. Effects of natural and commercially available seaweed liquid extracts on growth and yield of *Vigna unguiculata* L. *Asian J. Biol. Sci*.2019;12:487-91.[doi:10.3923/ajbs.2019.487.491](https://doi.org/10.3923/ajbs.2019.487.491)
- 36-Radjassegarin A, Perumal A. Synergetic effects of seaweed extract and *Rhizobium* on cowpea. *Natr. Resour. Human Health*. 2021; 1(1):43-50. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/141292>
- 37-Abu Seif YI, El-Miniawy SE-DM, Abu El-Azm NAI, Hegazi AZ. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. *Annals of Agricultural Science*. 2016; 61(2):187–99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aoas.2016.09.001>.
- 38-VijayanandN, Ramya SS, RathinavelS. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 2014; 3(2):150-5. [doi: 10.1016/S2305-0500\(14\)60019-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1)

- 39- Rashwan RS, Hammad DM. Toxic effect of *Spirulina platensis* and *Sargassum vulgare* as natural pesticides on survival and biological characteristics of cotton leaf worm *Spodoptera littoralis*. Scientific African 2020; 8:e00323 <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00323>
- 40- Kumar A, Ramamoorthy D, Verma DK, Kumar A, Kumar N, Kanak KR et al. Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*. Energy Nexus. 2022; 6:100070. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100070>