



Efectos del quitosano en el crecimiento y rendimiento del rábano (*Raphanus sativus* L.) en invernadero

Chitosan doses and their effect on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) under greenhouse conditions

^{ID}Juan José Reyes-Pérez¹, ^{ID}Mercedes Susana Carranza-Patiño¹, ^{ID}Roger Alexander Pincay-Ganchozo^{2*},
^{ID}Eduardo Fabian Quinatoa-Lozada³, ^{ID}Erika Vanessa Castro-Klinger⁴

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, Ecuador.

³Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Sector La Virgen. CP 050201. La Maná, Cotopaxi, Ecuador.

⁴Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas. Extensión San Mateo-Mutile. Nuevos Horizontes. Esmeraldas, Ecuador.

RESUMEN: El quitosano es un biopolímero con actividad bioestimulante en cultivos hortícolas, aunque su efecto depende de la concentración aplicada y la especie vegetal. Se evaluó el efecto de dosis crecientes de quitosano sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en la finca experimental "La María", Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Mocache, Los Ríos, Ecuador. Se aplicaron tres concentraciones de quitosano (1000, 1500 y 2500 mg L⁻¹) más un testigo con agua destilada, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las raíces de las plántulas fueron sometidas a inmersión durante una hora en las soluciones correspondientes antes del trasplante. Se evaluaron variables morfoagronómicas de crecimiento vegetativo y de producción. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). La dosis de 1000 mg L⁻¹ estimuló el crecimiento vegetativo temprano, con mayores valores en longitud de planta, número, largo y ancho de hojas a los 15 días después del trasplante (DDT). La dosis de 1500 mg L⁻¹ generó la mejor respuesta productiva, con valores superiores en diámetro polar y ecuatorial de raíz, peso fresco y rendimiento (3885,18 kg ha⁻¹), equivalente a un incremento del 159 % respecto al testigo. Se concluye que el quitosano a 1500 mg L⁻¹ constituye una alternativa bioestimulante con potencial agronómico para mejorar la productividad del rábano en condiciones de invernadero.

Palabras clave: bioestimulantes, biopolímeros, Crecimiento vegetal, morfoagronómicas, productividad agrícola.

ABSTRACT: Chitosan is a biopolymer with biostimulant activity in horticultural crops, although its effect depends on the applied concentration and plant species. The effect of increasing doses of chitosan on the growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) was evaluated under greenhouse conditions. The experiment was conducted at the "La María" experimental farm, Technical State University of Quevedo, Mocache, Los Ríos, Ecuador. Three chitosan concentrations (1000, 1500, and 2500 mg L⁻¹) plus a distilled water control were tested in a randomized complete block design with five replications. Seedling roots were immersed for one hour in the corresponding solutions prior to transplanting. Morpho-agronomic variables related to vegetative growth and production were evaluated. Data were analyzed using analysis of variance and mean comparison with Tukey's test ($p < 0.05$). The 1000 mg L⁻¹ dose stimulated early vegetative growth, with higher values in plant length, leaf number, leaf length, and leaf width at 15 days after transplanting (DAT). The 1500 mg L⁻¹ dose produced the best productive response, with higher values in polar and equatorial root diameter, fresh weight, and yield (3885.18 kg ha⁻¹), equivalent to a 159 % increase over the control. It is concluded that chitosan at 1500 mg L⁻¹ represents a biostimulant alternative with agronomic potential to improve radish productivity under greenhouse conditions.

Key words: biostimulants, biopolymers, Brassicaceae, plant physiology, agricultural productivity.

*Autor para correspondencia: roger.pincay@iniap.gob.ec

Recibido: 20/12/2025

Aceptado: 08/06/2026

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

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Juan José Reyes-Pérez, Roger Alexander Pincay-Ganchozo. **Investigación:** Juan José Reyes-Pérez, Roger Alexander Pincay-Ganchozo, Mercedes Susana Carranza-Patiño. **Metodología:** Roger Alexander Pincay-Ganchozo, Eduardo Fabian Quinatoa-Lozada. **Supervisión:** Juan José Reyes-Pérez, Mercedes Susana Carranza-Patiño. **Redacción - borrador original:** Roger Alexander Pincay-Ganchozo, Erika Vanessa Castro-Klinger. **Redacción - revisión y edición:** Juan José Reyes-Pérez, Mercedes Susana Carranza-Patiño. **Curación de datos:** Eduardo Fabian Quinatoa-Lozada, Erika Vanessa Castro-Klinger.

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/>



INTRODUCCIÓN

El rábano (*Raphanus sativus* L.) es una hortaliza de ciclo corto perteneciente a la familia Brassicaceae, cuyo valor comercial radica en la raíz engrosada, principal órgano de cosecha. Su rápido desarrollo y facilidad de manejo la convierten en una especie relevante en los sistemas hortícolas de pequeña y mediana escala (1). El crecimiento y la calidad del órgano reservante dependen de la respuesta fisiológica de la planta ante las condiciones de manejo, por lo que variables como la morfometría foliar y el diámetro y peso fresco de la raíz constituyen indicadores sensibles de su desempeño morfoagronómico (2).

La producción hortícola enfrenta la necesidad de incrementar la productividad mediante estrategias compatibles con la sostenibilidad agrícola y la reducción del uso de insumos sintéticos. En este contexto, los bioestimulantes vegetales han adquirido relevancia por su capacidad para modular procesos fisiológicos, mejorar la absorción de nutrientes y fortalecer la tolerancia de las plantas frente al estrés ambiental (3, 4). A diferencia de los fertilizantes convencionales, estos compuestos actúan sobre las vías metabólicas y de señalización intracelular para optimizar el desarrollo vegetal sin aportar nutrientes directamente (5).

Entre los bioestimulantes de origen natural, el quitosano destaca por sus propiedades multifuncionales. Este biopolímero, derivado de la desacetilación de la quitina presente en exoesqueletos de crustáceos, insectos y paredes celulares fúngicas, actúa como elicitador de respuestas de defensa, estimulador del crecimiento y modulador de la tolerancia a factores bióticos y abióticos (6, 7). Su efecto sobre el desarrollo radical, la actividad fotosintética y la eficiencia en el uso de nutrientes ha sido documentado en diversas hortalizas de importancia económica, como *Solanum lycopersicum* (8), *Cucumis sativus* (9) y *Capsicum annuum* (10). Sin embargo, su efecto no es lineal: puede variar entre respuestas positivas, neutras o inhibitorias en función de la concentración, el peso molecular, el grado de acetilación y la etapa fenológica de la planta (7, 11).

La información sobre el efecto del quitosano aplicado mediante inmersión radicular en el cultivo de rábano bajo condiciones de invernadero es escasa, lo que limita la definición de dosis técnicamente validadas. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dosis crecientes de quitosano sobre las variables de crecimiento y rendimiento de *Raphanus sativus* L. en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento se realizó en el invernadero de la finca experimental "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7,5 de la vía Quevedo-Mocache, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador (1°04'48,6" longitud oeste; 01°03'18" latitud sur;

75 m s. n. m.). La temperatura promedio anual del sitio fue de 24,4 °C, la precipitación de 3029,30 mm año⁻¹ y la humedad relativa del 88 %.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres concentraciones de quitosano que se obtuvo comercialmente como polímero de quitina desacetilado, D-glucosamine (Aldrich), el T1 consistió en (1000 mg L⁻¹), T2 (1500 mg L⁻¹) y T3 (2500 mg L⁻¹) y un tratamiento control con agua destilada, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Cada unidad experimental (UE) comprendió 12 plantas con distancias de siembra de 33 cm entre plantas y 43 cm entre hileras (1,70 m² cada UE), para un total de 240 plantas en el experimento.

Las plántulas se produjeron en bandejas de polietileno con sustrato compuesto por suelo y arena de río en proporción 3:2 (v:v). A los 20 días después de la siembra, las raíces de las plántulas fueron sometidas a inmersión durante una hora en las soluciones de quitosano correspondientes a cada tratamiento, o en agua destilada en el caso del control. Concluida la inmersión, se trasplantó una plántula por maceta con 2 kg del mismo sustrato utilizado en la fase de almácigo.

Manejo agronómico

El control de malezas se realizó de forma manual. A partir de los 15 DDT se aplicó azoxistrobina semanalmente para el manejo preventivo y curativo de enfermedades fúngicas, y metomilo para la prevención de plagas insectiles, no se aplicó fertilizantes de ningún tipo.

Variables evaluadas

Las variables morfoagronómicas se evaluaron en seis plantas por unidad experimental. Las variables de crecimiento vegetativo se registraron a los 8, 15, 22 y 30 DDT; las productivas, al momento de la cosecha.

La altura de planta (cm) se midió con cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice vegetativo. La longitud de hoja (cm) se determinó desde la base del limbo hasta el ápice foliar, y el ancho de hoja (cm) en la región de mayor expansión laminar. El número de hojas se obtuvo por conteo directo de hojas completamente desarrolladas.

El diámetro polar y el diámetro ecuatorial de la raíz se midieron con calibrador de pie de rey (mm); el primero correspondió a la distancia longitudinal máxima de la raíz y el segundo a la zona de mayor expansión transversal. El peso fresco de la raíz (g) se determinó en balanza analítica inmediatamente después de la cosecha. El rendimiento agrícola (kg ha⁻¹) se estimó a partir del peso fresco total de las raíces por parcela experimental (1,70 m²), extrapolado proporcionalmente a hectárea (10000 m²).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad de residuales (Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (Bartlett), cuyos resultados confirmaron el cumplimiento de los supuestos paramétricos. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) de bloques completos al azar y,

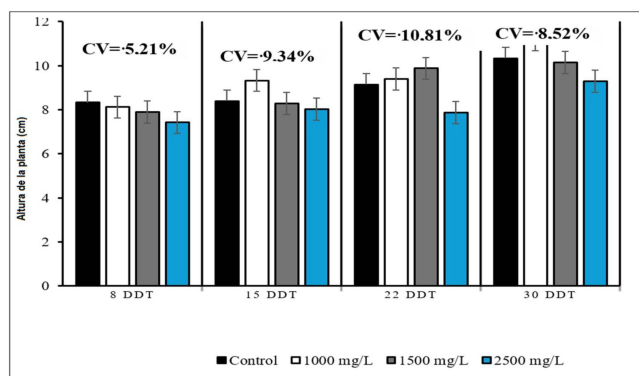
para las variables con diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los análisis se ejecutaron con el software R versión 4.4.1 (R Core Team, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo: longitud de planta

La longitud de planta no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos a los 8, 22 y 30 DDT; sin embargo, a los 15 DDT se registró un efecto significativo, con la mayor elongación en el tratamiento de 1000 mg L⁻¹ y los menores promedios en la dosis de 2500 mg L⁻¹ en todas las fechas de evaluación (Figura 1). Este patrón temporal indica que el efecto del quitosano sobre la elongación del tallo se concentra en las etapas de establecimiento temprano y se atenúa conforme avanza el ciclo del cultivo.

La respuesta diferencial entre dosis es coherente con el comportamiento dosis-dependiente del quitosano, en el que concentraciones moderadas activan rutas anabólicas vinculadas al crecimiento como síntesis de auxinas y expansión celular regulada por la pared celular, mientras que, concentraciones elevadas pueden ejercer un efecto osmótico adverso, saturando sitios de unión a receptores de membrana, reduciendo la eficiencia de la señal bioestimulante (11, 12). Algunos autores documentaron efectos positivos del quitosano sobre la biomasa de *Raphanus sativus* con respuestas claramente dependientes de la concentración (14), y otros observaron que concentraciones altas como enmienda del suelo redujeron algunos parámetros de crecimiento en lechuga, resultados consistentes con los del presente estudio (13).



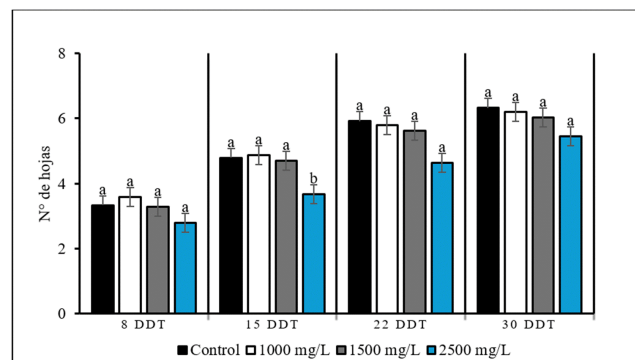
Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$). DDT: días después del trasplante

Figura 1. Efecto de dosis de quitosano en la longitud de planta de rábano bajo condiciones de invernadero

Proliferación foliar: número, largo y ancho de hojas

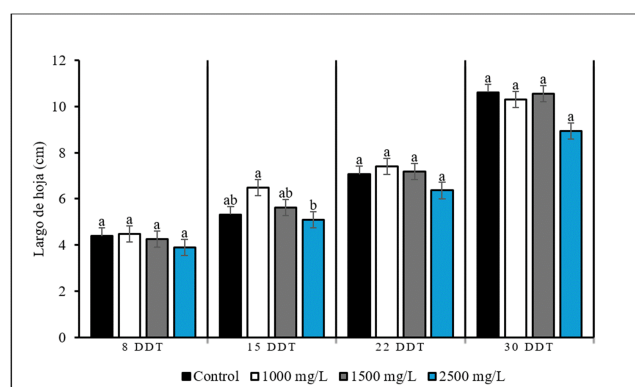
Las variables de morfometría foliar presentaron diferencias estadísticas únicamente a los 15 DDT (Figuras 2, 3 y 4). La dosis de 1000 mg L⁻¹ produjo los mayores valores de

número de hojas, longitud foliar y ancho foliar en esa fecha de evaluación. A los 30 DDT, todos los tratamientos alcanzaron sus valores máximos sin diferencias significativas entre sí, lo que indica que el efecto del quitosano sobre la morfometría foliar es predominante durante el establecimiento y se atenúa con la madurez del cultivo.



Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$). DDT: días después del trasplante

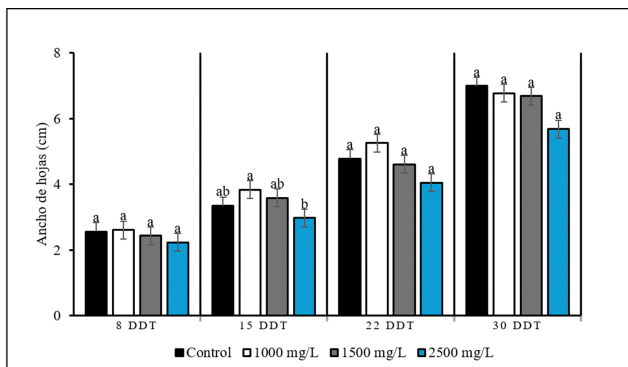
Figura 2. Efecto de dosis de quitosano en el número de hojas del rábano bajo condiciones de invernadero



Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$). DDT: días después del trasplante

Figura 3. Efecto de dosis de quitosano en el largo de hojas del rábano bajo condiciones de invernadero

El estímulo sobre el aparato foliar a dosis bajas e intermedias se explica por la capacidad del quitosano para inducir la división celular y la iniciación de nuevos primordios foliares, probablemente mediante la modulación de citoquininas endógenas (12). Las hojas representan el principal órgano de captación lumínica y producción de fotoasimilados; por tanto, su mayor área durante las etapas tempranas del desarrollo favorece la acumulación de reservas que se translocan posteriormente al órgano de cosecha (3). El peso molecular y el grado de acetilación del quitosano condicionan estas respuestas, por lo que una misma concentración puede generar efectos distintos entre especies, órganos y etapas fenológicas (11).

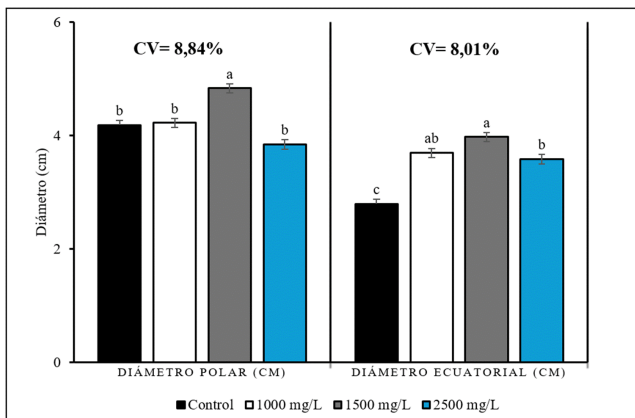


Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$). DDT: días después del trasplante

Figura 4. Efecto de dosis de quitosano en el ancho de hojas del rábano bajo condiciones de invernadero

Diámetro polar y ecuatorial de la raíz

Los diámetros polar y ecuatorial de la raíz mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Figura 5). La dosis de 1500 mg L⁻¹ produjo los mayores valores en ambas variables, mientras que el tratamiento testigo registró las medidas más reducidas. La dosis de 2500 mg L⁻¹ presentó valores intermedios, superiores al testigo, pero inferiores a las dosis de 1000 y 1500 mg L⁻¹, lo que confirma el patrón de inhibición a concentraciones elevadas observado en las variables vegetativas.



Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$)

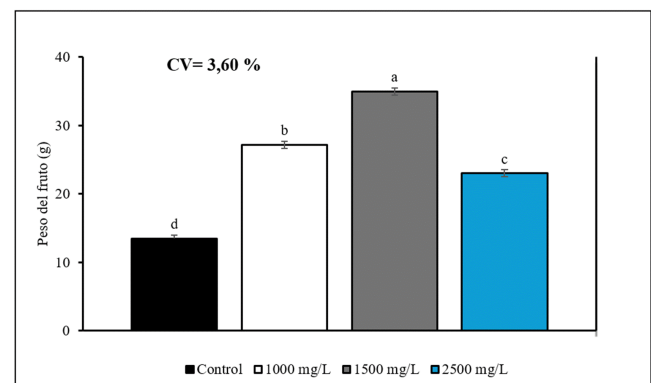
Figura 5. Efecto de dosis de quitosano en el diámetro polar y ecuatorial de la raíz de rábano bajo condiciones de invernadero

El incremento en los diámetros de la raíz con 1500 mg L⁻¹ puede atribuirse a una mayor eficiencia fisiológica durante la fase de llenado del órgano reservante. El quitosano a concentraciones intermedias estimula la actividad de enzimas relacionadas con la síntesis de carbohidratos de reserva y mejora la conductividad hidráulica radical, lo que favorece la translocación de asimilados hacia la raíz engrosante (7). En tomate, algunos investigadores

reportaron incrementos significativos en diámetros polares y ecuatoriales del fruto con aplicaciones de quitosano, comportamiento que sugiere un mecanismo fisiológico común relacionado con la movilización de fotoasimilados hacia el órgano de cosecha, independientemente de la especie (8, 15).

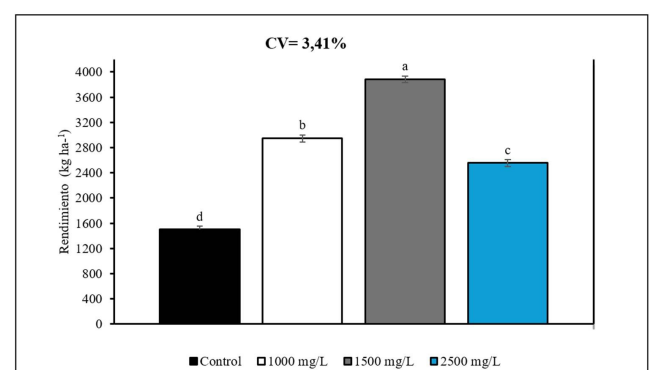
Peso fresco y rendimiento agrícola

El peso fresco de la raíz y el rendimiento agrícola presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Figuras 6 y 7). La dosis de 1500 mg L⁻¹ produjo el mayor peso fresco, seguida de 1000 mg L⁻¹ (27,17 g), 2500 mg L⁻¹ (23,00 g) y el testigo (13,50 g). En términos de rendimiento, la dosis de 1500 mg L⁻¹ alcanzó 3885,18 kg ha⁻¹, equivalente a un incremento del 159 % respecto al testigo (1500 kg ha⁻¹); la dosis de 1000 mg L⁻¹ obtuvo 2945,55 kg ha⁻¹ (96 % superior al testigo).



Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$)

Figura 6. Efecto de dosis de quitosano en el peso fresco de la raíz de rábano bajo condiciones de invernadero



Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p < 0,05$)

Figura 7. Efecto de dosis de quitosano en el rendimiento de rábano bajo condiciones de invernadero

El marcado incremento productivo con 1500 mg L⁻¹ evidencia que esta concentración representa el umbral óptimo de bioestimulación en las condiciones evaluadas.

A nivel fisiológico, el quitosano en dosis intermedias incrementa el peso fresco y seco de raíces, modifica la arquitectura radical y mejora la absorción de agua y nutrientes (7), potenciando la acumulación de biomasa en el órgano comercial. En algunos estudios se ha señalado que el quitosano activa microorganismos promotores del crecimiento en la rizósfera y regula rutas de señalización que se traducen en mayor productividad, mecanismo que podría explicar parte de los incrementos observados (6).

En contraste, la dosis de 2500 mg L⁻¹ produjo el menor rendimiento entre los tratamientos con quitosano. Esta inhibición puede atribuirse a la saturación de los receptores de quitosano en la membrana plasmática, al incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno por encima de la capacidad antioxidante celular, o a un efecto osmótico adverso inducido por la alta concentración de la solución durante la inmersión radicular (7, 11). La respuesta dosis-dependiente no lineal del quitosano ha sido documentada en múltiples hortalizas (8, 13), y los resultados del presente estudio confirman la existencia de un rango de concentración óptima fuera del cual los efectos bioestimulantes se revierten en inhibitorios.

Los incrementos en rendimiento obtenidos con quitosano a 1500 mg L⁻¹ son comparables con los reportados para otras fuentes de manejo en rábano. Otros estudios documentaron mejoras en productividad con fertilización orgánica (16); con integración de fertilizantes minerales y vermicompost (17); y con la combinación de fertilización orgánica y reducción de fertilizantes químicos (19, 20). El quitosano a la dosis óptima se posiciona como una alternativa bioestimulante de perfil de inocuidad ambiental favorable y eficiencia productiva comparable a la de insumos orgánicos.

CONCLUSIONES

El quitosano ejerce un efecto tipo bioestimulante, siendo diferenciado sobre el crecimiento y el rendimiento del rábano, con respuestas dependientes de la concentración y la etapa fenológica del cultivo. La dosis de 1000 mg L⁻¹ estimula el crecimiento vegetativo temprano, con respuestas significativas en morfometría foliar y longitud de planta a los 15 DDT.

La concentración de 1500 mg L⁻¹ constituye la dosis con mayor potencial agronómico, al alcanzar los máximos valores en diámetro polar y ecuatorial de raíz, peso fresco y rendimiento (3885,18 kg ha⁻¹, 159 % superior al testigo). La dosis de 2500 mg L⁻¹ muestra un efecto inhibitorio coherente con el comportamiento dosis-dependiente no lineal del quitosano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Targino VA, Dias TJ, Sousa VFO, Silva MM, Ribeiro JES, Lopes AS, *et al.* Optimizing radish (*Raphanus sativus* L.) production through alternative nitrogen sources. *Braz J Biol* [Internet]. 2025 [cited 2025 Feb 20];85:e301745. Available from: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.301745>
2. Raza QUA, Bashir MA, Rehim A, Ejaz R, Raza HMA, Shahzad U, *et al.* Biostimulants induce positive changes in the radish morpho-physiology and yield. *Front Plant Sci* [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 20];13:950393. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.950393>
3. Rouphael Y, Colla G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Front Plant Sci* [Internet]. 2020 [cited 2025 Feb 20];11:40. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
4. Mounaimi S, Hamim A, El Boukhari MEM, Elarroussi H, Lyamlouli K. A comprehensive review of integrating biostimulants and biopesticides for organic berry farming. *Front Sustain Food Syst* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20];8:1452823. Available from: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1452823>
5. Du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Hortic* [Internet]. 2015 [cited 2025 Feb 20];196:3-14. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
6. Rojas-Pirela M, Carillo P, Lárez-Velásquez C, Romanazzi G. Effects of chitosan on plant growth under stress conditions: similarities with plant growth promoting bacteria. *Front Plant Sci* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20];15:1423949. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1423949>
7. Suwanchaikasem P, Idnurm A, Selby-Pham J, Walker R, Boughton BA. The impacts of chitosan on plant root systems and its potential to be used for controlling fungal diseases in agriculture. *J Plant Growth Regul* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20];43(10):3424-45. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11356-1>
8. Reyes-Pérez J, Enríquez-Acosta EA, Ramírez-Arrebató MÁ, Zúñiga Valenzuela E, Lara-Capistrán L, Hernández-Montiel LG. Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, rendimiento y contenido nutricional del tomate. *Remexca* [Internet]. 2020 [cited 2025 Feb 20];11(3):457-65. Available from: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2392>
9. Reyes-Pérez JJ, Ramos-Remache RA, Falcón A, Ramírez-Arrebató MÁ, Rodríguez-Pedroso AT, Rivero-Herrada M, *et al.* Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento de *Cucumis sativus*. *Centro Agrícola* [Internet]. 2019 [cited 2025 Feb 20];46(4):53-60. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1451>
10. Reyes-Pérez JJ, Rivero-Herrada M, Solórzano-Cedeño AE, Carballo-Méndez FDJ, Lucero-Vega G, Ruiz-Espinoza FH. Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos: influencia en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra* [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 20];39. Available from: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>
11. Román-Doval R, Torres-Arellanes SP, Tenorio-Barajas AY, Gómez-Sánchez A, Valencia-Lazcano AA. Chitosan: properties and its application in agriculture in context of molecular weight. *Polymers* [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 20];15(13):2867. Available from: <https://doi.org/10.3390/polym15132867>
12. Malerba M, Cerana R. Chitosan effects on plant systems. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2016 [cited 2025 Feb 20];17(7):996. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>

13. Xu C, Mou B. Chitosan as soil amendment affects lettuce growth, photochemical efficiency, and gas exchange. HortTechnology [Internet]. 2018 [cited 2025 Feb 20];28(4):476-80. Available from: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04032-18>
14. Farouk S, Mosa AA, Taha AA, Ibrahim HM, EL-Gahmery A. Protective effect of humic acid and chitosan on radish (*Raphanus sativus* L. var. sativus) plants subjected to cadmium stress. J Stress Physiol Biochem [Internet]. 2011 [cited 2025 Feb 20];7(2):99-116. Available from: https://www.jsppb.ru/issues/2011/N2/JSPB_2011_7_2_99-116.pdf
15. Pincay-Manzaba D, Cedeño-Loor J, Espinosa Cunuhay K. Efecto del quitosano sobre el crecimiento y la productividad de *Solanum lycopersicum*. Centro Agrícola [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 20];48(3):25-31. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1458>
16. Sousa LDCD, Santos ARMD, Nogueira JC, Matos YCDS, Silva LJV, Calaça JDSG, *et al.* A adubação orgânica melhora o crescimento, produtividade e características físico-químicas do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cv. Saxa. Research, Society and Development [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 20];11(11):e57111133423. Available from: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33423>
17. Kumar S, Kumar P, Jatav V, Dukpa P, Suman S. Influence of organic manure and inorganic fertilizers on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) in Gird Region of Madhya Pradesh, India. IJPSS [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 20];35(20):244-52. Available from: <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i203804>
18. Sharif R, Mujtaba M, Ur Rahman M, Shalmani A, Ahmad H, Anwar T, *et al.* The multifunctional role of chitosan in horticultural crops; A Review. Molecules [Internet]. 2018 [cited 2025 Feb 20];23(4):872. Available from: <https://doi.org/10.3390/molecules23040872>
19. Jin D, Lu Z, Song X, Ahammed GJ, Yan Y, Chen S. Improvement of yield and quality properties of radish by the organic fertilizer application combined with the reduction of chemical fertilizer. Agronomy [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20];14(8):1847. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081847>
20. Kumari S, Dhiman S, Saini A. Impact of bioinoculants and organic manures on growth and yield of radish. Biol Forum Int J [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20];16(3):95-100. Available from: <https://www.research-trend.net/bfij/pdf/BFIJ-4773.pdf>