

# Efecto del Quitosano en el crecimiento y desarrollo del gladiolo (*Gladiolus* sp.) en Mantaro, Jauja

Effect of chitosan on the growth and development of gladiolus (*Gladiolus* sp.) in Mantaro, Jauja

 Lindo, Efraín .<sup>1</sup>;  Lapa, Anghely .<sup>1</sup>;  Urdanegui, Paúl S.<sup>1</sup> y  Munive, Ruben .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

**Resumen:** El quitosano es conocido por mejorar la calidad y el rendimiento de las cosechas, además de actuar como bactericida y fungicida. Con el fin de validar estos efectos, se llevó a cabo esta investigación. Objetivo: Determinar la dosis y el tiempo de inmersión de los cormos para optimizar el crecimiento y desarrollo del gladiolo (*Gladiolus* sp.). Método: El estudio se realizó en un invernadero, utilizando macetas para evaluar cada cormo acorde al método de evaluación morfológica. Se probaron dos tiempos de inmersión (30 y 60 minutos) y cinco dosis de quitosano (10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml y 30 ml) al 1% por litro de agua. Se implementaron 10 tratamientos, más un control, distribuidos en tres bloques bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con análisis factorial. Resultados: El tratamiento con 10 ml de quitosano al 1% y 30 minutos de inmersión mostró los mejores resultados en cuanto a número de hojas, tamaño de planta, cantidad de flores, días hasta la apertura de la flor y longitud de la vara. El segundo mejor tratamiento fue el de 15 ml de quitosano al 1% con 30 minutos de inmersión. Conclusión: La investigación concluye que el tratamiento con 10 ml de quitosano al 1% durante 30 minutos de inmersión optimiza el crecimiento y desarrollo de los gladiolos, mejorando las principales variables morfológicas estudiadas.

**Palabras clave:** gladiolo, quitosano, invernadero.

**Abstract:** Chitosan is known for improving crop quality and yield, as well as acting as a bactericide and fungicide. To validate these effects, this research was conducted. Objective: To determine the optimal chitosan dosage and immersion time for enhancing the growth and development of gladiolus (*Gladiolus* sp.) corms. Method: The study was conducted in a greenhouse, using pots to evaluate each corm following the morphological evaluation method. Two immersion times (30 and 60 minutes) and five chitosan doses (10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml, and 30 ml) at 1% per liter of water were tested. Ten treatments, plus a control, were applied, distributed in three blocks under a Completely Randomized Block Design (CRBD) with factorial analysis. Results: The treatment with 10 ml of chitosan at 1% and 30 minutes of immersion showed the best results in terms of the number of leaves, plant height, number of flowers, days to flower opening, and stem length. The second best treatment was 15 ml of chitosan at 1% with 30 minutes of immersion. Conclusion: The research concludes that the treatment with 10 ml of chitosan at 1% for 30 minutes of immersion optimizes the growth and development of gladiolus, improving the main morphological variables studied.

**Keywords:** gladiolus, chitosan, greenhouse.



**Referencia:** Lindo, E. , Lapa, A. , Urdanegui, P S, y Munive, R. . (2025). Efecto del Quitosano en el crecimiento y desarrollo del gladiolo (*Gladiolus* sp.) en Mantaro, Jauja. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias*, 06(01), 12–18. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/pucag/article/view/2183>

Recibido: 14 de octubre de 2024

Aceptado: 30 de junio de 2025

Publicado: 30 de junio de 2025

Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias. Vol. 06, núm. 01, enero a junio, 2025. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## 1. Introducción

El gladiolo (*Gladiolus* sp.) también conocido como espadilla o gladiola, debido al parecido de las hojas con la forma de la espada romana llamada en la antigüedad *gladius* (en especial las flores de aspecto muy llamativo) eran entregadas a los gladiadores que ganaban victorias simbolizando el triunfo. Constituye parte de la familia de las Iridáceas siendo plantas herbáceas bulbosas, hojas alargadas, rectas y con nervaduras paralelas, producen espigas o racimos terminales con flores hermafroditas, siendo de utilidad como planta ornamental por sus flores vistosas y llamativas (Abo-El-soud & El Kady, 2019).

Siendo originarias de Sudáfrica, Europa, Asia como también África tropical abarcan alrededor de 250 especies (Bejarano et al., 2021) introducido a finales del siglo XVI en todo el mundo (Azimi, 2020), teniendo un valor económico, etnomedicinal y social importante (Rios-Hernández et al., 2021) usado como decoración en los floreros de centros de mesa, eventos importantes y especial en el mes de Noviembre, acompañando en actos fúnebres o recordatorio de personas fallecidas colocadas en el cementerio, día de la Madre, entre otros (Uhlmann et al., 2019). Siendo el gladiolo muy apreciado por el colorido de sus flores, resistencia después de ser cortadas a la marchitez y vivacidad (Tomiozzo et al., 2019).

Durante el crecimiento y desarrollo del gladiolo cuando presenta cuatro hojas en el estadio (V4), se produce la formación de nuevos cormos en la parte superior del cormo anterior, el cual se siembra inicialmente siendo de prioridad para la planta la producción de fotoasimilados que se dirigen a los órganos de desarrollo como las hojas y el tallo floral, al realizar la cosecha de tallos o vastos florales el crecimiento de los cormos nuevos se incrementa (Tomiozzo et al., 2019).

Según el MIDAGRI en 2021 Perú produce alrededor de 9.5 millones de docenas de gladiolos (41% del área sembrada de flores a nivel nacional), donde la región Junín obtuvo desde el 2017 una producción de 780,000 docenas, 861,000 docenas en 2018 y 945,000 docenas en 2019. En especial las zonas de Tarma, Jauja, Concepción y Huancayo, se cultivan por lo general variedades de flor grande como “rosa venero”, “amarillo gradner” y “Churín Blanco y Rojo” con una participación del 10% de la producción nacional con un rendimiento promedio de 16,000 a 18,000 docenas por hectárea, superior al promedio nacional (5,134 docenas/ha). Siendo una buena alternativa para los agricultores e interesados en el cultivo en especial en mercados y ferias locales.

El aumento de la producción de gladiolo, también

genera la presencia de plagas y enfermedades en campo, ocasionando un mayor uso de productos fitosanitarios, generando desbalances en el agroecosistema, residualidad excesiva debido a la acumulación de residuos tóxicos peligrosos para la salud de los usuarios (Maluin & Hussein, 2020), resistencia y resurgencia de plagas disminuyendo su eficacia del fitosanitario (Ahmed et al., 2020; Chakraborty et al., 2020; DeGenring y Poleatewich, 2023), presencia de plagas secundarias que antes no causaban daño importante y fitotoxicidad en los cultivares afectando su desarrollo haciendo que la sustentabilidad de la producción se vea afectada (Ahmed et al., 2021). Además, es importante encontrar otras formas de control más amigables con el medio ambiente (Faizan et al., 2021; Sharma et al., 2019), mejorando el bienestar de los productores, eficiencia en el manejo de plagas y enfermedades (Chakraborty et al., 2020) y mejorando la calidad de las varas florales y cormos del gladiolo (Abdullah, y Sukar, 2021).

En este sentido, el quitosano viene a ser una alternativa prometedora en estos últimos años, siendo un biopolímero muy biodegradable extraído del caparazón de crustáceos (Abo-El-soud & El Kady, 2019), no tóxico para los vertebrados ni los humanos y cumple la función de agente antimicrobiano (Azmana et al., 2021; García-Carrasco et al., 2023; Oh et al., 2019; Tomke & Rathod, 2020; Vanti et al., 2020), provocando reacciones defensivas de plantas superiores por factores bióticos y abióticos (Mujtaba et al., 2020; Rishet et al., 2023; Román-Doval et al., 2023; Sun et al., 2023; Yu et al., 2021), efectivo en la eliminación de contaminantes en muestras de agua (Picos-Corrales et al., 2020), coadyuvante con metabolitos secundarios y biopesticidas (Ahmed et al., 2021; DeGenring et al., 2023), mejora la fotosíntesis actuando como bioestimulante en el crecimiento de plantas, elongación de las hojas y rendimiento, (Ahmed et al., 2021; Chakraborty et al., 2020; Chouhan & Mandal, 2021; García-Carrasco et al., 2023; Shahrajabian et al., 2021), puede usarse como nanofertilizante (Kumaraswamy et al., 2021), acción quelante de metales pesados (Luangapai et al., 2019), reduce el estrés ambiental y a la salinidad (Ambaye et al., 2022; Faizan et al., 2021; Hafez et al., 2020), producción de hidrogeles encapsulados por quitosano (Michalik & Wandzik, 2020) y uso como recubrimiento comestible de frutos y vegetales postcosecha (Adiletta et al., 2019; Ambaye et al., 2022; De Farias et al., 2019; Malerba & Cerana, 2019). Apuntando en el futuro hacia una agricultura más segura (Maluin & Hussein, 2020).

Descritas las siguientes razones, el presente estudio tiene como objetivo general: Determinar la dosis y

tiempo de sumersión de los cormos para el crecimiento y desarrollo del gladiolo (*Gladiolus* sp.) en Sicaya, Huancayo. Y como objetivos específicos: Determinar la dosis en mililitros de quitosano y tiempo de sumersión de los cormos óptimo para el crecimiento y desarrollo del gladiolo (*Gladiolus* sp.).

## 2. Métodos

El estudio se realizó en la campaña agrícola 2023-2024, localidad de Mantaro provincia de Jauja, región Junín. Se llevó a cabo el experimento agronómico en el cual se aplicó el método científico, realizando observaciones, descripciones y explicaciones de los eventos que ocurrieron durante el crecimiento y desarrollo de las fases evaluativas del estudio acorde a Tomiozzo et al., 2019. La etapa de campo fue la más relevante, en la que se efectuaron las siguientes evaluaciones: Siembra de una variedad local de Gladiolo de flor rosada en maceteros tipo tulipán N° 19, con dimensiones de 16.2 cm de alto x 18.8 cm de ancho x 18.8 cm de profundidad y capacidad de 1000 g, bajo un invernadero de 80 m<sup>2</sup>. El riego se realizó por sistema de nebulización automatizado, colocando un cormo por macetero, con un total de 4 maceteros por unidad experimental. El manejo del cultivo siguió las labores culturales convencionales de la zona central del país. Para la preparación de la solución de quitosano, se adquirió el producto al 99% de concentración y se aplicó en dosis de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% por litro de agua, sumergiendo los cormos de 30 a 60 minutos.

### 2.1. Parámetros agronómicos del gladiolo

En el estudio se consideró los parámetros vegetativos y productivos del gladiolo bajo condiciones de la sierra central del país. Se evaluó el porcentaje de emergencia, que indica la viabilidad de los bulbos al brotar. También se registró el número de hojas por cormo, que refleja el desarrollo de cada bulbo. La altura o longitud de la vara floral se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la espiga. Se midió el diámetro o grosor del tallo en su parte media con un vernier. Además, se contabilizó el número de varas florales y el número de flores por vara para determinar el potencial de floración. Se midió el ancho y la longitud de la flor individual cuando su apertura era completa. Finalmente, se registró el número de cormos por planta, el peso fresco total de los cormos cosechados, y los diámetros ecuatorial y polar de los cormos. Los datos cuantitativos se registraron desde la instalación hasta la obtención de los cormos.

Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con 11 tratamientos y 3 re-

peticiones, evaluando dosis y tiempo de sumersión de los cormos en un área total de 18 m<sup>2</sup>. Para diferenciar los tratamientos se realizó el Análisis de varianza y pruebas de Duncan a un nivel de significación del 95%.

### 2.2. Características de los Tratamientos

El diseño experimental consistió en un total de once tratamientos. Diez de ellos se derivaron de la combinación de dos factores: el tiempo de inmersión (30 y 60 minutos) y la dosis de quitosano (10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml y 30 ml al 1% por litro de agua). Adicionalmente, se incluyó un tratamiento control (testigo) sin aplicación de quitosano.

Los tratamientos del T1 al T5 correspondieron a la inmersión de los cormos durante 30 minutos en las cinco dosis de quitosano, respectivamente. De manera similar, los tratamientos del T6 al T10 consistieron en la inmersión durante 60 minutos en las mismas cinco dosis. El tratamiento T11 fue el grupo control. Los tratamientos se instalaron en el centro del invernadero para homogenizar las condiciones de luz, riego automatizado por nebulización y temperatura.

## 3. Resultados

### 3.1. Número de hojas en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024.

Para la variable número de hojas, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $F=1.78$ ,  $p=0.131$ ) ni entre las repeticiones. El experimento presentó un coeficiente de variabilidad del 13.73%, lo que indica que fue muy homogéneo.

### 3.2. Tamaño de planta (cm) en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024

Con respecto al tamaño de planta, se encontró una diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $F=2.52$ ,  $p=0.038$ ), pero no se observaron diferencias significativas entre las repeticiones.

### 3.3. Número de flores en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024.

En el caso del número de flores, el análisis reveló una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos ( $F=4.75$ ,  $p=0.001$ ), sin diferencias entre las repeticiones. El coeficiente de variabilidad fue del 17.45%, indicando un experimento homogéneo.

### 3.4. Número de días de apertura de flores en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024.

Se observó una diferencia estadística altamente significativa para el número de días hasta la apertura de la flor entre los tratamientos ( $F=17.81$ ,  $p<0.0001$ ),

sin encontrarse diferencias entre las repeticiones.

### 3.5. Longitud de vara en cm en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024.

Para la longitud de la vara floral, se encontró una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos ( $F=6.84$ ,  $p<0.0001$ ), mientras que entre las repeticiones no hubo diferencia estadística.

### 3.6. Radio de las flores en cm en la localidad de Mantaro, Campaña 2023-2024.

En cuanto al radio de las flores, el análisis de varianza mostró una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos ( $F=39.87$ ,  $p<0.0001$ ), mientras que para las repeticiones no se halló diferencia estadística.

### 3.7. Análisis de comparación de promedios ajustados por Duncan.

En la tabla 1, se puede observar la comparación de promedios ajustados por Duncan donde podemos observar que para la variable número de hojas, no hubo diferencia estadística entre los tratamientos, mientras que para el tamaño de planta se obtuvo los mejores resultados para los tratamientos T1, T2 y T5, quedando en segundo lugar los T3 y T4, para la variable número de flores se tiene mejores resultados en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, donde no muestran diferencias estadísticas, mientras que el T6, quedó en segundo lugar con respecto a los otros tratamientos. Con respecto a la variable número de días de apertura de flor, obtienen en primer lugar los tratamientos T1 y T6, quedando en segundo lugar el T2 y en tercer lugar el T3. Para la variable longitud de vara el T1 obtuvo el primer puesto, quedando en segundo lugar los tratamientos T2 y T3, seguido por los tratamientos T4 y T5, y quedando en último lugar el T6.

## 4. Discusión

El presente estudio a nivel de invernadero resalta la relevancia de la dosis de quitosano en el crecimiento y desarrollo de los gladiolos. Los tratamientos T1, T2 y T5, que recibieron 10 ml, 15 ml y 30 ml de quitosano, respectivamente, evidencian un efecto positivo significativo en el tamaño de la planta y en el número de flores, lo que puede relacionarse con las propiedades bioestimulantes del quitosano, que se ha documentado que mejora la calidad de los cultivos mediante la promoción del crecimiento vegetativo y la floración (Ambaye et al., 2022; DeGenring et al., 2023). Por

otro lado, la ausencia de diferencias estadísticas en el número de hojas entre los tratamientos podría sugerir que el quitosano actúa de manera más efectiva en ciertas fases del desarrollo de la planta, como la floración, en lugar de influir en el crecimiento foliar inicial. Además, la superioridad del tratamiento T1 en la longitud de vara indica que una dosis más baja puede optimizar la elongación del tallo, lo que contrasta con estudios previos que sugieren que dosis más altas pueden ser necesarias para maximizar todas las variables de crecimiento (García-Carrasco et al., 2023). Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque más detallado en el uso de quitosano, considerando no solo la dosis, sino también el momento y la duración de la aplicación para maximizar los beneficios en la producción de gladiolos.

### 4.1. Conclusiones

La investigación demuestra que el uso de 10 ml de quitosano al 1% durante 30 minutos de inmersión mejora significativamente el crecimiento y desarrollo del gladiolo, optimizando variables morfológicas como el número de hojas, el tamaño de la planta y la longitud de la vara, siendo prometedor su aplicación en campo abierto con diferentes frecuencias de aplicación.

### 4.2. Financiación

Esta investigación fue financiada por LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, mediante resolución RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0128-2023-DGA-UNCP

### 4.3. Agradecimientos

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible esta investigación. Agradecemos al personal del invernadero por su apoyo logístico, así como a nuestros colegas y asesores por sus valiosas orientaciones y críticas constructivas, que enriquecieron este estudio. También extendemos nuestro reconocimiento a la Universidad Nacional del Centro del Perú y sus oficinas quienes financiaron y respaldaron este proyecto, facilitando el acceso a recursos y materiales necesarios para llevar a cabo la investigación.

### 4.4. Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

### 4.5. Contribución de los autores

PSUG: Administración de proyecto. EBLG: Adquisición de financiación. ARLC, RVMC: Análisis formal. RVMC, EBLG: Curación de datos. PSUG, EBLD: Software. PSUG, ARLC, EBLG: Escritura - borrador original.

**Tabla 1**

*Análisis de comparación de promedios ajustados por Duncan para las variables de evaluación, en la localidad de Mantaro, periodo 2023-2024*

Tratamientos	Número de hojas	Tamaño de planta en cm	Número de flores	Número de días apertura de flor	Longitud de vara
Dosis a 10ml	7.25 ±0.27a	80.33 ±4.96a	13.42 ±0.68a	10.33 ±0.29a	43.00 ±2.54a
Dosis a 15ml	6.75 ±0.27a	78.58 ±4.96a	13.75 ±0.66a	9.17 ±0.29b	38.17 ±2.54ab
Dosis a 20ml	6.50 ±0.27a	70.17 ±4.96ab	14.42 ±0.68a	7.42 ±0.29c	40.00 ±2.54ab
Dosis a 25ml	7.08 ±0.27a	71.33 ±4.96ab	13.08 ±0.68a	7.75 ±0.29c	32.42 ±2.54b
Dosis a 30ml	7.27 ±0.29a	77.65 ±5.19a	15.08 ±0.71a	7.99 ±0.30c	34.19 ±2.66b
Control	6.44 ±0.29a	58.39 ±5.19b	10.63 ±0.71b	10.02 ±0.30a	23.76 ±2.66c

\*Las letras compartidas que no son diferentes son estadísticamente similares.

## Referencias

- Abo-Elsoud, M. M., & El Kady, E. M. (2019). Current trends in fungal biosynthesis of chitin and chitosan. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0105-y>
- Adiletta, G., Zampella, L., Coletta, C., & Petriccione, M. (2019). Chitosan Coating to Preserve the Qualitative Traits and Improve Antioxidant System in Fresh Figs (*Ficus carica* L.) *Agriculture*, 9(4), 84. <https://doi.org/10.3390/agriculture9040084>
- Ahmed, T., Noman, M., Luo, J., Muhammad, S., Shahid, M., Ali, M. A., Zhang, M., & Li, B. (2021). Bioengineered chitosan-magnesium nanocomposite: A novel agricultural antimicrobial agent against *Acidovorax oryzae* and *Rhizoctonia solani* for sustainable rice production. *International Journal of Biological Macromolecules*, 168, 834-845. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.148>
- Ambaye, T. G., Vaccari, M., Prasad, S., Van Hullebusch, E. D., & Rtimi, S. (2022). Preparation and applications of chitosan and cellulose composite materials. *Journal of Environmental Management*, 301, 113850. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113850>
- Azimi, M. H. (2020). Evaluation Yield and Genetically Factors in Different Cultivars of *Gladiolus*. *Ornamental Horticulture*, 26(1), 8-17. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v26i1.2027>
- Azmana, M., Mahmood, S., Hilles, A. R., Rahman, A., Arifin, M. A. B., & Ahmed, S. (2021). A review on chitosan and chitosan-based bionanocomposites: Promising material for combatting global issues and its applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 185, 832-848. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.023>
- Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M. A. R., Bhowmik, P., Mahmud, N. U., Tanveer, M., & Islam, T. (2020). Mechanism of Plant Growth Promotion and Disease Suppression by Chitosan Biopolymer. *Agriculture*, 10(12), 624. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120624>
- Chouhan, D., & Mandal, P. (2021). Applications of chitosan and chitosan based metallic nanoparticles in agrosiences-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166, 1554-1569. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.035>
- De Farias, B. S., Sant'Anna Cadaval Junior, T. R., & De Almeida Pinto, L. A. (2019). Chitosan-functionalized nanofibers: A comprehensive review on challenges and prospects for food applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 210-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.042>
- DeGenring, L., Peter, K., & Poleatewich, A. (2023). Integration of Chitosan and Biopesticides to Suppress Pre-Harvest Diseases of Apple. *Horticulturae*, 9(6), 707. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060707>
- Faizan, M., Rajput, V. D., Al-Khuraif, A. A., Arshad, M., Minkina, T., Sushkova, S., & Yu, F. (2021). Effect of Foliar Fertigation of Chitosan Nanoparticles on Cadmium Accumulation and Toxicity in *Solanum lycopersicum*. *Biology*, 10(7), 666. <https://doi.org/10.3390/biology10070666>

- García-Carrasco, M., Valdez-Baro, O., Cabanillas-Bojórquez, L. A., Bernal-Millán, M. J., Rivera-Salas, M. M., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2023). Potential Agricultural Uses of Micro/Nano Encapsulated Chitosan: A Review. *Macromol*, 3(3), 614-635. <https://doi.org/10.3390/macromol3030034>
- Hafez, Y., Attia, K., Alamery, S., Ghazy, A., Al-Doss, A., Ibrahim, E., Rashwan, E., El-Maghraby, L., Awad, A., & Abdelaal, K. (2020). Beneficial Effects of Biochar and Chitosan on Antioxidative Capacity, Osmolytes Accumulation, and Anatomical Characters of Water-Stressed Barley Plants. *Agronomy*, 10(5), 630. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050630>
- Kumaraswamy, R., Saharan, V., Kumari, S., Chandra Choudhary, R., Pal, A., Sharma, S. S., Rakshit, S., Raliya, R., & Biswas, P. (2021). Chitosan-silicon nanofertilizer to enhance plant growth and yield in maize (*Zea mays* L.) *Plant Physiology and Biochemistry*, 159, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.054>
- Luangapai, F., Peanparkdee, M., & Iwamoto, S. (2019). Biopolymer films for food industries: Properties, applications, and future aspects based on chitosan. *Reviews in Agricultural Science*, 7(0), 59-67. [https://doi.org/10.7831/ras.7.0\\_59](https://doi.org/10.7831/ras.7.0_59)
- Malerba, M., & Cerana, R. (2019). Recent Applications of Chitin- and Chitosan-Based Polymers in Plants. *Polymers*, 11(5), 839. <https://doi.org/10.3390/polym11050839>
- Maluin, F. N., & Hussein, M. Z. (2020). Chitosan-Based Agronanochemicals as a Sustainable Alternative in Crop Protection. *Molecules*, 25(7), 1611. <https://doi.org/10.3390/molecules25071611>
- Michalik, R., & Wandzik, I. (2020). A Mini-Review on Chitosan-Based Hydrogels with Potential for Sustainable Agricultural Applications. *Polymers*, 12(10), 2425. <https://doi.org/10.3390/polym12102425>
- Mujtaba, M., Khawar, K. M., Camara, M. C., Carvalho, L. B., Fraceto, L. F., Morsi, R. E., Elsabee, M. Z., Kaya, M., Labidi, J., Ullah, H., & Wang, D. (2020). Chitosan-based delivery systems for plants: A brief overview of recent advances and future directions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 683-697. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.128>
- Oh, J.-W., Chun, S. C., & Chandrasekaran, M. (2019). Preparation and In Vitro Characterization of Chitosan Nanoparticles and Their Broad-Spectrum Antifungal Action Compared to Antibacterial Activities against Phytopathogens of Tomato. *Agronomy*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010021>
- Picos-Corrales, L. A., Sarmiento-Sánchez, J. I., Ruelas-Leyva, J. P., Crini, G., Hermosillo-Ochoa, E., & Gutierrez-Montes, J. A. (2020). Environment-Friendly Approach toward the Treatment of Raw Agricultural Wastewater and River Water via Flocculation Using Chitosan and Bean Straw Flour as Bioflocculants. *ACS Omega*, 5(8), 3943-3951. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03419>
- Rios-Hernández, T. A., Uc-Varguez, A., & Evangelista-Martínez, Z. (2021). Biological Control of Fusarium Oxysporum Causal Agent of Gladiolus Corm Rot by Streptomycetes. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2105-3>
- Riseh, R. S., Vazvani, M. G., & Kennedy, J. F. (2023). The application of chitosan as a carrier for fertilizer: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 252, 126483. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126483>
- Román-Doval, R., Torres-Arellanes, S. P., Tenorio-Barajas, A. Y., Gómez-Sánchez, A., & Valencia-Lazcano, A. A. (2023). Chitosan: Properties and Its Application in Agriculture in Context of Molecular Weight. *Polymers*, 15(13), 2867. <https://doi.org/10.3390/polym15132867>
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable Agriculture Systems in Vegetable Production Using Chitin and Chitosan as Plant Biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819. <https://doi.org/10.3390/biom11060819>
- Sharma, A., Sood, K., Kaur, J., & Khatri, M. (2019). Agrochemical loaded biocompatible chitosan nanoparticles for insect pest management. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101079. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101079>
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., Petropoulos, S. A., & Shahrajabian, N. (2023). Developing Sustainable Agriculture Systems in Medicinal and Aromatic Plant Production by Using Chitosan and Chitin-Based Biostimulants. *Plants*, 12(13), 2469. <https://doi.org/10.3390/plants12132469>
- Tomke, P. D., & Rathod, V. K. (2020). Facile fabrication of silver on magnetic nanocomposite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Chitosan AgNP nanocomposite) for catalytic reduction of anthropogenic pollutant and agricultural pathogens. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 989-999. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.183>

- Uhlmann, L. O., Becker, C. C., Tomiozzo, R., Streck, N. A., Schons, A., Balest, D. S., Braga, M. D. S., Schwab, N. T., & Langner, J. A. (2019). A Cultura Do Gladiolo Como Alternativa de Diversificação e Renda Na Pequena Propriedade Familiar. *Ornamental Horticulture*, 25(2), 200-208. <https://doi.org/10.14295/oh.v25i2.1541>
- Vanti, G. L., Masaphy, S., Kurjogi, M., Chakrasali, S., & Nargund, V. B. (2020). Synthesis and application of chitosan-copper nanoparticles on damping off causing plant pathogenic fungi. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 1387-1395. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.179>
- Yu, J., Wang, D., Geetha, N., Khawar, K. M., Jogaiah, S., & Mujtaba, M. (2021). Current trends and challenges in the synthesis and applications of chitosan-based nanocomposites for plants: A review. *Carbohydrate Polymers*, 261, 117904. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117904>