

# La salud del suelo y el uso de bioestimulantes

## Soil health and the use of biostimulants



Luz Leticia Rivera-Solís<sup>1</sup>, Adalberto Benavides-Mendoza<sup>1</sup>, Armando Robledo-Olivo<sup>2</sup> y Susana González-Morales<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México C.P. 25315. <sup>2</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México C.P. 25315. <sup>3</sup>CONAHCYT-Universidad Autónoma Agraria Antonio. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México C.P. 25315.

\*Autor de correspondencia: sgonzalezmo@conahcyt.mx; qfb\_sgm@hotmail.com

### RESUMEN

A nivel mundial, el crecimiento demográfico ha generado un aumento en la demanda de alimentos, lo que ha impactado en la agricultura. Lo anterior ha incentivado al uso indiscriminado de insumos agrícolas como fertilizantes, plaguicidas, así como la sobre explotación del suelo y el agua con el fin de satisfacer la necesidad de alimentos. Sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos ha impactado negativamente en el medio ambiente, principalmente en los suelos agrícolas, que han presentado sobrefertilización, salinidad, e infertilidad de producción para los cultivos. Recientemente, se ha demostrado que el uso de bioestimulantes puede ser una herramienta en las prácticas agrícolas convencionales, que promueve el uso eficiente de insumos con el fin de aprovechar al máximo la productividad de los cultivos. En este sentido, los bioestimulante se definen como cualquier sustancia o producto que al aplicarse en cantidades adecuadas mejora una o más características de la planta, como la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés (biótico o abiótico), rasgos de calidad de frutos y la disponibilidad de nutrientes confinados en el suelo o la rizosfera. El objetivo de este artículo es dar a conocer el efecto de los bioestimulantes relacionados con el cuidado y la salud del suelo.

**Palabras clave:** Bioestimulación, fertilidad, producción de cultivos, remediación, salud del suelo.

### ABSTRACT

Globally, population growth has generated an increase in the demand for food and is putting pressure on agriculture, which has encouraged the indiscriminate abuse of agricultural inputs: fertilizers, agrochemicals, and the overexploitation of soil and water to satisfy food necessities. However, the excessive use of agrochemicals has negatively impacted the environment mainly in agricultural soils, which have presented overfertilization, salinity and infertility of crop production. Recently, the development of biostimulants has been shown a potential tool for conventional farming practices promoting the efficient use of inputs to maximize crop productivity. In this sense, biostimulants are defined as any substance or product that, when applied in adequate quantities, improves one or more characteristics of the plant such as efficiency in the use of nutrients, tolerance to stress (biotic or abiotic), quality traits of fruits and the availability of nutrients confined in the soil or rhizosphere. This review aims to present the effect of biostimulants on the care and health of the soil.

**Key words:** Biostimulation, crop production, fertility, remediation, soil health.

### INTRODUCCIÓN

La alta demanda de alimentos y la escasez de nuevas tierras agrícolas para el desarrollo de la agricultura en el futuro requerirá duplicar el rendimiento de los cultivos utilizando medios

sostenibles (M. Tahat et al., 2020). A esto se suma la degradación de la tierra, la deforestación, el calentamiento global y el cambio climático, siendo una problemática que impacta a todos los habitantes (Zandalinas et al., 2021). Además de la crisis alimentaria que se vive debido a múltiples factores como el

acceso, sobreproducción y desperdicio de alimentos que genera inseguridad alimentaria, también se incluye la falta de suelos agrícolas y sobre explotación de cultivos, así como prácticas poco sostenibles y preferencias del consumidor (Bahar et al., 2020). Sin embargo, satisfacer la demanda agrícola mediante el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos ha provocado la degradación del suelo, la contaminación ambiental de los agroecosistemas y la reducción en recursos no renovables principalmente el agua, lo que ha tenido un efecto adverso en los seres humanos, los animales y los ecosistemas acuáticos al comprometer la disponibilidad de alimentos para las generaciones futuras (Devarinti, 2016). El sector agroindustrial busca alternativas que le permitan una mayor producción de alimentos sin comprometer la

funcionalidad ecológica del suelo ni incrementar el costo ambiental (Semida et al., 2019). Recientemente, se ha demostrado que el uso de bioestimulantes representa una alternativa en la producción de cultivos debido al impacto positivo en la absorción de nutrientes, promoción de crecimiento, rendimiento y tolerancia a diferentes tipos de estrés (Du Jardin, 2015). En este sentido, el punto clave para el equilibrio en las actividades agrícolas depende del uso eficiente y el cuidado de recursos naturales disponibles, así como el desarrollo de estrategias como el uso eficiente de recursos, fertilizantes, agroquímicos y la comercialización óptima de alimentos para mantener la seguridad alimentaria y cumplir con la demanda del consumidor.

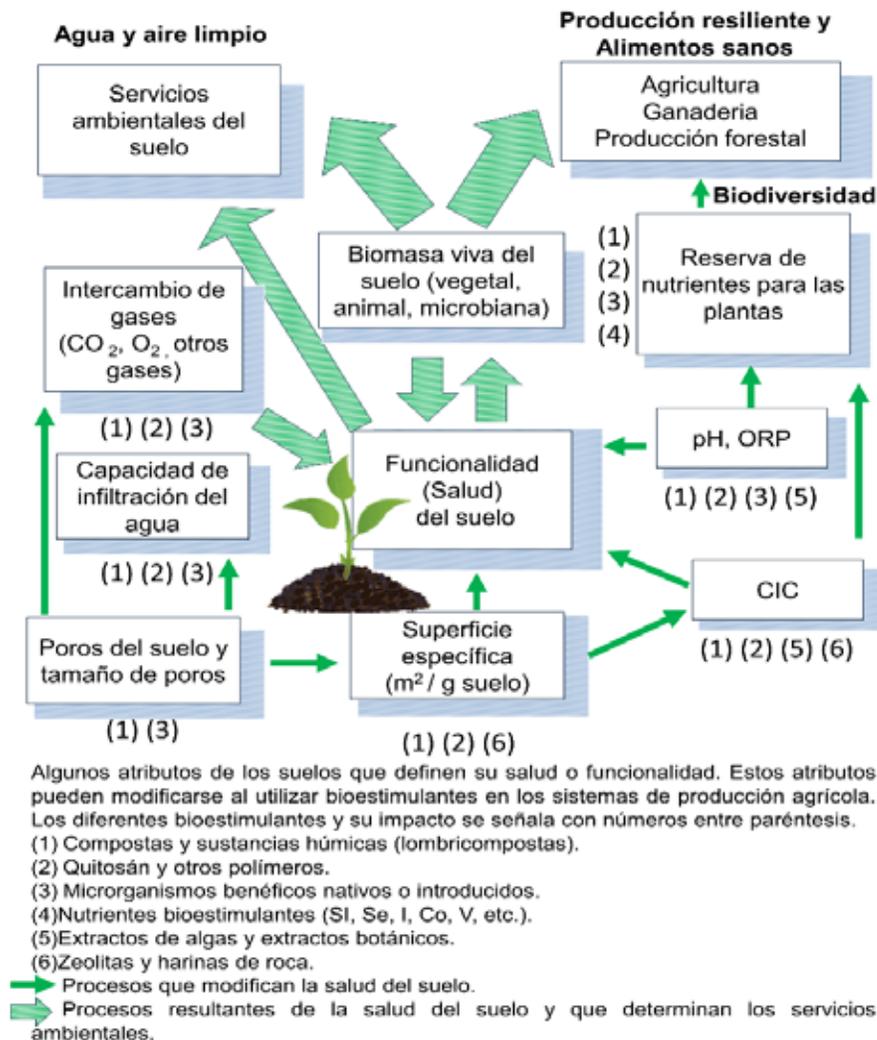


Figura 1. Salud del suelo y el uso de bioestimulantes.

## La salud del suelo

El suelo constituye un elemento integral de los ecosistemas, lo que significa que sin suelo, la vida en el planeta no puede prosperar (Herreño et al., 2023). La formación del suelo es el resultado de un proceso que lleva de cientos a miles de años denominado edafogénesis que implica la transformación de rocas que se rompen en pedazos diminutos por procesos naturales como la lluvia, cambios de temperatura y mineralización realizada por organismos como hongos, algas y bacterias, etc. (Foss y Segovia, 2020). En este sentido, la salud del suelo se puede definir como la capacidad de un suelo vivo para funcionar, dentro de los límites de un ecosistema natural o gestionado, para sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire y promover la salud de las plantas y los animales (Bouma et al., 2017). Un suelo sano es aquel que suprime los patógenos, mantiene la presencia de microorganismos (baterías y hongos) que descomponen la materia orgánica, inactiva los materiales tóxicos y recicla los nutrientes, la energía y el agua (Karlen et al., 1997). Existen parámetros que nos permiten monitorear la influencia del uso presente, pasado y futuro del suelo desde el uso agroindustrial, con el fin de conocer los atributos que mantienen la salud del suelo (Figura 1). Dentro de las cuales, la presencia de materia orgánica destaca, ya que es responsable de la capacidad de retención de agua y de nutrientes minerales, lo cual permite un mayor crecimiento de los organismos vivos, y funciona como un gran almacén de carbono (Hoffland et al., 2020). Así mismo, participa en el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo como pH, porosidad, aireación, flujo de agua, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), disponibilidad de minerales, entre otras (Hoffland et al., 2020). Otro aspecto fundamental que contribuye a la mejora de la productividad y fertilidad del suelo, es la presencia de microbiota como hongos, bacterias, nematodos, protozoos, algas, arqueas, virus y artrópodos, principalmente en la rizosfera, que es la zona que rodea a la raíz de las plantas y que a través de procesos biológicos impacta positivamente sobre la estructura, composición y productividad de las plantas, así mismo a la supresión de organismos patógenos, el ciclo de nutrientes y el almacenamiento de agua (Jacoby et al., 2017). Sin embargo, se ha encontrado que la biodiversidad mundial del suelo está amenazada debido a la intensificación de cultivos, así como de especies zootecnias que ha propiciado prác-

ticas agrícolas inadecuadas como la salinización del suelo, la acidificación, la compactación, la formación de costras, la deficiencia de nutrientes, la reducción de la biodiversidad y la biomasa de la biota del suelo, el desequilibrio hídrico y la alteración del ciclo elemental reduciendo la calidad del suelo (Lal, 2015). Por lo tanto, identificar las amenazas y las intervenciones sobre la biodiversidad del suelo es fundamental para la sostenibilidad agrícola global.

## Uso de bioestimulantes

La agricultura moderna se enfrenta a múltiples desafíos, dentro de los cuales el satisfacer la demanda de alimentos es prioridad, actualmente existen varias estrategias utilizadas en la producción agrícola que se enfocan en producir más con menos insumos (Devi et al., 2022). Durante décadas ha aumentado el uso de agroquímicos a nivel mundial, lo que ha provocado la acumulación de residuos tóxicos en el suelo, aire, agua y alimentos, así como la generación de resistencias en plagas, patógenos e impactos negativos derivados de la contaminación cruzada desde la producción de alimentos hasta su consumo final (Campos et al., 2019). Otro parámetro de contaminación, es el uso de fertilizantes en la producción de cultivos, ya que su eficiencia se reduce hasta un 50%, al no absorberse en su totalidad por las plantas y acumularse en el suelo (Leonardi et al., 2021). Por lo anterior, se requiere ofrecer alternativas sostenibles al uso de agroquímicos convencionales que permitan producir alimentos con menos recursos promoviendo su uso eficiente, reduciendo la contaminación y manteniendo la seguridad alimentaria (Maluin y Hussein, 2020). En este sentido, el uso de bioestimulantes en la agricultura se está convertido en una práctica común como complemento o alternativa a las prácticas tradicionales de producción, además de superar numerosos factores de estrés biótico y condiciones ambientales adversas (González de Molina et al., 2017). Los bioestimulantes se definen como productos que al aplicarse en cantidades adecuadas mejoran una o más de las siguientes características de la planta: eficiencia en el uso de nutrientes, tolerancia al estrés (biótico o abiótico), rasgos de calidad, o disponibilidad de nutrientes confinados en el suelo o la rizosfera (Du Jardin, 2015). Con base a su objetivo estos productos incluyen diversas sustancias bioactivas: (1) ácidos húmicos y fúlvicos, (2) hidrolizados de proteínas animales y vegetales, (3) extractos de algas y botánicos, (4) hongos benéficos, (5) bacterias benéficas y (6) biopolímeros como el quitosán

**Tabla 1.** Definición de categorías de bioestimulantes descritas por Du Jardin, (2015) y su efecto en el suelo.

Bioestimulante	Definición	Impacto en el suelo	Bibliografía
<b>Ácidos húmicos y fúlvicos</b>	Compuestos heterogéneos, producto final de la descomposición microbiana y de la degradación química de la biota muerta del suelo. Entre esos compuestos heterogéneos hay minerales, hormonas de crecimiento y aminoácidos que pueden dar condiciones beneficiosas para las plantas y adaptación al estrés por un mayor crecimiento de las raíces, entre otros efectos. Las sustancias húmicas se clasifican en tres fracciones principales según su solubilidad: ácido húmico (HA), ácido fúlvico (FA) y humina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mejoran propiedades físicas del suelo aireación, permeabilidad, mantenimiento de la capacidad del agua, transporte de iones y pH.</li> <li>· Incrementan disponibilidad de nutrientes a las plantas.</li> <li>· Reducen la movilidad y la disponibilidad iones metálicos tóxicos.</li> <li>· Promueven el desarrollo de microorganismos benéficos.</li> </ul>	{Islam et al., 2020}
<b>Hidrolizados de proteínas animales y vegetales</b>	Mezclas de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos que se fabrican a partir de fuentes de proteínas mediante hidrólisis parcial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Incrementa la actividad microbiana.</li> <li>· Mejora de la movilidad y solubilidad de los micronutrientes, en particular Fe, Zn, Mn y Cu.</li> <li>· Modificaciones en la arquitectura de las raíces de las plantas, en particular la longitud de las raíces, densidad y número de raíces laterales.</li> <li>· Un aumento en la actividad nitrato reductasa, glutamina sintetasa y quelato reductasa de Fe.</li> <li>· Incrementa la actividad de diversas enzimas de los cultivos involucradas en el metabolismo del carbono y nitrógeno.</li> </ul>	Colla et al., (2015)
<b>Extractos de algas y botánicos</b>	Extractos de macroalgas o microalgas de agua dulce o salada, así como extractos botánicos obtenidos por diferentes métodos de extracción de biomoléculas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Incrementa la capacidad de retención del agua.</li> <li>· Mejora el contenido de carbono, la textura, la agregación y la aireación del suelo.</li> <li>· Actúan como quelantes, mejorando la utilización de nutrientes minerales por las plantas.</li> <li>· Estimulan el crecimiento de las raíces.</li> </ul>	{Hamed et al., 2018; Ibraheem, 2007}
<b>Quitosán y biopolímeros</b>	El quitosano es un polisacárido natural que ha sido utilizado frecuentemente en el desarrollo de distintos materiales, debido a sus propiedades fisicoquímicas y biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Es un acarreador de fertilizantes incrementando su disponibilidad para las plantas.</li> </ul>	{Reyes Pérez, 2020; Yu et al., 2021}
<b>Microorganismos benéficos</b>	Microorganismos que cuando se aplican al suelo o a la planta, ayudan a aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas de cultivo, pueden ser nativos o inducidos. Existen diferentes microorganismos que utilizan varias estrategias, como fijar / solubilizar/ movilizar/reciclar nutrientes en el ecosistema agrícola para que sean beneficiosos para los cultivos, mejorando el crecimiento y la productividad de las plantas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Biorremediación beneficiando la salud del suelo y las plantas, formación de agregados del suelo, mejora de propiedades físicas.</li> <li>· Incremento en el procesamiento de materia orgánica.</li> <li>· Biopesticidas, ya que muchos de los microorganismos eliminan plagas que amenazan los cultivos.</li> <li>· Incremento en la disponibilidad de nutrientes.</li> <li>· Degradación y desintoxicación de compuestos orgánicos e inorgánicos nocivos que se acumulan en el suelo como sustancias contaminantes, que son el resultado de muchas actividades, incluidas las prácticas agrícolas.</li> </ul>	{Ortiz y Sansinenea, 2022}
<b>Zeolitas</b>	Son minerales de aluminosilicato cristalino altamente microporosos con estructuras tridimensionales conectadas tetraédricamente, generalmente contiene Si o Al como catión central, y cationes complementarios con carga extra estructural como K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> y Mg <sup>2+</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estabilizador de humedad.</li> <li>· Incremento en la CIC.</li> <li>· Eliminación de metales pesados.</li> <li>· Remediación de suelos calcareos.</li> <li>· Selectividad a macronutrientes</li> </ul>	{Raval et al., 2016}

(Rouphael y Colla, 2020). El uso de bioestimulantes da como resultado la alteración de los procesos metabólicos que dan lugar al uso más eficiente de recursos ambientales, crecimiento o rendimiento sustancialmente mayor y la activación de mecanismos de defensa, con lo cuales logran mitigar los diferentes tipos de estrés (Juárez-Maldonado et al., 2019). En la Tabla 1, se pueden observar las diferentes categorías de los bioestimulantes, así como su definición e impacto en el suelo

## CONCLUSIÓN

La salud del suelo es un aspecto indispensable para la producción de cultivos, que implica que se retome la importancia de su cuidado, mantenimiento y remediación. El uso de bioestimulantes, promueve una alternativa que se adapta a las prácticas agrícolas convencionales con la finalidad de aumentar la eficiencia de los cultivos y del uso de los recursos. Además, tienen un impacto benéfico en bajas concentraciones, lo que reduce altas dosis de aplicación y evita la contaminación en los agroecosistemas. Por lo anterior, las perspectivas a futuro de los bioestimulantes, es que reduzcan la aplicación de insumos sintéticos y potencialicen la producción de cultivos por su alta especificidad.

## LITERATURA CITADA

- Bahar, N.H.A., Lo, M., Sanjaya, M., Van Vianen, J., Alexander, P., Ickowitz, A., Sunderland, T., 2020. Meeting the food security challenge for nine billion people in 2050: What impact on forests. *Global Environmental Change*, 62, 102056. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102056>
- Bouma, J., Van Ittersum, M.K., Stoorvogel, J.J., Batjes, N.H., Droogers, P., Pulleman, M.M., 2017. Soil capability: exploring the functional potentials of soils., *Global soil security*. 27-44.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., Rouphael, Y., 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>
- Devarinti, S. R. (2016). Natural farming: eco-friendly and sustainable. *Agrotechnology*, 5, 147.
- Devi, P. I., Manjula, M., & Bhavani, R. V. (2022). Agrochemicals, environment, and human health. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 399-421.
- du Jardin, P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Foss, J.E., Segovia, A. V., 2020. Rates of soil formation. In *Groundwater as a Geomorphic Agent: Binghamton Geomorphology Symposium*, 13 (Vol. 18). Routledge.
- Hamed, S.M., Abd El-Rhman, A.A., Abdel-Raouf, N., Ibraheem, I.B.M., 2018. Role of marine macroalgae in plant protection & improvement for sustainable agriculture technology. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 7, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.08.002>
- Herreño, B., De la Colina, F., Delgado-Iniesta, M.J., 2023. Edaphosphere: A Perspective of Soil Inside the Biosphere. *Earth*, 4, 691–697. <https://doi.org/10.3390/earth4030036>
- Hoffland, E., Kuyper, T.W., Comans, R.N.J., Creamer, R.E., 2020. Eco-functionality of organic matter in soils. *Plant Soil* 455, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9>
- Ibraheem, I.B.M., 2007. Cyanobacteria as alternative biological conditioners for bioremediation of barren soil. *Egyptian Journal of Phycology*, 8, 99–116.
- Islam, M. A., Morton, D. W., Johnson, B. B., & Angove, M. J. (2020). Adsorption of humic and fulvic acids onto a range of adsorbents in aqueous systems, and their effect on the adsorption of other species: A review. *Separation and Purification Technology*, 247, 116949.
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., Kopriva, S., 2017. The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.* 8, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617>
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—current knowledge and future directions. *Frontiers in plant science*, 8, 1617.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- Lal, R., 2015. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* 7, 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Latham, J., 2021. The myth of a food crisis, in: *Rethinking Food and Agriculture*. Elsevier, pp. 93–111. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816410-5.00005-0>
- Leonardi, M., Caruso, G.M., Carroccio, S.C., Boninelli, S., Curcuruto, G., Zimbone, M., Allegra, M., Torrisi, B.,

- Ferlito, F., Miritello, M., 2021. Smart nanocomposites of chitosan/alginate nanoparticles loaded with copper oxide as alternative nanofertilizers. *Environmental Science: Nano* 8, 174–187. <https://doi.org/10.1039/d0en00797h>
- M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., I. Leskovar, D., 2020. Soil Health and Sustainable Agriculture. *Sustainability* 12, 4859. <https://doi.org/10.3390/su12124859>
- Ortiz, A., Sansinenea, E., 2022. The Role of Beneficial Microorganisms in Soil Quality and Plant Health. *Sustainability* 14, 5358. <https://doi.org/10.3390/su14095358>
- Raval, N.P., Shah, P.U., Shah, N.K., 2016. Adsorptive removal of nickel(II) ions from aqueous environment: A review. *Journal of Environmental Management*, 179, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.045>
- Reyes Pérez, D.J.J., 2020. Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotecnia* 22, 156–163. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1338>
- Semida, W. M., Beheiry, H. R., Sétamou, M., Simpson, C. R., Abd El-Mageed, T. A., Rady, M. M., & Nelson, S. D. (2019). Biochar implications for sustainable agriculture and environment: A review. *South African Journal of Botany*, 127, 333–347.
- 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.
- Zandalinas, S. I., Fritschi, F. B., & Mittler, R. (2021). Global warming, climate change, and environmental pollution: recipe for a multifactorial stress combination disaster. *Trends in Plant Science*, 26(6), 588–599.
- Zhu, Y.-G., Zhao, Y., Zhu, D., Gillings, M., Penuelas, J., Ok, Y.S., Capon, A., Banwart, S., 2019. Soil biota, antimicrobial resistance and planetary health. *Environment International*, 131, 105059. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105059>