



Biofortificación con zinc aliado en la salud humana

Orlanda T. García-González¹
Damaris L. Ojeda-Barrios^{1*}
Ma. Teresa Martínez-Damián²
Oscar Cruz-Álvarez¹
Marisela Calderón-Jurado¹

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, 31350, México

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, 56230, México

*Autor para correspondencia: dojeda@uach.com.mx

El zinc (Zn) es muy importante en el desarrollo y funcionamiento cerebral, su deficiencia afecta a gran parte de la población mundial y es un factor de riesgo para diversas enfermedades. Asimismo, la biofortificación es una alternativa eficiente para promover la bioacumulación del Zn en la planta aunado al uso de nanopartículas ha demostrado incrementar la concentración de micronutrientes y la resistencia al estrés de las plantas.

Introducción

La importancia del Zn en la nutrición es innegable, ya que este microelemento desempeña un papel crucial en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos en los organismos vivos. En este contexto, la deficiencia de Zn puede tener consecuencias significativas, afectando la salud de manera general. A pesar de su importancia, la deficiencia de este elemento persiste como un problema global, afectando aproximadamente un tercio de la población mundial. La biofortificación con nanopartículas destaca como una estrategia prometedora en la mejora de la nutrición mineral con un menor impacto en la contaminación y degradación del suelo.





Importancia del zinc en la nutrición

En plantas, animales y seres humanos, el Zn representa uno de los microelementos esenciales. La carencia de Zn en las plantas puede ocasionar problemas significativos, ya que este elemento desempeña un papel crucial en procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales como polinización, fotosíntesis, síntesis de proteínas, función antioxidante, polinización, así como los mecanismos de regulación y defensa contra enfermedades (Fig. 1). Por otro lado, en animales y humanos, el Zn cumple con funciones catalíticas, estructurales y reguladoras actuando como cofactor y componente de más de 300 enzimas, se distribuye en todas las células, tejidos, fluidos y secreciones, con concentraciones relativamente elevadas en alguno de ellos.

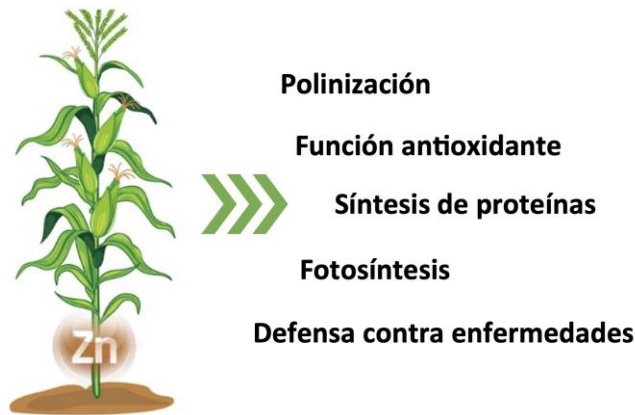


Figura 1. Beneficios del Zn en las plantas.

Aunado a esto, se reporta que el 85 % del Zn en el cuerpo humano se encuentra en los músculos y huesos, mientras entre el 11% y el 14% está en la piel, el pelo y el hígado. Menos del 1% se halla en el sistema circulatorio, lo que significa que no existen grandes reservas corporales intercambiables capaces de responder a variaciones a corto plazo en la ingesta del zinc. Es por ello, que se requiere suministro regular y adecuado de Zn en las dietas.

Deficiencia del zinc en la nutrición

A pesar de su relevancia, la deficiencia de Zn se sitúa en la 17ª posición entre los 20 factores más significativos en los seres humanos causantes de enfermedad o muerte a nivel mundial, y ocupa la 5ª posición entre los factores más relevantes en los países desarrollados.

**El Zn ha ganado
interés científico y
social debido a su
importancia para el
correcto desarrollo y
funcionamiento del
cerebro humano**





En la población mundial la deficiencia de Zn se sitúa en la 17ª posición entre los 20 factores más significativos causantes de enfermedad o muerte



Aproximadamente un tercio de la población mundial enfrenta deficiencia de Zn, lo que incluye alrededor de 450,000 niños menores de 5 años, esta deficiencia puede dar lugar a diversas enfermedades, como la depresión inmunológica, enfermedades cardíacas, asma, pérdida de apetito, del olfato y del gusto, trastornos gastrointestinales, anorexia, enfermedades renales, ciertos tipos de cáncer, arteriosclerosis, anemia, entre otras.

En los hombres adultos, la deficiencia de Zn puede conducir a la hiperplasia prostática, afectando la función reproductiva y la fertilidad. En mujeres embarazadas, puede provocar una disminución de las células cerebrales de los fetos, afectando su desarrollo. Además, en niños, puede causar enfermedades infecciosas como neumonía, diarrea, debilidad del sistema inmune, bajo crecimiento, daño intelectual y retraso en la cicatrización (Fig. 2). Por otra parte, la disgeusia, originada por la falta de zinc, se presenta con una disminución de la percepción del gusto, un sabor desagradable en la boca y la incapacidad de saborear los alimentos de manera adecuada. Esto evidencia la notable influencia de la salud del suelo en la cantidad y calidad de los alimentos disponibles.

Debilidad del sistema inmune



Figura 2. Enfermedades en niños causadas por la deficiencia de Zn.



Biofortificación: estrategia para aumentar la nutrición humana

En los últimos tiempos, se ha sugerido un enfoque alternativo conocido como biofortificación, que se presenta como una estrategia a largo plazo para mejorar la nutrición mineral. Este método se concentra en elevar las cualidades nutricionales de los cultivos mediante el incremento tanto de los niveles de minerales como de su biodisponibilidad de manera natural. Diversos estudios de biofortificación de Zn en diferentes cultivos como frijol, soya, papa, trigo entre otros han mostrado ser una alternativa para poblaciones vulnerables en países en desarrollo.

La aplicación edáfica y foliar de Zn incrementa su concentración total de este micronutriente en las partes comestibles de las plantas.



Por otra parte, se ha evidenciado que la aplicación foliar de Zn incrementa las concentraciones totales en las partes comestibles de las plantas, tanto en suelos deficientes como en aquellos con niveles adecuados de este micronutriente. Este es aplicado mediante aplicación foliar puede ser absorbido por la hoja y posteriormente transportado a otras partes de la planta a través del xilema y el floema. Según el momento en el que se realiza la aspersión foliar de Zn influye en la eficacia del tratamiento, este método se potencializa en la fase reproductiva, lo que contribuye a incrementar este nutriente en las partes comestibles de las plantas. Este proceso implica que la mayor proporción de Zn acumulado sea de origen orgánico, lo que lo hace más asimilable por el organismo.

Biofortificación con nanopartículas En la actualidad, la nanotecnología, que implica el uso de partículas con un tamaño ≤ 100 nm, ha resuelto diversos problemas en varios campos científicos, incluyendo la industria y la agricultura. En comparación con los fertilizantes convencionales, los fertilizantes clasificados como nanopartículas (NPs), como el óxido de zinc (ZnO), se destacan por su mayor superficie específica, relación superficie-volumen y cinética de liberación controlada (Fig. 3). Estas características mejoran la eficiencia de absorción y permiten suministrarlos en concentraciones bajas con resultados equiparables o superiores a los obtenidos con sus compuestos nativos.



La biofortificación con nanopartículas se destaca como una estrategia prometedora en la mejora de la nutrición mineral.

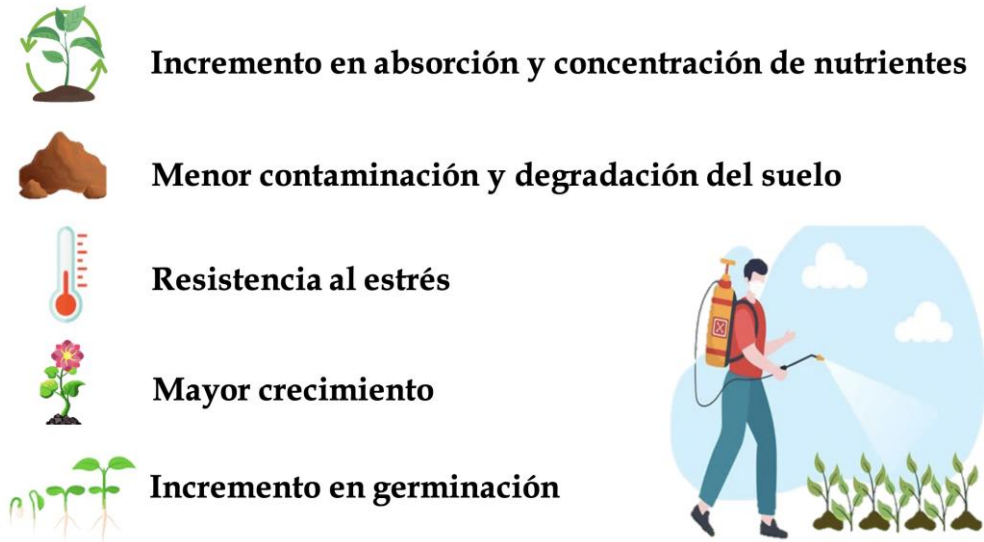


Figura 3. Beneficios de la biofortificación con nanopartículas de Zn.

Conclusiones

El zinc (Zn) es un microelemento que desempeña un papel crucial en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos en los organismos vivos. Sin embargo, la deficiencia de Zn es causante de diversas enfermedades o muerte, específicamente en niños y mujeres embarazadas en un tercio de población mundial es por ello, que la biofortificación con Zn, aunada a la aplicación de nanopartículas, emerge como una respuesta innovadora y efectiva para abordar la deficiencia de Zn, contribuyendo a la mejora de la nutrición y la salud humana a nivel global.

Literatura recomendada

Ojeda-Barrios, D.L., Cruz-Álvarez, O., Sánchez-Chavez, E., Ciscomani-Larios, J.P. 2023. Effect of foliar application of zinc on annual productivity, foliar nutrients, bioactive compounds and oxidative metabolism in pecan. *Folia Hort.* 35(1): 179-192. DOI: 10.2478/fhort-2023-0014.

Bautista-Díaz, J., Cruz-Alvarez, O., Hernández-Rodríguez, O.A., Sánchez-Chávez, E., Jacobo-Cuellar, J.L., Preciado-Rángel, P., Ávila-Quezada, G.D., Ojeda-Barrios, D.L. 2022. Aplicaciones de sulfato de zinc o nanopartículas de zinc a las hojas de frijol ejotero. *Folia Horticulturae*, 33(2), 365-375 DOI: <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0028>

Palacio-Márquez, A., Ramírez-Estrada, C. A., Gutiérrez-Ruelas, N. J., Sánchez, E., Ojeda-Barrios, D. L., Chávez-Mendoza, C., & Sida-Arreola, J. P. 2021. Eficacia de la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc frente a nitrato de zinc complejado con quitosano sobre la asimilación de nitrógeno, la actividad fotosintética y la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, 288, 110297.



Semblanzas de autores

Orlando T. García-González. IPCH por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo el 2do lugar, en el II Encuentro de jóvenes investigadores de IES Chihuahua 2015. Laboró en Innovak Global con cuatro años de experiencia como analista de investigación y uno en ventas. Artículo publicado en The Plant Pathology Journal 2018. Actualmente estudia la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas.

Damaris L. Ojeda-Barrios. Doctora en Ciencias Agrícolas (Horticultura) por la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Profesora-investigadora en fisiología y nutrición vegetal a nivel licenciatura y posgrado en Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora Nacional nivel 2 por el SNII-CONAHCYT. Cuenta con reconocimiento por el Consejo Mexicano de la Nuez (COMENUEZ).

Ma. Teresa Martínez-Damián. Doctora en Fisiología Vegetal por el Colegio de Posgraduados. Es Profesora-Investigadora en la disciplina de Fisiología de Postcosecha de Productos hortícolas, a nivel Licenciatura, Maestría y Doctorado. En la Universidad Autónoma Chapingo. Pertenece al núcleo básico del Programa de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la UACH. Cuenta con la distinción de Investigador Nacional Nivel 1 otorgado por el SNII-CONAHCYT.

Oscar Cruz-Álvarez. Doctor en Ciencias en Horticultura por la Universidad Autónoma Chapingo. Es profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es investigador nacional nivel 1 en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

Marisela Calderón-Jurado. Ingeniera Hortícola con Maestría en Ciencias Hortofrutícola por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Colaboradora del Cuerpo Académico CA-UACH-17 Hortofruticultura, participación como ponente en Congresos Nacionales e Internacionales, seminarios académicos, consejera estudiantil, línea de investigación en frutales de Zona Templada, Flores comestibles.



Terra Latinoamericana,
revista científica de la
Sociedad Mexicana de la
Ciencia del Suelo A.C., se
incluye en el Journal Citation
Reports™ y obtiene su
primer Factor de Impacto
luego de 41 años de edición.

