

Aspectos Fisiológicos del ZINC:

1. Se absorbe como catión Zn^{+} .
2. Se encuentra adsorbido como $ClZn^{+}$ o como $Zn(OH)^{+}$.
3. El maíz absorbe hasta el 60% del Zn disponible en suelo, mientras que el tomate hasta el 30%.
4. El principal responsable de la disminución de la disponibilidad del Zn es el pH por sobre el Ca.
5. CAKMAK, 1988 - La absorción del Zn disminuye a medida que aumenta la concentración de P en la solución del suelo.
6. MARSCNER & SCHROPP, 1977 - Vides sobre pies 5BB y 8B con escaso desarrollo radicular, disminuye el crecimiento a medida que aumentan los tenores de P disponibles.
7. MARSCHNER & SCHROPP, 1977 - sobre pies 143 AM G, 125AA, 26G y 5C, el P disminuye la absorción de Zn sin mostrar deficiencias foliares.
8. La principal causa de la deficiencia de Zn inducida por P, no es la precipitación de fosfato de Zn per se, sino un progresivo aumento de la incapacidad de la planta para trasladarlo acrópetamente. Si puede producirse precipitaciones de $(PO_4)_2Zn_3$ en las proximidades de los haces vasculares.
9. El efecto anterior se acentúa con condiciones de deficiencia de Zn en suelo.
10. TRIER & BERGAMNN, 1972 - El mejor indicador de la deficiencia de Zn en la planta está dada por la relación P:Zn de los tejidos, más que el contenido absoluto de Zn en la planta.
11. Ejemplo de relación P:Zn en maíz:

Óptimo	106-151
Deficiencia de Zn	>231
Deficiencia de P	<80

12. Con contenidos de P de 0,38% y relaciones P:Zn > 280 con seguridad hay deficiencia de Zn.
13. Otros valores para caracterizar la deficiencia de Zn en planta:

P:Zn	aprox. 65	Óptimo
P:Fe	aprox. 12	
Fe:Zn	aprox. 5	

14. BLASL & MAYR, 1978 - En suelos ácidos, la mayor disponibilidad de Fe potencia la deficiencia de Zn ya que el Fe bloquea los sitios de unión del Zn.
15. BRAR, 1974 -El aumento de la concentración de P, inhibe la traslocación del Zn.
16. CAKMAK, 1988 - En vides, con tenores de P de 0.22% normalmente no se aprecia la deficiencia de Zn, pero con tenores de 1.2%, la deficiencia es muy visible.
17. CAKMAK & MARSCNER, 1988 - Los brotes presentan una especie de mecanismo de feedback, el cual, ante la detección de las condiciones de deficiencia de Zn, controla la absorción y traslocación de P.
18. MARSCNER & SCHROPP, 1977 - La relación P:Zn para vid está en el orden de 100.
19. LONERAGAN, 1978 - Es de la opinión que la ocurrencia de necrosis en hojas viejas, es más debido a una toxicidad con P que a una deficiencia de Zn inducida, especialmente cuando los contenidos de Zn en las hojas no son tan bajos. Pero si los contenidos de Zn son bajos en las hojas, pueden aparecer también síntomas de deficiencia de Zn, por ej: bronceados y clorosis en hojas viejas y menor tamaño en hojas nuevas, con o sin clorosis.
20. La absorción de Zn puede ser inhibida por la presencia de otros metales pesados en la planta en altas concentraciones, por ej: Mn, Fe y Cu debido a su mayor facilidad de quelación con los ácidos orgánicos de las plantas. La traslocación también puede verse inhibida. Por otro lado, altos contenidos de Zn, pueden inhibir la absorción y uso del Fe.

21. La movilidad del Zn en las plantas es pobre, pero mejor que la del Fe, B y Mo.
22. La concentración de Zn siempre disminuye acropetalamente, desde las raíces hacia el extremo superior de la planta aunque los niveles de P no sean particularmente altos.
23. En Vides, el Zn es fuertemente adsorbido en las paredes de los haces vasculares. Cuando la relación N:Zn es muy alta, se forman muchos complejos Zn-proteínas, reduciendo la movilidad del Zn y contribuyendo a la deficiencia.
24. La movilidad del Zn es mucho mayor en hojas nuevas que en hojas viejas.
25. CAKMAK, 1988 - Las plantas deficientes en Zn descargan a la rizósfera aminoácidos, fenoles, carbohidratos, NO_3^- y K^+ como consecuencia del aumento de la permeabilidad de la membrana de las raíces, el cual es prevenido por el Zn, ya que este elemento protege a las membranas contra los efectos oxidativos de los radicales O_2 libres.
26. LEECE, 1976 - En suelos alcalinos, en maíz pueden observarse deficiencias de Zn aún con niveles foliares de 20 ppm, los cuales pueden eliminarse pulverizando con Zn, aunque no se aprecien mejoras en los tenores de los tejidos, pero en estos casos si se aumentó el nivel de B de los tejidos.
27. LEECE, 1976 - Se necesita un adecuado nivel de B para obtener un eficiente uso del Zn.
28. MICHAEL, 1980 - Elevados niveles de P en Plantas, lleva al aumento de la síntesis de Fitina y por ende a la inmovilización del Ca, Mg, Fe y Zn en cereales. En estos cultivos, la disponibilidad biológica del Zn depende de las relaciones Fitina:Zn.
29. Es un activador de numerosas enzimas junto con el Mg^{+2} y el Mn^{+2} . En este sentido puede producirse la activación de enzimas dependientes del Mg y del Mn por parte del Zn, por ejemplo: ácido pirúvico carboxilasa, oxalacética carboxilasa, fosfatasa ácida, fosfatasa alcalina, enolasas, aldolasas.
30. Anhidrasa carbónica contiene Zn. Importante en los cloroplastos. Responsable de la reacción:

$$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3\text{H}^+$$
31. Interviene directamente en varias peptidasas, por ej. dehidropeptidasas, dipeptidasas y carboxypeptidasas, por lo que directamente está implicado en el metabolismo de las proteínas y por ende en el metabolismo del Nitrógeno.
32. Plantas deficientes en Zn normalmente presentan una gran acumulación de aminoácidos libres en sus tejidos debido a la imposibilidad por parte de la planta de continuar con la síntesis normal de proteínas, especialmente glutamina, asparagina y fenilalanina.
33. Se produce acumulación de NO_3^- en plantas deficientes en Zn debido a la inhibición de la transferencia de H en la cadena redox, debido a la carencia de la enzima diaforasa, de acuerdo a la reacción catalizada en el punto 30.
34. CAKMAK, 1988 - Demostró en plantas deficientes en Zn, se produce una mucho menor absorción de aniones, especialmente NO_3^- , y que con agregado de Zn a la solución nutritiva se potenció la absorción de NO_3^- , aumentando el pH de la rizósfera. La deficiencia de Mn no causa este efecto.
35. El Zn interviene en la síntesis de ARN, por lo que interviene directamente en la síntesis de proteínas. El efecto en este sentido puede ser similar al de la deficiencia de N.
36. Su rol en el metabolismo de las auxinas no está discutido. Este es a través de la síntesis de Triptofano.
37. El Zn cataliza la reacción por la cual los radicales libres de O_2 pasan a H_2O_2 por medio de la enzima SOD (súper óxido dismutasa). En ausencia de Zn se produce acumulación de radicales O_2 y por ende mayor actividad por parte de estos, llevando a la destrucción oxidativa del AIA, especialmente en presencia de elevada luminosidad.
38. La SOD también es una inhibidora de la NADPH-oxidasa, por lo que también protege a las membranas celulares de los radicales O_2 libres.
39. En tomate puede degradarse hasta el 50% del AIA, antes que aparezca la deficiencia de Zn en la planta.

40. La deficiencia de Zn causa anormalidades en el proceso de división celular, por lo que este termina antes de lo previsto. Esto produce anormalidades en la diferenciación del cambium por lo que no hay crecimiento secundario provocando que los entrenudos no elonguen y por lo tanto se produce la típica roseta o el crecimiento arbustivo de la planta. En este proceso el Zn interactúa con el Mn y B.
41. El Zn no sólo promueve la síntesis de AIA, vía Triptofano, sino que además lo protege de la degradación oxidativa vía SOD.
42. La deficiencia de Zn, Mn y/o B lleva siempre a una alteración en el crecimiento.
43. SHKOLK'NIK, 1975 - La deficiencia de Zn altera la normal síntesis de AG_3 . Sin embargo no se observaron efectos sobre el ABA o las CYT.
44. La síntesis de NAD y NADP es catalizada por el Zn, por lo que en plantas deficientes en Zn, las reacciones redox se ven muy afectadas, por lo que la liberación de hidrogeniones es la que más se ve perjudicada.
45. El Cu^+ y el Mn^{+2} aceleran los procesos de oxidación en las plantas promoviendo la formación de compuestos altamente oxidados. En contraste el Zn previene los procesos de oxidación, permitiendo la transferencia de H^+ desde los agentes reductores hacia los oxidantes.
46. La alteración de los procesos redox produce una desorganización del metabolismo del P. Inhibe la fosforilación de la glucosa y consecuentemente deprime la síntesis de almidón. La incompleta oxidación de los carbohidratos lleva a un enriquecimiento en compuestos pseudo grasos como la lecitina en los cloroplastos y sustancias fenólicas en las vacuolas. Esto puede producir los síntomas de bronceado de las hojas en plantas deficientes en Zn por la acumulación de taninos.
47. Fotosíntesis - El N° de cloroplastos en plantas deficientes en Zn también es mucho menor sumado a que interviene directamente en la síntesis de los citocromos. Hace que el Zn juegue un rol fundamental en la fotosíntesis.
48. Los cloroplastos se presentan muy vacuolizados con poca acumulación de almidón por lo que los contenidos de clorofila también son menores. Estos daños se aprecian más marcadamente en condiciones de alta intensidad luminosa.
49. Excesivos niveles de Zn pueden provocar una menor síntesis de clorofila por perturbar la absorción normal de Fe.
50. Las plantas deficientes en Zn, reducen su acción de catálisis y aumenta su acción peroxidasa, similar a la inducida por la deficiencia de Mn. Aumenta la acción de las Polifenoloxidasas como en el caso del B, Mo, Fe o Mn.
51. Plantas con adecuados niveles de Zn contiene más. vitaminas de los grupos B, C y P.
52. La deficiencia de Zn tiene efectos negativos en la fructificación y en la embriogénesis.