

Nutrición Hierro y Metalosate® Hierro

Hierro en el Suelo, Sus Características y Su Disponibilidad a las Plantas

El contenido de hierro en la corteza del suelo por peso es aproximadamente 5 por ciento. Invariablemente hierro está presente en todas las suelos, con la mayoría sostenida dentro de la celosía de cristales de numerosos minerales, convirtiendo a la mayoría no disponible para la necesidad nutricional de las plantas. Ya que la mayoría de los minerales que contienen hierro erosionan, se forma óxido de hierro. Las solubilidades de estos óxidos de Fe^3 son extremadamente bajos.

Generalmente, la concentración de hierro soluble de hierro en el suelo es extremadamente baja cuando se compara con la concentración total de hierro. Las formas inorgánicas solubles incluyen Fe^{2+} , $Fe(OH)^{2+}$ y Fe^{2+} . En el caso de suelos bien aireadas, Fe^{2+} contribuye muy poco al hierro soluble inorgánico total salvo bajo condiciones altas en pH. Cuando uno considera Fe^{3+} , “el nivel de solubilidad llega un mínimo en el rango de pH entre 7.4-8.5.”¹ El resultado es que suelos ácidos son relativamente más altas en hierro soluble inorgánico que suelos con mucho calcio donde los niveles pueden ser extremadamente bajos.

Utilización de Hierro por las Plantas

Mucha evidencia experimental sugiere que el transporte de hierro a través de la membrana de la plasma está estrechamente unida a la reducción de Fe^{3+} . El hierro absorbido por las plantas es Fe^{2+} . Hierro tiene la habilidad

de difundirse a las paredes de las células y las regiones intercelulares de las plantas. Cuando hierro se mueve a estas regiones, rápidamente se oxida a Fe^{3+} debido al aumento en pH. La habilidad de la planta para reducir Fe^{3+} se hace severamente retrasado debido a niveles generalmente más altos que óptimo de pH. A menudo, lo que esto indica es que debido a pH más alto en las regiones apoplásticas de la planta, hierro hallado en estas áreas está en un estado que no está metabólicamente activo (Fe^{3+}). Esto indica que “clorosis frecuentemente aparece en suelos con mucho calcio y suelos salinas con un pH alto

no es una consecuencia de baja solubilidad de Fe en el suelo debido a alto pH sino que resulta de alto pH en el suelo que impregna el apoplasto de la raíz para retrasar la reducción de $[Fe^{3+}]$.”



Deficiencia de Hierro en Cítrico
Fotografía con permiso por el Potash & Phosphate Institute

Hierro tiene la fuerte tendencia de formar quelatos y está caracterizado por su relativa facilidad por la cual puede cambiar valencia. Esto lo hace extremadamente valioso para catalizar muchas reacciones fisiológicas

dentro de plantas. Se ha mostrado “que en hojas deficientes en Fe la tasa de fotosíntesis disminuyó por unidad de área pero no por unidad de clorofila indicando que el aparato de fotosíntesis se mantiene intacto pero que el número de unidades fotosintéticas fue disminuida. Los resultados muestran que al aumentar la intensidad de la deficiencia de Fe y al caer la clorofila por unidad de área en la hoja, contenido de proteína por área en la hoja, volumen de la célula de la hoja, y número de cloroplasto todos fueron inafectados, pero que el volumen de cloroplasto y la cantidad de proteína por cloroplasto cayó dramáticamente.”²⁴ Esto indica que hierro está involucrado



Deficiencia de Hierro en Maíz

Fotografía con permiso por el Potash & Phosphate Institute

en el metabolismo de proteína tanto como el síntesis de ADN y ARN.

“Como regla, la deficiencia de hierro tiene mucho menos efecto en el crecimiento de la hoja, el número de células por unidad de área, o número de cloroplastos por célula que del tamaño de cloroplastos y contenido de proteína por cloroplasto. Únicamente con la severa deficiencia de hierro es la división de células también reprimida y, así, el crecimiento de la hoja está reducida. Se requiere hierro para síntesis de proteína, y el número de ribosomas—los sitios de síntesis de proteína—disminuye en las células de hojas deficientes en hierro.”⁵

Hierro en la Nutrición de Cosechas

La concentración de hierro en los tejidos de plantas verdes está en el rango de 50 a 150 ppm. El hierro total en el suelo siempre está en exceso en los requisitos de cosechas, ilustrando que cuando la deficiencia en las cosechas ocurre, siempre tiene que ver con la disponibilidad de hierro en el suelo.

Trabajo hecho por Clarkson y Sanderson (1978)⁶ indicaron que sólo las puntas de las raíces y no las partes basales de las raíces son capaces de absorber hierro. Algunas cosechas que comúnmente experimentan la deficiencia de hierro incluyen: fruta cítrica, fruta de árboles caducos, viñas, soja, maíz, grano de sorgo, legumbres, arroz, y tomates.

Frecuentemente, clorosis de hierro no está causado por la deficiencia absoluta de hierro. En contraste a la mayoría de otros nutrientes de plantas donde hay una relación inversa entre la intensidad de la deficiencia y la concentración del nutriente en el tejido de la planta, esto no aplica a hierro. Frecuentemente, la concentración de hierro en las hojas cloróticas puede ser más altas que en hojas verdes.^{7, 8, 9}

La fertilidad de nitrógeno en cosechas o árboles cultivados en suelos con mucho calcio puede tener una influencia significativa en la disponibilidad de hierro dentro de las plantas. “La nutrición de nitrógeno en suelos con mucho calcio es predominantemente lo de nitrato aún si N se aplica como amonio.”¹⁰ El pH en el apoplasto de la hoja recibiendo fertilizante nítrico aumentó mientras que el que recibió nitrógeno de amonio disminuyó en pH. De estos resultados se descubrió “que en el alto pH [Fe³⁺] en el apoplástico de la hoja la reducción en el apoplasto de la hoja está restringida y por lo tanto la absorción de Fe del apoplasto al citosol está deteriorada. Se han confirmado estos resultados pulverizando hojas cloróticas con ácido diluido tal como ácido cítrico o sulfúrico. Dentro de dos días se puede observar que las hojas se vuelven a ser verdes provisionalmente mientras que no se puede medir ningún aumento de hierro en el tejido.

Síntomas de Deficiencia de Hierro y Correcciones con Metalosate® Hierro

En las hojas de la mayoría de especies de plantas, clorosis es el síntoma más visto. Esto resulta de la inhabilidad de la planta para producir clorofina. Clorosis de hierro siempre está asociada con el tejido creciente más joven o más nuevo. La escasez de hierro también tiene efectos negativos en las raíces de las plantas. En dicotiledóneas como en monocotiledóneas, con la excepción de las hierbas, la deficiencia de hierro está asociada con la inhibición de la elongación de la raíz, el aumento en el diámetro de las zonas apicales de las raíces, y abundante formación de pelos en las raíces.¹² La deficiencia crítica de contenido de hierro en hojas está en el rango de 50 a 150 ppm.

La aplicación foliar de Metalosate Hierro se ha aprobado muy eficaz en resolver deficiencias de hierro. En trabajos realizados por Eric Holmden y Rene Carlson de Ocean



Deficiencia de Hierro en Tomate

Fotografía con permiso por el Potash & Phosphate Institute

Agriculture (Pty) Ltd en árboles cítricos Midnight (tipo Valencia) en Sudáfrica, ellos lograron disminuir clorosis de hierro por 55 por ciento. Tres aplicaciones de Metalosate Hierro combinadas con un surfactante organosilicón fueron aplicadas a la tasa de 54 oz. por acre (4 litros por hectárea). Se hicieron observaciones visuales antes y después de la aplicación y se hizo una determinación con respecto al porcentaje de hojas verdes y cloróticas presentes en cada instante. Figura 1 resume los resultados.

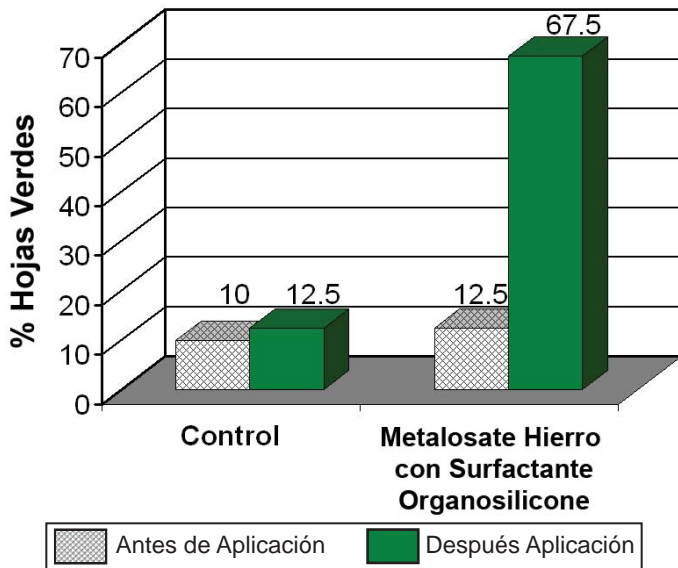


Figura 1. Porcento aumento de hojas verdes en cítrico en Sudáfrica después de aplicaciones de Metalosate® Hierro con surfactante organosilicone

Los resultados de unos estudios de isótopos radioactivos hechos aplicando Metalosate Hierro comparado con hierro sulfato indican un nivel significativamente mayor de absorción cuando se aplica la forma quelatada de aminoácidos de hierro.



Deficiencia de Hierro en Frijol

Fotografía con permiso por el Potash & Phosphate Institute

Plantas de maíz cultivadas a la altura de 60 cm en un invernadero fueron dosificados en una hoja con 20 microlitros de solución de ⁵⁹Fe conteniendo 4.5 microgramos de hierro. Sulfato de hierro y Metalosate Hierro fueron usados. Cinco días después de la única aplicación, el

área tratado, la hoja tratada, la hoja opuesta, el tallo, y a las raíces se les fueron tomadas muestras y analizados para ⁵⁹Fe. Tabla 1 es un resumen de los resultados.¹³

Tabla 1. Distribución de ⁵⁹Fe en Plantas Maíz

Plant Part	Radioactivity (cc/min/mg)**	
	Metalosate® Iron	FeSO ₄
Tiempo de aplicación	227 a	68 b
Hoja de otro lado	0.20	0.13
Raíz	0.13	0.03
Tallo*	1.28 a	0.40 b
Promedie menos el tiempo de la aplicación*	0.83 a	0.30 b

* Valores difieren apreciablemente en P 0.10
 **Corregido cuentas por minuto por el miligramo

En otro experimento de plantas de tomate cultivadas en un invernadero fueron usadas. Un simple dosis de 0.00004 fm de ⁵⁹Fe fue aplicada en una hoja en la forma descrita en el previo experimento. Se usaron tres formas de hierro: FeSO₄, Fe EDTA, y Metalosate Hierro. El cuarto día después de dosificar las plantas, se les tomó muestras, limpiadas, y medidas por ⁵⁹Fe por un contador líquido de centelleo. Los resultados se pueden ver en Tabla 2.¹⁴

Tabla 2. Distribución de ⁵⁹Fe en Tomates de Tres Formas de Hierro

Parte de la Planta	Radioactividad (cc/min/mg)		
	Metalosate® Hierro	EDTA	FeSO ₄
Hoja dosificada	43.09	23.23	29.24
Hojas adyacentes	0.15	0.11	0.20
Hoja tallo dosificado	0.34	0.03	0.12
TOTAL	43.58	23.37	29.56

Como se puede ver en estos estudios de isótopos radioactivos, el Metalosate Hierro fue absorbido y translocalizado 62.8 % mejor que el EDTA hierro y 46.5% mejor que el sulfato de hierro. Esto es debido al hecho que el hierro proveído por el Metalosate Hierro está en la forma quelatada de aminoácidos, una forma molecular la cual es compatible con las células de las plantas. Fácilmente pasa por la cutícula de la planta y por lo tanto se utiliza completamente por la planta.☺

Referencias



Boletín Metalosate® de Nutrición Vegetal

October 2003
Volume 4, No. 3

Boletín **Metalosate®** de Nutrición Vegetal es una publicación de Albion Advanced Nutrition
101 North Main Street
Clearfield, Utah 84015-2243
USA

www.albion-an.com
Phone: (801) 773-4631

FAX: (801) 773-4633

E-mail: info@albion-an.com

© 2003-2007

Albion Laboratories, Inc.

1. Lindsay, W. L., & Schwab, A. P. (1982). The Chemistry of Iron in Soils and Its Availability to Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 5, 821-840,
2. Crowley, D. E., Want, Y. C., Reid, C. P. P., & Szaniszló, P. J. (1991). Mechanisms of iron acquisition from siderophores by microorganisms and plants. In: Y. Chen & Y. Hadar, (Eds.), *Iron nutrition and interaction in plants*, (pp. 213-232). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
3. Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of Plant Nutrition* (5th ed.) (p. 559). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
4. Terry, N. (1980). Limiting Factors in Photosynthesis 1. Use of Iron Stress to Control Phytochemical Capacity in *Vivo*. *Plant Physiology*, 65, 114-120.
5. Marschner, H. (2002). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd ed.) (p. 355). San Diego, CA: Academic Press.
6. Clarkson, D. T., & Sanderson, J. (1978). Sites of absorption and translocation of Iron in Barley Roots. Traces and Microautoradiographic studies. *Plant Physiology*, 61, 731-736.
7. Carter, M. R. (1980). Association of Cation and Organic Anion Accumulation with Iron Chlorosis of Scots Pine on Prairie Soils. *Plant and Soil*, 56, 293-300.
8. Raslud, A., Couvillon, G. A., & Benton-Jones, J. (1990). Assessment of Fe Status of Peach Rootstocks by Techniques used to distinguish Chlorotic and Iron-chlorotic Leaves. *Journal of Plant Nutrition*, 13, 285-307.
9. Bertoui, G. M. Pissaloux, A., Morard, P., & Sayag, D. R. (1992). Bicarbonate—pH Relationship with Iron-chlorosis in White Lupins. *Journal of Plant Nutrition*, 15, 1509-1518.
10. Tagliavini, M., Scudellari, D., Marangoni, B., & Toselli, M. (1995). Acid-spray regreening of kiwi fruit leaves affected by lime-induced iron chlorosis. In: J. Abadia. (Ed.), *Iron nutrition in soils and plants*, (pp. 191-195). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
11. Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of Plant Nutrition* (5th ed.) (p. 567). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
12. Römheld, V., & Marschner, H. (1981). Rhythmic Iron Stress Reaction in Sunflower at Suboptimal Iron Supply. *Physiology of Plants*, 53, 347-353.
13. Hsu, H., Ashmead, H. D., & Graff, D. J. (1982). Absorption and Distribution of Foliar Applied Iron by Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 5, 969.
14. Ashmead, H. D., Ashmead, H. H., Miller, G. W., Hsu, H. H. (Eds.). (1986). *Foliar Feeding of Plants with Amino Acid Chelates*. (pp. 357-360). Park Ridge, JJ: Noyes Publications.