Fertilización y deficiencias de zinc en la producción de maíz

Resumen

- Dentro de los micronutrientes, el maíz suele presentar más frecuentemente deficiencias de zinc, siendo esperable en esas situaciones la obtención de respuestas en rendimiento.
- El zinc puede ser deficiente en suelos arenosos, otros suelos con baja materia orgánica, tales como aquellos con capa superior del suelo removido o suelos con pH alto.
- Existen zonas de Argentina con probabilidad de respuesta a la aplicación de zinc entre media y alta.
- Las plántulas pueden mostrar síntomas de deficiencia durante el tiempo frío y húmedo.
- Los campos con deficiencia de zinc son rara vez afectados de manera uniforme. Los síntomas de la deficiencia de zinc también pueden variar de un campo a otro.
- Debido a que los análisis de suelo para el zinc son considerados entre los más confiables entre todos los micronutrientes, este método es a menudo el más recomendado para determinar la deficiencia de zinc. Análisis de plantas también pueden ser utilizados.
- Para corregir las deficiencias, varias fuentes de zinc pueden ser utilizadas, incluyendo sulfato de zinc y quelatos de zinc. Los fertilizantes de zinc se aplican generalmente en una banda con el fertilizante "arrancador", pero también se puede aplicar en cobertura y ocasionalmente como fertilizante foliar.

Introducción

El zinc es un elemento utilizado por los cultivos en pequeñas cantidades (por lo general menos de 0,6Kg de Zn por hectárea), sin embargo, es esencial para el crecimiento normal de la planta y el desarrollo. El zinc tiene varias funciones importantes en las plantas, incluidas las funciones importantes en las reacciones enzimáticas, la fotosíntesis, la transcripción del ADN y la actividad de auxina.

El zinc se encuentra en cantidades suficientes en la mayoría de los suelos para satisfacer las necesidades de los cultivos, pero puede ser deficiente en suelos arenosos, otros suelos de baja materia orgánica (por ejemplo, aquellos con las capas superiores removidas por la erosión), o suelos con pH alto. La deficiencia de zinc puede ser corregida por los fertilizantes en varias formas.

De todos los micronutrientes, el zinc es el que más a menudo presenta deficiencias en la producción de maíz y tiene más probabilidades de provocar una respuesta en rendimiento cuando se aplica como fertilizante. Sin embargo, las respuestas de rendimiento son sólo posibles cuando el zinc es deficiente y por lo tanto limita el rendimiento. Mediante análisis de suelo y de tejidos vegetales se puede determinar si el zinc es deficiente en el suelo o las plantas. En este *Conocimientos Agrícolas* se describen los requisitos de zinc, los síntomas de deficiencia, el muestreo de suelos y plantas, y las prácticas de fertilización en la producción de maíz

Figura 1. *Planta de maíz con deficiencia de Zinc.*

Propiedades Químicas y Disponibilidad del Zinc

La mayoría del zinc en los suelos se mantiene en formas no disponibles, como los óxidos metálicos y otros complejos minerales. Las plantas obtienen el zinc que está 1) disuelto en la solución del suelo, 2) adsorbido en la superficie de las partículas de arcilla y 3) adsorbido por quelatos y o complejos con moléculas orgánicas en la materia orgánica del suelo. El zinc es absorbido del suelo principalmente en forma de cationes bivalentes (Zn^{2+}) o, en condiciones de pH alto, también como catión monovalente ($ZnOH^{+}$).

La disponibilidad de zinc para las plantas depende en gran medida de la textura del suelo, la materia orgánica, el pH, los niveles de fósforo y las condiciones meteorológicas.

®, TM, SM Trademarks and service marks of Pioneer Hi-Bred International, Inc. ©2010, PHII

Textura del suelo y materia orgánica: Los suelos con al menos niveles moderados de arcilla y/o materia orgánica son generalmente suficientes en zinc. Por el contrario, los suelos arenosos o de baja materia orgánica, tienden a ser más propensos a las deficiencias. Suelos de turba u orgánicos, también pueden mostrar deficiencias, dado que la quelación natural puede hacer que el zinc no esté disponible.

pH del suelo: El zinc es más soluble y por lo tanto más disponible para la planta en un pH de 5 a 7. En suelos alcalinos (pH superior a 7), el zinc puede formar compuestos insolubles, por lo que no esté disponible para la planta.

Fosforo (P): Altos niveles de P pueden reducir la disponibilidad de zinc, dando lugar a deficiencias en la planta.

Condiciones climáticas: frío y condiciones de humedad dan como resultado menor disponibilidad de zinc. Si las raíces no están bien establecidas en este momento, esto puede dar lugar a deficiencias. Esto explica las deficiencias de zinc a veces observadas en las plántulas de maíz a principios de la primavera.

Deficiencias de Zinc y los Síntomas en el Maíz

Los lotes que muestran la deficiencia de zinc son rara vez afectados de manera uniforme. Los síntomas de deficiencia de zinc también pueden variar de un campo a otro, dependiendo sobre todo del momento y la gravedad de la deficiencia.

Deficiencias en plántulas

La deficiencia muy temprana de zinc puede ser inducida por el frío, el suelo húmedo que limita el crecimiento de la raíz del maíz y la disponibilidad del zinc. En tales casos, la deficiencia de zinc puede ser exhibida en las primeras hojas, pero no en las que se desarrollan más tarde, cuando el suelo empieza a suministrarlo y las raíces comienzan a extraer más cantidad de zinc.

Las deficiencias **moderadas** en las plántulas pueden dar lugar a zonas longitudinales blanco a amarillo pálido en las hojas más nuevas, que suelen ser más pronunciadas en la mitad inferior de la hoja. Deficiencias **severas** en este momento pueden resultar en plantas enteras de color amarillo pálido a blanco y el retraso en el crecimiento.

Deficiencias en etapas más avanzadas

Cuando las plantas crecen más allá de la etapa de plántula, la demanda de zinc se hace mayor y los suelos deficientes pueden ser incapaces de suplir la necesidad. En tales casos, las hojas que se desarrollaron primero pueden ser normales, pero las más nuevas mostrarán síntomas de deficiencia. Este patrón se debe a que el zinc no es fácilmente translocado dentro de la planta.

Deficiencias **moderadas** pueden dar lugar a clorosis (blanco o amarillo) en las hojas más nuevas. Esta clorosis no siempre es uniforme en todo el ancho de la hoja, sino que puede aparecer como bandas longitudinales de tejido clorótico (Figura 2). Las áreas de la hoja cerca del tallo pueden desarrollar una decoloración general blanca o amarillenta (Figura 1).

Figura 2. *Deficiencia moderada de zinc en V12. Este nivel moderado de deficiencia puede parecerse a la deficiencia del hierro, magnesio o manganeso.*

Las deficiencias de zinc más **severas** pueden dar lugar a bandas de color amarillo pálido a blanco, corriendo longitudinalmente a ambos lados de la nervadura central, sobre todo en la mitad inferior de la hoja. Este tejido puede llegar a la marchitez y necrosis (Figura 3). Las plantas pueden aparecer retrasadas en el crecimiento debido a las hojas y entrenudos acortados.

Figura 3. *Severa deficiencia de zinc en planta de maíz en V12. Zonas pálidas amarillas y blancas cloróticas comenzando a necrosarse.*

®, TM, SM Trademarks and service marks of Pioneer Hi-Bred International, Inc. ©2010, PHII

Zonas de Argentina con mayor probabilidad de respuesta a Zinc

Un estudio realizado en Argentina por Rivero y colaboradores (2006) mostró que si bien el contenido promedio de zinc es elevado, existe una zona en el centro de Córdoba, Sur de Santa Fe, N de Buenos Aires y oeste de Entre Ríos con probabilidad media de respuesta a la fertilización con Zn, y dentro de esta, áreas con mayor probabilidad de respuesta (Figura 4).

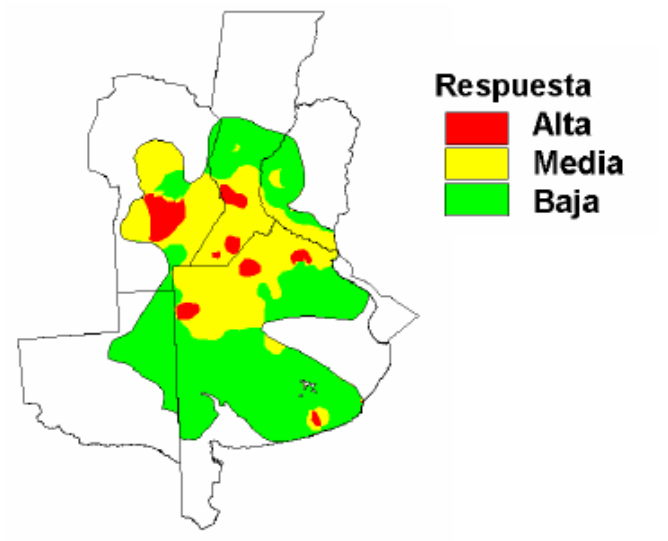

Figura 4. *Respuesta probable a la fertilización con zinc (Rivero y colaboradores (2006)).*

Análisis de Zinc en Plantas y Suelo

Para determinar si la aplicación de zinc es necesaria, pueden utilizarse tanto análisis de suelo como de planta. Debido a que los análisis de suelo para el zinc son consideradas entre las más fiables de los micronutrientes, este método es el más recomendado. Las dos pruebas juntas pueden llevar a una recomendación firme sobre la necesidad de aplicación de zinc.

Muestras de Suelo

Su laboratorio de análisis de suelo puede brindarle instrucciones específicas para el muestreo de suelos para zinc. En general, una muestra compuesta de suelo debe ser tomada de la zona del campo sospechosa de estar deficiente en este nutriente. En la recolección de muestras, evitar el uso de cualquier cosa (herramientas o contenedores) galvanizada o de goma, ya que estos materiales contienen zinc.

Interpretación del análisis de suelo/ Recomendaciones de Fertilización

Los resultados de análisis de suelos serán reportados en partes por millón (ppm) de zinc. Las recomendaciones específicas para el campo pueden depender del nivel de zinc en el suelo, el método de extracción de zinc utilizado por el laboratorio, el pH del suelo, el conocimiento de los suelos y la historia de la deficiencia de zinc en su zona. Por esta razón, se recomienda seguir las recomendaciones locales para la aplicación de zinc. A continuación se presentan algunos conceptos generales.

Si se encuentra deficiencia, las recomendaciones son en general aplicar entre 1 y 2 Kg de zinc elemento por hectárea como arrancador, o entre 5 y 11 Kg/ha en cobertura total. Esto es para el caso que se utilice una forma inorgánica soluble de zinc (por ejemplo, sulfato de zinc) como arrancador y el pH del suelo sea inferior a 7. Si se utiliza un quelato orgánico, la dosis a aplicar (en una base de contenido de zinc) puede ser la quinta parte de la utilizada con fuentes inorgánicas debido a la mayor eficiencia.

Muestreo de Plantas

La técnica estándar para el muestreo de plantas de maíz es muestrear la hoja de la espiga al inicio de floración. Para obtener una muestra representativa, evitar plantas del borde y recoger las hojas de la espiga de varias plantas en toda el área afectada. Asegúrese de seguir los procedimientos específicos de su laboratorio de diagnóstico de muestreo. Puede ser beneficioso para la muestra tomar hojas de plantas aparentemente con deficiencias así como plantas de apariencia normal. Guarde estas muestras separadas e indicar "sintomática" y "no sintomática" al presentar muestras.

Interpretación del Análisis Foliar / recomendaciones de Fertilizantes Foliares

Los resultados de las pruebas de tejido se reportan como cantidad de ppm zinc presentes en el tejido de la planta. Por lo general, dentro del rango de 20 a 70 ppm, el contenido de zinc se considera suficiente, los valores de más de 300 ppm se consideran tóxicos.

Fuentes de Fertilizantes de Zinc y Aplicación

La adición de fertilizante con zinc al fertilizante de arranque que se aplica en bandas por debajo y al costado de la semilla es el método más común para Zn en maíz en Estados Unidos. La fuente más comúnmente utilizada es el sulfato de zinc, aunque también pueden utilizarse óxidos de zinc para suelos con pH menores a 7.

En Argentina, ante la aparición de síntomas en plántulas, en algunos casos se ha aplicado entre 1 y 2 Kg/ha de Zn como sulfato de zinc junto con la aplicación en post-emergencia del N (Reussi Calvo, comunicación personal). Existen asimismo alternativas para aplicaciones foliares en forma de quelatos de

®, TM, SM Trademarks and service marks of Pioneer Hi-Bred International, Inc. ©2010, PHII

zinc e inclusive fertilizantes con Zn que se aplican directamente a la semilla.

Figura 5. *Plantas de maíz con deficiencias de Zinc, muestran en general clorosis en las hojas nuevas, así como bandas longitudinales en algunas hojas.*

Tabla 1. Fuentes de Zinc más comunes

Fertilizante de Zinc **% Zinc**	**Comentarios**
Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$) ~ 35%	Fertilizante de zinc más común. Soluble al agua. Puede ser aplicados en bandas, en cobertura total y en forma foliar
Zinc-Complejo de amonio 10%	Puede ser incluido con arrancadores líquidos como 10-34-0
Óxido de Zinc (ZnO) 70 to 80%	Baja solubilidad. Debe ser finamente molido para ser eficaz
Quelatos sintéticos de zinc (e.g., ZnEDTA) 9 to 14%	Hasta cinco veces más eficaz que las fuentes inorgánicas solubles en una base de contenido de zinc
Residuos Organicos variable	Estiércol y otros residuos orgánicos son muy buenas fuentes de zinc

Referencias

Alloway, B. 2008. Zinc in soils and crop nutrition (2nd ed.). Brussels: International Zinc Association; Paris: International Fertilizer Industry Association. http://www.iza.com/Documents/Communications/Publications/Zn_in_Soils_and_Crop_Nutrition_2008.pdf

Butzen, S. 2010. Zinc deficiencies and fertilization in corn production. Crop Insights Vol. 20 No. 11. Pioneer Hi-Bred, Johnston, IA.

Follett, R. y D.Westfall. 2004. Zinc and iron deficiencies. Colorado State University Extension Fact Sheet 0.545. http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00545.html

Lindenmayer, R. 2007. Zinc fertilization: a review of scientific literature. Colorado State University, Fort Collins. www.kronoslp.com/Editor/assets/zinc_fertilization.doc.pdf

Ratto, S. E., y Miguez, F. H. 2006. Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. INPOFOS no. 31. p. 11-14. http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/3D2EF1F58D7E21380525726800 4D56B5/$file/Zinc+en+el+Cultivo+de+Ma%C3%ADz,+Deficiencia+de+Oportunidad.pdf

Rehm, G. Zinc fertilization in Minnesota: a review. 2004. University of Minnesota Extension. Minneapolis-St.Paul. www.extension.umn.edu/cropenews/2004/04MNCN32.htm

Rivero, E., Cruzate, G. A., y Turati, R. 2006. Azufre, Boro y Zinc: Mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la región Pampeana. Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. http://www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes/Rivero_S_B_Zn.pdf

Vitosh, M., J.Johnson y D.Mengel. 1995. Tri-State fertilizer recommendations for corn, soybeans, wheat and alfalfa. Michigan State, Ohio State and Purdue University Extension. http://www.extension.purdue.edu/extmedia/AY/AY-9-32.pdf

Wortmann, C., R. Ferguson, G. Hergert, y C. Shapiro. 2008. Use and management of micronutrient fertilizers in Nebraska. University of Nebraska Extension NebGuide G1840. Lincoln. http://elkhorn.unl.edu/epublic/pages/publicationD.jsp?publicationId=988

PIONEER®
A DuPont Business

Pioneer Argentina SRL. Hipolito Yrigoyen 2020 1° piso

(B1640HFP) Martínez- Provincia de Buenos Aires

Tel: (54-11) 4717-9100 - Fax: (54-11) 4717-9195

www.pioneer.com/argentina

®, TM, SM Trademarks and service marks of Pioneer Hi-Bred International, Inc. ©2010, PHII