

EL ZINC EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE SECANO



Ing. Agr. (MSc) Adriana García Lamothe

Programa Nacional de Cultivos de Secano

INTRODUCCIÓN

El Zinc (Zn) es un nutriente esencial para las plantas y el impacto que en ellas provoca su deficiencia es quizás mayor que el de cualquier otro oligoelemento debido a las funciones metabólicas que cumple, por ejemplo: el control de la producción de hormonas responsables del crecimiento, la regulación de la absorción de fósforo (P), y del metabolismo de los carbohidratos. También tiene efectos indirectos como los relacionados con la actividad microbiana, los procesos de mineralización y la fijación biológica de N (FBN) en organismos que usan energía química (ATP) para el proceso. Por otro lado, se le conoce como mejorador de la resistencia o tolerancia a ciertas enfermedades como la fusariosis en trigo.

En más de 200 muestras tomadas de suelos del litoral, y analizadas para concentración de Zn, el valor promedio obtenido fue de 0,57 mg por kg de suelo (rango 0,07-1,4). Los niveles críticos para ZnDTPA (concentración por debajo del cual comienza a ser insuficiente afectando el rendimiento de cultivos) oscilan entre 0,3 y 1,5 mg por kg de suelo, la variabilidad de los datos se asocian al tipo de experimento, cultivo o condiciones del suelo y

clima. En general los suelos de textura arenosa son los que presentan los valores más bajos. Con base a esa información puede concluirse que el Zn es relativamente escaso en nuestros suelos.

Existe un cierto consenso en la bibliografía respecto a que un suelo con 0,5 a 1 mg de Zn por kg es marginal en cuanto a disponibilidad del nutriente. ¿Qué significa que sea marginal? Que puede o no haber deficiencia del nutriente y por ende respuesta, dependiendo de las condiciones del año, en particular de aquellas que inhiban el desarrollo de raíces, puesto que el Zn es relativamente inmóvil en el suelo.

La disponibilidad de Zn está también relacionada con el pH del suelo. En suelos con pH mayor a 5,5 baja la solubilidad del Zn al ser adsorbido en óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. En consecuencia es frecuente encontrar respuesta a Zn en suelos con pH neutro o básico. Eso puede darse naturalmente en suelos ricos en Calcio (Ca) pero también cuando se ha nivelado el terreno mezclando horizontes ricos en carbonatos lo que aumenta el pH, y por supuesto, como resultado del encalado de suelos. Otro factor que induce la deficiencia de Zn es la excesiva acumulación de P en el suelo.

Existen diferencias importantes entre especies en cuanto a sensibilidad a la escasez de Zn, en este sentido el maíz y la soja se destacan como cultivos sensibles, en cambio el trigo es de media a baja sensibilidad. Sin embargo en el cultivo de invierno se ha determinado efecto positivo del agregado de Zn en la tasa de macollaje, producción de biomasa a inicio del encañado, concentración de clorofila, rendimiento en grano y calidad pánadera.

Un cultivo exigente en Zn, como el maíz, en un suelo con un contenido marginal del nutriente es probable que responda a la aplicación de Zn, particularmente en sistemas intensivos de producción o bajo riego, donde el rendimiento y los requerimientos nutricionales pueden llegar a ser muy altos. Si el Zn es insuficiente, el crecimiento de las plántulas se verá afectado negativamente. Es más probable que ocurran deficiencias si se realiza siembra directa (SD) o en siembras tempranas, pues el suelo puede estar más húmedo y frío, con condiciones subóptimas para el desarrollo de las raíces. Además con SD puede haber más inmovilización microbiana de Zn, más infiltración de agua en el suelo y lavado del nutriente. A ello debe sumarse que los suelos de Uruguay son por lo común ricos en hierro (Fe) y manganeso (Mn) que junto al cobre (Cu) pueden inhibir la absorción de Zn en las plantas, al competir por los mismos sitios, afectando también la translocación interna.

En maíz el síntoma más claro de deficiencia de Zn es la aparición de bandas longitudinales amarillas o blanquecinas en las hojas y un acortamiento del espacio entre nudos en la caña. El maíz afectado en etapas tempranas puede recuperarse cuando avanza la estación de crecimiento y mejoran las condiciones de temperatura que conllevan a una mayor tasa de: crecimiento de raíces, de difusión del Zn en el suelo y de mineralización, por lo que en esos casos la sintomatología puede atenuarse o desaparecer.

El análisis de suelos ayuda a predecir la probabilidad de encontrar respuesta al nutriente, pues la concentración de Zn en suelos de pH más bien ácido es un buen indicador de su disponibilidad para las plantas. Ya se mencionó que los niveles críticos en las guías de fertilización difieren entre sí, pero que con base a esa información el valor promedio encontrado para el Zn_{DTPA}^1 en nuestros suelos agrícolas es relativamente bajo, particularmente para cultivos más sensibles como el maíz. No obstante, debe tenerse presente que la misma cantidad de Zn en suelos livianos significa más disponibilidad para las plantas que en suelos pesados pues presentan menos restricciones para el crecimiento de las raíces.

Otro método que puede ser útil para diagnosticar deficiencia de Zn en cultivos ya establecidos es el aná-

lisis de tejidos vegetales. El diagnóstico foliar es útil pero no infalible debido a que el rango de adecuación del Zn en los tejidos es relativamente amplio creando una zona de incertidumbre. En las guías de fertilización, por ejemplo, según el origen de la información la concentración óptima en plantas de hasta 5 hojas varía entre 16 y 32 mg de Zn por kg de materia seca, y los rangos de adecuación entre 20-50, 20-60 y 20-70. Debe tenerse presente que la concentración de Zn en los tejidos es afectada por la tasa de crecimiento de las plantas, de modo que puede haber deficiencia severa de Zn pero no manifestarse en las plantas debido a un desarrollo reducido, o por el contrario, puede existir una deficiencia leve de Zn y concentraciones muy bajas del nutriente en los tejidos cuando la planta está creciendo a una tasa muy alta.

Para tener una idea de lo que representa la extracción de Zn por los cultivos en nuestras rotaciones se puede analizar una particular constituida por trigo-maíz-soja. Con un rendimiento de trigo de 4 toneladas/ha, el grano extraerá unos 150 gramos de Zn, un maíz de 8 toneladas se llevará 200 gramos más y una soja de 2,5 toneladas/ha otros 150 gramos. Esto significa una exportación de Zn en dos años (tres cultivos) de 500 g/ha. En base a este cálculo es previsible que en el mediano plazo la disponibilidad de Zn caiga hasta ser insuficiente para cubrir los requerimientos de cultivos de alto potencial, pues es poco probable que la tasa de liberación de Zn desde residuos orgánicos o su liberación desde minerales por meteorización logren contrarrestar esa alta extracción.



¹ Acido dietileno-triamino-penta acético extractivo usado para la determinación de K intercambiable

Cuadro 1 - Algunas propiedades químicas de los sitios experimentales

	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Fósforo Bray (mg/kg)	20	9	45	21	29
Carbono org.(%)	2,3	1,6	2,1	1,7	2,1
pH _{en agua}	5,9	5,4	5,7	6,1	5,6
K intercambiable (meq/100g)	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9
Potencial Mineralización de Nitrógeno (NH ₄ ⁺ mg /kg)	33	21	22	19	55

A continuación se presentan resultados experimentales de respuesta a Zn obtenidos en INIA-La Estanzuela en suelos de textura franco-arcillo-limosa. El oligoelemento se aplicó al suelo luego de emergido el cultivo como óxido de Zn (ZnO, 78% de Zn), en bandas entre las hileras, evitando el contacto con las plántulas, a una dosis de 15 kg de Zn/ha.

El cultivo antecesor había sido trigo con cero labranza, luego de la cosecha se mantuvo ese rastrojo hasta el otoño cuando se realizó un laboreo reducido preparando al suelo para la siembra de maíz, excepto en un año en el que el maíz se hizo con SD luego de un cultivo de cobertura. La historia anterior de manejo de los sitios resultó en diferencias en fertilidad que pueden apreciarse en el Cuadro 1.

El rendimiento en grano obtenido con los tratamientos con y sin Zn se ilustra en la Figura 1. Sólo en la zafra 2006/2007 (maíz con SD) hubo efecto significativo ($P < 0.06$) a la aplicación de Zn. El valor promedio de Zn en el suelo fue 0,8 mg/kg de suelo.

RENDIMIENTO EN GRANO (KG/HA) EN ENSAYOS DE RESPUESTA A ZINC CON N NO LIMITANTE

A pesar de la falta de significación estadística que puede atribuirse en buena parte al diseño experimental, la consistencia de los resultados permite concluir que existe probabilidad de encontrar efecto del Zn sobre la producción de grano de maíz. Ese efecto en 4 de 5 casos permitió incrementos de 437, 1300, 585 y 453 kg por lo que considerando el valor actual de los granos tiene significación económica.

Con SD el agregado de Zn aumentó un 20% el rendimiento (zafra 2006/2007). La concentración de Zn en el suelo era 0,76 mg/kg similar a la de los otros sitios y el pH relativamente ácido, por lo que se atribuyó la respuesta a Zn tan alta a las condiciones ambientales menos favorables de la SD en el desarrollo temprano del cultivo (raíces).

A 45 días de la emergencia del cultivo se cortaron 5 plantas por bloque con las que se constituyó una muestra compuesta en la que se analizó el contenido de Zn.

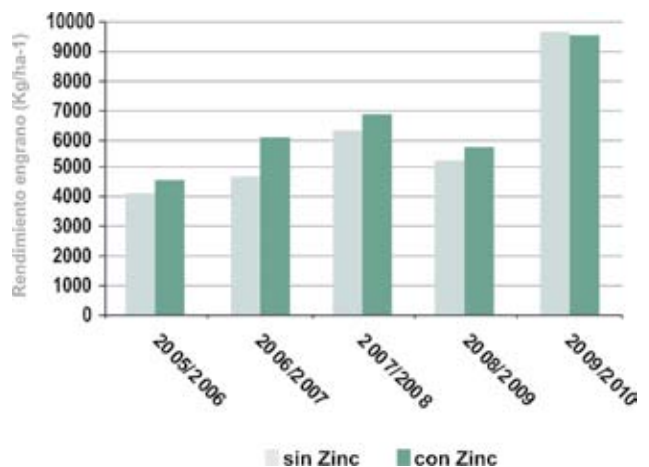


Figura 1 - Rendimiento promedio de 4 repeticiones. Dosis alta de N con y sin Zn.

Cuadro 2 - Zinc en plantas a 45 días de la emergencia (mg kg) en tratamiento sin y con Zn

2005 -2006		2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010	
Sin Zn	Con Zn	Sin Zn	Con Zn	Sin Zn	Con Zn	Sin Zn	Con Zn	Sin Zn	Con Zn
23.1	25.1	20.1	24.1	22.8	25.8	23.7	24.9	27.2	25.8

La concentración del nutriente en los tejidos tendió a aumentar (Cuadro 2) con la aplicación de ZnO pero no permitió concluir respecto a niveles críticos.

Existe un antecedente de respuesta a Zn en maíz con riego en La Estanzuela en una chacra con un área bien definida de pH cercano a la neutralidad, que presentó desde etapas tempranas síntomas de deficiencia de Zn. En ese caso la aplicación de un fertilizante foliar quelatado con Zn (6,4%) a razón de 6 L/ha con el maíz a 7 hojas, corrigió la deficiencia del nutriente y permitió incrementar 30% el rendimiento en grano. El rendimiento obtenido con Zn-foliar fue similar al obtenido en la zona sin deficiencia de Zn (10,5 toneladas/ha), mientras en la zona afectada fue de solo 7 toneladas/ha.

ALGUNAS CONSIDERACIONES

Este trabajo no permite concluir que la aplicación de Zn en maíz vaya a ser siempre económicamente beneficiosa, ya que es probable que en algunos años no haya respuesta al nutriente. No obstante, la aplicación de Zn al suelo no representa un gran aumento en los costos de producción y es más probable que tenga efecto beneficioso incluso cuando no logre incrementar el rendimiento de grano, pues permite mantener el nivel de Zn en el suelo en sistemas extractivos.

Por otro lado, hay factores que pueden aumentar la respuesta a Zn, por ejemplo si el maíz se planta en un suelo con pH neutro o alcalino, o con muy baja concentración de Zn (< a 0,5 mg/kg) y alto potencial productivo (altas dosis de aplicación de N y P) lo que es frecuente en suelos más livianos y profundos, o también bajo sistemas con riego, etc. También el uso de fuentes más solubles de Zn podría mejorar la absorción del nutriente, el sulfato de Zn (ZnSO₄, 35% de Zn) por ejemplo es más soluble que el ZnO.

Se recomienda incorporar al suelo o aplicar en bandas a las fuentes inorgánicas de Zn a dosis que varían entre 5 y 15 kg/ha según la severidad de la deficiencia, el tipo de cultivo, etc. La industria de fertilizantes ofrece mezclas físicas con micronutrientes y fertilizantes líquidos, como por ejemplo la fórmula 28-0-0 +2 ZnO (ISUSA) que aplicada a 5-6 hojas del cultivo podría aportar N y además Zn al maíz ante expectativas de alto rendimiento, o en el caso de suelos pobres en el nutriente.

La aplicación foliar de fertilizantes quelatados es quizás la mejor alternativa para lograr una rápida recuperación del cultivo afectado, pero se trata de una tecnología más cara que puede justificarse dependiendo del sistema de producción.

