

## El zinc: un micronutriente limitante para el maíz

La producción agrícola redujo la disponibilidad de zinc en los suelos de la Región Pampeana Argentina, un nutriente esencial para el crecimiento y reproducción del maíz. Un uso racional de la fertilización con zinc necesita un correcto diagnóstico, aplicar tecnologías de fertilización adecuadas y un manejo del suelo que aumente la disponibilidad de este mineral. El zinc (Zn) es un micronutriente esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas ya que participa en numerosos procesos metabólicos (síntesis de proteínas, carbohidratos, hormonas, entre otros). Es el maíz uno de los cultivos extensivos más susceptibles a la deficiencia de Zn. El síntoma de deficiencia se presenta como una clorosis internerval en la lámina de las hojas más jóvenes, ya que es relativamente inmóvil dentro de la planta. La deficiencia de Zn sub-clínica o marginal reduce el rendimiento de los cultivos sin la aparición de síntomas visibles. Por lo tanto, el análisis de suelo en pre-siembra puede ser útil para predecir tempranamente si los cultivos van a estar o no bien abastecidos con este micronutriente.



## AUTORES

[Hernan Rene SAINZ ROZAS](#)

### **¿Cuál es el estado del Zinc en los suelos de la Región Pampeana Argentina?**

Los suelos agrícolas de la Región Pampeana pertenecen en su mayoría al orden de los Molisoles y en su estado original presentan elevada fertilidad natural, con niveles medios a elevados de Zn total. Además, tienen un pH menor a 7,1 (Sainz Rozas y col., 2015), condición que favorece una elevada disponibilidad de Zn.

Desde mediados de la década del '90, la intensificación de la agricultura y la escasa o nula aplicación de Zn provocaron caídas del Zn disponible (extractable con DTPA, Zn-DTPA), respecto de suelos en condición prístina, del orden del 40 al 70% (Sainz Rozas y col., 2015). A su vez, el 50% de los suelos agrícolas presentó valores de Zn-DTPA iguales o menores a 0,9 mg kg<sup>-1</sup>, que puede ser limitante para muchos cultivos. En este contexto, se han reportado respuestas al agregado de Zn en los principales cultivos extensivos de la RP (maíz, trigo y soja).

### **¿Qué herramientas existen para diagnosticar la disponibilidad de Zinc?**

Un diagnóstico con los métodos adecuados para el manejo racional de la fertilización con Zn puede evitar pérdidas de rendimientos, problemas de toxicidad y contaminación del suelo. Para comenzar, se debe cuantificar el nutriente de las mismas fracciones del suelo de la que toman las plantas, y debe ser rápida, sencilla y económica. La metodología debe ser capaz de determinar deficiencia o suficiencia de Zn en un amplio rango de condiciones edáficas. Para lograr esto es necesario contar con una amplia base de datos, cubriendo varios años y tipos de suelos (de distintos ambientes), donde se relacione el nivel del nutriente extractable en el suelo con la respuesta del cultivo a campo.

Para suplir esta falta de información local e internacional, Barbieri y col (2017) realizaron una red con 64 ensayos a campo distribuidos en la Región Pampeana y extrapampeana. A través de este trabajo se calibró un método de diagnóstico de la disponibilidad de Zn basado en el análisis de suelo. La dosis de Zn varió entre 0,6 y 0,7 kg ha<sup>-1</sup> y se aplicó en forma foliar al estadio de seis o siete hojas expandidas.

Los rendimientos variaron de 3800 a 18400 kg ha<sup>-1</sup> y la respuesta a la fertilización fue significativa en 21 de los 64 sitios (respuesta promedio de 980 kg ha<sup>-1</sup>). El Zn-DTPA en pre-siembra (en muestras de suelo a 0-20 cm) diagnosticó correctamente el rendimiento relativo (RR) del tratamiento sin Zn en el 80% de los casos, a pesar de la diversidad de ambientes en los cuales se calibró la metodología.

El modelo de ajuste utilizado permitió establecer un rango crítico que define tres zonas de probabilidad de respuesta a la aplicación de Zn.

Por cuestiones operativas y económicas muchos laboratorios de análisis de suelos tienden a cuantificar la disponibilidad de más de un nutriente a la vez (fósforo, bases y micronutrientes). Para ello, es necesario utilizar un extractante multi-nutriente como el Melich-3, el cual tiene la capacidad de extraer simultáneamente P, Ca, Mg, K y micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn). Sin embargo, no se contaba con información internacional y local acerca del desempeño de este extractante para predecir deficiencia o suficiencia de Zn para el cultivo de maíz. Para atender esta situación, en 34 de los 64 sitios/años utilizados en el estudio anterior se realizó la determinación de Zn mediante la extracción con Melich-3. Estos sitios mostraron contenidos de Zn-DTPA de 0,47 a 1,37 mg kg<sup>-1</sup> y Zn-Melich-3 de 1,09 a 2,42 mg kg<sup>-1</sup>.

Se determinó una elevada relación entre Zn-DTPA y Zn-Melich-3, pero la solución Melich-3 extrajo el doble o más Zn que la solución DTPA ( $Zn\text{-Melich-3} = 1,24 * Zn\text{-DTPA} + 0,77$ ;  $R^2 = 0,86$ ). Sin embargo, el desempeño del DTPA como predictor del RR del testigo y/o de la respuesta a la fertilización fue ligeramente superior a la del Melich-3 (76,5 vs 73,5% de los sitios correctamente diagnosticados, respectivamente). El modelo de ajuste utilizado permitió establecer un rango crítico que definió tres zonas de probabilidad de respuesta a la aplicación de Zn, con valores que cambiaron según la metodología de diagnóstico utilizada.

Estos resultados constituyen un avance del conocimiento en el diagnóstico de la disponibilidad de Zn, tanto a nivel local como internacional, ya que no se contaba con umbrales y/o rangos críticos calibrados a campo, menos aún para diferentes soluciones extractoras de Zn. Esta información permitirá evitar pérdida de rendimiento y calidad, también evitar la aplicación innecesaria del nutriente y contribuir a la sostenibilidad económica.

## **Tecnologías de fertilización con Zinc**

Una vez que el diagnóstico determinó la necesidad de aplicar Zn, es fundamental lograr una elevada eficiencia de utilización del fertilizante, tanto en la dosis, en el momento de aplicación como en la fuente utilizada. La dosis aplicada influirá en la concentración de Zn en grano y en el balance de Zn en el suelo.

Para una correcta aplicación, era necesario contar con información que combine dosis, fuente, momento y forma de aplicación más correcta, de manera que se maximicen los rendimientos, se mejore la calidad de los granos o se enriquezca el suelo, entre otros.

Para responder a esos objetivos, Martínez Cuesta y col. establecieron cinco experimentos durante las campañas 2014/15 (n=3) y 2015/16 (n=2), en el sudeste de San Luis (Tilisarao), Sur Santa Fe (Oliveros), Centro Norte Buenos Aires (Pergamino) y Sudeste Buenos Aires (Balcarce) de la RP. Los tratamientos fueron:

- T1 = control sin aplicación de Zn;
- T2 = 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn aplicado a la semilla (Teprosyn®, óxido de Zn, 600 g l<sup>-1</sup>);

- T3 = 0,7 kg ha<sup>-1</sup> de Zn aplicado foliar (Zintrac®, óxido de Zn, 700 g l<sup>-1</sup>) en V6-V7;
- T4 = 2,1 kg ha<sup>-1</sup> de Zn aplicado en bandas al suelo (sulfato de Zn).

En 4 de los 5 experimentos se determinó respuesta a la aplicación de Zn (respuesta promedio = 890 kg ha<sup>-1</sup>). Las deficiencias de Zn pudieron ser corregidas aplicándolo tanto en las semillas como al follaje o al suelo (Figura 5). La aplicación de la dosis más elevada en el suelo sería apropiada cuando el Zn-DTPA es menor a 0,9 mg kg<sup>-1</sup>, probablemente debido a que en condiciones de severa deficiencia de Zn el cultivo necesite de una mayor disponibilidad en etapas más tempranas del ciclo. La aplicación foliar sería más adecuada para aliviar deficiencias de Zn cuando el Zn-DTPA se encuentra cercano al rango de crítico o dentro del mismo (0,9-1,3 mg kg<sup>-1</sup>), como un procedimiento de emergencia, dependiendo del estado del cultivo y las condiciones climáticas.

El tratamiento para producir el balance de Zn más positivo, a través de la dosis con cantidades elevadas resultó conveniente para la reconstrucción del nutriente. No obstante, esta estrategia es más efectiva en suelos con baja capacidad de fijación de Zn (pH menores a 7 y bajos o nulos contenidos de CaCO<sub>3</sub>). Los resultados de este estudio constituyen un avance del efecto de diferentes tecnologías de fertilización con Zn sobre el rendimiento y balance del nutriente, aunque es necesaria más investigación al respecto.

## **Prácticas de manejo que mejoran la disponibilidad de Zinc**

La disponibilidad de Zn no solo depende del contenido total del suelo, y por ende del balance entre adición y pérdidas, sino de la proporción del total que se encuentre en las fracciones más disponibles para las plantas. Entre ellas, la fracción orgánica soluble del Zn está directamente asociada a su disponibilidad para los cultivos. A su vez, la fracción orgánica soluble se relaciona con las fracciones más lábiles o activas de la materia orgánica del suelo, que dependen del balance entre adición y pérdida del carbono.

Las secuencias de cultivo que incluyen una mayor proporción de gramíneas contribuyen a mejorar el balance de carbono del suelo. En este contexto, la inclusión de CC en planteos con elevada frecuencia de soja son una herramienta apropiada tanto para mejorar el balance de C, como así también para generar cobertura del suelo y, de esa manera, disminuir el riesgo de erosión hídrica o eólica. Sin embargo, hasta el momento no era conocido el efecto de los CC sobre la disponibilidad de micronutrientes, en particular el Zn.

Beltrán y col. (2016) realizaron tres experimentos de larga duración en INTA Oliveros (Santa Fe), INTA Balcarce e INTA General Villegas (Buenos Aires). Los tratamientos fueron: soja-soja (S-S), soja-cultivo de cobertura-soja (S-CC-S), maíz-soja-trigo/soja (M-S-T/S) y maíz-cultivo de cobertura-soja-trigo/soja (M-CC-S-T/S). El cultivo de cobertura utilizado fue trigo.

Después de seis años se determinó incremento en el C orgánico particulado, principalmente en el tratamiento S-CC-S, asociado a un balance de C más positivo. A

su vez la fracción particulada fina fue la que mejor se relacionó con el Zn extractable a la profundidad de 0-20 cm (Figura 7). Estos resultados sugieren que cambios en las fracciones lábiles de la MO pueden llegar a modificar la disponibilidad de Zn por redistribución de las fracciones de Zn del suelo. Por lo tanto, es clave no solo mejorar el balance de Zn a través de la fertilización, sino también incrementar, a través del manejo, la fracción lábil o activa de la MO para que este nutriente permanezca en la fracción disponible para los cultivos.