

Avances en tecnología de la fertilización con azufre y micronutrientes en cultivos de verano de la Región Pampeana.

Martín Torres Duggan, Lamelas, J.A.; Berasategui, L.A., Ongaro, A.; Weil, M.R.; Taquini, L.A

Tecnoagro S.R.L.

Email de contacto: torresduggan@tecnoagro.com.ar

Las deficiencias de azufre y microelementos se han expandido en los últimos años en la Región Pampeana. La fertilización con estos nutrientes resulta vital en planteos de alta productividad. En los últimos años se ha generado considerable información experimental en relación a estos elementos en diferentes cultivos y regiones edafo-climáticas. El objetivo de este artículo es presentar los principales avances en tecnología de la fertilización con estos nutrientes en cultivos de verano, en especial maíz y soja.

Publicado en suplemento de Fertilidad y Fertilizantes. Revista Agromercado. Año 30 Julio 2011.

1-Introducción

El azufre (S) es el tercer nutriente limitante de los rendimientos luego del nitrógeno (N) y el fósforo (P). Las deficiencias de microelementos se presentan asociadas a determinados cultivos y en general son frecuentes en planteos de alta productividad, no limitados de un modo severo por macro y mesonutrientes.

Las deficiencias de azufre comenzaron a reportarse incipientemente a mediados de la década de los años 90s en algunos cultivos como colza (Rubio *et al.* 1996). Posteriormente las respuestas se establecieron definitivamente en cultivos como soja y/o secuencias trigo/soja a partir de ensayos de campo conducidos por técnicos del INTA Casilda (Martínez & Cordone, 1998; Cordone & Martínez, 2001). El área de deficiencia de S se ha extendido en los últimos años hacia otras regiones donde era poco esperado observar respuestas a la aplicación de S, como el sudeste de Buenos Aires (Reussi Calvo *et al.* 2006; Pagani *et al.* 2009). Si bien aún es escaso el grado de avance logrado en materia de diagnóstico de fertilidad azufrada (aspecto no abordado en este artículo), los ambientes donde se observaron respuestas a la fertilización azufrada corresponden con suelos bajo contenido de materia orgánica y/o degradados, siembra directa, lotes con prolongada historia agrícola y ambientes con altas respuestas a la aplicación de N y P (Gutiérrez Boem *et al.* 2007). Asimismo, algunas experiencias recientes reportaron una asociación inversa significativa entre las respuestas al agregado de S y el contenido de azufre en forma de sulfatos en el suelo (0-20 cm) en los cultivos de trigo y soja (Esposito *et al.* 2008; García *et al.* 2006).

Las deficiencias de microelementos se han reportado en varios cultivos dentro de la Región Pampeana (Torri *et al.* 2011). En base a los antecedentes, es posible afirmar que el Zn y el B serían los dos micronutrientes con mayor frecuencia de deficiencia y probabilidad de determinar respuesta económica a la fertilización (Melgar *et al.* 2001). El objetivo de este artículo es presentar avances recientes en materia de tecnología de fertilización con S y algunos microelementos.

2-Tecnología de la fertilización azufrada

2.1. Fertilizantes azufrados sulfatados

La mayor parte de la información experimental disponible sobre evaluación de fertilizantes azufrados corresponde a fertilizantes sulfatados. Estas fuentes presentan el S en forma disponible para los cultivos. En términos generales, no se han observado diferencias importantes entre fuentes sulfatadas (e.g. sulfato de amonio vs. yeso) en las respuestas en el cultivo de soja (Gutiérrez Boem *et al.* 2007), siendo escasa la información sobre comparación de fuentes azufradas en otros cultivos de verano como maíz o girasol. Esto significa que en el cultivo de soja todas las fuentes presentaron similar capacidad para proveer S a los cultivos. En términos

generales, la máxima productividad de los cultivos de grano se alcanza con dosis de S de 15-20 kg/ha. Sin embargo, en cultivos que por su requerimiento específico (e.g. colza) o por los niveles de productividad alcanzados (e.g. maíces bajo riego, alfalfa de corte, etc.) podría ser necesario incrementar las dosis mencionadas antes. En el caso de lotes bajo riego complementario se recomienda analizar el agua utilizada ya que en muchas regiones el contenido de sulfatos puede ser elevado y por ende el riego se puede convertir en una fuente de aporte de S. El S puede impactar en el rendimiento aún aplicándose más tardíamente comparado con el N.

2.2. Azufre elemental

Si bien la información local disponible sobre evaluación de fuentes de azufre elemental (AE) en cultivos de verano es escasa, en los últimos años se han realizado algunos experimentos estudiando la performance agronómica de este fertilizante azufrado. A diferencia de los fertilizantes azufrados que contienen el S como sulfato (fertilizantes o fuentes sulfatadas), el AE se tiene que oxidar en el suelo para proveer S disponible para los cultivos. Su principal ventaja es su alto contenido de S, el mayor dentro de las fuentes sólidas, que puede ser un atributo buscado en formulación de fertilizantes complejos y/o mezclas físicas. Dentro de los factores que inciden en la oxidación del AE en el suelo podemos mencionar: condiciones ambientales (temperatura, humedad), momento y forma de aplicación (disolución y disgregación en el suelo), características físico-químicas del AE (tamaño de partícula) y tipo de cultivo (Horowitz & Meurer 2007). De los factores que inciden en la oxidación del AE, el más poderoso para modificar la tasa de oxidación del AE es el tamaño de partícula. Las fuentes de AE con mayor velocidad de oxidación y mayor probabilidad de determinar respuestas a la fertilización dentro del año de aplicación son aquellas que presentan una granulometría menor a 150-200 μm (Schoneau & Malhi, 2008).

Ensayos recientes realizados en soja de primera durante dos años consecutivos en el sur de Santa Fe y centro y norte de Buenos Aires, muestran respuestas similares del AE micronizado (200 μm) y del sulfato de amonio (Torres Duggan *et al.* 2011). Estos antecedentes se suman a otros estudios realizados con la misma fuente de AE (Torres Duggan *et al.* 2010) y una fuente similar (“azufre elemental pre-tratado”) en el cultivo de trigo (Tysko & Rodríguez, 2006). Si bien los resultados locales de respuesta a la fertilización con fuentes reactivas de AE indicados antes son alentadores en cuanto indicarían, indirectamente, que estos fertilizantes se habrían oxidado en el área de estudio de esos ensayos, se recomienda ser cautos en cuanto a la extrapolación de estos resultados a condiciones muy contrastantes en términos edáficos y climáticos (e.g. regiones con muy bajas temperaturas, condiciones edáficas superficiales de muy baja disponibilidad hídrica o exceso hídrico luego de la aplicación, etc.).

2.3-Formas y momentos de aplicación

La poca evidencia de procesos importantes de fijación de sulfatos en los suelos de la Región Pampeana, determinan que sea factible recomendar una gama de posibilidades de métodos y momentos de aplicación de S. Así, la decisión de cuál combinación de fertilizante-forma-momento de aplicación frecuentemente se define en base a las preferencias del productor, según cuestiones económicas y logísticas. En la Tabla 1 se resumen las principales modalidades de aplicación de S en cultivos de grano.

Tabla 1. Formas y momentos de aplicación de azufre en la Región Pampeana (Torres Duggan *et al.* 2010).

Momento de aplicación	Formas de aplicación	Nutrientes aplicados/tipo de fuentes
Pre-siembra	Voleo, “chorreado” (fertilizantes líquidos), etc.	N o S (fertilizantes simples, complejos y/o mezclas físicas)
Siembra	Junto a la semilla, bandas superficiales o subsuperficiales (según sembradora).	N, P y S (fertilizantes simples, complejos y/o mezclas físicas)
Post-siembra	Voleo (fertilizantes sólidos), “chorreado” (fertilizantes	N y S (fertilizantes simples, complejos, mezclas y líquidos)

La residualidad de la fertilización azufrada ha sido demostrada en los últimos años y permite definir el manejo del S (y también del P) a nivel de rotaciones y/o secuencias de cultivos (García & Salvagiotti, 2009). Investigaciones recientes realizadas en el doble cultivo trigo /soja 2° indicaron similares respuestas y eficiencias de uso de P y S cuando se aplicó una dosis equivalente al requerimiento total de estos nutrientes en el cultivo de trigo o en cada uno de los cultivos por separado (Salvagiotti *et al.* 2004). Estos resultados tienen importantes implicancias agronómicas y logísticas. Pudiendo aplicar la dosis completa de S de la secuencia trigo/soja 2° en el trigo se logran beneficios operativos en la siembra de soja de 2°. Sin embargo, estos resultados no deberían extrapolarse a suelos con características muy diferentes a las dominantes en la Región Pampeana como por ejemplo suelos Vertisoles, donde la capacidad de adsorción de sulfatos podría ser mayor.

3-Tecnología de la fertilización con microelementos

3.1-Fuentes de microelementos

Existen diversas fuentes de microelementos ofrecidas en el mercado, con diferentes características y propiedades (Melgar, 2006). En términos generales la literatura internacional indica que las fuentes inorgánicas (e.g. sulfatos de microelementos metálicos) son fuentes adecuadas para proveer microelementos a los cultivos (Lopes, 1999). Estas fuentes son solubles en agua, atributo deseable para optimizar la performance agronómica del agregado de microelementos. Sin embargo, es frecuente que los microelementos formen parte de diversos tipos de formulaciones comerciales, como quelatos sintéticos (e.g. EDTA, EDDHA, etc.); compuestos órgano-minerales, etc. Independientemente del tipo de fertilizante seleccionado se recomienda siempre utilizar productos inscriptos en el SENASA, de empresas reconocidas y donde se disponga de información experimental local sobre su efectividad agronómica. Además del grado (contenido elemental de nutrientes) resulta útil conocer la forma química de los microelementos (e.g. quelato, sulfato, óxido, etc.).

3.2-Estrategias y métodos de aplicación

El maíz es especialmente susceptible a las deficiencias de Zn. En este cultivo existen antecedentes de respuestas significativas a la aplicación en sistemas de alta producción (Melgar *et al.* 2001). En soja se han realizado algunos estudios exploración de respuestas a B, pero la información disponible es aún escasa. También en esta oleaginosa existen algunos antecedentes de evaluaciones de inoculantes con el agregado de cobalto y molibdeno, entre otros.

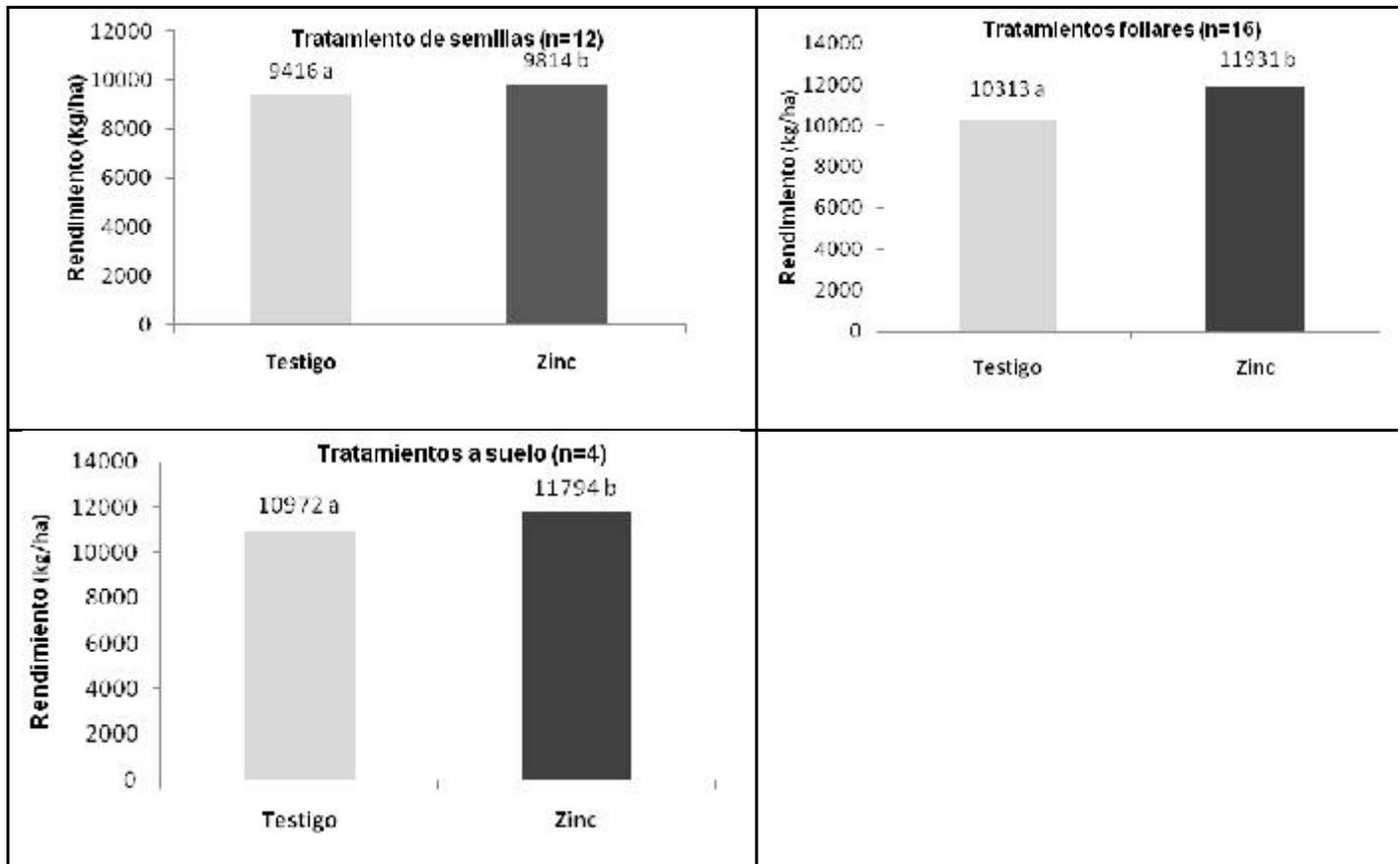
En los últimos años (2004-2010), Ferraris *et al.* (2010) efectuaron 32 experimentos de campo, evaluando tratamientos de semilla, aplicaciones foliares y a suelo (Figura 1). Las dosis evaluadas en estos experimentos fueron 0,1-0,2 kg/ha, 0,3-0,5 kg/ha y 0,4-3,5 kg/ha para los tratamientos a semilla, foliares y a suelo, respectivamente. Las aplicaciones foliares se efectuaron entre los estadios de V5 a V7, mientras que las aplicaciones a suelo se realizaron entre V0 y V6 utilizando soluciones nitro-azufradas. Las respuestas en rendimiento por aplicación de Zn fueron 4,7; 5,7 y 7,2%, para los tratamientos a semilla, foliar y a suelo, respectivamente (Figura 1). Las mayores respuestas en los tratamientos a suelo se debieron a las mayores dosis utilizadas. En tratamientos de semilla existe una limitación en cuanto a las dosis que se pueden aplicar.

En los tratamientos foliares realizados en cultivos de verano resulta fundamental optimizar la calidad de la aplicación, evitando aplicar el producto cuando hay condiciones ambientales muy adversas (e.g. muy alta temperatura, muy baja humedad relativa del ambiente, o una combinación de ambos factores). Así, de acuerdo a Ferraris (2011) es posible mencionar algunas recomendaciones para las aplicaciones foliares:

☞ Lograr 170 y 70 impactos/cm² en el extremo superior e inferior del tercio medio de la

- planta en aplicaciones terrestres y 14 y 7 impactos/cm² en aplicaciones aéreas.
- Realizar la aplicación cuando la humedad relativa del ambiente sea mayor al 60%, la temperatura menor a 30° y la velocidad del viento menor a 7-8 km/h. En caso contrario utilizar aceite vegetal, tensioactivos y/o anti evaporantes.

Figura 1. Respuesta a la aplicación de Zn en maíz por medio de tratamientos de semilla, foliares y a suelo (Ferraris *et al.* 2010).



4-Conclusiones

- ? El S constituye el tercer nutriente limitante del rendimiento en los cultivos de granos de la Región Pampeana, luego de N y P.
- ? Todos los fertilizantes que aporten el S como sulfato (fertilizantes sulfatados) tienen similar capacidad para proveer S a los cultivos, siendo las dosis de máxima respuesta 15-20 kg/ha.
- ? Existe escasa información experimental local sobre manejo de AE en cultivos de granos. Sin embargo, existen algunos antecedentes recientes promisorios utilizando fuentes micronizadas. Si el objetivo es generar respuestas directas a la aplicación (e.g. dentro del año) se recomienda utilizar fuentes con tamaños de partículas menores a 150-200 µm, que tienen mayor velocidad de oxidación.
- ? Los micronutrientes pueden ser nutrientes limitantes sobre todo en planteos de alta producción. En esos ambientes existen antecedentes de respuestas a la aplicación de Zn en maíz, y algunos pocos de evaluación de B en soja.
- ? La fertilización con Zn se puede realizar a la semilla, vía foliar o al suelo. Las respuestas se incrementan con las aplicaciones foliares o a suelo, donde es posible aplicar dosis más altas que en los tratamientos a semilla.
- ? Para garantizar una adecuada calidad de aplicación es necesario evitar aplicar con altas temperaturas (e.g. mayores a 30°C) o baja humedad relativa del ambiente (e.g.=60%). Se debe analizar la cantidad de impactos (gotas/cm²). En caso que no se pueda lograr aplicar

en estas condiciones se recomienda el uso de aceite vegetal, tensioactivos y/o antievaporantes).