

FERTILIZACION CON MICRONUTRIENTES EN SOJA. EXPERIENCIAS EN LA REGIÓN CENTRO - NORTE DE BUENOS AIRES Y SUR DE SANTA FE

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia Couretot

UCT Agrícola. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700)

Pergamino. 02477-439026

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

Los planteos tecnológicos de alta producción de soja incluyen hoy el uso de fertilizantes fósforo-azufrados y también la inoculación como modo de proveer nitrógeno (N) al cultivo. Sin embargo, en cultivos de alto rendimiento o sobre suelos altamente degradados, otros elementos, denominados micronutrientes, podrían limitar la producción (Ferraris & Couretot, 2008). El término "micronutriente" es utilizado en agricultura para denominar aquellos elementos esenciales para los cultivos, que se presentan en concentraciones extremadamente bajas en los suelos y tejidos vegetales (Torri et al., 2010). Para el caso de soja, existe evidencia de que Boro (B), Cobalto-Molibdeno (CoMo), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) podrían ser potencialmente limitantes en la Región Pampeana Argentina (Ferraris et al., 2005; Ferraris, 2011, Fontanetto et al., 2006) y otras regiones del mundo (Scheid López, 2006; Prochnow, 2009).

El bajo requerimiento de los micronutrientes amplía el espectro en cuanto a fuentes y formas de aplicación. En este sentido, se ha evaluado la posibilidad de aplicarlos al suelo, sobre semillas, o mediante aplicaciones foliares. Esta última es una de las más frecuentes, siendo aplicados cuando el cultivo ha logrado suficiente expansión foliar para su absorción, se encuentre en un estado de elevada demanda de nutrientes y, en lo posible, coincida con la aplicación de otros agroquímicos destinados a la protección del cultivo, disminuyendo así costos operativos.

El objetivo de este trabajo fue analizar los resultados de cinco campañas, en las que se evaluaron diferentes fuentes fertilizantes conteniendo micronutrientes aplicadas sobre semilla o por vía foliar, registradas en el mercado argentino para su aplicación en soja. Hipotetizamos que estos mejoran el rendimiento, vía la supresión de deficiencias de nutrientes específicos, un aumento en la tasa del crecimiento del cultivo, o mejor tolerancia ante situaciones de estrés moderado.

Palabras clave: Soja, micronutrientes, boro, condición hídrica, rendimiento

Materiales y métodos

Entre las campañas 2005/06 y 2009/10, se realizaron 45 ensayos de campo, incluyendo 212 tratamientos, 94 de ellos aplicados en estados vegetativos (V2-V6, con preponderancia de este último) y 118 en el estado reproductivo (R1-R5, con prevalencia de tratamientos en R3). Los experimentos fueron conducidos en las localidades de La Trinidad (General Arenales), Pergamino (Pergamino), Rancagua (Pergamino), Sarasa (Colón), Wheelwright (General López) y Juncal (Constitución), los cuatro primeros en el Noroeste de Buenos Aires y los dos restantes en el Sur de Santa Fe. Los suelos correspondieron a las Series Rojas (La Trinidad, Sarasa), Pergamino (Pergamino), Arroyo Dulce (Rancagua), y Hughes (Wheelwright y Juncal), en todos los casos Argiudoles típicos. Fueron realizados sobre lotes de producción, o en parcelas sembradas con este fin, implantados en siembra directa. La variedad y el manejo de la fertilización de base a la siembra fueron los realizados por los productores como práctica corriente del lote. La semilla fue inoculada en todos los casos, y las parcelas fertilizadas con fósforo (P) y azufre (S) de acuerdo con un criterio de suficiencia. Los ensayos fueron mantenidos libres de malezas y plagas durante todo el ciclo. Los tratamientos

consistieron en la aplicación de fertilizantes simples o compuestos, conteniendo concentraciones variables en su formulación. El diseño estadístico fue en bloques completos al azar con tres a seis repeticiones.

Los microelementos fueron incorporados por lo general por la vía foliar. Las aplicaciones foliares fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón de 200 cm provisto de 4 boquillas distanciadas a 50 cm, y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 100 l ha^{-1} de solución. En ocasiones, se adicionaron coadyuvantes para facilitar la adherencia de las soluciones aplicadas. En todos los casos, los tratamientos fueron realizados con una HR > 60 %, T < 25 °C y baja velocidad de viento.

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras o, preferentemente, en forma mecánica mediante una cosechadora de parcelas. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza de cada sitio individual. Se consideraron aquellos tratamientos en los que al menos se incorporó uno de los siguientes elementos: Co-Mo, Mn, Zn y B. La integración de los resultados se realizó considerando la totalidad de los tratamientos, y aquellos aplicados con B. A su vez, el análisis de campaña se realizó separando años con precipitaciones por encima (años húmedos) o debajo (años secos) de la media histórica local, y de acuerdo a la ocurrencia o no de estrés hídrico. Los promedios se realizaron sobre la base de los rendimientos relativos de cada sitio.

Resultados y discusión

Un análisis global permite identificar efecto de sitio, año y tratamiento sobre los rendimientos ($p < 0,000$). El rango de respuesta comprendió entre 0 y 33 %. La respuesta media fue relevante pero variable entre ensayos y aún dentro de un mismo ensayo. Del total de 45 experimentos, 15 presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,10$). La diferencia media para las aplicaciones en estado vegetativo alcanzó a 6,5%, y 5,9% en el reproductivo, promedio de 94 y 118 tratamientos, respectivamente (Figura 1.a). La similitud de respuesta entre ambos estadíos fenológicos es un resultado favorable, ya que permitiría una amplia ventana de aplicación de los microelementos, pudiendo programarse inclusive en función del momento ideal de uso de agroquímicos destinados a la protección del cultivo, como herbicidas o fungicidas. La conveniencia de uno u otro momento podría explicarse por la relevancia para la definición del rendimiento del período en que se realiza la aplicación, y condición ambiental en que se realizan. Si bien el período reproductivo i.e. R3 es de mayor demanda de nutrientes y a la vez clave para la definición de los rendimientos, la temperatura del aire, humedad relativa y la misma condición hídrica del cultivo -un aspecto de gran importancia para una adecuada absorción de nutrientes cuando son aplicados por vía foliar-, era más favorable en el estado vegetativo.

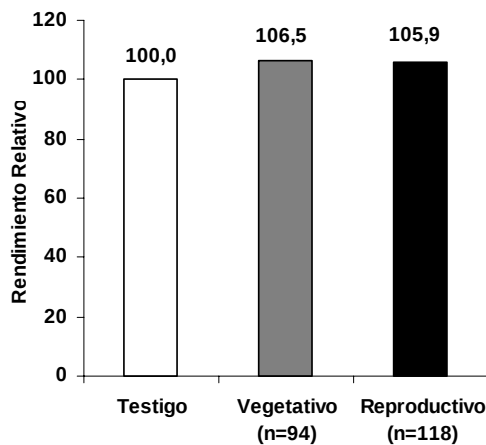
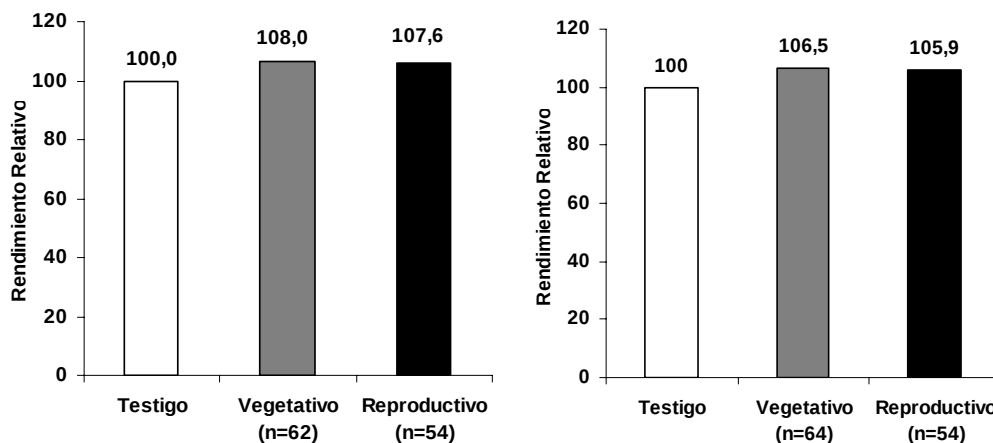


Figura 1.a



Años secos

Figura 1.b

Años húmedos

Figura 1.c

Figura 1: Rendimiento relativo al Testigo (Testigo=100) como resultado de fertilizantes conteniendo microelementos aplicados en estadíos vegetativos o reproductivos en soja entre las campañas 2005/06 y 2009/10, en la región Centro Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe. **a)** Resultados medios provenientes de a) todos los sitios **b)** años 2005/06, 2007/08 y 2008/09, con al menos 150 mm de déficit y **c)** años 2006/07 y 2009/10, sin déficit hídrico. (n) representa el número de casos considerado para cada estadío.

La respuesta no estuvo estrictamente asociada a variables de sitio, suelo, calidad de ambiente o nivel de rendimiento. Sin embargo, se pueden diferenciar situaciones contrastantes según el nivel hídrico del cultivo, o el nutriente aplicado.

Si se compara la respuesta obtenida en los ciclos 2005/06, 2007/08 y 2008/09 (Figura 1.b) con precipitaciones por debajo de la media histórica -565 mm en el período octubre-marzo- y déficit de evapotranspiración en todos los casos superior a 150 mm, esta superó en frecuencia a la media, obteniéndose un 40 % de sitios con respuesta positiva ($p < 0,10$ en 10 de 25 ensayos). En estos ensayos, la respuesta media obtenida alcanzó a 8,0 y 7,6 % para aplicaciones en el estado vegetativo y reproductivo, respectivamente. Por el contrario, en los años 2006/07 y 2009/10 (Figura 1.c), con precipitaciones medias de 1070 mm y sin déficit hídrico, un 26 % de los experimentos mostraron respuesta ($p < 0,10$ en 5 de 20 ensayos).

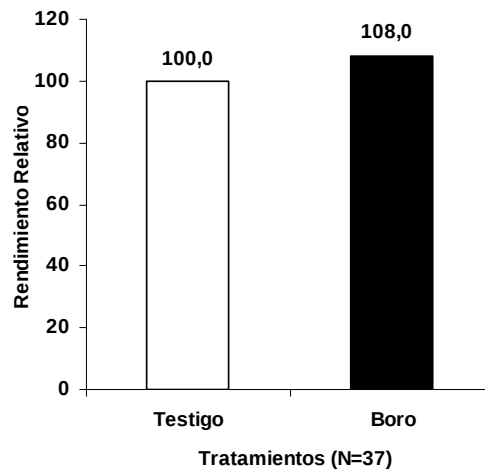


Figura 2.a

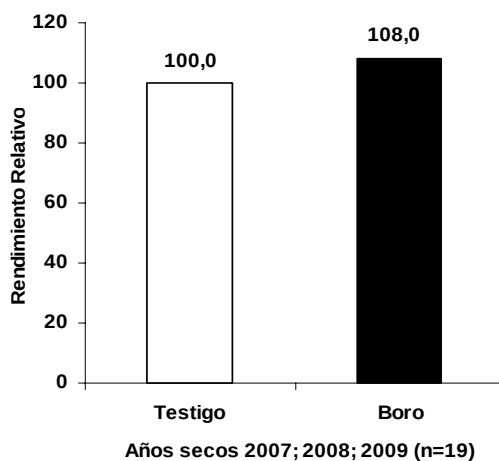


Figura 2.b

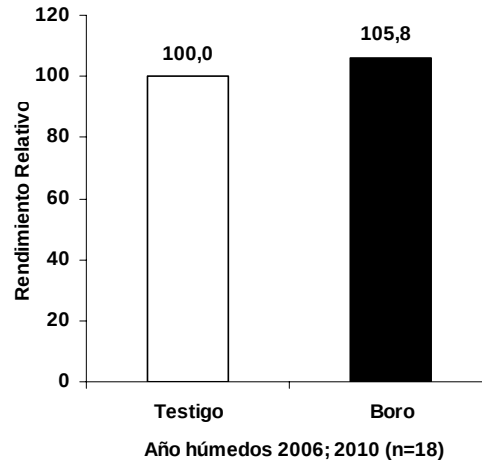


Figura 2.c

Figura 2: Rendimiento relativo al Testigo (Testigo=100) como resultado de la aplicación de fertilizantes foliares aportando al menos 50 gB ha^{-1} en soja entre las campañas 2005/06 y 2009/10, en la región Centro Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe. a) Resultados medios provenientes de **a)** todos los sitios **b)** años 2005/06, 2007/08 y 2008/09, con al menos 150 mm de déficit y **c)** años 2006/07 y 2009/10, sin déficit hídrico. (n) representa el número de casos considerado para cada estadío.

En 19 de los 45 experimentos se realizaron tratamientos con aplicación de B. Se consideran tratamientos aplicados con B aquellos que recibieron una dosis de al menos 50 gB ha^{-1} . El 52 % de los experimentos mostraron diferencias significativas en favor de los tratamientos aplicados ($p < 0,10$ en 10 de 19 ensayos). La respuesta media a B alcanzó el 8,0% (Figura 2.a), superando a la media de toda la red (Figura 1.a). Estos resultados señalarían al B como el micronutriente que con mayor probabilidad limitaría los rendimientos de soja en la región.

Como sucediera con el resto de los ensayos, existió congruencia entre la respuesta a la aplicación de B y la condición climática de la campaña. Los experimentos realizados durante los años secos 2005/06, 2007/08 y 2008/09 presentaron similar proporción de sitios con respuesta ($p < 0,10$ en 5 de 10 ensayos), pero aumentaron en su dimensión, siendo la diferencia media de 11,2 % (Figura 2.b). Por su parte los años más húmedos reflejaron una frecuencia semejante a la media ($p < 0,10$ en 5 de 10 ensayos), pero con incrementos de sólo un 5,8 % (Figura 2.c). Es probable que en un ciclo seco resulte más dificultosa la adquisición

de nutrientes del suelo, apareciendo durante el ciclo períodos de limitada absorción de algunos microelementos que puede ser contrarrestado mediante el aporte externo vía fertilización. Esto sería especialmente importante en elementos de alta movilidad y que se absorben por flujo en masa como B. Por el contrario, durante un ciclo húmedo, la planta estaría en condiciones de abastecer con mayor facilidad sus requerimientos a partir del suelo. Esta hipótesis sugiere que la deficiencia de microelementos en numerosas ocasiones podría explicarse a partir de su disponibilidad para los cultivos, más que a la dotación total en el suelo.

Conclusiones

Un grupo de 45 ensayos y 212 tratamientos con aporte de microelementos, realizado entre las campañas 2005/06 y 2009/10 permitió establecer una frecuencia del 33% de sitios donde es válido aceptar la hipótesis propuesta –existe respuesta a la fertilización con microelementos en soja-, siendo las diferencias medias de 6,5 y 5,9 % según la aplicación fuera en estado vegetativo o reproductivo. La frecuencia y nivel de respuesta se incrementaron cuando el experimento se desarrolló bajo una condición de estrés hídrico moderado, y cuando los tratamientos consistieron en la aplicación de B. Por el contrario, el estado fenológico de aplicación –dentro del rango evaluado-, la localización geográfica del ensayo, el tipo de suelo, su nivel de rendimiento o la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo no fueron indicadores de diagnóstico confiables para predecir la respuesta a la fertilización.

Bibliografía

- * Ferraris, G. y L. Couretot. 2009. Fertilización foliar complementaria de Soja. Un análisis de dos campañas climáticamente contrastantes. Pp143-148. Soja. Resultados de Experiencias. Campaña 2009. F Mousegne (ed). Proyecto Regional Agrícola. CRBAN-EEA Pergamino-Villegas.
- * Ferraris, G., L. Couretot y J. Ponsa. 2005. Evaluación de la utilización de molibdeno, cobalto, boro y otros nutrientes en soja de primera. En: Soja. Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola, año 2005. CERBAN. Áreas de Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino y General Villegas. pp 62-65.
- * Fontanetto, H.; Keller, O; Negro, C; Belotti L.; y Giaileva D. 2006. Inoculación y fertilización con Cobalto y Molibdeno sobre la nodulación y la producción de soja. INTA, E. E. A. Rafaela.
- * Ferraris, G. 2011. Microelementos en cultivos extensivos. Necesidad actual o tecnología para el futuro? pp 121-133. En: Actas del Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada al Sistema de Producción". IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. 269 pp.
- * Prochnow, L; M. F. Moraes y S. Stipp. Micronutrientes. "Simposio Fertilidad 2009. "Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos. Disponible on-line www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf
- * Scheid López, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. pp. 29-78. En: M Vázquez (ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.
- * Torri, S., Urricariet, S., Ferraris, G. y Lavado, R.S. 2010. Cap.5. Micronutrientes en agrosistemas pp 395-423. En: En: Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes. Rubio, G. Y R. Lavado (eds). Editorial Facultad de Agronomía, UBA.