

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON BORO Y NITRÓGENO SOBRE EL CULTIVO DE SOJA

Hugo Fontanetto¹; Oscar Keller¹ y Julio Albrecht²

¹ EEA INTA Rafaela, Rafaela, Santa Fe; ² Centro Primario AFA María Juana (SCL), Santa Fe
 hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

Los requerimientos de nitrógeno (N) en soja son cubiertos en gran medida por el mecanismo de fijación biológica de N (FBN); los de fósforo (P), azufre (S) y otros mesonutrientes se satisfacen por absorción radicular en el suelo y, bajo condiciones de deficiencia, generalmente se aplican al momento de la siembra como fertilizantes. Sin embargo, si otros micronutrientes limitan el rendimiento, pueden ser aplicados de otra manera y, en este caso, la pulverización foliar es una vía alternativa para complementar la nutrición en soja y otros cultivos extensivos. En la actualidad, los diagnósticos de respuesta a la fertilización foliar son más precisos, empleando herramientas como el análisis de suelo y de tejidos (Martens y Westermann, 1991), generando mayor

información con experiencias a campo y con un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris y Couretot, 2007; 2008). En este sentido, se han producido notables avances en el rol de los micronutrientes en la respuesta de las plantas a condiciones de estrés (Yuncaí et al., 2008), y también desarrollando herramientas de medición que permitan detectar pequeñas respuestas a nivel de campo (Reetz, 1996; Mallarino et al., 1998). El boro (B) es un micronutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soja, cuyo requerimiento es de 25 g/ton de grano, estando fuertemente asociado a la materia orgánica de los suelos. La información sobre las respuestas

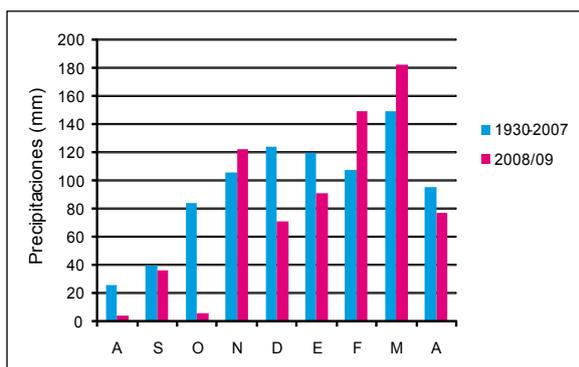


Figura 1. Precipitaciones registradas (Agosto-Abril) durante el cultivo de la soja en San Carlos, campaña 2008/09 y promedio histórico de referencia para Rafaela (1930-2007).

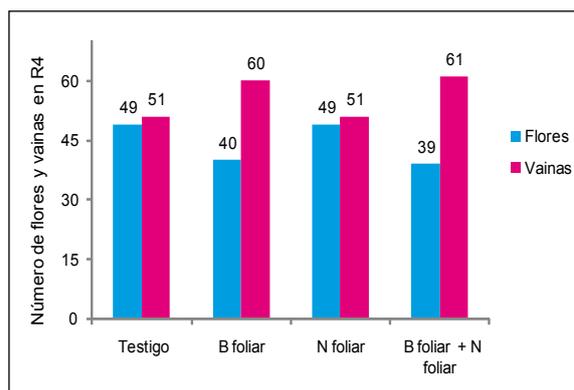


Figura 2. Porcentaje (%) de flores y vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en R4 de la soja y con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

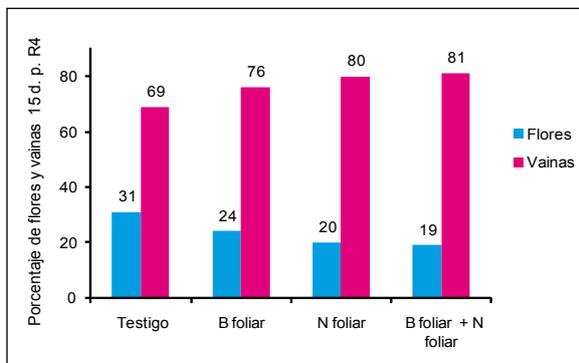


Figura 3. Porcentaje (%) de flores y vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en el momento 15 d. p. R4 de la soja y con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

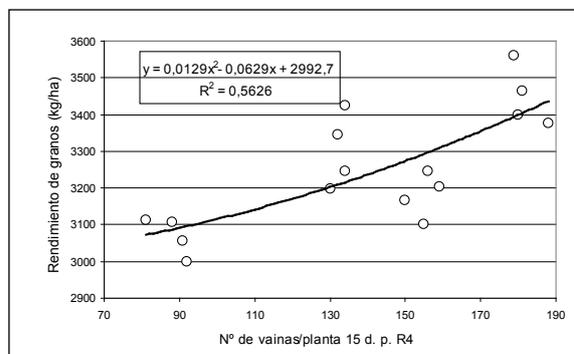


Figura 4. Relación entre el número de vainas/planta 15 días posteriores a R4 y el rendimiento de soja con los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

halladas en soja son divergentes, con respuestas positivas (Olsen, 1972; Van Raij, 1991) o erráticas (Mortvedt, 1978). Una red de fertilización foliar de Agricultores Federados Argentinos (AFA) realizada con diferentes fertilizantes foliares en la campaña 2005/06 no arrojó respuestas significativa (G. Prieto, 2006; comunicación personal). Por otro lado, los resultados de la red Fertilizar-INTA no mostraron respuestas en el rendimiento de soja al agregado

de B cuando este nutriente fue aplicado al suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del B en aplicaciones foliares sólo o combinado con N sobre el rendimiento de soja.

Materiales y métodos

Se realizó un ensayo en la zona rural de San Carlos (Santa Fe), sobre un cultivo de soja de segunda cuyo

Tabla 1. Productos y dosis ensayados. Soja campaña 2008/09.

TRATAMIENTOS	Nutrientes aplicados
1	Testigo (con suficiencia de P, S y Ca)
2	B foliar (150 g/ha) en R2-R3
3	N Foliar (1 kg N/ha) en R2-R3
4	B + N Foliar en R2-R3

Tabla 2. Características químicas del suelo a la siembra de la soja. Campaña 2008/09.

Profundidad (cm)	Materia Orgánica	Nt (%)	P (Bray I)	pH	S-SO ₄	N-NO ₃	Zn	Mn	Fe	Cu	B
	%		(ppm)		(ppm)	(ppm)	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm
0-20 cm	2,51	0,121	10,2	5,9	5,6	9,3	1,1	24,3	41,2	1,36	0,47
20-40 cm	1,18	0,061	7,1	6,0	3,9	4,5	-	-	-	-	-
40-60 cm	0,92	0,048	4,3	6,2	3,1	3,2	-	-	-	-	-

Tabla 3. Contenido de agua útil a la siembra de la soja. Campaña 2008/09.

Profundidad de suelo (cm)	Agua disponible (mm)	Agua acumulada (mm)
0 - 10	15,6	15,6
10 - 30	18,4	34,0
30 - 40	13,8	47,8
40 - 60	12,6	60,4
60 - 70	16,8	77,2
90 - 110	23,1	100,3
110 - 140	22,8	123,1
140 - 160	19,6	142,7

Tabla 4. Tratamientos de fertilización en soja de 2da, comparación de medias de rendimiento en Granos, de los componentes del rendimiento y calidad de granos. Campaña 2008/09.

Tratamiento	Peso mil granos (g)	Nº granos por m ²	Rendimiento de granos (kg/ha)	Materia Grasa en granos (%)	Proteína en granos (%)
Testigo	134,4 a	2.284 a	3.068 a	19,0 a	37,2 a
B foliar	133,3 a	2.478 ab	3.303 bc	19,6 a	37,7 a
N Foliar	133,5 a	2.381 ab	3.179 ab	19,8 a	37,7 a
B foliar + N Foliar	134,6 a	2.564 b	3.450 c	19,9 a	37,7 a

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical, no difieren entre sí (Duncan $P < 0,05$)

cultivo antecesor fue trigo en la campaña agrícola 2008/09. El suelo fue un Argiudol típico y el control de malezas se realizó mediante una aplicación de glifosato (1.7 L/ha p.a.) previo a la siembra más una aplicación de glifosato (1.8 L/ha p. a) en el estadio V8. El control de plagas se efectuó con 2 aplicaciones de insecticida (0.10 L/ha) durante los estadios de V8 y R2 de la soja. La variedad de soja utilizada fue A 6411 sembrada el 17/12/2008, a 0.42 m entre surcos.

Los tratamientos de fertilización foliar evaluados se detallan en la Tabla 1. Los variantes de fertilización en estudio conformaron 4 tratamientos que se dispusieron en parcelas de 2.52 m de ancho por 10 m de largo, dispuestas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los fertilizantes sólidos (yeso agrícola: 100 kg/ha (18.5% S); superfosfato triple de calcio: 150 kg/ha (20% P) y Calcita: 400 kg/ha (32% CaO) se incorporaron al costado y por debajo de la línea de siembra y los fertilizantes foliares (N Foliar como Foliar Sol-U, 20% N, y B foliar como Solubor, 15% B) se aplicaron con mochila de motor con un volumen de agua de 150 L/ha en el momento fenológico R2-R3. La cosecha del ensayo se realizó el 2/05/2009 con una cosechadora de parcelas sobre los 3 surcos centrales de cada parcela y sobre una superficie de cosecha de 12.6 m² (3 surcos apareados de 10 m de largo c/u y a 0.42 m entre surcos). El rendimiento en granos y sus componentes fueron analizados mediante un análisis de variancia y las diferencias entre medias de cada factor mediante la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis químico inicial del suelo detallado en la Tabla 2 muestra un contenido medio de MO y Nt y bajo de S-SO₄, N-NO₃ y P extractable. Respecto a los micronutrientes, se pueden mencionar valores suficientes para el Mn, el Fe y el Cu y ligeramente deficientes para el Zn y el B (Martens y Westermann,

1991). En la Tabla 3 se muestran los altos contenidos de agua útil a la siembra, detallados por horizontes y la suma total hasta 1.6 m de profundidad. Las precipitaciones fueron inferiores a la media histórica durante diciembre y enero y superiores a la misma durante el período crítico de la soja (Fig. 1).

Los productos B foliar y B foliar + N foliar produjeron mayores rendimientos que el Testigo y el N foliar, quienes no difirieron entre sí (Tabla 4). El tratamiento que provocó la mayor producción fue el de B foliar + N foliar. El tratamiento de N foliar, a pesar de no ser estadísticamente diferente del Testigo, produjo un incremento en la producción de granos de 209 kg/ha. Se registraron efectos positivos del B, del N y de su combinación sobre el número de vainas formadas 15 días post-R4 (d. p. R4) (Tabla 5). En R1 no se registró diferencia en la cantidad de flores/planta ya que hasta ese momento no se habían aplicado los productos y se lo presenta como referencia inicial del ensayo. En el estadio R4 no se detectaron diferencias entre los tratamientos ensayados sobre el número de flores por planta, pero sí se registraron más vainas en las plantas que habían recibido las pulverizaciones con B. En la evaluación realizada 15 d. p. R4, no se registraron diferencias en el número de flores, pero sí en el número de vainas de todos los tratamientos pulverizados con B, con N y con su combinación. Los mayores registros se obtuvieron con los tratamientos de N + B, N y B (Tabla 5).

En el estadio R4 se registraron mayores porcentajes de vainas (relación número de vainas/número de flores) en las plantas de los tratamientos pulverizados con B (Fig. 2), mientras que en el momento de 15 d. p. R4 se verificaron mayores porcentajes de vainas en todos los tratamientos respecto del Testigo, quien a su vez en ese momento registró un mayor porcentaje de flores que el resto de los tratamientos (Fig. 3). Esto indicaría un menor porcentaje de frutos cuajados para el tratamiento Testigo.

La relación entre el número de vainas 15 d. p. a R4 con el rendimiento de soja fue positiva y demuestra

Tabla 5. Número de flores y/o vainas por planta (promedio de 10 plantas/parcela) en tres momentos del ciclo de la soja para los tratamientos evaluados. Campaña 2008/09.

Tratamiento	R1	R4			15 días posteriores a R4 (15 d. p. R4)		
	Flores	Flores	Vainas	Total	Flores	Vainas	Total
Testigo	3,	77 a	80 a	157 a	39 a	88 a	127 a
B foliar	3,6	76 a	116 b	192 b	42 a	133 b	175 b
N Foliar	3,5	76 a	77 a	153 a	42 a	143 c	185 b
B foliar + N Foliar	3,5	77 a	112 b	189 b	43 a	182 d	226 c

Medias de tratamientos con la misma letra en sentido vertical no difieren entre sí (Duncan $P \leq 0,05$).

el efecto del mayor número de vainas/planta logrado con la aplicación de B o su combinación con N sobre la producción del cultivo (Fig. 4).

Conclusiones

- Las aplicaciones foliares de B solo o combinado con N incrementaron el rendimiento de soja y el número de vainas cuajadas.
- La relación del número de vainas cuajadas con el rendimiento de soja fue positiva.
- El uso de B solo o combinado con N se presenta como promisorio para incrementar los rendimientos de soja.

Bibliografía

Ferraris G. y L. Couretot. 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. *En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116-122.*

Ferraris G. y L. Couretot. 2008. Fertilización foliar complementaria en Soja. Resultados de dos años de experiencias. *En: Experiencias en Soja 2008. Proyecto Regional Agrícola. Area de Desarrollo Rural EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).*

Mallarino A.P., D.J. Wittry., D. Dousa y P.N. Hinz. 1998. Variable rate phosphorus fertilization: On-farm research methods and evaluation for corn and soybean. *En P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 4th, Minneapolis, MN. 19-22 July 1998. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.*

Martens D. & D. Westermann. 1991. Fertilizer Applications for Correcting Micronutrient Deficiencies. Micronutrients in agriculture. Disponible en <http://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/>.

Mortvedt J.J. 1978. Micronutrient soil test correlation and interpretations. Pp. 99-117. *En: Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. Spec. Pub. 29. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI.*

Olsen S.R. 1972. Micronutrient interactions. *En: Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of America, 1972. P. 243-264.*

Reetz H.F. 1996. On-farm research opportunities through site-specific management. p. 1173-1176. *En: P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 3rd, Minneapolis, MN. 23-26 June 1996.*

Van Raij B. 1991. Macronutrientes Secundarios. *En: Fertilidade do solo e adubação, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. P. 219-240.*

Yuncaí HU., Z. Burucs & U. Schmidhalter. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. *Soil Sci. & Plant Nutr. 54:133-141.* ■



Parcelas de soja con aplicación de B y N foliar (izquierda) y testigo (derecha).