

FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA CON MOLIBDENO, COBALTO Y OTROS NUTRIENTES EN SOJA BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO

Proyecto Regional Agrícola. Campaña 2008/09

Ings. Agrs. **Gustavo Ferraris y Lucrecia Couretot**

Proyecto Regional Agrícola-CERBAN. Area de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.

Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

La nutrición en soja integra la provisión de nitrógeno (N) por fijación biológica (FBN), y el aporte de fósforo (P) y azufre (S) agregados al suelo, por lo general al momento de la siembra. Sin embargo, en los últimos años se ha experimentado la aplicación de otros elementos, como una forma de complementar la nutrición del cultivo. Para algunos elementos que no afectan la germinación, se ha evaluado el tratamiento de semilla i.e. zinc (zn), molibdeno (Mo) o cobalto (Co). Sin embargo, es más frecuente la aspersión foliar de los mismos. Por lo general, los fertilizantes foliares se aplican de manera conjunta con agroquímicos defensivos para la protección del cultivo, siempre que las formulaciones sean compatibles (Figura 1).

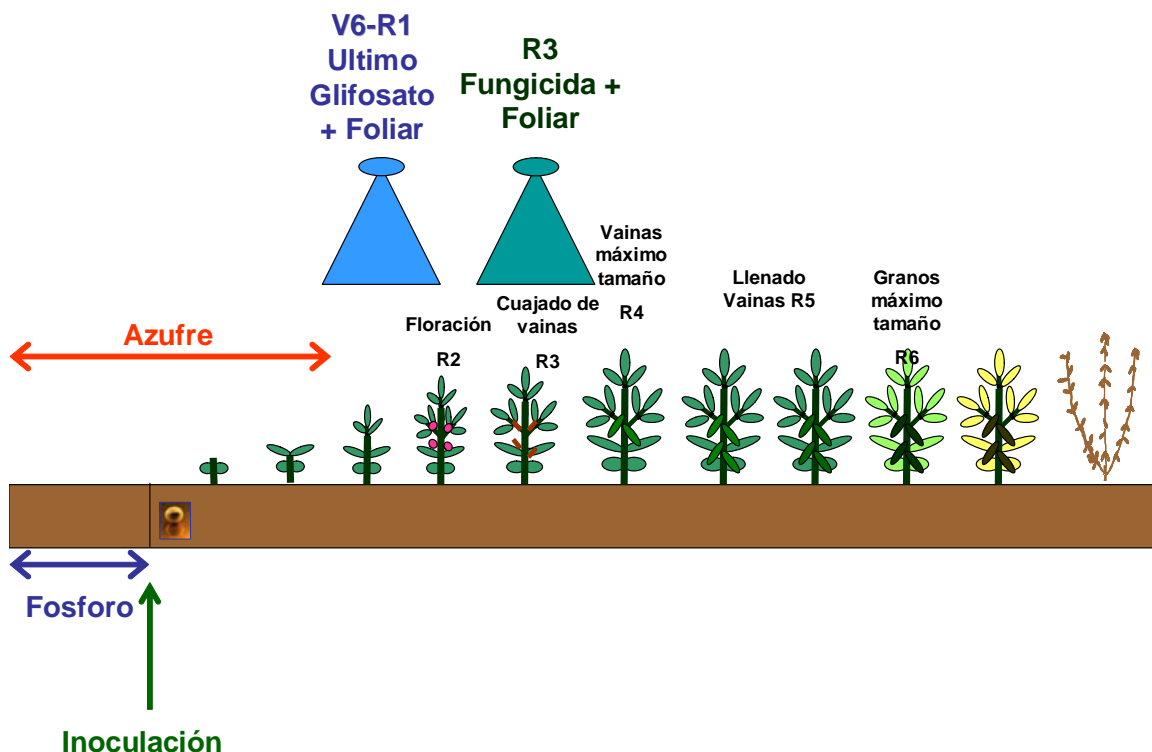


Figura 1: Diferentes alternativas para el agregado de nutrientes en Soja.

Dos de los elementos que han sido mencionados como potencialmente deficientes en soja son Mo y Co (EMBRARA, 1999). Ambos actúan como cofactores de las enzimas rizobianas, siendo esenciales para el proceso de FBN. La función del Mo está relacionada a la formación de molibdoenzimas responsables de la transferencia de electrones en las reacciones de formación de la nitrogenasa y nitrato reductasa, enzimas encargadas de la ruptura del triple enlace $N\equiv N$ y de la asimilación de este elemento en la planta durante la FBN, respectivamente (Campo y Hungría, 2002). El Mo puede ver reducida su disponibilidad debido a la acidificación que se ha producido en los suelos

como consecuencia de la exportación de cationes (Calcio y Magnesio) a través de muchos años de agricultura continua (Tisdalle et al., 1992). Según Lindsay (1991), la disponibilidad de Mo se reduce 100 veces por cada unidad que desciende el pH en los suelos. La fertilización con Azufre (S), un nutriente con el que habitualmente se suplementa la soja en la Argentina, si es agregado en altas dosis puede perjudicar la absorción de Mo.

El Co también es esencial para la FBN. Es componente de la vitamina B12, la cual forma parte de la cobamida, coenzima precursora de la leghemoglobina. Una deficiencia de Co inhibe la síntesis leghemoglobina, y como consecuencia, la FBN (Marschner, 1995). Suele ser deficiente en suelos arenosos, ácidos o excesivamente cultivados (Tisdalle et al., 1992). En Brasil precisamente, donde los suelos alcanzan niveles importantes de acidez, es común observar respuestas positivas al agregado de fertilizantes que contienen Mo y Co (Campo et al., 1999; Campo y Hungría, 2002).

Otros macro o microelementos podrían aportar ventajas productivas de ser incorporados en los planteos nutricionales. Si bien en los últimos años se han realizado numerosos experimentos para evaluar su eficacia, la práctica requiere seguir siendo evaluada en diferentes localidades y ambientes.

Los objetivos de esta experiencia fueron 1. Estudiar el efecto de Co-Mo aplicado sobre semilla o vía foliar sobre el rendimiento del cultivo de Soja y 2. Evaluar la eficacia de dos fertilizantes foliares como complemento de la adición inicial de CoMo. Hipotetizamos que utilizados en forma complementaria del manejo de NPS, logran incrementar el número y/o peso de los granos, y con ello el rendimiento del cultivo.

Materiales y métodos:

El ensayo se implantó en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino 1, fase ligeramente erosionada, el día 3 de diciembre de 2008 en SD. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua, con varios cultivos de soja en la secuencia. La variedad sembrada fue Nidera A 4613 RG, en hileras espaciadas a 32 cm. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones.

Se evaluaron tratamientos con agregado CoMo y otros nutrientes, combinando la aplicación sobre semillas y foliar, de manera complementaria a la inoculación con bacterias de *Bradyrhizobium japonicum* y el agregado de PS a la siembra. Los fertilizantes fueron provistos por Becker Underwood Argentina S.A. El detalle de los tratamientos se presenta en la Tabla 1, y la descripción de las fuentes en la Tabla 2.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en los ensayos. Tratamientos de fertilización complementaria sobre semilla y foliar en Soja. Pergamino, campaña 2008/09.*

Nº	Tratamiento	Dosis	Estadío de Aplicación
T1	Testigo		
T2	CoMofix (s)	1,25 ml kg ⁻¹ semilla	siembra
T3	CoMofix foliar	100 ml ha ⁻¹	V3 (3 hojas expandidas)
T4	CoMofix foliar + Complefix	100 ml ha ⁻¹ + 3000 ml ha ⁻¹	V3 (3 hojas expandidas) + V7 (6 hojas expandidas)
T5	CoMofix foliar + Fosporfix	100 ml ha ⁻¹ + 3000 ml ha ⁻¹	V3 (3 hojas expandidas) + R3 (Formación de vainas)

Tabla 2: *Composición química expresada en porcentaje de las fuentes fertilizantes utilizadas en el ensayo.*

Tratamiento	P	K	S	B	Zn	Cu	Mn	Mo	Co	densidad
Comofix			4		10			15	1,5	1,55
Fosporfix	12,2	15								1,43
Complefix			5,0	0,7	4	2	6,7	0,7		1,48

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de suelo al momento de la siembra, en el horizonte superficial (0-20 cm).

Prof	CE	pH	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	S-Sulfatos
	dS m ⁻¹	agua 1:2,5	%		mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-20	0,54	5,4	2,59	0,130	12,7	5,6

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 140 l ha⁻¹. Las condiciones de cultivo y ambiente durante la aplicación se detallan en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4: Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Vegetativo 3 hojas	29-Dic	V3	18	35
Vegetativo 7 hojas	20-Ene	V7	45	75
Formación vainas	27-Feb	R3	65	95

Tabla 5: Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h ⁻¹)	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
Veg 3 hojas	Seco	Parc húmedo	12,1	61	7,4 NNNW	2	0
Veg 7 hojas	Seco	Seco	23,8	56	5,2 N	1	0
Form vainas	Húmedo	Húmedo	21,2	69	6,3 EENE	0	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto
dda: después de aplicación.

En el estado R3 se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502, el cual determina la intensidad de verde mediante una lectura no destructiva. La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz. Sobre una muestra de grano se determinaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos.

Resultados y discusión

No se determinaron diferencias significativas en los rendimientos (P=0,119) y en el NG (P=0,225) (Tabla 6). Por el contrario, el índice verde medido por Spad (P=0,050) y el P1000 (P=0,000) mostraron efecto significativo de los tratamientos. Se apreciaron ventajas de los tratamientos fertilizados sobre el testigo principalmente en dos variables, el NG y las lecturas Spad, aunque sólo en este último caso las diferencias fueron estadísticamente significativas.

La mayor parte de los tratamientos no presentó diferencias apreciables sobre el testigo, a excepción de T5 que combino CoMo + Fosfix, con una diferencia positiva de 7,1 % (Tabla 6 y Figura 2). No deja de sorprender sin embargo, la baja performance de T4, con uso combinado de CoMo + Complefix, el cual alcanzara un buen comportamiento en anteriores experiencias. Esto sería consecuencia de la variabilidad introducida por la rigurosa condición ambiental de la campaña, la cual potencia posibles defectos de suelo, parcela y otros factores de variación, los cuales resultaron más importantes que el efecto de los tratamientos.

Tabla 6: Intensidad de verdor (Unidades Spad), rendimiento de grano (kg ha^{-1}) número (NG), peso (P1000) de los granos y respuesta sobre el testigo. Tratamientos de fertilización complementaria sobre semilla y foliar en Soja. Pergamino, campaña 2008/09.

Nº	Inoculación	Lecturas Spad	Rendimiento kg ha^{-1}	NG m^2	P1000 (g)	Respuesta (kg ha^{-1})	Respuesta (%)
T1	Testigo	44,6	2062,3	1457	141,6		
T2	CoMofix (s)	44,8	2017,6	1425	141,6	-44,7	-2,2
T3	CoMofix foliar	45,3	2027,0	1539	131,6	-35,3	-1,7
T4	CoMofix foliar + Complefix	45,0	1636,7	1291	126,8	-425,6	-20,6
T5	CoMofix foliar + Fosfofix	45,5	2208,1	1621	136,0	145,8	7,1
P=		0,050	0,119	0,225	0,000		
CV (%)		0,85	11,5	11,01	1,35		

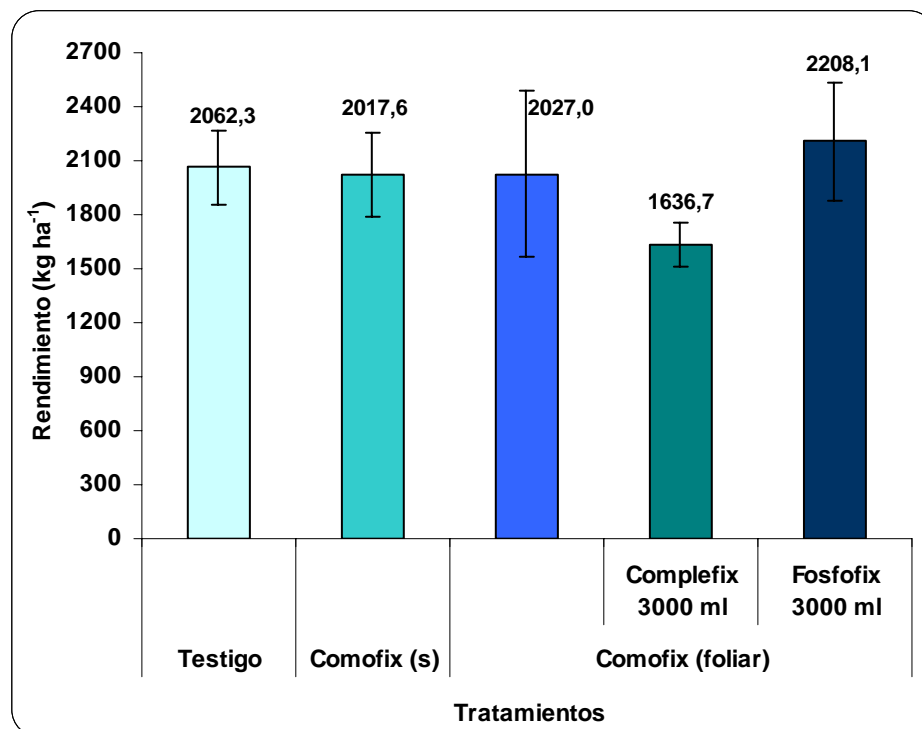


Figura 2: Producción media de soja como resultado de la aplicación de Molibdeno, Cobalto y otros elementos sobre semilla o por vía foliar. Pergamino, campaña 2008/09. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media.

Conclusiones:

* No se determinaron diferencias significativas en los rendimientos. Sólo la combinación de CoMo en V3 y Fosfofix en R3 (T5) mejoró los rendimientos con relación al testigo, siendo la diferencia de $145,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (7,1 %). Este tratamiento se constituyó en el más valioso del experimento.

* El ensayo fue afectado por sequía. Por este motivo, los resultados deben ser analizados considerando esta peculiar condición climática. Es necesario evaluar los tratamientos de este ensayo bajo condiciones más favorables y también más cercanas a las que habitualmente se presentan en la región, antes de efectuar una valoración definitiva de los mismos.

Bibliografía:

- 📖 Campo. R. y M. Hungría. 2002. Importancia dos micronutrientes na fixação biológica do N_2 . Informações Agronômicas N° 98. pp 6-9.

- 📖 Campo, R., U. Albino y M. Hungria. 1999. Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja. Londrina: EMBRAPA Soja. 7p.
- 📖 EMBRAPA. 1999. Molibdênio e Cobalto na cultura da soja. 19 pp.
- 📖 Lindsay, W. 1991. Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. In: Mortvedt, J., F. Cox, L. Shuman and R. Welch. (Eds.) Micronutrients in agriculture. 2ed. Madison, SSSA: 549-592.
- 📖 Marschner, H.E. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London/San Diego/New York/Boston/Sydney/Tokyo, 889 p.
- 📖 Tisdale, S., W. Nelson, J. Beaton y J. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers, fifth edition. Macmillan, New York, 634 p.