

INOCULACIÓN Y FERTILIZACIÓN CON COBALTO Y MOLIBDENO SOBRE LA NODULACION Y LA PRODUCCION DE SOJA

FONTANETTO, Hugo¹, KELLER, Oscar¹, NEGRO, Carlos²;
BELOTTI, Leandro² y GIAILEVRA, Dino²

¹Profesionales del Area de Investigación en Producción Vegetal, INTA EEA Rafaela

²Asesores Privados

Introducción

La intensificación agrícola registrada en las últimas décadas en Argentina y la notable expansión de la soja, produjo una paulatina y constante disminución de los niveles de fertilidad edáfica de los suelos pampeanos. Las deficiencias generalizadas de nitrógeno (N), de fósforo (P) y de azufre (S) fueron informadas por varios autores (Barbagelatta et al, 2001 ; Diaz Zorita, 2003 ; Fontanetto y Keller, 2005 ; García, 2004 ; Martinez y Cordone, 2000). Por lo expuesto, sería esperable que en un plazo relativamente corto otros nutrientes puedan surgir como limitantes para la óptima productividad de los cultivos de la región. Para la soja el cobalto (Co) y el molibdeno (Mo) son dos micronutrientes de particular importancia, debido a su participación con la fijación biológica de N que tiene lugar en las raíces de esta especie a través de la simbiosis con bacterias fijadoras (*Bradyrhizobium japonicum*), y ambos se encuentran entre los elementos que podrían presentar deficiencias para el normal funcionamiento y alta producción del cultivo en el futuro. Existe información sobre la depresión en los rendimientos provocada por la deficiencia de estos dos microelementos

(Amorim et al, 2002 ; Ferraris et. al, 2005 ; Fontanetto y Keller, 2005 ; Campo y Hungría, 2002 ; Souza et al, 2004 ; Reis et al, 2004), la que para Argentina es aún preliminar y debe ser investigada con mayor precisión.

Por lo mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de soja en siembra directa al agregado de cobalto y molibdeno con y sin tratamiento de la semilla con inoculantes.

Material y Métodos

El estudio se desarrolló en tres sitios experimentales (Rafaela, San Carlos y Videla) ubicados en la región central de la provincia de Santa Fe (departamentos Castellanos, Las Colonias y San Justo, respectivamente), en el extremo norte de la región pampeana. Los suelos correspondieron a la Series Rafaela, Esperanza y Videla, respectivamente. El cultivar de soja utilizado fue A 6411 sembrado a 0,52 m entre surcos, a una densidad de 24 semillas/m lineal y en siembra directa en las fechas de 12/11/2004, 07/11/2004 y 16/11/2004 para los sitios Rafaela, San Carlos y Videla, respectivamente. En la tabla 1 se resumen algunas de las propiedades edáficas y de las prácticas de manejo en cada sitio.

Tabla 1. Propiedades químicas de los suelos (0-20 cm) a la siembra de la soja en los diferentes sitios experimentales.

Sitio	MO	Nt	Pe	S-SO4	pH	Ca	Mg	K	Na
	----- % -----		----- ppm -----				----- meq/100 g -----		
			---				---		
Rafaela	3,06	0,146	39,6	8,9	5,9	10,2	1,3	1,6	0,1
SanCarlos	2,48	0,129	14,4	8,2	5,9	9,6	1,1	1,4	0,2
Videla	2,24	0,114	9,2	6,1	5,8	8,2	1,0	1,2	0,2

MO: materia orgánica, Nt: Nitrógeno orgánico total, Pe: fósforo extractable (Bray Kurtz 1), S-SO4: azufre de sulfatos, Ca: calcio, Mg: magnesio, K: potasio, Na: sodio (todos intercambiables).

En cada sitio se evaluaron 4 tratamientos:
1: Testigo (semillas sin Co y Mo ni inoculante); **2:** Inoculado (semillas sin Co y Mo y con inoculante) ; **3:** Fertilizado (semillas tratadas con Co-Mo y sin inoculante) y **4:** Inoculado y Fertilizado (semillas tratadas con Co-Mo y con inoculante). Todos los tratamientos recibieron un fertilización de base con con P (100 kg/ha de superfosfato triple de calcio de 20 % de P) y con S (100 kg/ha de yeso agrícola de 18 % de S), ambos incorporados en el suelo por debajo y al costado de las semillas al momento de la siembra. Para la inoculación de las semillas se utilizó Cell Tech®, inoculante líquido con 1×10^8 rizobios ml a razón de 3 ml . kg de semilla. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones y parcelas de 6 surcos a 0,52 m entre sí por 8 m de largo. En el estadio de R2 se evaluó la nodulación en los diferentes tratamientos sobre 20 plantas por parcela. La producción de granos se evaluó sobre una superficie de 14,56 m2 de cada parcela y a la madurez comercial del cultivo. El rendimiento en granos y sus componentes (número de

granos/m2 y peso de 1.000 granos) fueron analizados mediante el análisis de la variancia y las diferencias entre medias de cada factor mediante contrastes ortogonales ($P < 0,05$). Las comparaciones entre medias analizadas fueron las siguientes: **a.-** Trat. 1 vs. promedio trat. restantes ; **b.-** Promedio de los trat. 1+3 vs. Promedio de los trat. 2+4 y **c.-** Trat. 2 vs. trat. 4.

Resultados y Conclusiones

Nodulación

En los tres sitios la nodulación fue afectada por los tratamientos de inoculación y fertilización sin mostrar interacciones significativas entre los mismos ($P < 0,05$). En promedio se determinó mayor cantidad de nódulos en los tratamientos inoculados que en los sin inocular de 19,4 y de 13,7 nódulos/planta, respectivamente. La fertilización con CoMo también provocó incrementos en la nodulación, siendo de 15,9 y de 17,2 para los tratamientos sin fertilizar y fertilizados, respectivamente (Figura 1).

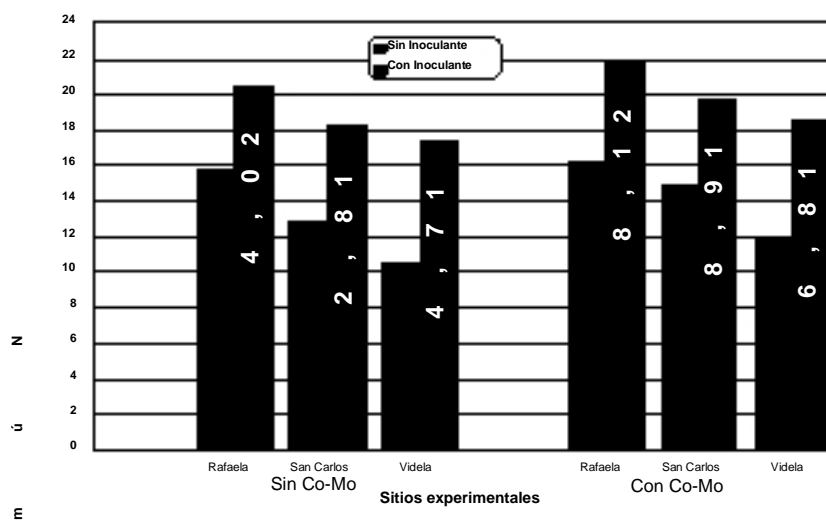


Figura 1. Efecto de la inoculación y del Co-Mo sobre la nodulación de la soja en el estado R2 de la soja para los tres sitios experimentales. Campaña 2004/05.

Rendimiento de granos

Los rendimientos de grano promedio para los tres sitios variaron entre 2.794 y 4.328 kg.ha⁻¹, mostrando diferencias por los tratamientos de fertilización y de inoculación y sin interacciones significativas entre los mismos. Para Rafaela las producciones

fluctuaron entre 2.886 y 4.488 kg/ha, para San carlos entre 2.996 y 4.626 kg/ha y para Videla entre 2.683 y 3.886 kg/ha, arrojando diferencias significativas para el tratamiento con CoMo, pero no significativas para los tratamientos de inoculación (Figura 2).

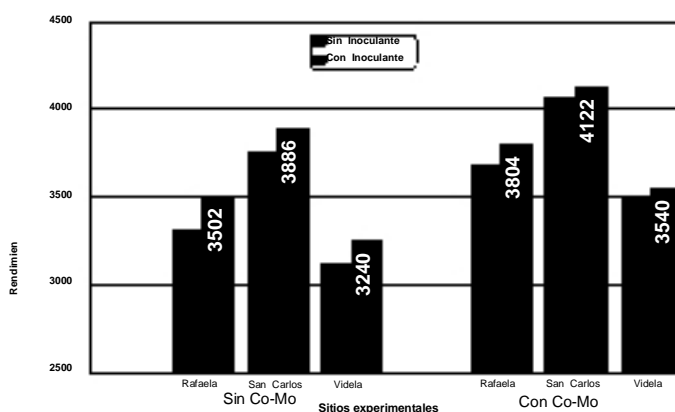


Figura 2. Producción de granos de la soja por el agregado de CoMo y de inoculación para tres sitios de la región central de Santa Fe. Campaña 2004/05.

En promedio, la producción de grano en los tratamientos inoculados fue un 3,1% y 2,1% mayor que en los sin inocular, para los tratamientos sin y con CoMo,

respectivamente. La aplicación de CoMo produjo aumentos (a través de todos los tratamientos con y sin inoculación) del 9,5 % (Figura 2).

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba de Contrastes ortogonales.

Tabla 2. Tratamientos de inoculación y de fertilización con CoMo en soja, comparaciones de medias de rendimiento en granos, valor del contraste y su significancia (P < 0,05).

Comparaciones	Contrastes	Probabilidad (Pr > F)
a.- Testigo vs. resto tratamientos	3.398 kg/ha vs. 3.701 kg/ha	0,0172 (S)
b.- Promedio de los trat. 1+3 vs. Promedio de los trat. 2+4	3.572 kg/ha vs. 3.679 kg/ha	0,564 (NS)
c.- Trat. 2 vs. trat. 4.	3.536 kg/ha vs. 3.822 kg/ha	0,0013 (S)

(S): significativo , (NS):no significativo.-

Para la variable rendimiento en granos fueron significativos el efecto de los tratamientos respecto al testigo (contraste a) y el efecto del tratamiento de la semilla con

CoMo respecto al testigo sin CoMo. No fue significativo el tratamiento de inoculación de las semillas respecto a su testigo sin inoculante

En la Figura 3 se detallan el número de granos/m2 y el peso de 1000 granos.

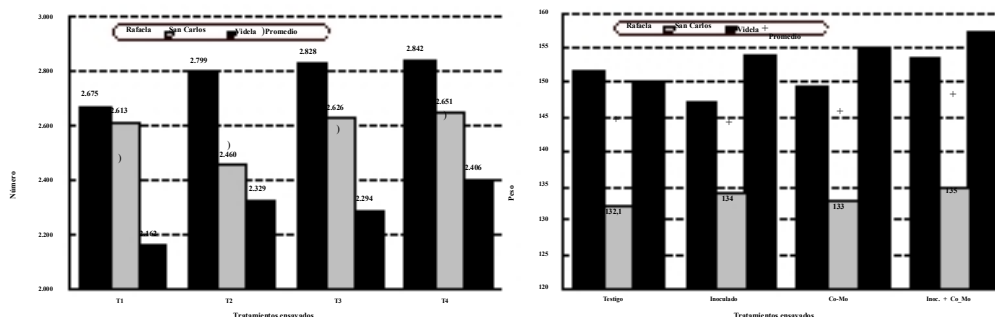


Figura 3. N° de granos/m2 y peso de 1000 granos de la soja con agregado de CoMo y la inoculación de 3 sitios de la región central de Santa Fe. Campaña 2004/05

No hubo efecto de los tratamientos sobre el número de granos/m2 ni sobre el peso de 1000 granos y no existió relación entre el rendimiento en granos y estos componentes.

Se registró efecto positivo de la inoculación y de la aplicación de CoMo sobre la nodulación y del CoMo sobre la producción de soja.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las empresas Nitragin Argentina S. A. y a Yara S. A. por el apoyo brindado para la realización de la presente experiencia.

Bibliografía

Amorim, F. A. ; O. T. Hamawaki ; E. H. S. Reis ; M. P. Souza. 2002. Efeito da

- aplicacao de Co e Mo via foliar sobre a nodulacao na soja na presencia e ausencia de defensivos. II Congreso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. Resumos: 216.
- Barbagelata P.A., O.P. Caviglia y O.F. Paparotti. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada y azufrada en el cultivo de soja en siembra directa con riego suplementario. INTA, EEA Paraná (disponible on-line en parana.INTA.gov.ar).
- Campo, R. J. ; M. Hungria. 2002. Avaliacao de metodos de aplicacao de produtos com micronutrientes na nodulacao e no rendimento da soja. II Congreso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. Resumos: 259.
- Díaz-Zorita, M., F. García y R. Melgar (coord.). 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la red de ensayos del proyecto Fertilizar del INTA. Campaña 200/01 y 2001/02. INTA, 43 pp.
- Ferraris, G. ; L. Couretot y J. Ponsa. 2005. Utilización de molibdeno, cobalto, boro y otros nutrientes. Agromercado, SOJA. N° 107:16-18.
- Fontanetto, H. y O. Keller. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización en soja. A.A.P.R.E.S.I.D. FERTILIDAD y FERTILIZACION en Siembra Directa: 58-79. Diciembre 2005.
- García, F. 2004. Soil Fertility management for soybean in Argentine. VII World Soybean Research Conference; IV International Soybean Proceeding and Utilization Conference; III Congresso Mundial de Soja (Brazilian Soybean Congress). Proceedings: 392-399.
- Martínez, F., G. Cordone. 2000. Avances en el manejo de azufre: novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. En: INPOFOS Cono Sur, Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000", 28-30.
- Reis, E. H. S. ; W. A. R. Lara Cabezas ; A. F. de Silva ; R. V. de Paiva ; L. A. A. Oliveira. 2004. Effect of dose and time of cobalt and molybdenum application in the productivity of the soy crop established in no-tillage system. VII World Soybean Research Conference. Documentos 228, P 519:334.
- Souza, J. A. ; M. R. Teixeira ; R. K. Zito ; J. M. V. Paes. 2004. Leaf and seed application of cobalt and molybdenum, with and without inoculant, in the soybean culture. VII World Soybean Research Conference. Documentos 228, P 389:258.