



## FERTILIZACIÓN AZUFRADA: COMPORTAMIENTO DE SOJA EN DIFERENTES AMBIENTES DE CÓRDOBA – ARGENTINA

FERNANDEZ, E.M.<sup>1</sup>; GIAYETTO, O.<sup>1</sup>; CERIONI, G.A.<sup>1</sup>; BUFFA, J.F.<sup>2</sup>; ROVERA, M.A.<sup>2</sup>; RASCHETTI, C.<sup>2</sup>; MORLA, F.D.<sup>1</sup>; ROSSO, M.B.<sup>1</sup>; <sup>1</sup>Docentes investigadores, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina); <sup>2</sup>Profesionales actividad privada; [efernandez@ayv.unrc.edu.ar](mailto:efernandez@ayv.unrc.edu.ar)

El cultivo de soja en Argentina ha incrementado su superficie sembrada, alcanzando en el ciclo 2015/2014 cerca de 20 millones de hectáreas de las cuales aproximadamente el 25 % se realizan en la Provincia de Córdoba. Este aumento de la superficie estuvo acompañado por reducción o desaparición de otros cultivos en la rotación (que reduce la diversificación de la demanda de nutrientes), como así también la incorporación de tecnologías, entre ellas genotipos de alto rendimiento (incrementa la demanda de nutrientes). El manejo sustentable de los suelos hace necesario establecer un balance entre la oferta y la demanda de los nutrientes por parte de los cultivos (índice de cosecha). En base a esta situación en el manejo de los nutrientes, se planteó como objetivo de este trabajo evaluar el efecto de la fertilización azufrada en diferentes situaciones ambientales de la provincia de Córdoba.

El ensayo se realizó en tres ambientes (sitios) en la Provincia de Córdoba, fertilizados a la siembra (F) (Tabla 1): **Sitio 1.** *Corral de Bustos, Dpto. Marcos Juárez – (28 km SO), F al voleo.* **Sitio 2.** *Alcira Gigena, Dpto. Río Cuarto (5 km E). F en la línea.* **Sitio 3.** *Alcira Gigena, Dpto. Río Cuarto (12 km E). F al costado de la línea.*

En todos los sitios el suelo es un Hapludol típico y el régimen de precipitación monzónico, aunque en Alcira Gigena los suelos son más arenosos. Previo a la siembra, se determinó en el suelo la materia orgánica (MO), pH; N – Nitratos; fosfatos y sulfatos: los resultados de estas determinaciones se encuentran en la Tabla 1 junto a algunas características ambientales y de manejo de los tres sitios.

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar completamente aleatorizados, con tres repeticiones. El tratamiento fue la fertilización con azufre, según el sitio, se utilizaron dos fuentes: Sulfato de Calcio (S: 18%; Ca: 23%) y Sulfato de Amonio (S: 23%; N: 21%) y dosis, y todos tuvieron un testigo sin S. **Sitio 1:** las dos (2) fuentes y dos (2) dosis: 20 kg de S ha<sup>-1</sup> (equivalente a la extracción del cultivo para un rendimiento de 4000 kg ha<sup>-1</sup>) y 10 kg de S ha<sup>-1</sup> (mitad de la dosis anterior). **Sitio 2:** 7,2 kg de S ha<sup>-1</sup> (Sulfato de Calcio). **Sitio 3:** 12 kg de S ha<sup>-1</sup> (Sulfato de Amonio).

El cultivar de soja se seleccionó para cada sitio según la oferta ambiental: **Sitio 1:** cultivar GM III largo (Don Mario 3700) (PG: 90%), sembrado el 03/11/05 (ciclo cultivo: 142 días), con una densidad de 360.000 semillas ha<sup>-1</sup>; **Sitio 2:** cultivar GM V intermedio (María 55) (PG: 80%), sembrado el 24/12/03 (ciclo: 142 días), con una densidad de 519.000 semillas ha<sup>-1</sup>; **Sitio 3:** cultivar GM IV intermedio (Nidera A4505) (PG: 80%), sembrado el 15/11/05 (ciclo cultivo: 146 días), con una densidad de 442.000 semillas ha<sup>-1</sup>. En todos los sitios experimentales, se realizaron acciones para evitar la interferencia de las malezas, plagas y enfermedades con el cultivo.

Durante el ciclo del cultivo se registró el número de plantas por superficie en emergencia y la fecha de cierre del entresurco. A cosecha se registró el número de plantas por superficie, frutos por plantas y semillas por fruto y peso de 100 semillas, con el peso de las semillas por superficie se estimó el rendimiento. Los datos fueron analizados con ANOVA y las medias comparadas con el test de Duncan (P < 0,05).

El Sulfato de amonio, en el Sitio 1, redujo el número de plantas emergidas, manteniéndose la diferencia hasta la cosecha (Tabla 2); este efecto podría deberse al

aumento del pH por la hidrólisis del fertilizante que libera amoníaco y también por favorecer la disponibilidad de ciertos micronutrientes (Mo, Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>) que producen fitotoxicidad (VIVAS y SEFFINO, 2006). En el Sitio 3 este fertilizante no tuvo efecto sobre la emergencia a pesar de su aplicación en la línea de siembra, posiblemente al menor tiempo de exposición de las plántulas a condiciones estresantes, ya que las temperaturas altas de la siembra tardía favorecieron una emergencia rápida.

En el Sitio 1, el cultivo fertilizado, independientemente de la fuente y dosis, cubrió el surco a los 60 DDS, mientras que en el testigo lo hizo a los 63 DDS. Además, las plantas de las parcelas testigo alcanzaron el estado fenológico R5 una semana antes que las parcelas fertilizadas con azufre (datos no mostrados).

En los sitios 2 y 3 los niveles de S y P (Tabla 1) estuvieron dentro de los rangos considerados adecuados (S: 10 ppm; P:  $\geq 12,5$  ppm; GUTIÉRREZ BOEM et al., 2012). En ellos, se observó efecto de la fertilización azufrada independientemente de la fuente. En el sitio 2 la fertilización incrementó el número de semillas por fruto y redujo el peso de 100 semillas pero no influenció significativamente el rendimiento (Tabla 3). En cambio en el sitio 3 la fertilización azufrada incrementó el número de frutos por planta y el rendimiento ( $\approx 10$  q ha<sup>-1</sup>) (Tabla 4). Estos datos confirman los resultados de otras experiencias en que los niveles bajos de MO contribuirían a la reducción de los rendimientos por falta de S (GARCIA, 2005).

En el Sitio 1 -con el menor contenido de S- la fertilización azufrada no modificó los componentes ni el rendimiento (Tabla 2), donde el contenido de MO fue relativamente elevado comparado con los otros ambientes (Tabla 1), situados al oeste de la provincia con menores precipitaciones y suelos más arenosos concordando con SAINZ ROZAS et al. (2011). Según GUTIÉRREZ BOEM et al. (2012), el azufre tiene efecto durante la determinación del número y llenado de las semillas. Esto explicaría, en parte, la falta de respuesta en el sitio 1 donde las precipitaciones durante el periodo de llenado fueron escasas haciendo que las diferencias registradas en R1 (>contenido de S en las hojas) y R5 (>peso de la materia seca en hojas y frutos) no permanecieran hasta finalizar el ciclo (datos no mostrados) y se tradujeran en mayor rendimiento.

Otro aspecto a considerar son las diferencias entre los ambientes donde se desarrollaron las experiencias. En los sitios 2 y 3 el contenido de MO es menor que el sitio 1, siendo próximo a 1,5% valor sugerido como indicador para fertilizar con S (HAVLIN et al., 1999), si bien en estos suelos los valores de S superan los considerados mínimos (10 ppm) para el normal desarrollo del cultivo (GUTIÉRREZ BOEM et al., 2012). Además, el mayor contenido de arena en ambos sitios puede favorecer el lavado de nutrientes a profundidades fuera del alcance de las raíces. Estas diferencias podrían estar justificadas por una serie de factores que contribuyen a la disponibilidad del S durante el ciclo del cultivo y que no son considerados en los análisis de suelo, tales como oxidación de la MO, forma en que se encuentra el sulfato en el suelo, aporte por el agua de lluvia (PRASAD y POWER, 1997) o de la napa, cultivo antecesor -principalmente en soja de segunda- (GUTIÉRREZ BOEM et al., 2012). Los resultados permiten concluir que es necesario profundizar sobre los factores que intervienen en la disponibilidad de S durante el ciclo del cultivo de soja.

## Referencias

- GARCÍA, F. Soja. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. **Informaciones Agronómicas del Cono Sur** v. 27, p. 1-6, 2005. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Bs As, Argentina.
- GUTIÉRREZ BOEM, F.H. Fertilización del cultivo de soja. En: R. Alvarez, P. Prystupa, M.B. Rodríguez & C.R. Álvarez (eds.) **Fertilización de cultivos y pasturas**. Editorial Facultad de Agronomía - UBA, p. 227-250. 2012.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizer: an introduction to nutrient management. 6<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall. New Jersey. 499p. 1999.  
PRASAD, R.; POWER, J.F. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. Lewis Publishers, New York, NY. EEUU. 356 p. 1997.

SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H.; ANGELINI, H. Fósforo extractable en suelos agrícolas de las regiones Pampeana y extra pampeana de Argentina. **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**, v. 4, p. 14-18. 2011. IPNI.

VIVAS, H.S.; SEFFINO, F. Toxicidad del Superfosfato Triple y del Fosfato Diamónico sobre la emergencia de plantas de Soja. Campaña 1996/97. Información técnica para productores 1997-98, p. 182-184. 1999. (Publicación N° 89. EEA Rafaela, INTA).

**Tabla 1.** Rotaciones, análisis de suelo y lluvias (barbecho + ciclo de la soja) de cada sitio experimental

Características		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Rotación	Año 1	maíz	maíz	maíz
	Año 2	soja	soja	soja
	Año 3	soja	maíz	maíz
	Año 4	maíz	soja	soja
Suelo (análisis previo al ensayo)	MO (%)	2,39	1,62	1,5
	pH	6,43	6,6	7,1
	N-NO <sub>3</sub> (ppm)	13,9	38	39,2
	P (ppm)	6,9	17,3	12,5
	S-SO <sub>4</sub> (ppm)	10	15	18
Agua (pp) ciclo		200 + 365	197 + 499	67 + 442

Referencias: MO (Walkley-Black); pH (Potenciometría 1:2,5); N-Nitratos (Reducción por cadmio); fosfatos (Bray y Kurtz); sulfatos (Turbidimetría).

**Tabla 2.** Componentes del rendimiento según fertilizante y dosis de S en el **Sitio 1**

Tratamiento	N° plantas m <sup>-2</sup>	Frutos planta <sup>-1</sup>	Semillas fruto <sup>-1</sup>	Peso 100 semillas g	Rendimiento (q ha <sup>-1</sup> )
CaSO <sub>4</sub> 10 kg S ha <sup>-1</sup>	30,0 a	37,6	2,56	16,7	48,2
CaSO <sub>4</sub> 20 kg S ha <sup>-1</sup>	29,2 ab	40,7	5,54	16,8	50,7
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 kg S ha <sup>-1</sup>	28,4 b	40,2	2,59	16,6	49,1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20 kg S ha <sup>-1</sup>	29,0 ab	38,6	2,58	16,5	47,5
Testigo	29,0 ab	39,9	2,53	15,9	46,7
Sulfato de Ca	29,6 a	39,2	2,55	16,7	49,4
Sulfato de (NH <sub>4</sub> ) 10 kg S ha <sup>-1</sup>	28,7 b	39,4	2,59	16,5	48,3
20 kg S ha <sup>-1</sup>	29,5	38,1	2,57	16,6	47,8
	28,8	40,5	2,57	16,7	49,9

**Tabla 3.** Componentes del rendimiento según fertilización azufrada en el **Sitio 2**

Tratamiento	N° plantas m <sup>-2</sup>	Frutos planta <sup>-1</sup>	Semillas fruto <sup>-1</sup>	Peso 100 semillas g	Rendimiento (q ha <sup>-1</sup> )
CaSO <sub>4</sub> 7 kg S ha <sup>-1</sup>	38,4	39,4	1,53 a	15,2 b	31,2
Testigo	40,9	53,6	0,80 b	16,6 a	26,6

**Tabla 4.** Componentes del rendimiento según fertilización azufrada en el **Sitio 3**

Tratamiento	N° plantas m <sup>-2</sup>	Frutos planta <sup>-1</sup>	Semillas fruto <sup>-1</sup>	Peso 100 semillas g	Rendimiento (q ha <sup>-1</sup> )
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 12 kg S ha <sup>-1</sup>	31,0	27,6 a	2,47	15,6	31,8 a
Testigo	29,0	16,7 b	2,48	15,2	21,2 b