

ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO, AZUFRE Y MAGNESIO UTILIZANDO FUENTES LÍQUIDAS Y SÓLIDAS EN SOJA

INTA EEA PERGAMINO
Área de Desarrollo Rural. Campaña 2012/13

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot
Proyecto Regional Agrícola-CRBAN. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.
Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

Introducción

El fósforo (P) es uno de los 17 nutrientes considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner, 1995). Junto con el nitrógeno (N), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) conforman el grupo de macronutrientes por las cantidades requeridas y la frecuencia con que se encuentran en cantidades deficientes para los cultivos.

Las deficiencias de P afectan en mayor medida el crecimiento que la fotosíntesis (Mollier y Pellerin, 1999). Las plantas con deficiencias de P presentan menor expansión y área foliar, y un menor número de hojas (Mollier y Pellerin, 1999). En contraste, los contenidos de proteína y clorofila por unidad de área foliar no son muy afectados por deficiencias de P (Plénet et al., 2000). El mayor efecto sobre el crecimiento que sobre el contenido de clorofila explica los colores verdes más oscuros observados en plantas deficientes en P.

En condiciones extensivas de producción y en suelos con larga tradición agrícola, otros elementos como S, Mg, zinc (Zn) o boro (B) podrían limitar los rendimientos de soja. La secuencia ininterrumpida de agricultura continua, el balance negativo de estos nutrientes y el monocultivo de soja deterioran la fertilidad de los suelos, los cuales alejan su potencialidad de abastecer rendimientos crecientes sin recurrir a la fertilización.

Tradicionalmente, los estudios sobre fertilización fosforada se han centrado en la calibración de umbrales críticos de respuesta tomando como base el análisis de muestras de suelo por el método de Bray y Kurtz, y en la elaboración de curvas de respuesta. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha avanzado en aspectos tecnológicos de manejo de fertilizantes, basados en procesos como la aplicación anticipada o en superficie, y en fuentes fertilizantes, mediante la evaluación de diferentes especies químicas (ortofosfatos y polifosfatos) o físicas (sólidos y líquidos).

Las fuentes líquidas han mostrado un resultado aleatorio en el incremento de la eficiencia agronómica del uso del nutriente. En zonas áridas, o en presencia de carbonatos, se han observado mayores cantidades de fosfatos precipitados en la interfase suelo-planta cuando se utilizaban fertilizantes sólidos frente a fuentes líquidas. Los líquidos podrían tener ventajas en condiciones de baja disponibilidad hídrica o suelos altamente fijadores, con tendencia a formar precipitados. La naturaleza ácida de la mayor parte de estas fuentes contribuye a solubilizar fracciones poco disponibles del P nativo del suelo, y a evitar procesos de fijación de aquel aplicado como fertilizante (Pautasso, 2013). Desde una mirada tecnológica, la versatilidad de los fertilizantes líquidos permite aportar diferentes elementos, combinar fuentes sólidas y líquidas y hasta pensar en complementar la aplicación de pequeñas dosis de fertilizante con otros tipos de agroquímicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de estrategias que incluyen el aporte de P, S y Mg mediante formulaciones líquidas, las cuales proveen el nutriente como polifosfato, utilizadas como alternativa o complemento de las fuentes sólidas tradicionales. Hipotetizamos que existe

respuesta agronómica a P,S, y Mg pudiendo maximizarse la eficiencia agronómica de uso del nutriente a través de combinaciones apropiadas de fuentes y dosis.

Palabras clave: Soja, fuentes líquidas, localización.

Material y métodos:

El ensayo se implantó en la localidad de La Trinidad, General Arenales, sobre un suelo Serie Rojas, Argiudol típico de máxima productividad. Los tratamientos fueron aplicados en soja de primera. La siembra se realizó el día 14 de noviembre, con la variedad Nidera A 4413 RG, en hileras espaciadas a 0,42 m. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua con varios cultivos de soja en la secuencia. El antecesor fue maíz. Durante el ciclo se realizaron tres aplicaciones de Glifosato, a la dosis de 3l ha⁻¹ acompañadas de un coadyuvante organosiliconado. Las parcelas se mantuvieron libres de malezas, y se realizaron dos tratamientos de protección contra insectos, además de una aplicación de fungicida en máximo tamaño de vaina (R4).

Se evaluaron tratamientos de fuentes, dosis y localización de fertilizantes conteniendo una base de P. El detalle de los tratamientos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos de fertilización de Maíz en La Trinidad, General Arenales, campaña 2012/13.

Trat	Fuente	Dosis (kg - l ha ⁻¹)	Momento aplicación	Densidad solución	Aporte nutrientes Tratamiento completo
T1	Testigo	-----	-----		N46
T2	NTX P205 6-S7 Form. tradicional	100 kg	Siembra, en superficie	1,16	P3 - S7
T3	NTX P205 6-S7 Form. combinada	100 kg	Siembra, en superficie	1,16	P3 - S7
T4	SPS (P2O5 21 –S6)	100 kg	Siembra, en superficie		P9 – S12
T5	SPS + NTX P205 6-S7	50 kg + 50 kg	Siembra, en superficie	1,16	P6 – S9,5
T6	NTX P205 6-S7 + Mg5-S6	50 kg + 50 kg	Siembra, en superficie	1,16 +	P1,5-S6,5-Mg2,5
T7	NTX P205 6-S7 + Mg5-S6	100 kg + 100 kg	Siembra, en superficie	1,16 +	P3-S13-Mg5

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones.

Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	N-NO3 Ppm	N-NO3 kg/ha 0-60	P-Bray	S-SO4	K	Mg	Ca	B	Mn	Cu	Zn
0-20	2,87	5,8	0,143	16,1	41,9	14,7	7,3	1102	587	1553	0,42	43,6	1,57	0,71
20-40				9,0	23,4									
40-60				5,8	15,1									

Se recontaron plantas, y en el estado V3 se realizó una evaluación de infectividad, considerando infectivas aquellas plantas con más de tres nódulos activos y morfológicamente normales. En R4 se midió la cobertura mediante procesamiento con software específico de imágenes digitales, y el vigor a través de un índice cuantitativo de calidad del cultivo. Además, se realizó una

estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502. A madurez se determinó la altura de plantas, número de vainas, el rendimiento de granos, número de granos m^{-2} y el peso de los granos (PG). La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CAMPAÑA

En la Figura 2 se presentan las precipitaciones determinadas en los sitios experimentales y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. La campaña 2012/13 se caracterizó por la ocurrencia de dos etapas contrastantes: una primavera sumamente húmeda para dar paso a un prolongado período seco donde el cultivo sostuvo su producción a partir de la reservas acumuladas en la etapa anterior, sin caer en un déficit severo (Figura 2).

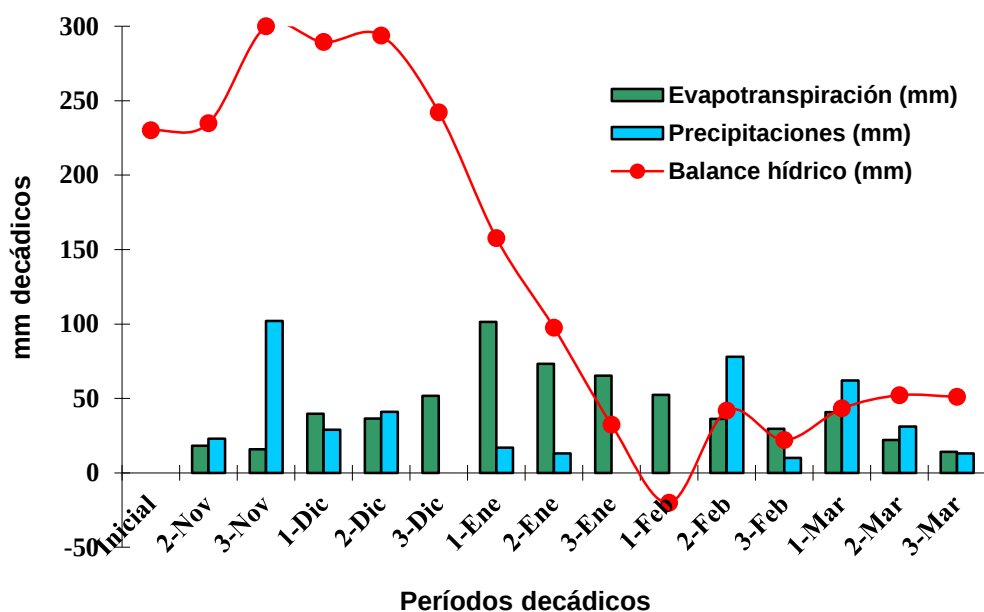


Figura 2: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 2 m de profundidad. La Trinidad, General Arenales. Precipitaciones totales 419 mm. Déficit acumulado 20 mm. Campaña 2012/13.

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

En la Tabla 3 se presentan los resultados de variables intermedias medidas en los experimentos, los rendimientos y sus componentes.

Tabla 3: Infectividad, Índice de vigor, altura (cm), cobertura, índice verde (Unidades Spad), vuelco, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Para cada variable, en una misma dosis de fertilizante, se destaca en negrita el mejor tratamiento. Fertilización fósforo-azufrada en Soja. Pergamino, campaña 2012/13.

Trat	Trat. Fertilización	Infectivi dad V3	Índice Vigor R4	Altura (cm)	Cobert ura R4	Spad R4	Plantas /m2	Vainas/ m2	Rendi miento (kg ha ⁻¹)	NG	PG
T1	Testigo	100	3,5	90	92,0	43,4	29,8	1042	4673	2917	157,1
T2	6P7S FT 100 kg	100	3,6	94	94,0	43,9	42,9	1886	4777	3032	159,0
T3	6P7S FC 100 kg	100	3,7	95	94,0	44,1	40,5	1492	5045	3522	158,0
T4	SPS 100 kg	100	4,0	100	97,0	44,1	38,3	1553	5104	3661	156,9
T5	SPS 50 kg + 6P7S 50 kg	100	4,3	100	97,5	45,2	45,2	1990	5506	3530	160,2
T6	6P7S 50 kg + Mg5S6 50 kg	100	4,0	100	96,5	44,7	38,3	1706	5060	2896	163,4
T7	6P7S 100 kg + Mg5S6 100 kg	100	4,5	115	97,0	44,9	33,3	1933	5610	3606	160,1
R2 vs rendimiento			0,94	0,74	0,69	0,82	0,04	0,47		0,50	0,13
	Fertilización PS (P=)								0,07		
	CV (%)								3,93		

V3: Estado de 3 hojas expandidas, R3 (inicio de formación de vainas), R4 (vaina de máximo tamaño de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Vuelco: Según escala 1: todas las plantas erectas – 5: todas las plantas volcadas.

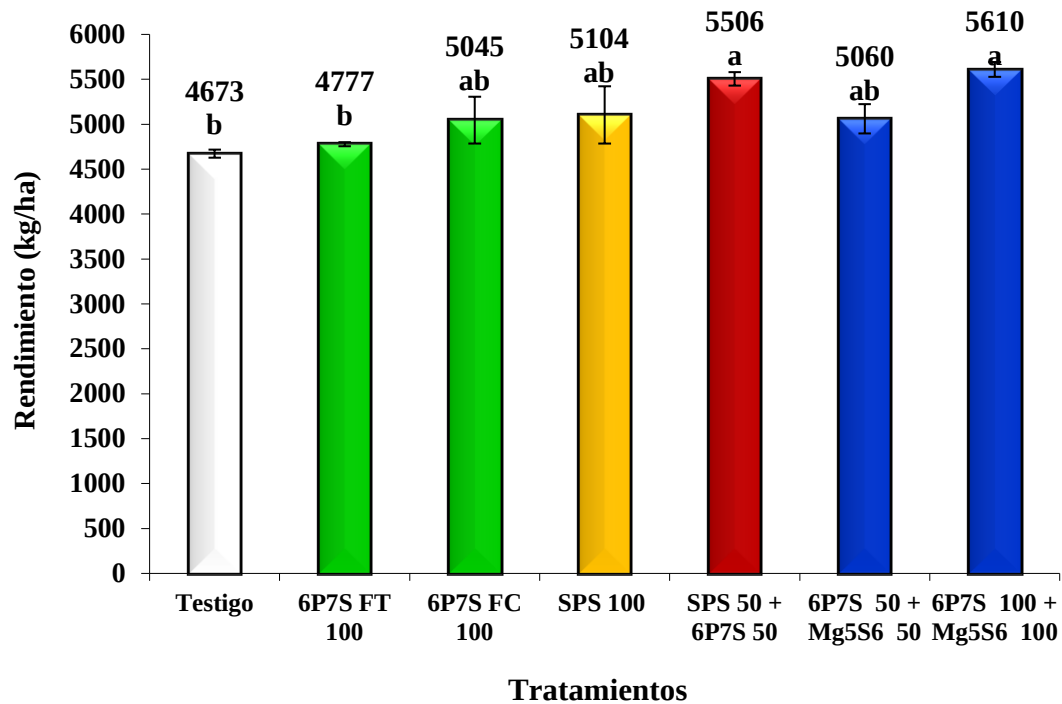


Figura 3: Rendimiento de grano de soja como resultado de diferentes tratamientos de fertilización con fósforo, azufre y magnesio en soja. Pergamino, campaña 2012/13. Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

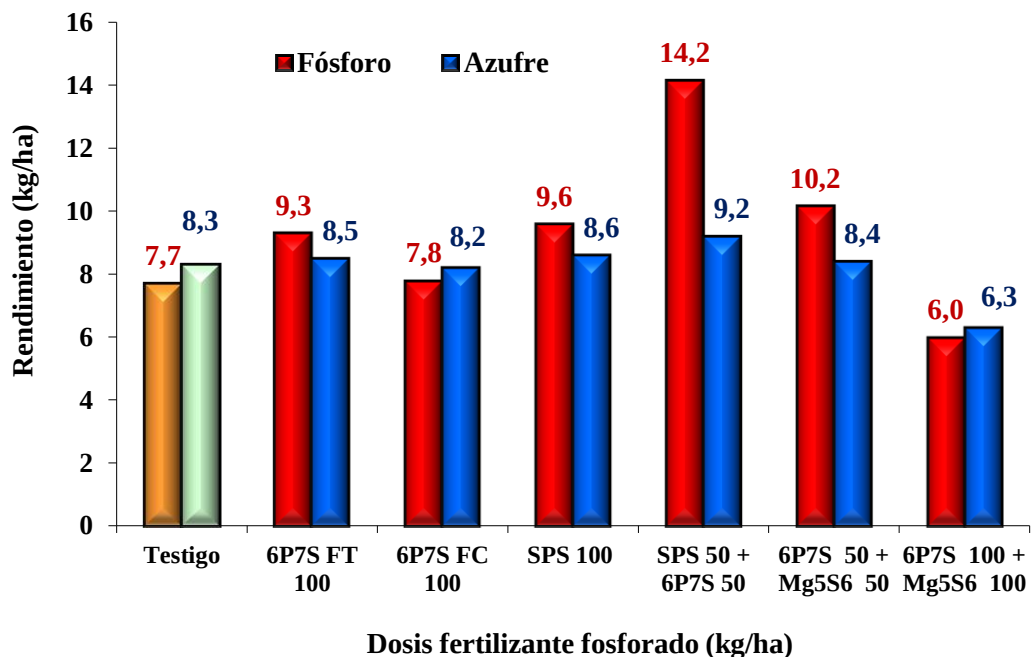


Figura 4: Fósforo y azufre residual en suelo (0-20 cm) luego de la cosecha del ensayo de soja en la localidad La Trinidad. Campaña 2012/13.

Discusión y conclusiones

* Las condiciones ambientales fueron favorables para el crecimiento del cultivo. Una etapa sin precipitaciones durante el mes de enero no impidió alcanzar elevados niveles de producción.

* Los rendimientos oscilaron en un rango de 4673 a 5610 kg ha⁻¹, reflejando un ambiente de alta calidad en cuanto a suelo y clima.

* Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,07$; $cv=3,93$). Las combinaciones Ntx P6S7 100 + Mg5S6 100 (T7) y SPS50 + P6S7 50 (T5) fueron las estrategias de mayor producción. Sin diferencias significativas con estas se encuentran P6S7 (formulación combinada) (T3), SPS 100 (T4) y Ntx P6S7 50 + Mg5S6 50 (T6).

* La respuesta a la fertilización oscila según tratamiento entre 255,1 y 519,3 kg ha⁻¹, siendo considerable si se tiene en cuenta que el nivel de P en suelo es medio y soja el cultivo en cuestión. (Tabla 2).

* Los resultados obtenidos demuestran que P, S y Mg son relevantes para la producción de soja. Para Mg, significa un contraste con la ausencia de respuesta observada en un experimento similar conducido en Maíz.

* La calificación del vigor de planta, la intensidad de verde medida por Spad, altura, cobertura e intercepción y el NG fueron variables que demostraron una correlación positiva y significativa con los rendimientos del cultivo (Tabla 3).

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis propuesta, ya que se determinaron diferencias significativas entre tratamientos fertilizados con P, S, Mg y el testigo. Las mejores estrategias se caracterizaron por realizar aportes moderados a altos en cuanto a dosis de P, y una nutrición balanceada con dos o más elementos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

* Barbagelata, P. 2011. Fertilización fosfatada para trigo y maíz en siembra directa: Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización. Actas Simposio Fertilidad 2011. IPNI-Fertilizar AC. pp. 90-97.

* Bianchini, A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". IPNI Cono Sur. pp. 79-82.

* Bray, R. and Kurtz, L. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci 59: 39 - 45.

* Ciampitti I. y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes

secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.

* Ferraris, G. 2008. Fertilización de la Soja. pp 261-278. En: R. Melgar y M. Díaz Zorita (eds). Fertilización de cultivos y pasturas. 2da edición ampliada y actualizada. 569 pp.

* Ferraris, G. 2010. Dosis y localización de fuentes fosforadas en trigo en el norte, centro y oeste de Buenos Aires.

Campañas 2008, 2009 y 2010. En: Jornada de Cultivos de Invierno INTA-AIANBA 2010. 7 pp.

* Gutierrez, Boem F.H. y G. Thomas. 1998. Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. Agronomy Journal 90: 166-171.