

COMPORTAMIENTO DE FERTILIZANTES, FOSFITOS Y MICRONUTRIENTES EN SOJA

CAMPAÑA 2016/17

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N Ferraris

INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el resultado de la aplicación de nuevas formulaciones Premium de fertilizantes foliares, fosfitos y microelementos en soja. Hipotetizamos que 1. La aplicación foliar de fertilizantes, fosfitos y microelementos incrementa los rendimientos de soja, al cubrir crecientes carencias nutricionales, mitigar eventos de estrés moderado y generar interacciones entre diferentes fertilizantes 2. Es posible ajustar dosis e identificar combinaciones de fertilizantes de mayor eficacia sobre el tratamiento base.

Palabras clave: Soja, nuevas formulaciones, nutrición integral, dosis, aplicaciones foliares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2016/17 se realizó un experimento de campo en la Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción Gutiérrez de Unzué” de la localidad de La Trinidad, partido de General Arenales. El suelo corresponde a la Serie Rojas, Argiudol típico, familia mixta, franca, térmica, Clase I, IP=100. Los tratamientos fueron aplicados en soja de primera. La siembra se realizó el día 10 de diciembre, con la Don Mario 4615 RR STS, en hileras espaciadas a 0,26 m. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua con varios cultivos de soja en la secuencia. El antecesor fue Soja. La fertilización de base se realizó con Superfosfato Simple de Calcio (0-9-0 S12). Durante el ciclo se realizaron dos aplicaciones de Glifosato, a la dosis de 3lha⁻¹ acompañados de un coadyuvante. Se aplicaron insecticidas y fungicidas para prevenir el ataque de oruga bolillera, chinches y enfermedades. Las parcelas se mantuvieron totalmente libres de malezas y plagas. La cosecha se efectuó el día 14 de abril.

El diseño de los ensayos correspondió a bloques completos al azar con cuatro repeticiones y diez tratamientos. Los detalles de las aplicaciones se describen en la Tabla 1. Se estudia el comportamiento de una nueva formulación Premium de Fertideg Max, así como la nueva formulación Fertideg NS Plus. Se evalúa además la factibilidad de utilizar una formulación concentrada de fosfito de manganeso (Mn), en comparación con la formulación tradicional. Estas se comparan a la vez con otras sales, como fosfitos de potasio (K), y fosfitos de cobre y potasio (CuK). En esta ocasión se valora la adición de zinc (Zn), un elemento típicamente deficiente en gramíneas, pero con potencialidad para incrementar los rendimientos de soja. Por su parte, los análisis de suelo se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1: *Tratamientos de protección y fertilización complementaria en soja. Ferré, General Arenales, campaña 2016/17.*

Tratamiento	Fuente	Dosis (g - ml ha ⁻¹)	Estado aplicación
T1	Control		-----
T2	Fertideg Max	2000 ml ha ⁻¹	R3
T3	Fertideg Max	3000 ml ha ⁻¹	R3
T4	Fertideg Max	4000 ml ha ⁻¹	R3
T5	Fertideg Max Borodeg	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R3
T6	Fertideg Max Fosfito Cu K	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R3
T7	Fertideg Max Fosfito K Mn	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R3
T8	Fertideg Max Fosfito K Mn concentrado	4000 ml ha ⁻¹ 200 ml ha ⁻¹	R3
T9	Fertideg NS Plus	3000 ml ha ⁻¹	R3
T10	Fertideg NS Plus Zinc	3000 ml ha ⁻¹ 3000 ml ha ⁻¹	R3

Todos los tratamientos fueron acompañados con Harwet 0,1 % + EcoDegser Wet 30 ml ha⁻¹. R3 (cajado de vainas) según la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones. Sitio La Trinidad.*

Profund	Fósforo	M.O.	pH	N(NO3)	N por capas	N suelo	S- sulfatos	Zn en suelo	Mn en suelo	B en suelo
	(mg/kg)	%		(mg/kg)	(mg/kg)	kg/ha	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
0-20 cm	14,8	2,48	6,2	9,5	24,7		6,2	0,75	62,8	0,39
20-40 cm				4,6	12,0					
40-60 cm					6,0	42,6				
	medio	bajo	normal			bajo	bajo	bajo	normal	bajo

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma cuenta con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que a una presión de 3 kg permiten asperjar 100 l ha⁻¹.

En R4 se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio de los sensores Minolta Spad y Green seeker, la cobertura mediante procesamiento con software específico de imágenes digitales. La recolección se realizó con una cosechadora automotriz. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, N° de nudos, vainas, NG y PG. 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 1 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. Las precipitaciones y el ambiente en general fueron muy propicios, con lluvias abundantes pero sin llegar a excesos. Esto fue favorecido por la textura franca y el buen drenaje de los suelos del lugar. El balance hídrico no evidenció déficit en ningún estado fenológico (Figura 1).

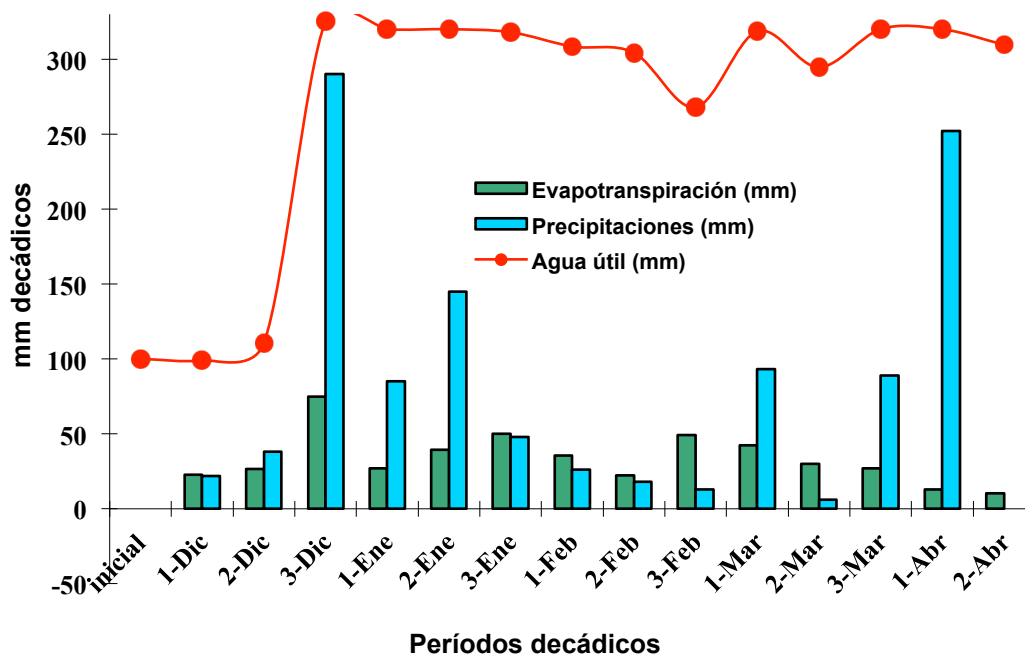


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,5 m de profundidad. La Trinidad, campaña 2016/17. Precipitaciones totales en el ciclo 1125 mm. AU inicial (150 cm) 100 mm. Déficit acumulado 0 mm.

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

En la Tabla 3 se presenta el rendimiento, sus componentes y otras variables determinadas durante el ciclo de cultivo. Este mismo rendimiento con su dispersión se muestran en la Figura 2.

Tabla 3: Evaluación sanitaria, Cobertura e intercepción, NDVI por Green seeker, Índice Spad, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Estudio y ajuste de dosis de nuevas formulaciones de Fertideg, Fertideg NS y fosfitos. Soja. La Trinidad, campaña 2016/17.

Tr	Trat.	Altura Septoria R5	Crecosp.	Intercepción R5 (%)	NDVI Green Seeker R4	Índice verde Spad
T1	Testigo	35,0	3,5	88,3	0,85	45,0
T2	Fertideg Max 2000	35,0	3,7	90,1	0,86	46,2
T3	Fertideg Max 3000	35,0	3,6	90,2	0,85	47,0
T4	Fertideg Max 4000	32,0	3,8	91,3	0,87	47,1
T5	Fertideg Max 4000 Borodeg 500	35,0	3,8	91,0	0,87	47,0
T6	Fertideg Max 4000 Phi CuK 500	20,0	3,8	91,5	0,86	48,1
T7	Fertideg Max 4000 Phi KMn 500	28,0	3,7	90,9	0,86	44,3
T8	Fertideg Max 4000 Phi KMn conc. 200	25,0	3,7	90,5	0,87	44,9
T9	Fertideg NS Plus 3000	33,0	3,7	90,9	0,85	45,0
T10	Fertideg NS Plus 4000 Zinc	31,0	3,8	91,2	0,86	45,2
R2 vs rend		0,70	0,43	0,46	0,49	0,06

Trat.	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Nudos/planta	Vainas/planta	NG	PG	Dif. sobre T1 (kg ha ⁻¹)
T1	3749,3	12,0	48,0	2205,5	170,0	0,0
T2	4083,6	14,5	51,0	2294,1	178,0	334,3
T3	3902,9	15,5	50,0	2243,0	174,0	153,6
T4	4363,6	15,0	54,0	2618,1	166,7	614,3
T5	4126,0	14,5	50,0	2408,1	171,3	376,7
T6	4550,0	16,0	58,0	2676,5	170,0	800,7
T7	4350,0	15,0	57,0	2519,3	172,7	600,7
T8	4486,9	15,5	61,0	2660,2	168,7	737,6
T9	3982,4	14,5	50,0	2351,8	169,3	233,1
T10	4064,8	15,0	53,0	2458,5	165,3	315,5
R2 vs rend		0,50	0,83	0,92	0,04	
P=	0,003					
CV (%)	6,5					

Evaluación de enfermedades: Altura de plantas con síntomas de *Septoria glycines* en R5, Mancha ojo de rana (MOR): % de Hojas con síntomas. Cercóspora kikucci: Severidad en el estrato superior (%).

R3 (cuajado de vainas) y 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.

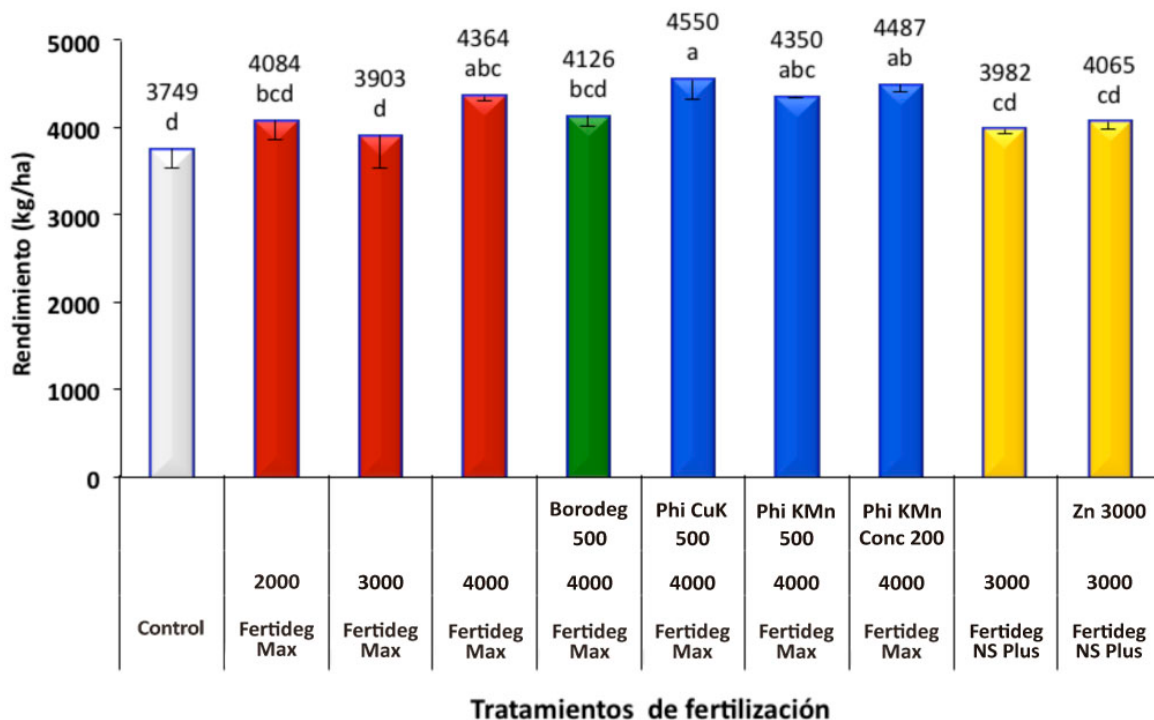


Figura 2: Rendimiento de grano de soja según tratamientos de fertilización con macro, micronutrientes y fosfitos (LSD $\alpha=0,10$). Las barras de error señalan la desviación standard de la media. La Trinidad, campaña 2016/17

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales fueron favorables, con temperaturas moderadas, precipitaciones bien distribuidas y baja presión de plagas. Los rendimientos alcanzados fueron muy adecuados para la fecha de siembra, con una media de $4165,9 \text{ kg ha}^{-1}$, y un rango de $3749,3$ a $4550,0 \text{ kg ha}^{-1}$, presentando una destacada ganancia por efecto de tratamiento.

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,003$; $cv=6,5 \%$). Se obtuvo una respuesta destacada a la aplicación de los tratamientos base, Fertideg Max y Fertideg NS Plus (Tabla 3 y Figura 2). El primero de estos, Fertideg Max, optimizó su rendimiento a la dosis de 4000 ml ha^{-1} (Figura 2). El agregado de fosfitos otorgó un incremento adicional, siendo el más destacado Phi CuK y cerca de este Phi KMn concentrado (Figura 2).

El fertilizante Fertideg NS Plus presentó mayor rendimiento en comparación al control, y muy similar a Fertideg Max a la misma dosis (Figura 2), mientras que en la campaña previa el rendimiento fue ligeramente inferior (Tabla 3 y Figura 2).

Entre las variables determinadas en el experimento, la variable de mayor contribución al rendimiento fue NG ($R^2=0,92$), vainas por planta ($R^2=0,83$), altura de planta con síntomas de Septoria ($R^2=0,70$), nudos por planta ($R^2=0,50$) y NDVI por Green seeker ($R^2=0,49$).

Los resultados del experimento permiten aceptar las hipótesis propuestas. Fertideg Max a la dosis de 4000 ml ha^{-1} y Fertideg NS Plus a 3000 ml ha^{-1} maximizaron la respuesta a dichos fertilizantes, la cual se mostró estable a través de dos campañas. Como tratamiento adicional, el mejor comportamiento se obtuvo en la combinación con fosfitos, siendo los de CuK y Mn formulación concentrada los más destacados. La prevalencia de los fosfitos frente a otros fertilizantes como Zn o B se explicaría en las características de las dos últimas campañas, muy húmedas, que podrían favorecer la proliferación de enfermedades.

Anexo: Condiciones de aplicación

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

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
R3	18-Feb	R3	65	85

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
R3	H	H	23,9	78	1,5 NW	0	0

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

LITERATURA CITADA

- Barbieri, P.; H. Sainz Rozas, H. Echeverría, F. Salvagiotti, P. Barbagelata, M. Barraco, J. Colazo, G. Ferraris, H. Sánchez, R. Cáceres Díaz, N. Reussi Calvo, G. Esposito, M. Eyherabide y B. Larsen. 2015. El análisis de suelo permite diagnosticar la deficiencia de cinc en el cultivo de maíz pp 203--207. En: Actas Simposio de Fertilidad 2015. Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro. 252 pp. de Moraes, N. C., Jakelaitis, A., Cardoso, I. S., Rezende, P. N., de Araújo, V. T., Junior, N. S. V., & Tavares, C. J. (2017). Efeitos de herbicidas e adubo foliar em mistura de tanque na cultura da soja. *MAGISTRA*, 28(2), 233--243.
- Fancelli, AL. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11--27. En: M Vázquez(ed.). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp. Ferraris, G. 2013. Avances en micronutrientes en la región pampeana. Pp124--135. Simposio FERTILIDAD 2013. Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable. IPNI Cono Sur. 314 pp. Ferraris, G. y M. Díaz Zorita. 2015. Variación del rendimiento y sus componentes en dos fechas de siembra de soja según nivel tecnológico. *Revista de Tecnología Agropecuaria, INTA EEA Pergamino*. N°1: pp 34--37. Ferraris, G., L. Couretot y J. Urrutia. 2010. Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de Zn en combinación con fuentes nitrógeno--azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA--INTA EEA Pergamino. 11p.
- Ferraris, G., Couretot, L., García, L., Navarro, M. 2014. La nutrición como herramienta para alcanzar los rendimientos potenciales en soja. Comisión III. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas" Producción sustentable en ambientes frágiles. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.
- Ferraris, G., M. Toribio, R. Falconi y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. En: Actas Simposio Fertilidad 2015. "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". 137--142.
- Ferraris, G., Toribio, M., Falconi, R., Moriones, F. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. Actas CD Simposio Fertilidad 2015. pp 137--142. "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". Rosario, 19--20 Mayo 2015. IPNI Cono Sur -- Fertilizar AC.
- Gutiérrez Boem F., F. García, y M. Boxler. 2010. ¿Qué tan distintos son los niveles críticos de fósforo disponible para soja, maíz y trigo En: Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Rosario, Santa Fe.
- Marschner, H.E. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London/San Diego/New York/Boston/Sydney/Tokyo, 889 p.
- Melgar, R. 2005. El mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos (ed. HE Echeverría & FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 489--502.
- Monzón, J.P. 2015. Atlas Mundial de Brechas de Rendimiento: Trigo, soja y maíz en Argentina. pp 55-- 59. En: Actas Simposio Fertilidad 2015 "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro". IPNI Cono Sur -- AC Fertilizar. Rosario, 19 y 20 de Mayo de 2015. 252 pp.
- Moralejo M. del P. y S. G. Acebal. 2010. Determinación del contenido de Cu y Zn en suelos del sudoeste bonaerense. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas en CD, 4pp. Rotundo, J., Borrás, L. 2013. ¿Cómo podemos aumentar los rendimientos de soja? La visión ecofisiológica. pp 36 -- 37. Simposio Fertilidad 2013 "Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable". Rosario, 22 y 23 de Mayo de 2013. << Sainz Rozas, H.R.; Echeverría H.E.; Eyherabide, M.; Barraco, M.; Ferraris H.G.; Angelini H.P. 2012. Niveles de zinc disponible en suelos de la Región Pampeana Argentina. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 6 pp. Satorre, 2015. La importancia de los micronutrientes y su correcto uso. Programa de desarrollo del fertilizante Glytrac. Convenio AACREA -- Yara. Scheid López, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. Pp 29--78. En: M Vázquez(ed). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp. Szarecki, V. J., Ferrari, M., Nardino, M., Carvalho, I. R., de Pelegrin, A. J., Demari, G. H., ... & de Souza, V. Q. (2017). PERFORMANCE DE FERTILIZANTES FOLIARES E CORRELAÇÕES LINEARES EM COMPONENTES DO RENDIMENTO DA SOJA. *Revista Univap*, 22(40), 443. Weiss, M.; Baret, F.; Smith, G.J.; Jonckheere, I. and Coppin, P. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, part II: Estimation of LAI, errors and sampling. *Agric. and For. Met.*, 121: 37--53.

