

ESTRATEGIAS DE ESTIMULACIÓN FISIOLÓGICA, NUTRICIÓN Y PROTECCIÓN EN SOJA

CAMPAÑA 2015/16

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N Ferraris

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

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En cultivos de alto rendimiento o sobre suelos degradados por la continuidad de años de agricultura continua con predominio de soja, diversos nutrientes podrían limitar la producción. Nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) son los principales y limitan el rendimiento en grado variable según su disponibilidad en el suelo, el potencial de rendimiento, y características propias del cultivo y la campaña. Otros elementos requeridos en menores dosis, los micronutrientes, podrían limitar la producción de los cultivos de grano (Ferraris, 2012). El término “micronutriente” es utilizado en agricultura para denominar aquellos elementos esenciales para los cultivos, que se presentan en concentraciones extremadamente bajas en los suelos y tejidos vegetales (Torri et al., 2010). Para el caso de soja, existe evidencia de que Boro (B), Cobalto-Molibdeno (CoMo), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) podrían ser potencialmente limitantes en la Región Pampeana Argentina (Ferraris et al., 2005; Ferraris, 2011, Fontanetto et al., 2006) y otras regiones del mundo (Scheid López, 2006; Prochnow, 2009). Por último, existen moléculas en las que predominan los efectos fisiológicos sobre los nutricionales. Estos actúan como activadores del crecimiento, ayudan a contrarrestar las mermas de rendimiento provocadas por diferentes procesos de estrés, y mejoran la compatibilidad y tolerancia a diferentes agroquímicos i.e. variedades Roundup Ready son menos susceptibles a un eventual efecto depresor del rendimiento del herbicida Glifosato, y una deficiencia inducida de Manganeseo (Mn).

El objetivo de este trabajo es evaluar tratamientos de fertilización y protección vegetal con fungicidas y fosfitos sobre el rendimiento de soja. Hipotetizamos que 1. La aplicación foliar de fertilizantes y activadores fisiológicos incrementa los rendimientos de soja, al cubrir incipientes deficiencias nutricionales, mitigar posibles eventos de estrés moderado y potenciar el efecto de otros agroquímicos y fertilizantes 2. Es posible identificar combinaciones de fertilizantes de mayor eficacia sobre el tratamiento base y 3. La aplicación de fosfitos complementa el efecto de los fungicidas, permitiendo ampliar el efecto vía la activación de defensas naturales de las plantas, y reducir dosis de aplicación.

Palabras clave: Soja, nuevas formulaciones, micronutrientes, aplicaciones foliares, resistencia inducida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2015/16 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 4 de diciembre, con la Don Mario 4212 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 3 lha^{-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 ocho tratamientos. Los detalles de los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1. 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 2015/16.*

Tratamiento	Fuente	Dosis (g - ml ha ⁻¹)	Estado aplicación
T1	Control		-----
T2	Fertideg Max	4000 ml ha ⁻¹	R2
T3	Fertideg Max Borodeg	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R2
T4	Fertideg Max Fertideg N35	4000 ml ha ⁻¹ 4000 ml ha ⁻¹	R2
T5	Fertideg Max FosfitoDegser Mn	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R2
T6	Fertideg Max FosfitoDegser Cu Tebuconazole Carbendazim	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R2
T7	Fertideg Max FosfitoDegser K Tebuconazole Carbendazim	4000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	R2
T8	Fertideg Max FosfitoDegser K Tebuconazole Carbendazim	4000 ml ha ⁻¹ 250 ml ha ⁻¹ 250 ml ha ⁻¹ 250 ml ha ⁻¹	R2

Todos los tratamientos fueron acompañados con Harwet 0,1 %. R1 (inicio floración expandidas) 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.*

Prof.	pH	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5	%		mg kg ⁻¹	ppm
0-20 cm	5,7	2,94	0,147	10,7	15,9
	Zinc	Cobre	Hierro	Boro	Manganeso
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0-20 cm	1,34	1,1	75,9	0,49	37,6

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma cuenta con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que a una presión de 4 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).

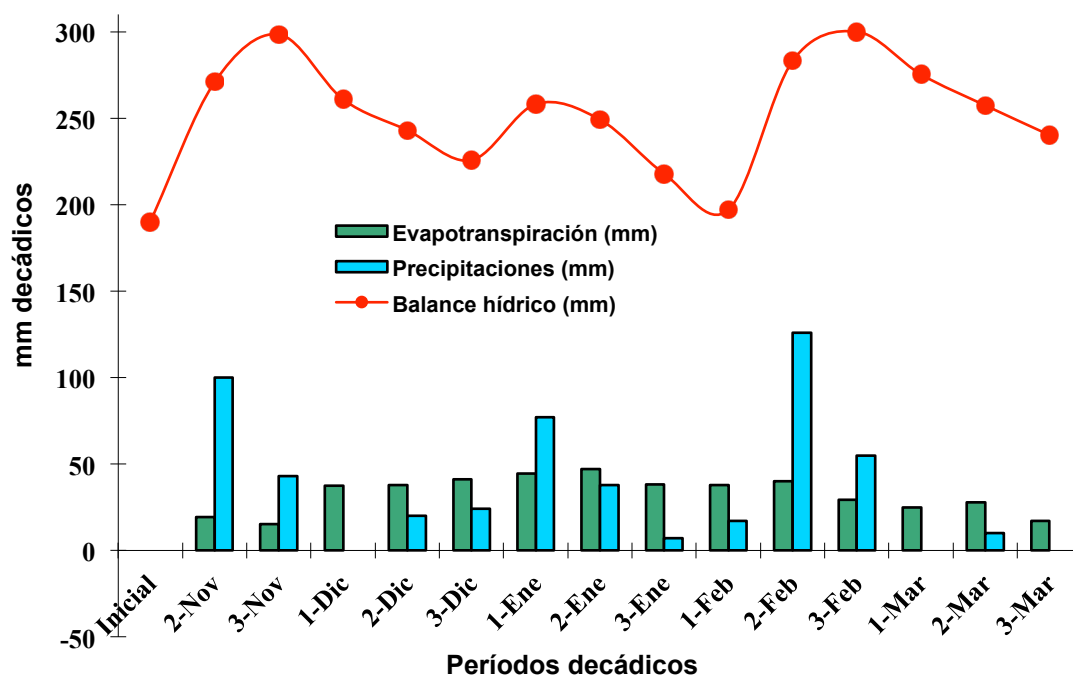


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,5 m de profundidad. La Trinidad, campaña 2015/16. Precipitaciones totales en el ciclo 517 mm. AU inicial (150 cm) 170 mm. Déficit acumulado 0 mm.

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. Tratamientos foliares de nutrición y protección en Soja. La Trinidad, campaña 2015/16.

Tr	Trat.	Altura Septoria R3	MOR (%)	Crecosp.	Intercepción R3 (%)	NDVI Green Seeker R4	Índice verde Spad
T1	Testigo	40	0,2	20	93,6	0,80	43,6
T2	Fertideg Max	40	0,2	15	94,9	0,82	43,9
T3	Fertideg Max + Boro	40	0	15	92,8	0,81	42,3
T4	Fertideg Max + N35	35	0	15	93,6	0,82	42,6
T5	Fdeg Max + FosDeg Mn	30	0	10	93,9	0,81	43,4
T6	Fdeg Max + FosDeg Cu Tebu + Carb	15	0,2	10	93,7	0,80	43,7
T7	Fdeg Max + FosDeg K Tebu + Carb	22	0	15	92,7	0,78	43,7
T8	Fdeg Max + FosDeg K Tebu + Carb (1/2 dosis)	25	0	15	91,6	0,81	41,1
R2 vs rend		0,48	0,00	0,64	0,01	0,02	0,03

Trat.	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Nudos/planta	Vainas / planta	NG	PG	Dif. sobre T1 (kg ha ⁻¹)
T1	3873	15,0	35,0	2876	134,7	0
T2	4355	18,0	45,0	3202	136,0	482
T3	4285	16,0	61,0	3018	142,0	412
T4	4288	19,0	51,0	2978	144,0	415
T5	4304	16,0	63,0	2962	145,3	431
T6	4652	16,0	51,0	3276	142,0	779
T7	4433	19,0	54,0	3050	145,3	560
T8	4238	15,0	49,0	2877	147,3	365
R2 vs rend		0,14	0,26	0,63	0,07	
P =	0,007					
CV (%)	4,0					

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 (%).

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.

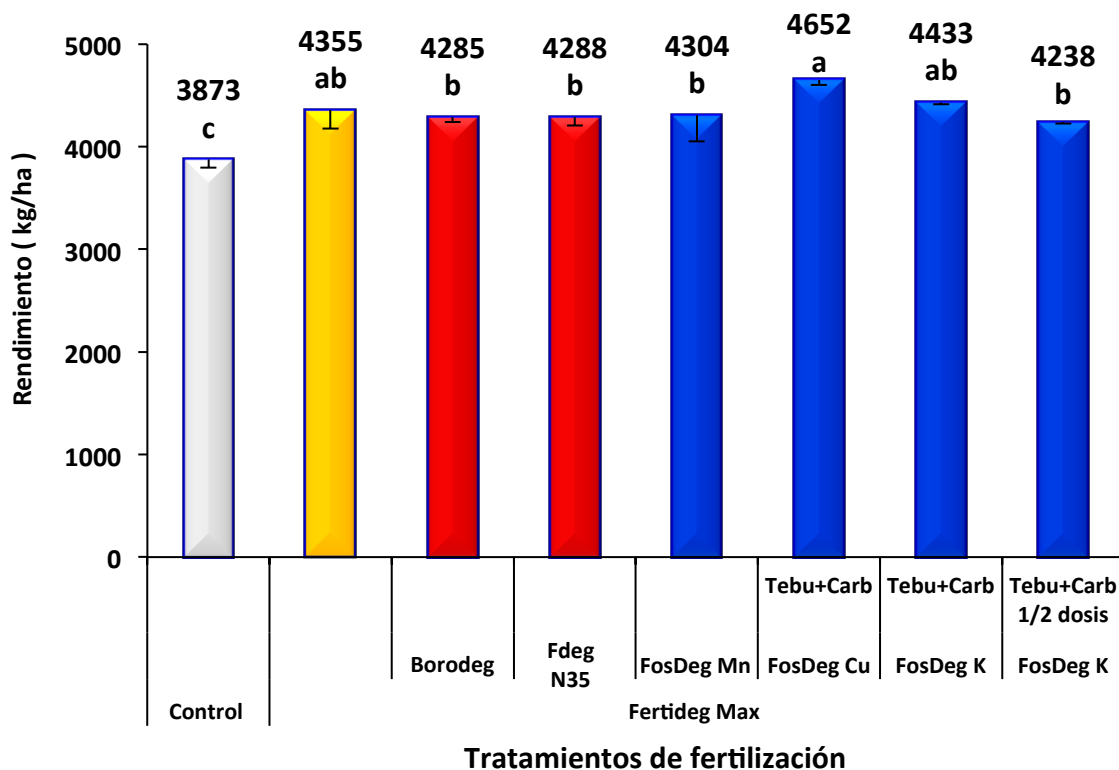


Figura 2: Rendimiento de grano de soja según tratamientos de fertilización con estimuladores fisiológicos y micronutrientes. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ($LSD \alpha=0,05$). Diferencia mínima significativa = 535 kg ha^{-1} . Las barras de error señalan la desviación standard de la media. La Trinidad, campaña 2015/16

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales fueron muy favorables, con temperaturas moderadas, precipitaciones bien distribuidas y baja presión de plagas, a excepción de chinches. La fecha de siembra permitió escapar a las altas temperaturas del mes de enero. Todo esto permitió alcanzar niveles productivos destacados.

Los rendimientos fueron muy satisfactorios, con una media de 4304 kg ha^{-1} , y un rango de 3873 a 4652 kg ha^{-1} , presentando una interesante ganancia por efecto de tratamiento.

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,007$; $cv=4,0 \%$). Se obtuvo una muy buena respuesta a la aplicación inicial de Fertideg Max (4000 ml ha^{-1}) (T2). Otros tratamientos de buena performance, por sobre T2 fueron T5 (Fertideg Max 4000 + FosfitoDegser Mn 500) y T6 (Fertideg Max 4000 + FosfitoDegser Cu 500 + Tebuconazole + Carbendazim) (Tabla 3 y Figura 2). Estos tratamientos integraron un mismo grupo estadístico (letra “a”).

Entre las variables evaluadas en el experimento que reflejaron efecto de tratamiento se cuentan, en orden a su contribución, NG ($R^2=0,63$), Severidad de Cercóspora ($R^2=0,64$) y Altura de plantas con síntomas de Septoria ($R^2=0,48$). Esto significa que gran parte de las diferencias de rendimiento obtenidas por efecto de los tratamientos son atribuibles a una mejora en el comportamiento sanitario.

Se registraron mejores rendimientos cuando se aplicó una dosis completa de FosfitoDegser K y fungicida (T7), en comparación de media dosis de estos insumos. No se observaron diferencias sustanciales en la sanidad (Tabla 3), pero sí en los rendimientos (T8).

Los resultados obtenidos permiten destacar los efectos positivos de un grupo de tratamientos sobre los rendimientos, identificando algunas estrategias de comportamiento superior. Se subraya la importancia de una base con Fertideg Max. FosfitoDegser Mn, FosfitoDegser Cu y Tebuconazole + Carbendazim

fueron los insumos cuya aplicación permitiría un mayor incremento adicional al de Fertideg Max en los rendimientos. Se sugiere que la aplicación conjunta genera efectos aditivos e interacciones positivas entre fertilizantes. En función de estos resultados, se concluye en aceptar las dos primeras hipótesis propuestas. El estudio de la respuesta a estrategias no tradicionales de nutrición y estimulación fisiológica, su correcto diagnóstico y el ajuste de la tecnología de aplicación, constituye un aporte relevante con el fin de mejorar nuestros sistemas de cultivo.

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 (%)
R2	20-ene	R2	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
R2	S	H	27,8	71	9,65 NE	4	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.
- 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.
- 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.
- 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., 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., 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.
- 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.
- 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.
- Ritchie S.W., y J.J. Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Special Report 48. Weiss, M.; Baret, F.; Smith, G.J.; Jonckheered, 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.
- 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 d 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.