

EFICIENCIA Y FITOTOXICIDAD DE FUENTES DE FERTILIZANTES FOSFORADOS EN SOJA

**INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA PERGAMINO
PROYECTO REGIONAL AGRICOLA**

Ings. Agrs. Gustavo Ferraris,¹ Néstor González², Sr. David Bocanegra³, Ing. Agr. Alberto Rivoltella²

INTRODUCCIÓN:

La Soja es un cultivo proclive a sufrir efectos fitotóxicos por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra. Vivas y Seffino (1997) y Martínez y Cordone (comunicación personal), trabajando con distintas fuentes de fertilizantes fosforados, observaron pérdidas significativas en el stand de plantas en los tratamientos fertilizados respecto de los testigos. Varios factores inciden en la magnitud que pueden alcanzar estas pérdidas, a saber:

1. Posición del fertilizante: Vivas y Seffino (1997) determinaron pérdidas de hasta 67 % en el stand de plantas por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra, pero Ferraris et al (2000) no observaron efectos fitotóxicos cuando los fertilizantes, aplicados con una doble cuchilla en posición recta, eran separados muy levemente de las semillas por la remoción que provocaba el doble disco plantador.
2. Humedad del suelo: Si la humedad del suelo es adecuada u ocurre una lluvia entre la siembra y la emergencia del cultivo disminuyen notablemente el efecto salino y/o la difusión de amoníaco de los fertilizantes, que son los procesos responsables de la muerte de plántulas. Por el contrario, condiciones de suelo seco favorecen la ocurrencia de estos fenómenos y la expresión de fitotoxicidad.
3. Propiedades del suelo: La textura y la capacidad buffer del suelo son otros factores influyentes: Cuando los fertilizantes incluyen al nitrógeno en su composición, los suelos arenosos, de baja capacidad de intercambio catiónico y provistos de macroporos que posibilitan una elevada difusión gaseosa están más expuestos a presentar efectos fitotóxicos (Tisdale et al., 1993).
4. Distanciamiento entre surcos: La separación entre hileras de siembra incide de manera directa en la magnitud del proceso. Para una misma dosis de fertilizante/ha, cuanto mayor sea la distancia entre surcos, mayor será la concentración de fertilizante en cada surco individual que deberán soportar las semillas y plántulas en germinación. La relación es directamente proporcional, de manera que un cultivo tolerará el doble de fertilizante/ha distribuido en hileras a 35 cm del que se podría aplicar con un espaciamiento de 70 cm.
5. Fuente fertilizante utilizada: Los fertilizantes varían en su potencial fitotóxico, de acuerdo con su índice salino, contenido y forma química de Nitrógeno y su capacidad para modificar el pH del suelo. Vivas y Seffino (1997) observaron mayores pérdidas en el stand

¹ Desarrollo Rural INTA Pergamino

² Manejo de Cultivos INTA Pergamino

³ Alumno Universidad del Nordeste (Corrientes)

de plantas por la aplicación de fosfato diamónico comparado con las mismas dosis de superfosfato triple de calcio.

Si bien en la actualidad buena parte de las sembradoras están equipadas para desplazar los fertilizantes de la línea de siembra, otras no ofrecen esta posibilidad, particularmente aquellas diseñadas para la siembra de granos finos y gruesos, aptas para la siembra de cultivos en hileras angostas, y que por ello concentran un gran número de cuerpos de siembra en espacios reducidos. La colocación de cuerpos fertilizadores en estas sembradoras reduciría aún más la separación entre las cuchillas y demás elementos de la máquina, dificultando el tránsito por el lote particularmente cuando se cuenta con rastros voluminosos o en condiciones de alta humedad. En estos casos resulta más práctica y sencilla la colocación de fertilizantes en el mismo abresurco plantador, pero debido a los riesgos que conlleva, se deben precisar los límites de tolerancia para cada fertilizante en particular. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fitotoxicidad y los efectos sobre el rendimiento de la aplicación de dosis crecientes de tres fuentes comerciales de fertilizantes fosforados aplicados en la línea de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS:

La experiencia se desarrolló en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Argiudol típico serie Pergamino. El cultivo se implantó en siembra directa, con antecesor Maíz. Los resultados de los análisis químicos suelo se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: *Datos analíticos de suelo. Datos promedio de tres bloques.*

profundidad	pH	MO (%)	N total (%)	P Bray (ppm)
0-20 cm	6,4	2,31	0,116	14

La siembra se efectuó el 2/12/2002 con una sembradora neumática Gaspardo de 4 surcos espaciados a 70 cm e/hileras. Se utilizó la variedad Don Mario DM 4400 RR, categoría fundadora, de excelente calidad (PG: 94 %, Peso mil 160 g). Los fertilizantes se colocaron en la línea de siembra, en íntimo contacto con las semillas. Las fuentes utilizadas fueron Fosfato monoamónico (MAP, 11-23-0) y Superfosfato simple (SPS, 0-9,2-0-12S). Las dosis de ambas fuentes fertilizantes fueron equilibradas a una misma disponibilidad de fósforo.

El diseño utilizado fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. El tamaño de parcela fue de 15 m x 4 surcos de ancho. Los nutrientes aportados en cada tratamiento se describen en la Tabla 2.

Tabla 2: Descripción y aporte de nutrientes de los tratamientos del ensayo.

N°	Tratamientos	Dosis comercial (kg/ha)	Nutrientes aportados (kg/ha)		
			N	P	S
0	Testigo absoluto	0	0	0	0
1	SPS (0-9, 2-0-12)	25	0	2, 3	3
2	SPS (0-9, 2-0-12)	50	0	4, 6	6
3	SPS (0-9, 2-0-12)	100	0	9, 2	12
4	SPS (0-9, 2-0-12)	150	0	13, 8	18
5	SPS (0-9, 2-0-12)	200	0	18, 4	24
6	MAP (11-52-0-0)	10	1, 1	2, 3	0
7	MAP (11-52-0-0)	20	2, 2	4, 5	0
8	MAP (11-52-0-0)	40	4, 4	9, 0	0
9	MAP (11-52-0-0)	60	6, 6	13, 5	0
10	MAP (11-52-0-0)	80	8, 8	18, 0	0
11	Testigo absoluto	0	0	0	0

El día posterior a la siembra, se midió en cada repetición del ensayo el contenido de humedad en la línea de siembra y en el centro del entresurco, a la profundidad en que se encontraban las semillas. El detalle se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Contenido de humedad en los 6 cm superficiales de suelo correspondientes al día posterior a la siembra del ensayo. Cada valor es promedio de 2 submuestras.

	Humedad gravimétrica (%)	
	En el surco	En el entresurco
Bloque I	21,56	23,50
Bloque II	21,46	22,77
Bloque III	20,67	20,47

Este contenido de humedad puede considerarse suficiente para la emergencia del cultivo, pero lo necesariamente bajo como para favorecer la expresión de fitotoxicidad. Adicionalmente, en los 13 días posteriores a la siembra, las precipitaciones sólo alcanzaron a 0,8 mm.

Para evaluar los efectos de los fertilizantes sobre fitotoxicidad y rendimiento, se efectuó un recuento de plantas a los 7 y 14 días después de la siembra (dds), en dos sectores de 7,15 m de largo de los surcos centrales de cada parcela. La cosecha se efectuó en forma manual, en sectores de 3 m², uniformándose los rendimientos a 13 % de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Efecto de los fertilizantes sobre la emergencia de plantas:

En la Figura 1 se presentan los resultados de los recuentos de plantas efectuados a los 7 y 15 dds, respectivamente.

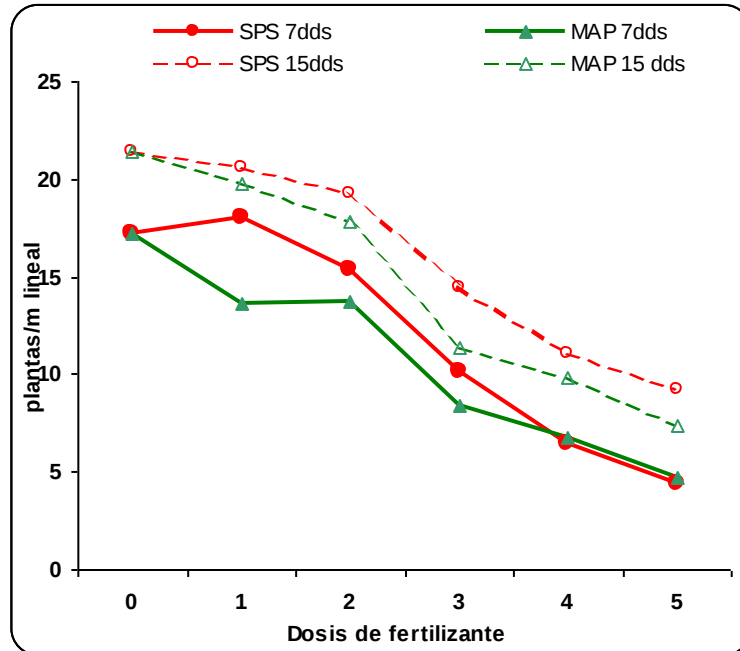


Figura 1: Número de plantas emergidas 7 dds (puntos llenos) y 14 dds (puntos vacíos). Los números representan dosis crecientes de cada fertilizante, correspondiendo el cero al testigo. Los valores son promedio de tres repeticiones, y el testigo además de dos parcelas por repetición.

El análisis de varianza reflejó diferencias significativas entre tratamientos, a los 7 dds ($P=0,0000$) y 14 dds ($P=0,0000$). En las Tablas 4 a) y b) se presentan el número de plantas emergidas y la comparación de medias para 7 y 14 dds, respectivamente.

Tabla 4: Número de plantas emergidas y test de comparación de medias (lsd $\alpha=0,05$) para a) 7 dds y b) 15 dds.

4.a)

Tratamiento	Número de plantas emergidas (pl/m lineal)	Grupos estadísticos
SPS 25	18.1	A
Testigo	18.0	A
Testigo	16.9	A
MAP 10	15.1	.. B
SPS 50	14.9	.. B C
MAP 20	13.5	 C
SPS 100	9.9	 D
MAP 40	8.0	 E
MAP 60	6.7	 E
SPS 150	6.7	 E
MAP 80	4.6	 F
SPS 200	4.4	 F

Lsd= 1,58 pl/m. Error standard 0,7 pl/m.

4.b)

Tratamiento	Número de plantas emergidas (pl/m lineal)	Grupos estadísticos
Testigo	22.1	A
Testigo	20.7	A B
SPS 25	20.5	A B
MAP 10	19.8	.. B
SPS 50	19.3	.. B C
MAP 20	17.9	 C
SPS 100	14.4	 D
MAP 40	11.3	 E
SPS 150	11.1	 E
MAP 60	9.9	 E F
SPS 200	9.2	 F
MAP 80	7.4	 F

Lsd= 1,79 pl/m. Error standard 0,9 pl/m.

De la Figura 1 y la Tabla 4 se desprende que el número de plantas emergidas se incrementó entre el primer y el segundo recuento para todos los tratamientos. La tendencia central indicó una disminución en el número de plantas emergidas al incrementarse la dosis de fósforo aplicado al suelo, para las dos fuentes utilizadas. La magnitud de esta caída tuvo más relación con la dosis de fósforo elemento que con la cantidad de fertilizante comercial aplicado. En el recuento efectuado 7 dds, el número de plantas se reduce en forma significativa a partir de la dosis de 10 kg/ha de MAP y 50 kg/ha de SPS. El único tratamiento que no expresa pérdidas de plantas respecto del testigo es SPS 25 kg/ha. Ya en el segundo recuento, los tratamientos SPS 25 kg/ha, MAP 10 kg/ha y SPS 50 kg/ha no presentan diferencias significativas en el número de plantas con uno de los testigos, y si se observa disminución en el número de plantas para dosis mayores de ambas fuentes.

Utilizando contrastes ortogonales se puede comparar el efecto fitotóxico de las diferentes fuentes de fertilizantes, considerando todas las dosis. Evaluado a los 15 dds, MAP fue una fuente más fitotóxica que SPS ($P=0,0001$). La mayor toxicidad del MAP se produjo a pesar de que la cantidad total de fertilizante aplicado (dosis comercial) fue muy inferior a la de las otras fuentes, debido a su alta concentración de P. La agresividad de este fertilizante hacia las semillas en germinación podría deberse a la mayor concentración de Nitrógeno respecto de la otra fuentes, a pesar de que tradicionalmente ha sido considerado como poco fitotóxico (Tisdale, 1993) gracias a su reacción ácida en contacto con el suelo, que no favorece la liberación de amoníaco (Melgar et al., 2002).

Síntomas de fitotoxicidad:

Las semillas afectadas por el contacto con los fertilizantes mostraron cotiledones dañados, con un aspecto grisáceo y consistencia corchosa en los extremos (Figura 2.a). Se observa también el desprendimiento de algún sector, dando el aspecto de cotiledón mordido. Pudo detectarse además el desprendimiento del eje radícula-hipocótilo, evidenciando el contacto del fertilizante con la parte proximal (del lado del embrión) del cotiledón, resultando en la muerte de estas semillas. Es frecuente la retención de la cutícula aún después de emergidos los cotiledones, lo cual demora la expansión de las hojas

unifolioladas. Al nivel de radícula, se observó un quemado en el extremo en casos muy aislados (Figura 2.b).

Varias de las plantas que lograron emerger, lo hicieron más lentamente. Los cotiledones se desprenden en forma temprana, retardando el crecimiento inicial. Estas plantas, una vez establecidas tienen menor tamaño que las plantas normales, dando al cultivo un aspecto desuniforme que se mantiene al menos durante todo el período de crecimiento vegetativo. Los síntomas de toxicidad pueden trasladarse a las hojas (Figura 2.c). En el cultivo ya implantado se presentan los típicos “claros”, sectores sin plantas que pueden alcanzar hasta un metro de longitud, y que suelen ser ocupados por malezas (Figura 3).



2.a

2.b

2.c

Figura 2: Signos de fitotoxicidad por fertilizantes en plantas de Soja.



Figura 3: Vista de las parcelas del ensayo. En recuadro azul se observa la densidad normal de una parcela testigo. En el recuadro rojo se observa una marcada disminución en el stand de plantas, producto de la aplicación de dosis elevadas de P.

Efecto de los fertilizantes sobre los rendimientos:

A pesar de la gran cantidad de plantas perdidas, no se determinaron diferencias significativas en los rendimientos entre tratamientos ($P=0,70$, Figura 4). En este contexto, algunos tratamientos fertilizados mostraron una tendencia incremental en los rendimientos, fundamentalmente en las dosis más elevadas. La notable compensación a la pérdida de plantas verificada en este ensayo podría deberse a las excelentes condiciones de temperatura y humedad con que se benefició el cultivo durante todo su ciclo, y a las altas dosis de fertilizante recibidas por los tratamientos que habían sufrido las mayores pérdidas. En las condiciones de este ensayo, no es posible determinar cual de los dos factores contribuyó en mayor medida a esta compensación. Ferraris et al. (2003), en un ensayo realizado con este propósito, observaron también una importante compensación a bajas densidades de siembra gracias a las condiciones climáticas favorables de la campaña 2002-03.

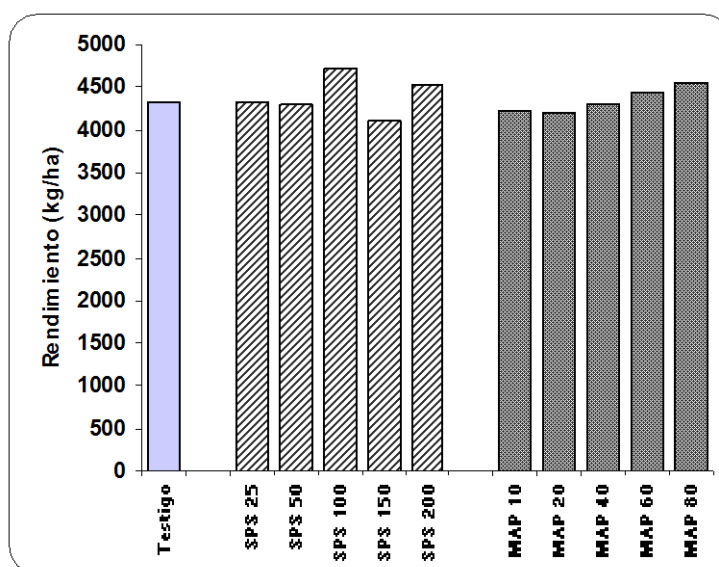


Figura 4: Rendimientos como resultado de la aplicación de dosis crecientes de tres fuentes fosforadas en la línea de siembra. Los valores son promedio de tres repeticiones, y el testigo además de dos parcelas por repetición.

CONCLUSIONES:

- ✓ La aplicación de fertilizantes fosforados en íntimo contacto por la semilla provocó una disminución significativa en el número de plantas. Estas pérdidas fueron mayores en las dosis más altas, y en la fuente que contenía más Nitrógeno (MAP). Las semillas y plántulas en contacto con los fertilizantes presentaron diversos signos característicos que evidenciaron la expresión de fitotoxicidad.
- ✓ En un año de excelentes condiciones climáticas, el cultivo logró compensar las fallas en la emergencia, no observándose diferencias en los rendimientos entre diferentes tratamientos. Los fertilizantes aplicados pudieron haber favorecido la capacidad compensatoria del cultivo.
- ✓ Este ensayo confirma la calificación de la Soja como un cultivo sensible a la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra. Ajustar la tecnología de aplicación teniendo en cuenta localización, fuentes y dosis a emplear es un aspecto de mucha

importancia en vistas de hacer eficiente una práctica cada vez más frecuente, y que ya está ocupando un lugar importante en los costos de producción.

BIBLIOGRAFÍA:

-  Ferraris, G., M. Ferrari y J. Ostojic. 2001. Fertilización fosforada en soja: fitotoxicidad en aplicaciones localizadas a la siembra y efectos sobre el rendimiento. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, VI(18):20-23.
-  Ferraris, G. N. Gonzáles y A. Rivoltella. 2003. Densidad y distribución de plantas en Soja: En que caso es conveniente resembrar? Informe de resultados del Proyecto Regional Agrícola (en prensa).
-  Melgar, R., y M.E. Camozzi. 2002. Guía de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Segunda edición 2002. INTA EEA Pergamino, 260 pp.
-  Tisdale, S., W. Nelson, J. Beaton y J. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers, fifth edition. Macmillan, New York, 634 pp.
-  Vivas, H.S. y F. Seffino. 1999. Toxicidad del Superfosfato Triple y del Fosfato Diamónico sobre la emergencia de plantas de Soja. Campaña 1996/97. En: Información técnica para productores 1997-98, pp. 182-184. Publicación miscelánea N° 89. EEA Rafaela, INTA.