



Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler" Desarrollo Rural AER 9 de Julio

Fertilización en la línea de siembra de soja, efectos negativos y positivos para diferentes nutrientes

*Ing. Agr. M. Sc. Luis A. Ventimiglia***

*Ing. Agr. M. Sc. Héctor G. Carta**

*Sr. Bruno Batista***

*Sr. Lisandro Torrens****

La mayoría de los lotes de soja de primera que se realizan en la región pampeana, son fertilizados con algún tipo de fertilizante. Normalmente lo que se trata de agregar es algún producto que provea fundamentalmente fósforo o su combinación de éste con azufre. Si bien hay productos que pueden aportar éste o estos nutrientes, por ejemplo, superfosfato triple de calcio, superfosfato simple de calcio, no son los únicos empleados, utilizándose también otros que, además de fósforo, aportan otros nutrientes como por ejemplo, nitrógeno, este es el caso del fosfato diamónico y fosfato monoamónico o también la combinación de mezclas físicas de productos, los cuales pueden aportar dos, tres, o más nutrientes simultáneamente.

Desde el punto de vista nutricional, no es ninguna novedad afirmar que los suelos en general se encuentran químicamente más pobres que años anteriores, por lo que la fertilización en este caso sería un paliativo para tales carencias.

Considerando la aplicación de los fertilizantes, se ha difundido ampliamente la ubicación de los mismos en la línea o banda de siembra en mayor medida, o en la línea al costado y por debajo de la semilla, en menor medida. Este tipo de aplicaciones se fueron popularizando cada vez más a medida que se dejó de laborear el suelo y se lo comenzó a sembrar con la metodología conocida como siembra directa. Otro punto importante de la aplicación en la línea o banda, aún en sistemas de labranza, es su mayor eficiencia, especialmente de aquellos nutrientes poco móviles como el fósforo, lo que permitiría llegar a resultados productivos similares, con menores dosis de producto comercial.

El sistema suelo, planta, atmósfera, es un sistema cambiante, sobre el cual interactúan una gran cantidad de factores, muchos de ellos no gobernados por el productor agropecuario. Esto lleva a que en muchas oportunidades se obtengan resultados muy diferentes con una misma práctica, resultados éstos que pueden ser positivos, cuando se logran incrementos de rendimiento o negativos, cuando por ejemplo, por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra se producen efectos fitotóxicos, efectos tan drásticos que llevan a la muerte de la semilla o de las plántulas en los primeros estados de desarrollo. Lógicamente que entre estos dos extremos, hay un sin número de alternativas, las cuales pueden volcar la balanza hacia el lado positivo como también negativo.

En función de lo expuesto y tratando de dar respuesta a las múltiples consultas que la Unidad INTA 9 de Julio recibe anualmente de diferentes lugares del país, es que se abordó una nueva experiencia (anteriormente se efectuó otra, publicada en el libro "Experimentación en campo de productores". Resultados de experiencias, campaña 2004/2005, pág. 125 – 130, editado por

*Técnicos de la AER 9 de Julio - Desarrollo Rural INTA Pergamino

**Estudiante avanzado de Agronomía de la Facultad de Agronomía de Luján

***Estudiante avanzado de Licenciatura en Economía y Administración Agraria de la UBA

el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino), a efectos de abordar los siguientes interrogantes:

- ¿Cuán negativo es el efecto de los fertilizantes aplicados en la línea de siembra?
- ¿Hay diferencias en sus efectos por variación en la dosis de aplicación?
- ¿De existir un efecto negativo, el mismo podría ser compensado de alguna manera por el cultivo?
- ¿Qué efecto producen los fertilizantes sobre la infectividad, número y peso de nódulos de *Bradyrhizobium japonicum*?

Desarrollo de la experiencia

El ensayo se condujo en el establecimiento del Sr. Antonini, próximo a la ciudad de 9 de Julio, sobre un suelo franco arenoso, el cual presentó el siguiente análisis previo a la siembra, cuadro 1.

Cuadro 1: Análisis de suelo (0 – 20 cm)

pH	5,8
Materia Orgánica	2,7 %
Fósforo Asimilable	10,0 ppm
Azufre de sulfatos	21,0 ppm
Nitrógeno total	0,14 %

De la experiencia participaron 4 fertilizantes, cuadro 2.

Cuadro 2: Fertilizantes empleados y constitución porcentual de cada uno

1) Superfosfato triple de calcio	46 % P_2O_5 ; 14 % Ca
2) Superfosfato simple de calcio	20 % P_2O_5 ; 12 % S; 20 % Ca
3) Fosfato diamónico	18 % N; 46 % P_2O_5
4) Fosfato monoamónico	11 % N; 52 % P_2O_5

Referencias: P_2O_5 = Pentóxido de fósforo; Ca = Calcio; S = Azufre; N = Nitrógeno

Las dosis empleadas para cada fertilizante fueron 0 - 30 - 60 y 90 kg/ha, esto arrojó una disponibilidad nutricional diferencial de acuerdo al fertilizante y dosis empleada, cuadro 3.

Cuadro 3: Disponibilidad nutricional para cada fertilizante y dosis empleada

	FERTILIZANTE								
	Superfosfato triple de calcio		Superfosfato simple de calcio			Fosfato Diamónico		Fosfato Monoamónico	
Dosis kg/ha	P_2O_5	Ca	P_2O_5	S	Ca	N	P_2O_5	N	P_2O_5
30	13,8	4,2	6,0	3,6	6,0	5,4	13,8	3,3	15,6
60	27,6	8,4	12,0	7,2	12,0	10,8	27,6	6,6	31,2
90	41,4	12,6	18,0	10,8	18,0	16,2	41,4	9,9	46,8

El diseño de la experiencia fue de parcela subdividida adjudicando la parcela principal al fertilizante empleado y la sub parcela a la dosis. El arreglo fue en bloques al azar con 4 repeticiones, cada unidad experimental estuvo integrada por 3 surcos separados a 0,525 m uno de otros y de 5 metros de largo cada uno.

La variedad empleada fue Nidera 3550 RR, sembrándose 22 semillas por metro lineal de surco. Previamente se abrió en forma manual un surco, se depositaba el fertilizante de acuerdo a la dosis estipulada y luego también en forma manual, se depositaba la semilla en forma homogénea en cuanto a su separación. Previamente a la siembra, las mismas fueron

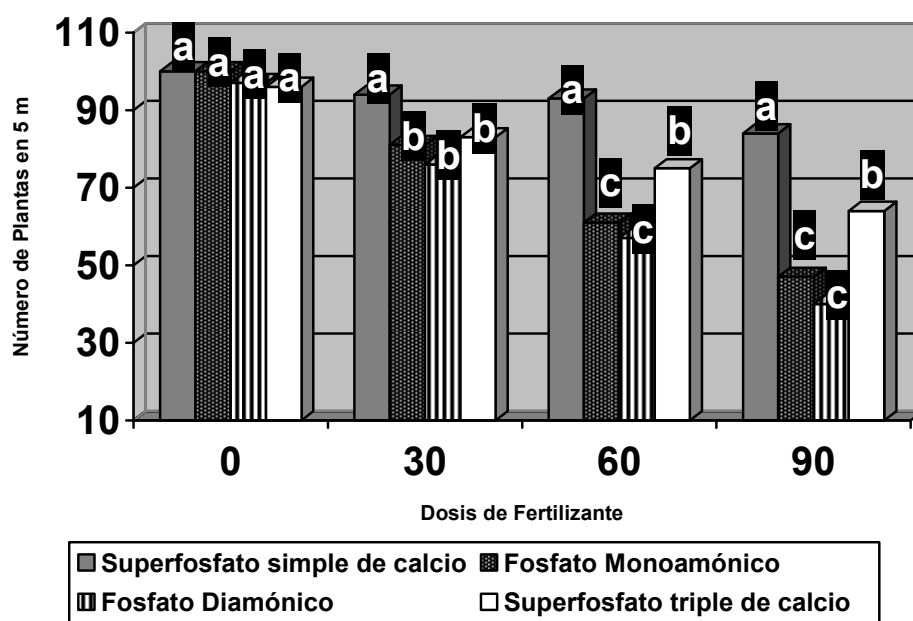
inoculadas con un inoculante provisto por el departamento de microbiología del INTA Castelar.

Al estado de V_4 (4 nudos del tallo principal), se seleccionó un surco y se procedió a realizar el conteo de plantas en toda su extensión. El mismo surco en el cual se contaron las plantas, quedó marcado a efectos de poder posteriormente realizar la evaluación de rendimiento.

Resultados logrados

Para la variable número de plantas logradas, la interacción fertilizante por dosis fue significativa, lo que nos indica que la variación en el número de plantas es afectada diferencialmente por ambas variables. En los gráficos 1 y 2 se presentan los resultados alcanzados.

Gráfico 1: Número de plantas logradas para diferentes fertilizantes y tipo de producto

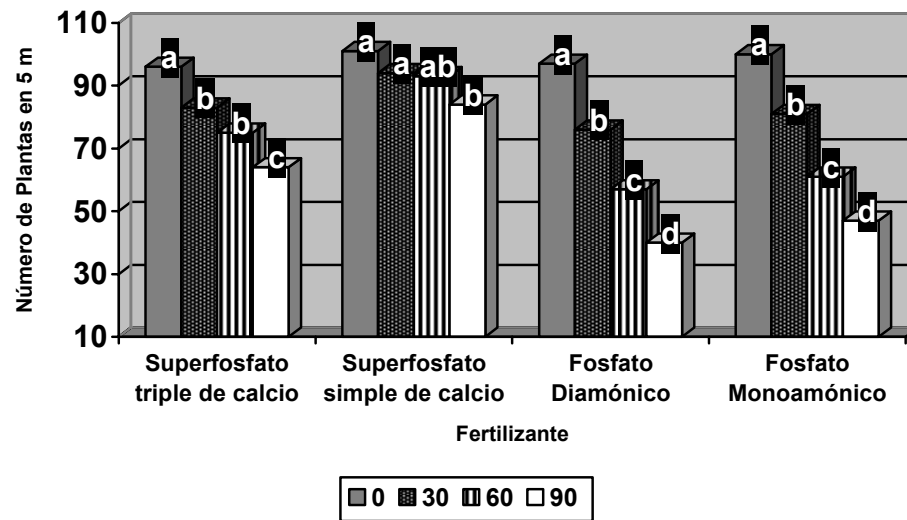


CV % = Fertilizante: 4,9

Dosis : 8,8

Letras diferentes para cada dosis indican diferencias significativas por el test DMS $p < 0,05$

Gráfico 2: Número de plantas logradas para diferentes fertilizantes y dosis



CV % = Fertilizante: 4,9
Dosis : 8,8

Letras diferentes para cada fertilizante indican diferencias significativas por el test DMS $p < 0,05$

Analizando el gráfico 1, se aprecia que el menor efecto fitotóxico de los fertilizantes se alcanzó con la menor dosis (30 kg/ha), en este caso el producto más inocuo fue el superfosfato simple de calcio. Cuando la dosis subió a 60 y 90 kg/ha, el superfosfato simple sigue siendo el menos tóxico, luego se ubicó el superfosfato triple de calcio y por último los dos productos amoniacales utilizados, fosfato monoamónico y fosfato diamónico.

El menor efecto fitotóxico del superfosfato simple de calcio puede deberse a la menor concentración de fósforo en su composición y al no disponer de nitrógeno en la misma. Comparando la dosis de 60 kg/ha de superfosfato simple con 30 kg/ha de superfosfato triple de calcio, comparación ésta que aportaría cantidades parecidas de fósforo, la cantidad de plantas logradas fue muy similar, lo que podría avalar lo expuesto anteriormente.

Analizando lo que sucede dentro de cada producto para las diferentes dosis ensayadas, gráfico 2, se aprecia algo similar, los productos que contienen nitrógeno en su constitución, cada una de las dosis se diferencian entre sí, lo que indica que a medida que la misma aumenta, la cantidad de plantas que se logran son menores.

Para el superfosfato simple de calcio hasta 60 kg/ha de producto comercial no se establecieron diferencias, en tanto que para superfosfato triple de calcio 90 kg/ha fue la dosis más tóxica, 30 kg/ha y 60 kg/ha tuvieron un comportamiento similar y 0 kg/ha fue la que presentó, al igual que los demás tratamientos el número mayor de plantas.

Si consideramos los valores logrados de plantas por hectárea, los testigos alcanzaron 376.270 plantas con una variación máxima entre ellos de 5 %. En el caso de los productos que aportaron nitrógeno produjeron una gran disminución en el número de plantas, la cual fue creciente a medida que aumentó la dosis de producto, alcanzando para el fosfato diamónico y para la dosis máxima, una merma del 59 % (370.540 plantas/ha para 0 kg/ha de fertilizante a 152.800 plantas/ha para 90 kg/ha de fertilizante). Algo similar ocurrió para el fosfato monoamónico, para estos dos fertilizantes el cultivo quedó con 8 y 9,4 plantas/m/lineal para la dosis mayor aplicada, valores éstos para el diamónico y monoamónico respectivamente, recordemos que se habían sembrado 22 granos/m/lineal.

Es muy claro que si bien todos los productos producen alguna caída en el número de plantas, el efecto se magnificó cuando entró el nitrógeno en la constitución del fertilizante. Esto se debe al potencial de emisión de amoníaco que ambos productos poseen al producirse la hidrólisis de estos, por otro lado, este efecto se ve agravado en suelos más secos al tener una proporción mayor de aire y de esta manera el amoníaco puede difundirse más fácilmente. En lo que respecta a esta experiencia, este no fue el caso, dado que cuando el mismo se sembró se disponía en los primeros 20 cm de suelo de una lámina de 50 mm de agua, pese a esto, el efecto en el número de plantas fue muy marcado.

En general, muchos productores piensan que la aplicación de fertilizantes fosforados, como por ejemplo el superfosfato triple de calcio, no causan ningún problema cuando se aplican juntos en el mismo surco y profundidad donde se coloca la semilla. Como podemos apreciar, no es tan así y esto se debe a que por ejemplo, el superfosfato triple de calcio es de carácter ácido. El gránulo de fertilizante colocado en el suelo se disuelve por la humedad circundante. Esta solución es muy ácida (pH 1,5 a 2,7), pudiendo provocar daño tanto en la semilla como en las primeras etapas de la germinación de éstas.

La infectividad producida por el *Bradyrhizobium japonicum* sobre las raicillas de la soja no fue afectada por la dosis utilizadas, pero sí lo fue por el producto utilizado, cuadro 4. La misma fue evaluada sobre 10 plantas de cada tratamiento y repetición. A tal efecto fueron descalzadas las plantas y verificada la presencia de nódulos en la raíz principal, se consideró planta infectada a aquella que presentaba al menos 3 nódulos. El resultado se expresó porcentualmente considerando a cada planta infectada con un valor de 10 %.

Cuadro 4: Infectividad de plantas de soja con *Bradyrhizobium japonicum* de acuerdo al tipo de fertilizante aplicado en la línea de siembra

Fertilizante	% de Infectividad
Superfosfato triple de calcio	82,5 a
Superfosfato simple de calcio	70,6 ab
Fosfato monoamónico	69,3 ab
Fosfato diamónico	56,8 bc

CV % =13,9 DMS 5 % = 17,6

Letras diferentes indican diferencias significativas por el test DMS

Si bien no se establecieron diferencias entre superfosfato triple, simple y fosfato monoamónico, sí se diferenció el superfosfato triple de calcio del fosfato diamónico. Nuevamente, en valores absolutos aparecen mejor posicionadas las fuentes nutricionales que no aportan nitrógeno en su constitución.

En lo que respecta al número y peso de los nódulos, los mismos fueron evaluados en la mitad del período de llenado de grano. Para tal fin fueron descalzadas 3 plantas por tratamiento y repetición, contándose y cosechándose los nódulos en la raíz principal y secundaria, los nódulos recolectados fueron secados hasta peso constante y con ellos se determinó el peso seco de los mismos.

Solamente se establecieron diferencias para número de nódulos en raíz principal, siendo en este caso también significativa la interacción fertilizante por dosis. Analizando la misma se pudo determinar que para la dosis de 30 kg/ha de fertilizante, el superfosfato simple de calcio se diferenció de los demás fertilizantes. El no encontrar otras diferencias pudo haber estado motivado por el nivel hídrico que tuvo el cultivo el cual fue bastante limitante, principalmente durante los meses de noviembre, diciembre y primera quincena de enero.

Llegado el momento de cosecha, la misma se efectuó en forma manual, recolectándose la totalidad del surco sobre el cual se habían contado previamente las plantas. El producto cosechado fue trillado en una máquina estacionaria, limpiado, pesado y expresado su valor en kg/ha a humedad de recibo, cuadro 5.

No se establecieron diferencias entre los fertilizantes empleados, pero sí para las dosis utilizadas, en este caso, las dosis no registraron diferencias entre si, pero sí la tuvieron ellas con respecto al testigo que no recibió fertilización.

Cuadro 5: Rendimiento de soja en función de la dosis de fertilizante utilizada

Dosis de fertilizante	Rendimiento kg/ha
0	3.570 b
30	3.928 a
60	3.888 a
90	3.882 a

Letras diferentes indican diferencias significativas por el test DMS $p < 0,05$

CV % = 8,5

DMS % = 232 kg/ha

La dosis mayor de fertilizante (90 kg/ha), alcanzó un rendimiento muy interesante, esto nos estaría indicando que la fertilidad fosforada tendría un mayor peso que la disminución en el número de plantas ocasionada por el efecto fitotóxico del fertilizante. Los tratamientos testigos alcanzaron en promedio 19,7 plantas/m/lineal de surco, en tanto que, la media de la dosis mayor de fertilizante logró solamente 11,7 plantas/m/lineal de surco, pese a presentar un 68 % menos de plantas, igualmente, como apreciamos en el cuadro 5, logró obtener un resultado muy importante.

Comentarios Finales

Se debe aclarar que los resultados aquí obtenidos en cuanto a toxicidad o al menos a la posición del fertilizante y la semilla, es la más negativa, dado de que la semilla queda en contacto con el fertilizante, fundamentalmente en las dos dosis mayores de fertilizante aplicado. Cuando esta misma operación se efectúa con una máquina sembradora, generalmente hay un entre mezclado mayor del fertilizante con la tierra, siendo menor el contacto con la semilla, por lo cual es esperable un menor daño del producto utilizado. De todos modos, respecto a este concepto, hay una gran variabilidad entre las máquinas que fertilizan y siembran en la misma línea, encontrando desde aquellas que colocan el fertilizante en íntimo contacto con la semilla, hasta aquellas otras que entremezclan el fertilizante muy bien con la tierra. Además de esto, juega fuertemente la configuración que tenga la máquina, dado que una misma máquina puede estar equipada con diferentes cuchillas (tamaño, forma, etc), como así también diferentes elementos conformadores del surco de siembra. Otro aspecto a considerar sería el tipo de suelo sobre el cual se está realizando la práctica, en general los suelos más livianos logran generalmente, un mejor entremezclado del producto con el suelo. De todos modos, tampoco debemos olvidar el estado hídrico del suelo, dado que cuando éste se encuentra en valores bajos, pero suficientes para lograr la germinación de la semilla, se producen daños importantes tanto en la semilla como en las plántulas germinadas, o en su defecto en los primeros estadios de su desarrollo.

Del trabajo se aprecia que todos los fertilizantes tuvieron un efecto fitotóxico sobre las plántulas de soja, este efecto fue mayor en la medida que la dosis de fertilizante se incrementó.

Los fertilizantes que aportaron nitrógeno fueron los más agresivos. La infectividad se vio afectada principalmente por el tipo de fertilizante y no lo fue por la dosis, en este caso también los fertilizantes amoniacales fueron los más nocivos.

Respecto al rendimiento, independientemente del número de plantas obtenidas, no se establecieron diferencias entre los fertilizantes utilizados, las diferencias detectadas fueron a nivel de dosis, en donde el testigo se diferenció de todas las dosis empleadas, no

encontrándose, por otro lado, diferencias entre las mismas. Esto denota que la fertilización fosforada cobró más importancia que el número de plantas obtenidas, al menos para la variedad de soja utilizada, con las condiciones ambientales imperantes durante el ciclo del cultivo y dentro de los límites de disminución en el número de plantas alcanzado en la experiencia. Como así también ratifica una vez más el gran poder compensatorio que tiene esta leguminosa

Todos los fertilizantes aplicados en la línea de siembra tienen algún efecto negativo sobre el número de plantas, se debería intentar aplicar los fertilizantes en este cultivo de modo de no causar una mortandad tan grande como lo establecido en esta experiencia, independientemente que luego el cultivo alcance un rendimiento satisfactorio, aún en las densidades de plantas más bajas.

Sería adecuado repetir esta experiencia con otros materiales de otro ciclo, quizás en aquellos materiales más cortos el efecto negativo que provocan los fertilizantes no alcance a ser compensado por el aporte que hacen los fertilizantes a la nutrición del suelo.

Esta experiencia fue conducida con una variedad de grupo 3,5, los datos obtenidos son similares a los logrados en la campaña anterior, con un material de ciclo cuatro largo. ¿Sucederá lo mismo con un material de grupo 2 ó 3 corto?