



CONVENIO DE VINCULACION TECNOLOGICA INTA-FERTILIZAR ASOCIACION CIVIL

INFORME CORRESPONDIENTE A LA RED DE ENSAYOS DE SOJA CONDUCTOS EN EL CICLO 2005-6 PARA EVALUAR DIFERENTES FORMAS DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

Vicente Gudelj ⁽¹⁾, Miriam Barraco ⁽²⁾, Damián Dignan ⁽³⁾, Héctor Sánchez ⁽⁴⁾, Alfredo Bono ⁽⁵⁾, Beatriz Masiero ⁽¹⁾, Fernando Salvagiotti ⁽³⁾, Pedro Vallone ⁽¹⁾, Guillermo Gerster ⁽³⁾, Carlos Galarza ⁽¹⁾ y Jorgelina Montoya ⁽⁵⁾

1) INTA Marcos Juárez; 2) INTA Gral. Villegas; 3) INTA Oliveros; 4) INTA Famaillá; 5) INTA Anguil

INTRODUCCION

La fertilización fosfatada en soja es una práctica cada vez más difundida como consecuencia de la disminución de los niveles de P de los suelos y la obtención de respuestas económicamente rentables. Si bien existe suficiente información acerca de los umbrales críticos de respuesta a fósforo, resultan escasos los estudios que evalúan la eficiencia de diferentes formas aplicación de los fertilizantes, como aplicaciones anticipadas al voleo. Por otra parte, el cultivo resulta proclive a sufrir efectos fototóxicos por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra, especialmente cuando las fuentes fosfatadas incluyen nitrógeno amoniacal en su formulación.

Si bien existe en el mercado una amplia variedad de sembradoras que aplican el fertilizante fuera de la línea de siembra también es frecuente el uso de sembradoras que por ser diseñadas para la siembra de cultivos de cosecha fina concentran un gran número de cuerpos en un espacio reducido y por lo tanto no permiten la separación de la semilla y el fertilizante.

Por este motivo es importante conocer el comportamiento de los fertilizantes cuando se colocan en la línea de siembra y recordar que el mismo puede variar debido a muchos factores, entre otros:

-Fuentes y cantidad de producto que se utilice. El superfosfato simple no tiene nitrógeno a diferencia del fosfato mono-amónico que tiene 11 % de N-NH₄

-Distancia entre hileras de implantación: cuanto mayor es la distancia para una misma cantidad de fertilizante a aplicar, mayor es la concentración del mismo en la línea de siembra.

-Humedad del suelo en el momento de la aplicación: el amoniaco tiene gran afinidad por el agua, si hay agua queda en solución e inmediatamente pasa a amonio que no es fitotóxico. Cuando la fitotoxicidad se produce por un aumento de la concentración salina

un suelo con más humedad podrá en cierta medida morigerar el efecto.

-*Textura*: en suelos con mayor capacidad de intercambio cationico mayor posibilidad de evitar la fototoxicidad. El complejo de intercambio absorbe más amonio y para volver al equilibrio más amoniaco pasa a amonio que no es fitotoxico.

- *Formas de aplicación en la línea de siembra*: Si se utiliza el mismo doble disco para la colocación del fertilizante y la semilla o si se usan dos doble discos uno detrás de otro en una misma línea. En el primer caso el riesgo es mayor por la mayor posibilidad de que la semilla y el fertilizante se junten o queden más cerca entre si.

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de diferentes estrategias (productos y formas de aplicación) de fertilización con P sobre la productividad de soja en suelos con diferente textura.

Evaluar el efecto de dosis crecientes de 2 fertilizantes fosfatados aplicados en la línea de siembra sobre la implantación y rendimiento de soja.

MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo 2005-6 se condujeron cinco ensayos de fertilización fosfatada en el cultivo de soja en diferentes zonas de Argentina. Los mismos se ubicaron en General Villegas (Bs. As.), Marcos Juárez (Cba.), San Jerónimo (Santa Fe), Anguil (La Pampa) y La Virginia (Tucumán).

Tabla 1: Características generales de los sitios experimentales.

SITIOS CARACTERISTICAS	Gral. Villegas	Marcos Juárez	San Jerónimo	Anguil	La Virginia
Tipo de Suelo	Hapludol Thapto Argico	Argiudol Típico	Argiudol Vertico	Haplustol éntico	Haplustol éntico
Serie	Pichincha	Marcos Juárez	Roldán		
Textura	Franco	Franco Limoso	Franco limosa	Franco	Franco limoso
(%) Arcilla	13	26	22	13	20
(%) Arena	43	6	4.2	50	15
(%) Limo	44	69	73.8	37	65
pH	6.2	6	5.85	6	6.5
% MO	1.76	2.55	2.82	2.51	1.84
P ppm	10.1	19	12	30	13.2
S SO4 ppm	9.3	4.8	Sin dato	Sin dato	8.6
Antecesor	soja	soja	soja	trigo	trigo

Días previo a la siembra de la Aplicación anticipada de P	90	89	66 SPS 73 MAP	119	90
(%) Humedad 2-7 cm. a la siembra	15.7	H1= 24 H2= 19	22.4	13.8	22
Fecha de siembra	22-12-05	S1= 6-12-05 S2= 14-12-05	10-11-05	6-12-05	11-12-05
Variedad	DM 4400	DM 4303	DM 3700	Nidera A4201 RG	A 8100 RG
Semillas implantadas Por m lineal a 52 cm entre hileras	24	21	24	Sin dato	24

La caracterización de los sitios experimentales se puede observar en la tabla 1, los datos de análisis de suelo son de 0 a 20 cm. de profundidad. Todos ensayos se implantaron en siembra directa. En el momento de la siembra se tomaron muestras de suelo despejando los primeros 2 cm. (2-7 cm.) para determinar el porcentaje de humedad donde se iba a implantar la semilla durante la siembra, también una muestra hasta 20 cm. para evaluar propiedades químicas. Los tratamientos evaluados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Tratamientos evaluados

	Fertilizante	Dosis comercial	P aportado	S aportado	Forma Aplicación
1	Control	0	0	0	
2	SPS (9 P + 12 S)	60	5,4	7,2	Línea
3	SPS	120	10,8	14,4	Línea
4	SPS	180	16,2	21,6	Línea
5	SPS	180	16,2	21,6	Al costado
6	SPS	180	16,2	21,6	Anticipado
7	MAP(22,7 P)	23,5	5,4	7,2	Línea
8	MAP	47	10,8	14,4	Línea
9	MAP	70,5	16,2	21,6	Línea
10	MAP	70,5	16,2	21,6	Al costado
11	MAP	70,5	16,2	21,6	Anticipado

SPS: superfosfato simple

MAP: fosfato monoamónico

En el sitio Marcos Juárez (MJ) se repitieron los tratamientos 2-3-4-7-8-9 en una segunda siembra (F2) realizada 8 días luego de la primera (F1), con el objetivo de conseguir una variación en el porcentaje de humedad (H1 y H2) de implantación para los tratamientos que ubicaron el fertilizante en la línea de siembra. También con esta H2 se implanto un tratamiento testigo.

El tamaño de las parcelas fue de al menos 4 surcos a 52 cm. entre hileras por 10 m de largo. Se utilizó una sembradora en la que el tubo de bajada de la semilla y del fertilizante caían en un mismo doble disco implantador.

En el estadio de V3 se contaron las plantas logradas en los dos surcos centrales de cada parcela, en R2 se descalzaron en cada parcela 1m lineal de surco para la determinación de n° de nódulos y peso de los

mismos en los tratamientos 1,4, 9 y 10. Para la determinación de rendimiento se cosecharon los dos surcos centrales de cada parcela.

Se utilizo un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Se realizo un análisis de variancia según el diseño utilizado, descomposición de la suma de cuadrados tratamientos en contrastes: 1) lineal, cuadrático, y cúbico para las dosis de MAP y SPS en la línea y 2) fuentes (productos), formas de aplicación e interacción para las dosis máximas de ambos productos (fuentes) en H1. Para Marcos Juárez ídem H2 más las comparaciones entre H1 y H2. También se realizaron tests t de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) de comparación de promedios de tratamientos.

RESULTADOS

La humedad del suelo de 2-7 cm. en el momento de la siembra se puede considerar optima para los ensayos implantados en Marcos Juárez humedad 1 (MJ-H1), San Jerónimo (SJ) y La Virginia (LV), en Marcos Juárez humedad 2 (MJH2), General Villegas (GV) y Anguil (A) estuvo muy cerca del límite crítico de decisión de siembra. En el caso de MJH2 36 horas después de la siembra precipitaron 22 mm. que morigeró el posible mayor efecto del fertilizante sobre la semilla que se podía haber dado por la menor humedad del suelo durante la siembra. En GV, como el contenido de humedad era bajo y no se registraron precipitaciones en los 15 días posteriores a la siembra, se decidió aplicar dos riegos de 5 mm. de lámina para evitar la pérdida del ensayo. En A ocurrió algo similar pero al no recibir riego el ensayo lleo hasta V3 y se terminó secando.

Como se puede observar en la tabla 3 para la variable **número de plantas/m²**, el análisis detectó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en todos los sitios seleccionados (tabla 3). Para la misma variable en los suelos de textura franca los resultados de la experiencia de A se muestran de forma ilustrativa ya que como se dijo anteriormente las condiciones de estrés hídrico a la siembra y posteriores a la misma terminaron secando el ensayo. De todos modos la aplicación en la línea de siembra tuvo un efecto lineal negativo sobre el número de plantas evaluadas en V3 cuando se usó SPS y cúbica cuando se usó fosfato monoamónico. (tabla 4 y figura 1)

En GV también se implanto con escasa humedad y hubo en promedio un efecto lineal decreciente de las dos fuentes utilizadas sobre el número de plantas logrado. No hubo en promedio, ni para las dosis máximas, diferencias entre **fuentes de fertilizantes** cuando se aplicaron en la línea de siembra, aunque en el caso de SPS el testigo logro un número significativamente superior que cualquiera de las dosis aplicadas, mientras que para MAP esas diferencias se dieron solamente entre el testigo y la dosis máxima (tabla 3 y 4 y figura 1)).

En ambas experiencias se detectaron diferencias significativas entre las **formas de aplicación** cuando se usaron dosis máximas de fertilizantes. En A tanto la aplicación anticipada como la aplicación al costado de la línea de siembra lograron mayor cantidad de plantas en V3 que la aplicación en la línea de siembra. En GV ocurrió lo mismo para SPS mientras que para el MAP la aplicación de la dosis máxima a un costado de la semilla logro un número de plantas significativamente superior que la aplicación en la línea de siembra y no así la aplicación anticipada (tabla 3,4 y figura 1)

Tabla 3: Valores promedio, coeficiente de variación, significación y DMS para la variable N° DE PLANTAS /M2 en cada ensayo.

SITIOS	Gral. Villegas	Marcos Juárez H1	Marcos Juárez H2	San Jerónimo	Anguil	La Virginia
TRATAMIENTOS						
TESTIGO	41.02	30.58	27.56	43.67	10.19	25.66
5.4 P (SPS, línea)	29.81	30.51	29.61	36.33	6.54	24.33
10.8 P (SPS, línea)	29.16	26.73	27.95	29.33	6.92	21
16.2 P (SPS, Línea)	25.96	23.27	27.18	28.33	4.81	25
16.2 P (SPS, Costado)	39.74	33.33		36.66	10.58	33.33

16.2 P (SPS Anticipado)	34.93	30.77		43.66	9.62	31.67
5.4 P (MAP, línea)	33.33	29.61	28.33	33	4.04	26
10.8 P (MAP, línea)	33.01	24.68	26.15	17.33	8.85	20.67
16.2 P (MAP, Línea)	28.85	21.03	22.69	16.67	5.96	23.67
16.2 P (MAP, Costado)	39.74	33.72		43.33	10	29.33
16.2 P (MAP Anticipado)	33.01	30.38		40.33	10.19	31
PROMEDIO	33.5	28	28	33.51	7.97	26.5
CV (%)	14.55	6.12	6.12	6.10	29.62	13.79
Pr>F de tratamientos	0.0143	0.0001	0.0001	0.0001	0.0160	0.0036
DMS (plantas)	8.3	2.8481	2.8481	3.48	4.02	6.23

En las experiencias sobre suelos de textura franco limosa las **dosís crecientes de fertilizantes en la línea** de siembra produjeron una reducción lineal del n° de plantas en la experiencia de MJ H1, cuadrática y cúbica para SPS y MAP respectivamente en SJ, mientras que en LV el contraste resultó no significativo. En el caso de MJH2 la reducción resultó no significativa para SPS y cuadrática para MAP, lo que indica que el efecto del fertilizante en la implantación del cultivo fue morigerado por la precipitación ocurrida luego de la siembra ya que en el momento de la misma la humedad del suelo estuvo un 5 % debajo de la que había en el momento de siembra de (MJH1). (Tabla 1,4 y figura 1). Entre MJH1 y MJH2 no hubo diferencias en el número de plantas logrado. (Tabla 1,4 y figura 1).

Tabla 4: Contrastes analizados para la variable N° DE PLANTAS/M2.

SITIOS	Gral. Villegas	Marcos Juárez H1	Marcos Juárez H2	San Jerónimo	Anguil	La Virginia
CONTRASTES						
Respuesta al SPS	LINEAL (d)	LINEAL (d)	NS	CUADRA TICA	LINEAL (d)	NS
Respuesta al MAP	LINEAL (d)	LINEAL (d)	CUADRA TICA	CUBICA	CUBICA	NS
SPS vs. MAP	NS	*	**	**	NS	NS
DOSIS MAX FUENTES	NS	NS		**	NS	NS
DOSIS MAX FORMAS	**	**		**	**	**
DOSIS MAX FU x FO	NS.	NS		**	NS	NS
H1 vs. H2		NS	NS			

(d) decrecientes a mayores dosis de producto, (**) significativo al 1 %, (*) significativo al 5 %, (NS) no significativo

Hubo en promedio diferencias entre **fuentes de fertilizantes** en las dos experiencias de MJ y en la de SJ donde el SPS produjo una menor reducción en el N° de plantas que el MAP mientras que en LV no se manifestó esa diferencia entre fuentes de fertilizantes. Entre fuentes para la dosis máxima de fertilizante solo hubo diferencia en SJ donde el SPS logro un número significativamente mayor de plantas. En estos tres sitios para la dosis máxima de fertilizante utilizado hubo diferencias significativas entre las **formas de aplicación** lográndose tanto con la aplicación anticipada, como con la aplicación a un costado de la semilla un mayor número de plantas. En SJ hubo además interacción de fuentes por formas de aplicación, el SPS a un costado de la semilla tuvo un mejor comportamiento que la aplicación anticipada mientras que para el MAP no hubo tal diferencia (tablas 3, 4 y figura 1). En las experiencias con suelos de textura franco-limosa como tenían similar humedad en el momento de la siembra se probó la interacción de tratamiento por localidad y resultó significativa por lo que se decidió no promediar los resultados.

Respecto del **n° de nódulos** no hubo diferencia entre los tratamientos en ningún sitio (tabla 6).

En SJ el tratamiento donde el fertilizante se puso a un costado y debajo de la semilla tuvo un peso de nódulos/m² significativamente superior al tratamiento testigo (tabla 7).

Los demás tratamientos no mostraron diferencias con el testigo. En todos los tratamientos evaluados el peso de nódulos de los ensayos en suelos Franco limosos, supera al obtenido en el suelo franco.

Tabla 7: Valores promedios, coeficiente de variación y significación del peso de nódulos (gr/m²) en cada ensayo.

SITIOS TRATAMIENTOS	Gral. Villegas	Marcos Juárez H1	San Jerónimo	La Virginia
TESTIGO	3.17a	7.03a	5.70 b	6.32a
16.2 P (SPS, Línea)	3.87a	8.78a	8.13 ab	7.57a
16.2 P (MAP, Línea)	4.26a	7.21a	6.34 b	6.29a
16.2 P (MAP, Costado)	4.59a	6.79a	10.20 a	7.043a
PROMEDIO	3.97	7.46	7.6	6.81
CV (%)		57.21		20
Pr>F de tratamientos		0.93		0.63

Respecto de los **rendimientos** hubo diferencias significativas entre tratamientos en GV y SJ. En GV se puede atribuir la respuesta a que en el momento de la siembra el fósforo disponible estaba por debajo del nivel considerado crítico mientras que los valores de azufre eran altos. La forma de respuesta fue cúbica para ambas fuentes de fertilizante utilizada.

En (SJ) también se puede decir que hubo respuesta a fósforo dado la baja disponibilidad de este nutriente en el momento de siembra, aunque por no disponer del valor de azufre en el momento de la siembra no se puede descartar que también haya habido respuesta al azufre. La respuesta a la fertilización fue lineal y cuadrática para el SPS y el MAP respectivamente (tabla 1, 10, 11 y figura 2). En ninguna de las dos localidades hubo diferencias ni entre fuentes ni entre formas de aplicación. En los demás sitios no hubo diferencias significativa entre tratamientos, aunque el análisis de los contrastes mostró que en MJH2 hubo una respuesta cuadrática por la aplicación de MAP.

Tabla 10: Valores promedio, coeficiente de variación, significación y DMS para la variable rendimiento en cada sitio.

SITIOS TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO Kg./ Ha.				
	Gral. Villegas	Marcos Juárez H1	Marcos Juárez H2	San Jerónimo	La Virginia
TESTIGO	1955	3743	3544	3101	3192
5.4 P (SPS, línea)	2464	3744	3734	3585	3301
10.8 P (SPS, línea)	1973	3814	3680	3734	3449
16.2 P (SPS, Línea)	2196	3852	3700	3743	3228
16.2 P (SPS, Costado)	2477	3750		3662	2915
16.2 P (SPS Anticipado)	2491	3763		3980	3468
5.4 P (MAP, línea)	2561	3769	3660	3679	3287
10.8 P (MAP, línea)	2151	3654	3775	3982	3226
16.2 P (MAP, Línea)	2501	3711	3602	3648	3167
16.2 P (MAP, Costado)	2400	3750		3943	3518
16.2 P (MAP, Anticipado)	2355	3609		4033	3346

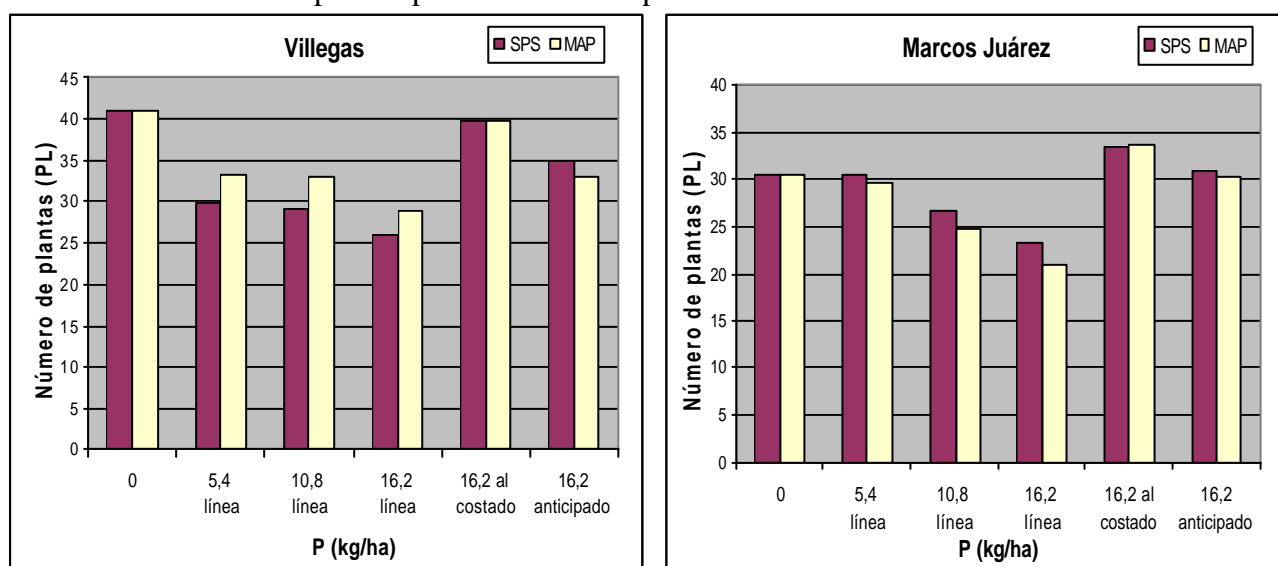
PROMEDIO	2320	3741	3670	3736	3281
CV (%)	10.04	3.01	3.01	7.18	9.07
Pr>F de tratamientos	0.0333	0.1735	0.1735	0.0208	0.5031
DMS	397	NS.	NS	457	NS

Los tratamientos de MJH1 tuvieron en promedio un rendimiento significativamente superior a los de MJH2, posiblemente debido a la implantación más temprana de (MJH1).

Tabla 11: Contrastes analizados para la variable RENDIMIENTO

SITIOS	Gral. Villegas	Marcos Juárez H1	Marcos Juárez H2	San Jerónimo	La Virginia
CONTRASTES					
Respuesta al SPS	CUBICA	NS	NS	LINEAL	NS
Respuesta al MAP	CUBICA	NS	CUADRA TICA	CUADRA TICA	NS
SPS vs. MAP	NS	NS	NS	NS	NS
DOSIS MAX FUENTES	NS	NS		NS	NS
DOSIS MAX FORMAS	NS	NS		NS	NS
DOSIS MAX FU x FO	NS	NS		NS	NS
H1 vs. H2		*	*		

FIGURA 1: Número de plantas por Ha en cada experiencia



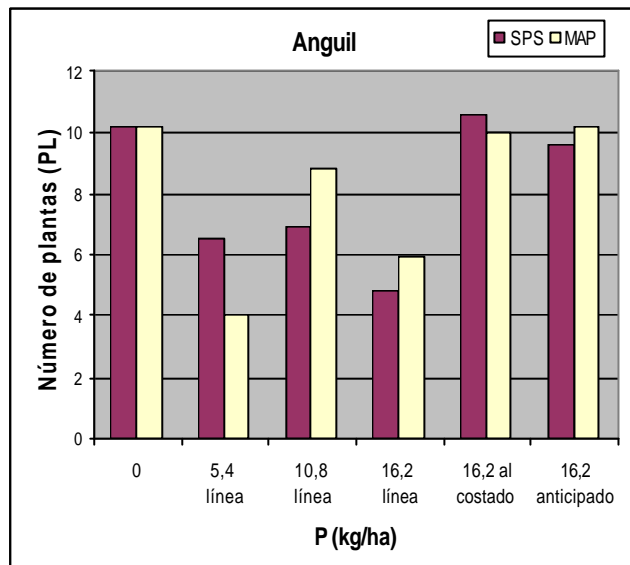
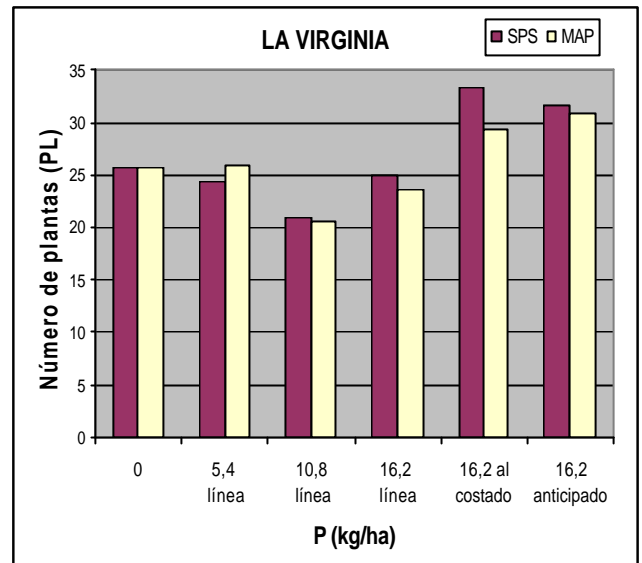
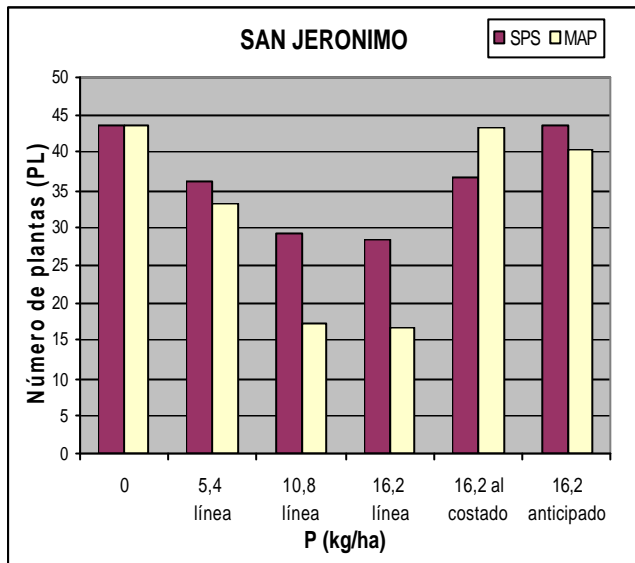
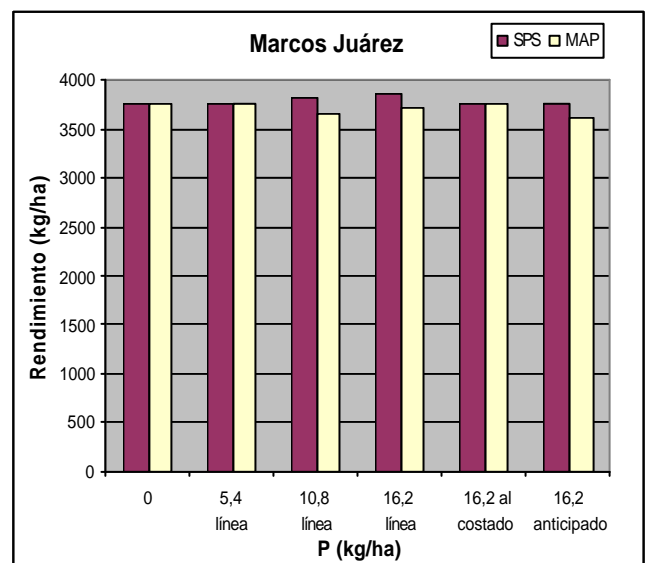
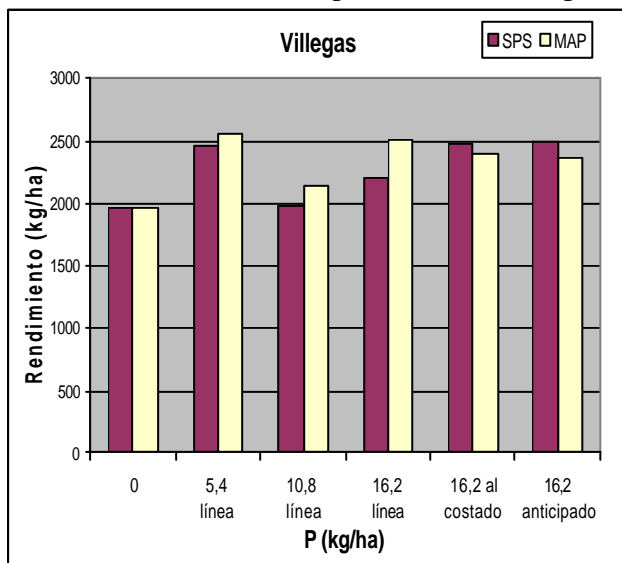
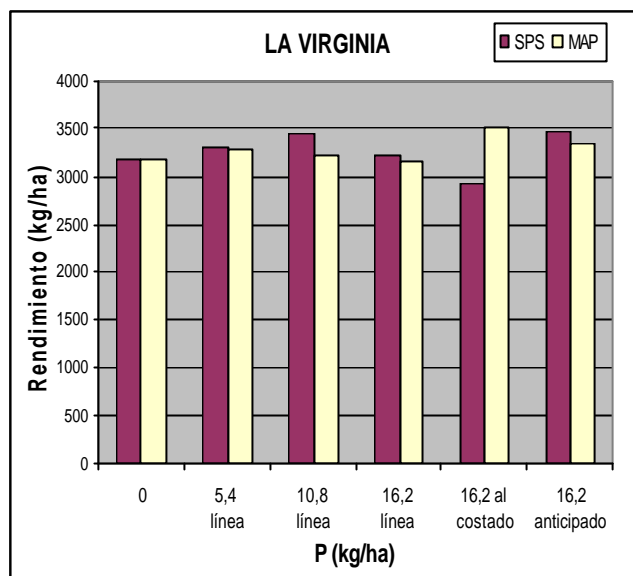
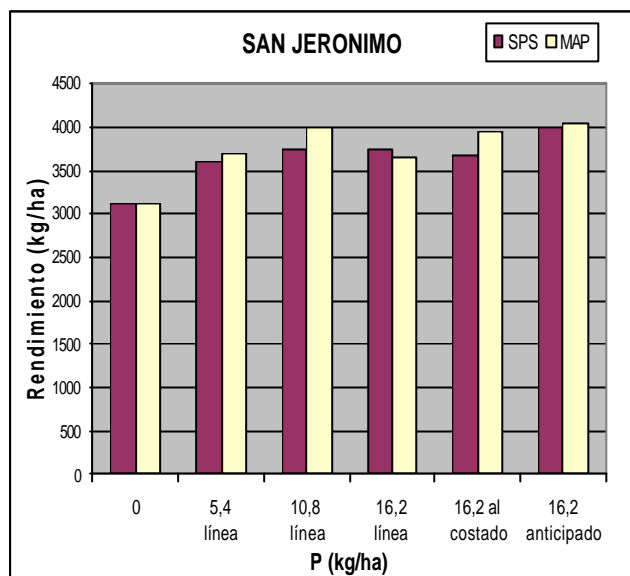


FIGURA 2: Rendimiento por Ha en cada experiencia





CONCLUSIONES

En los sitios con textura franca y porcentaje de humedad de suelo cercanos al punto de marchitez en el momento de la implantación:

- La aplicación de SPS y MAP en la línea de siembra produjo un efecto negativo sobre el número de plantas sin diferencias entre fuentes de fertilizantes.
- El número de plantas logradas cuando se aplicó la dosis máxima de fertilizantes anticipadamente o a un costado y debajo de la semilla no difirió de las logradas por el tratamiento testigo sin fertilizar.
- La fertilización no afectó el número ni el peso de los nódulos, dada la variación presente.
- La fertilización incidió en el rendimiento del cultivo en forma positiva, sin tener incidencia la fuente de fertilizante ni la forma de aplicación utilizada. La respuesta adoptó una forma cúbica pero la dosis más baja de fertilizante fue suficiente para alcanzar el máximo rendimiento.

En los sitios con textura franco limosa y porcentaje de humedad en el suelo considerado óptimo para la implantación del cultivo:

La aplicación de SPS y MAP en la línea de siembra tuvo un efecto negativo en dos experiencias mientras que en la restante no lo hubo, resultando el MAP más perjudicial que el SPS.

- Cuando se utilizaron dosis máximas tanto la aplicación anticipada a la siembra, como a un costado de la semilla durante la siembra, resultaron mejor que la aplicación en la línea de siembra excepto para el MAP aplicado a un costado que en una localidad no difirió de la aplicación en la línea de siembra.
- En dos experiencias el SPS a un costado mejoró el stand de plantas respecto del testigo en un 9 y 30 % respectivamente, mientras que en una experiencia el MAP lo mejoró en 10%.
- No hubo efecto de la fertilización sobre el número y peso de los nódulos, excepto en una experiencia en que la fertilización a un costado de la semilla incrementó el peso respecto del tratamiento testigo.
- En dos experiencias hubo respuesta positiva en el rendimiento del cultivo por aplicación de fertilizante. En una de ellas hubo respuesta a las dos fuentes de fertilizantes utilizadas sin diferencias entre ellas ni en la forma de aplicación. En otra la respuesta fue solo a MAP. En las demás experiencias no hubo respuesta a la fertilización y a pesar de que en algún tratamiento el número de plantas había sido afectado negativamente por la aplicación de fertilizantes en la línea de siembra, ese efecto no se tradujo en un menor rendimiento.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Roberts, T.L. and Harapiak J.T. 1997. Fertilizer Management in Direct Seeding Systems. Better Crops/ Vol 81(1997 N° 2): 18-20

García, Fernando; comunicación personal

Gudelj, V; P.Vallone; C. Galarza, G. Nieri y B. Masiero. Fototoxicidad por fertilización en la línea en siembra directa de trigo. Actas del IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata. 11-12-13 de noviembre de 1998.

Gudelj, V; Vallone, P; Galarza, C y Masiero, B. Efectos de la fertilización en la línea de siembra sobre el cultivo de soja. Información para Extensión N° 97. EEA INTA Marcos Juárez, Septiembre de 2005