

EFFECTOS SOBRE LA FITOTOXICIDAD Y EL RENDIMIENTO DE DOSIS CRECIENTES DE FERTILIZANTES FOSFORADOS Y NITROGENADOS EN TRIGO

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris ⁽¹⁾, Adolfo Caamaño ⁽²⁾ y Alejandro Capridi ⁽²⁾

1. Desarrollo Rural INTA Pergamino Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino nferraris@pergamino.inta.gov.ar

2. Asesores privados, Departamento técnico Cooperativa Agrícola de Ramallo Ltda., Programa Cambio Rural INTA

Introducción

La fertilización con elementos tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) ha generado notables incrementos en los rendimientos de trigo y otros cultivos. Es por ello que su utilización hoy ya no es discutida, y son habitualmente incorporados en los planteos de producción.

La tendencia siempre creciente de los rendimientos lleva a la necesidad de incrementar la dosis de fertilizante a agregar, con el objetivo de reponer los nutrientes que extraen los cultivos y aprovechar el potencial de rendimiento generado a partir de la utilización de mejores variedades y prácticas de manejo. Esto plantea algunos inconvenientes tecnológicos en cuanto a la localización de los fertilizantes.

En el norte de Buenos Aires los inviernos son mayormente secos y el balance hídrico se torna leve pero paulatinamente negativo a partir de la siembra de trigo. Esto hace que la eficiencia de uso del nitrógeno disminuya cuando se realizan aplicaciones en macollaje respecto de la siembra, y aun en este momento y dependiendo de la ocurrencia de precipitaciones, la incorporación de los fertilizantes suele presentar ventajas respecto de la aplicación en superficie. Esto se ve acentuado en el caso de P, debido a la baja movilidad del nutriente.

Por otra parte, la aplicación de P o N en la línea de siembra puede traer aparejado efectos fitotóxicos cuya magnitud dependerá de la fuente y dosis aplicada, además de factores del ambiente como textura, nivel de humedad del suelo u ocurrencia de lluvias posteriores. La identificación de fuentes que disminuyan los riesgos de fitotoxicidad sobre las plántulas en germinación es de considerable importancia, ya que permitiría elevar las dosis aplicadas en línea sin poner en riesgo el cultivo, maximizando la eficiencia de absorción de los nutrientes.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto sobre la emergencia y el rendimiento de 1. Dos fertilizantes líquidos con base de fósforo en comparación con un fertilizante sólido tradicional y 2. El tratamiento de urea con un inhibidor de la actividad ureásica, n(n-butyl) thiophosphoric tiamide (NBPT, nombre comercial Agrotain).

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Santa Lucía, partido de San Pedro, sobre un suelo Serie Portela, Argiudol vértico. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos. La descripción del ensayo se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo. Fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados y nitrogenados en trigo. 2007*

Tratamientos	Dosis de P/ha (kg de P ₂ O ₅)				
	0	25	50	75	100
1- APP (11-37-0)-(kg/ha)	0	68	135	203	270
2- 54% APP + 46% TSA (11-20-0-12)-(kg/ha)	0	125	250	375	500
3- MAP (12-46-0)-(kg/ha)	0	54	109	163	217
	Dosis de N/ha (kg de N)				
	0	20	40	60	
5- Urea (46-0-0) (kg/ha)	0	43	87	130	
6- Urea (46-0-0) + NBPT (kg/ha)	0	43	87	130	

El ensayo se implantó el día 14 de Agosto de 2008. El cultivar sembrado fue Baguette 13 Premiun, a una densidad de 70 pl m lineal⁻¹. Los tratamientos 1(APP) y 2(APP + TSA) fueron aplicados en forma chorreada en el surco de siembra, mediante una bomba montada sobre la sembradora. Los tratamientos 3, 5 y 6 con fertilizantes sólidos, fueron localizados en la línea de siembra. En el tratamiento 6, la urea fue tratada con n(n-butyl) thiophosphoric tiamide (NBPT, nombre comercial Agrotain), el cual actúa como un inhibidor de la actividad ureásica, reduciendo así la velocidad de formación de amonio.

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados en promedio se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
Cm	Agua 1:2,5	%		ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,5	2,83	0,142	4,8	13,3	34,6	15,9
20-40					4,4	11,4	9,0
40-60					3,8	9,9	7,8
						55,9	

Prof	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Cu	Fe	Bo
Cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0-20	352	179	1679	0,59	37,5	1,25	55,5	0,68
20-40								
40-60								

Los tratamientos 1, 2, y 3 fueron uniformados a 140 kg N + 15 S ha⁻¹ en macollaje. El ensayo se mantuvo libre de plagas, malezas y enfermedades. Se realizó un recuento de plantas emergidas a los 10 dde. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

Resultados y discusión

A) Características climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron muy escasas durante los meses del invierno (Figura 1), debiendo el cultivo sostener su crecimiento inicial con las reservas acumuladas en el suelo. Se originó un breve período de déficit hídrico a finales de agosto (déficit acumulado 25 mm), del cual se recuperara en forma permanente a partir de las precipitaciones ocurridas a mediados de septiembre. Estas condiciones climáticas posibilitaron una buena sanidad, especialmente ausencia de Fusariosis, lo que *a posteriori* permitiría obtener buenos rendimientos.

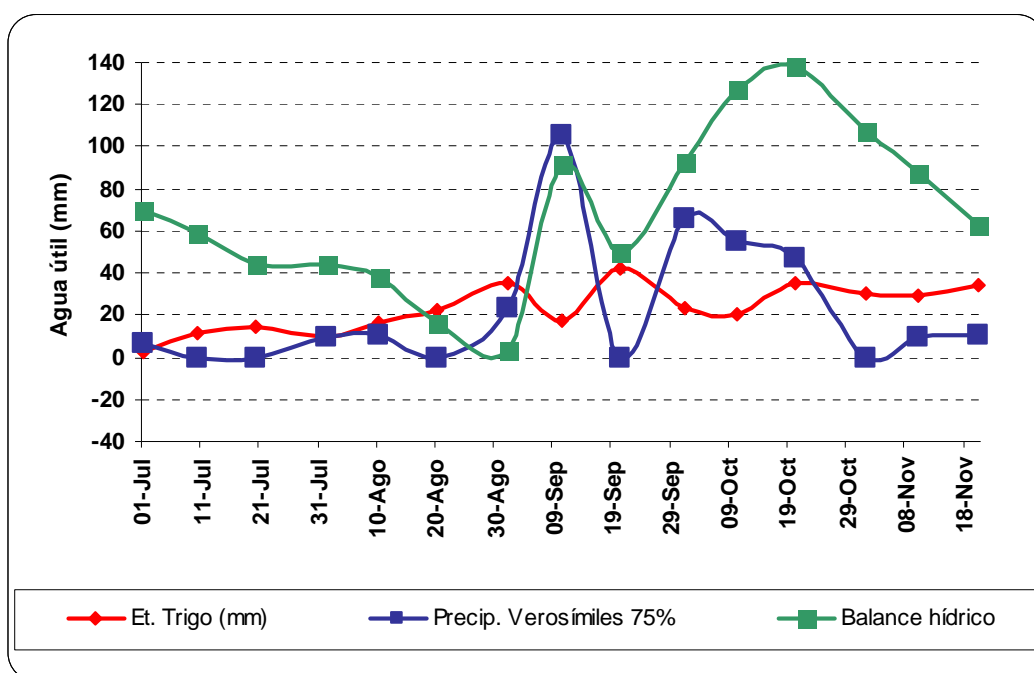


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Santa Lucía, partido de San Pedro, año 2007.

El cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985) representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Es decir, daría una medida del potencial de rendimiento en ausencia de limitaciones hídricas, nutricionales y de sanidad. Esto se debe a la relación lineal positiva existente entre la tasa de crecimiento del cultivo y la radiación incidente. Dichas relaciones fueron demostradas para trigo en la Región Pampeana Argentina por Abbate (1995). Los valores para el año 2007, en comparación con 2006 y 2005 se presentan en forma diaria en la Figura 2, y como promedio del período en la Tabla 6. Desde este aspecto, los tres años ilustrados presentaron condiciones muy favorables de potencialidad.

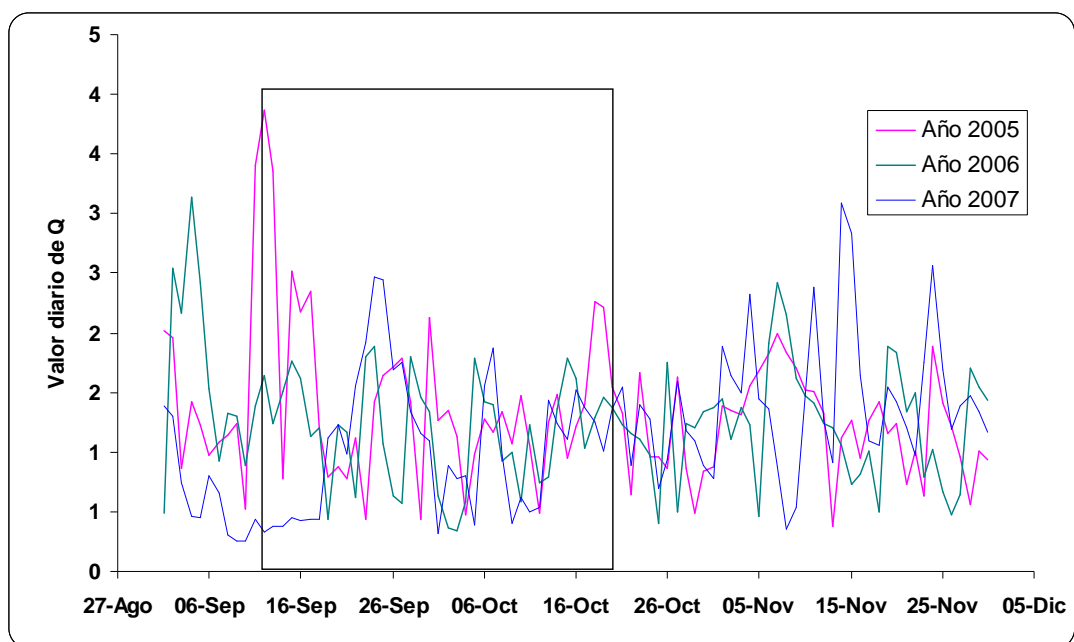


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Los valores de radiación y temperatura corresponden a la EEA INTA Pergamino. Año 2007.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período de 15 de setiembre al 15 de Octubre en la localidad de Pergamino durante los años 2005, 2006 y 2007.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007
Insolación efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9
T media del período $^{\circ}\text{C}$	15,1	17,1	15,0
Cociente fototermal (Q) ($\text{Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)	1,24	1,10	1,12

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 4 se presenta el recuento de plantas evaluados en el ensayo.

Tabla 4: Número de plantas emergidas y significancia estadística por la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes fosforados y nitrogenados en Trigo. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,005$). Santa Lucía, San Pedro, año 2007

Tratamientos	Dosis de P/ha (kg de P ₂ O ₅)					media x fuente
	0	25	50	75	100	
1- APP (11-37-0)-(kg/ha)	69	64	63	56	53	61
2- 54% APP + 46% TSA (11-20-0-12)-(kg/ha)	69	63	60	54	53	60
3- MAP (12-46-0)-(kg/ha)	69	68	64	60	56	63
Media x dosis	69 A	65 AB	62 B	57 C	54 C	
Efecto dosis (P=)	0,000					
Efecto fuente (P=)	0,212 n.s.					
Dosis * fuente (P=)	0,958 n.s.					
CV (%) =	7,1 %					
Tratamientos	Dosis de N/ha (kg de N)				media x fuente	
	0	25	50	75		
5- Urea (46-0-0) (kg/ha)	68	68	44	25	51	
6- Urea (46-0-0) + NBPT (kg/ha)	68	67,5	45,5	27	52	
Media x dosis	68 A	68 A	45 B	26 C		
Efecto dosis (P=)	0,000					
Efecto fuente (P=)	0,541 n.s.					
Dosis * fuente (P=)	0,957 n.s.					
CV (%) =	6,7 %					

No se determinó interacción fuente x dosis ni efecto de fuente para los fertilizantes fosforados ensayados. En cambio, se determinaron diferencias significativas entre dosis ($P=0,000$). Es decir, la caída en el número de plantas se relacionó con la dosis, independientemente de la fuente utilizada (Figura 3.a). La dosis de 50 kg pentóxido ha^{-1} fue la más baja que difirió significativamente con el testigo (Tabla 4). De este modo, se perdieron entre 1,3 y 1,6 plantas por metro lineal, por cada 10 kg ha^{-1} de pentóxido aplicados.

En cuanto a N, se detectó un efecto significativo de dosis ($P=0,000$), que no varió cuando se aplicó urea sola o tratada, para ninguna de las dosis ensayadas. La dosis de 50 kg N ha^{-1} fue la mínima que alcanzó un número de plantas significativamente menor al del testigo (Tabla 4). La pendiente de caída en el número de plantas fue mayor que en el caso de los fertilizantes fosforados. Así, si se trazara una relación lineal, se podría determinar que se perdieron entre 7,2 y 7,6 plantas por metro de surco por cada 10 kg ha^{-1} de N, aunque el mayor ajuste correspondió a una función cuadrática (Figura 3.b), por no haberse afectado la emergencia para la dosis de 20 kg N ha^{-1} .

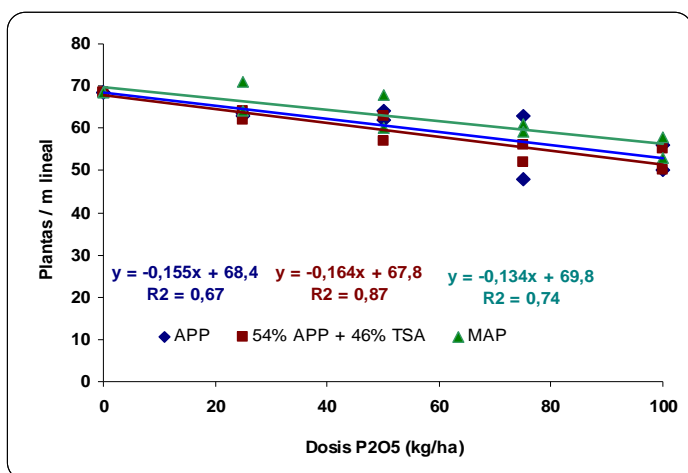


Figura 3.a

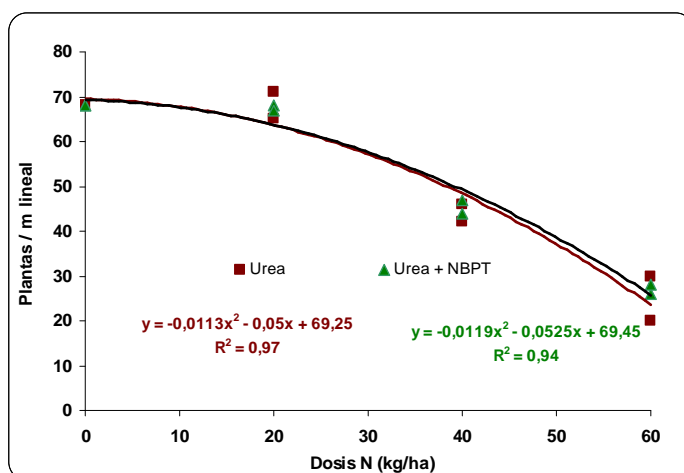


Figura 3.b

Figura 3: Relación entre el número de plantas emergidas y la dosis de fósforo (3.a) y nitrógeno (3.b) aplicados. Ensayo de fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados y nitrogenados en trigo. Santa Lucía, San Pedro, 2007

Los rendimientos fueron significativamente afectados por la dosis de pentóxido ($P=0,000$) y N aplicados ($P=0,000$), pero en ambos casos no se detectó efecto de fuente ni interacción dosis por fuente (Tabla 5).

Tabla 5: Rendimiento y significancia estadística como resultado de la aplicación de diferentes dosis y fuentes de fertilizantes fosforados y nitrogenados en Trigo. Santa Lucía, San Pedro, año 2007. Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas entre dosis. ($LSD \alpha=0,005$).

Tratamientos	Dosis de P/ha (kg de P2O5)					media x fuente
	0	25	50	75	100	
1- APP (11-37-0)-(kg/ha)	3058	2650	3000	3300	3150	3032
2- 54% APP + 46% TSA (11-20-0-12)-(kg/ha)	2238	2750	3150	3200	3350	2938
3- MAP (12-46-0)-(kg/ha)	2238	2750	2850	3250	3300	2878
Media x dosis	2511 E	2717 D	3000 C	3250 B	3267 A	
Efecto dosis (P=)	0,000					
Efecto fuente (P=)	0,357 n.s.					
Dosis * fuente (P=)	0,318 n.s.					
CV (%) =	3,5 %					
Tratamientos	Dosis de N/ha (kg de N)				media x fuente	
	0	25	50	75		
5- Urea (46-0-0) (kg/ha)	2238	2600	1850	650	1834	
6- Urea (46-0-0) + NBPT (kg/ha)	2238	2600	2000	600	1859	
Media x dosis	2238 B	2600 A	1925 C	625 D		
Efecto dosis (P=)	0,000					
Efecto fuente (P=)	0,895 n.s.					
Dosis * fuente (P=)	0,897 n.s.					
CV (%) =	8,2 %					

La respuesta en rendimiento siguió una tendencia diferente según el nutriente considerado. En el caso de los fertilizantes fosforados, el incremento en la dosis, independientemente de la fuente compensó la

pérdida de plantas (Figura 4.a), y aumentó los rendimientos de acuerdo con una función cuadrática (Figura 5.a), alcanzando el límite máximo para la dosis más alta ensayada en este experimento. Las pendientes de las tres fuentes evaluadas no difirieron entre sí ($P>0,10$), por lo que se realizó un ajuste único en función de la dosis. Cada nuevo escalón de dosis originó un incremento significativo en los rendimientos (Tabla 5).

El N en cambio, provocó una caída en el número de plantas que no pudo ser compensada, al menos para las dosis más altas del nutriente (Tabla 5 y Figura 4.b). La dosis de 20 kg N ha⁻¹ fue la de mayor rendimiento, atribuible a que consiguió cubrir al menos en forma parcial las necesidades de N sin afectar el número de plantas emergidas. De acuerdo con la función ajustada, el máximo rendimiento se alcanzó con una dosis de 16 kg N ha⁻¹. El agregado de NBPT no modificó la pendiente de respuesta ($P>0,10$).

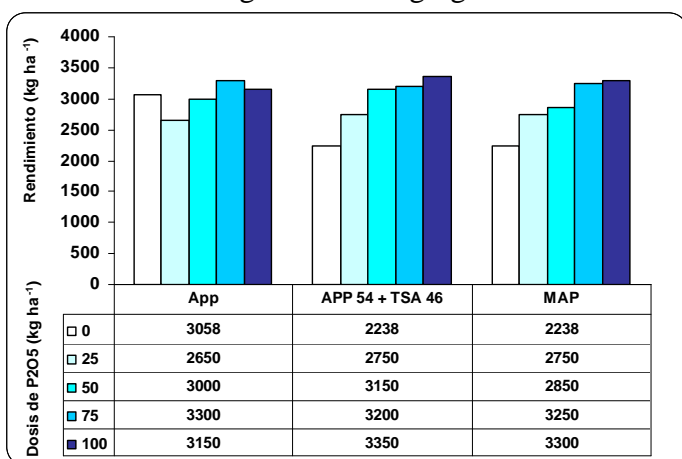


Figura 4.a

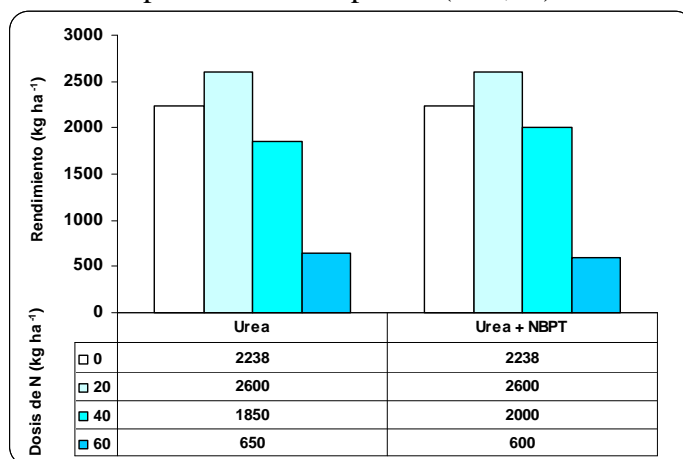


Figura 4.b

Figura 4: Rendimiento comparado de diferentes fuentes y dosis de fertilizante fosforado (4.a) y nitrogenado (4.b) en trigo. Ensayo de fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados y nitrogenados en trigo. Santa Lucía, San Pedro, 2007.

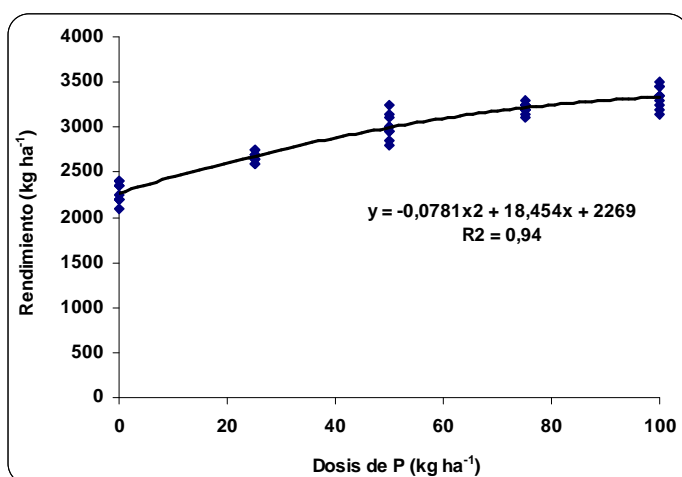


Figura 5.a

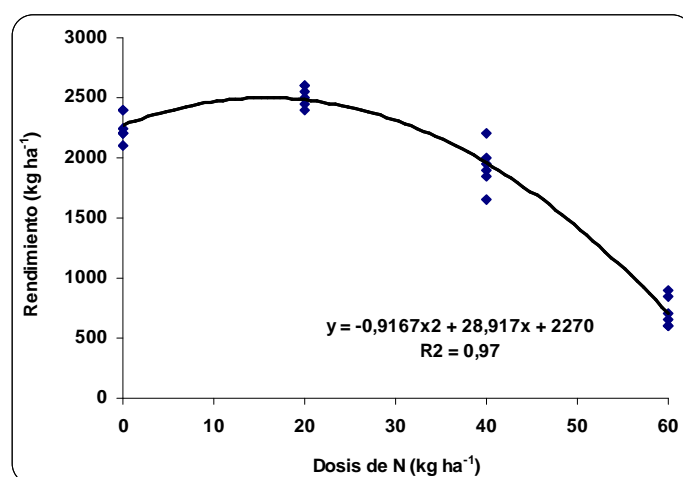


Figura 5.b

Figura 5: Relación entre rendimiento y dosis de fósforo (4.a) y nitrógeno (4.b) aplicados en trigo. Ensayo de fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados y nitrogenados en trigo. Santa Lucía, San Pedro, 2007

Consideraciones finales:

La aplicación de dosis crecientes de fertilizantes fosforados y nitrogenados en trigo provocó una reducción en el número de plantas emergidas, que fue independiente de la fuente y estuvo asociada con la dosis del nutriente agregado. En el caso de los fertilizantes fosforados, la pérdida de plantas fue compensada y los tratamientos que recibieron las dosis más altas fueron los de mayor rendimiento. Esto se explica por una

pendiente de caída en el número de plantas pequeña, en un ambiente de alta respuesta a causa del bajo nivel de P en suelo. El N afectó más la emergencia, y la reducción en el stand de plantas no pudo ser totalmente compensada. Los resultados obtenidos indican que no es posible localizar en línea la totalidad de los nutrientes requeridos para obtener un cultivo de alta producción, debiéndose recurrir a la fertilización en superficie al voleo o en forma chorreada, según se trate de sólidos o líquidos, o a la incorporación en bandas separadas de la semilla, para no poner en riesgo la implantación del cultivo.

Bibliografía:

- Abbate, P.; F. Andrade and J. Culot. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124:351-360.
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Aric Sci.* 105:447-461.

Los autores desean agradecer la colaboración colaboradores del Tec. Agr. Walter Barceló, del estudiante de Agronomía Claudio Caprodosi y la Ing. Agr. Romina Perroud. Un agradecimiento especial a la Escuela Margarita O'Farrel de Maguirre, de la localidad de Santa Lucía, en cuyo campo se realizó el ensayo.