



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler"

EVALUACIÓN DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN DE BASE Y FOLIAR EN TRIGO 2007

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris¹ y Juan C. Ponsa²

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 tecnológicos.

Más allá de estos insumos tradicionales, existen nuevas tecnologías y también nuevas estrategias con potencial para mejorar los rendimientos y la eficiencia de uso de los nutrientes. En este sentido, el uso de fertilizantes foliares puede otorgar un adicional en rendimiento y calidad del producto cosechado, con una alta eficiencia gracias a la elevada absorción de los nutrientes aplicados por esta vía. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que es necesaria mucha investigación sobre aspectos tales como magnitud y estabilidad de respuesta, dosis, momento oportuno de aplicación y composición óptima de nutrientes a aplicar, además de generar un criterio de diagnóstico que permita identificar aquellos ambientes con mayor probabilidad de obtener resultados positivos.

El objetivo de este ensayo fue evaluar la respuesta en rendimiento a una serie de estrategias que combinaron el uso de fertilizantes al suelo y por vía foliar. Hipotetizamos que ambas formas de aplicación impactan positivamente, provocando un efecto aditivo sobre los rendimientos.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y once tratamientos. La descripción del ensayo se presenta en la Tabla 1. En la Tabla 2 se describe la composición de los fertilizantes evaluados.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo.*

Tratamientos	Dosis Fertilizante sólido al suelo	Dosis Fertilizante vía foliar	
		Macollaje	Hoja bandera
T0			
T1	Urea 50 kg ha ⁻¹		
T2	Urea 100 kg ha ⁻¹		
T3		Genofix 3 l ha ⁻¹	
T4		Genofix 6 l ha ⁻¹	
T5	Urea 100 kg ha ⁻¹	Complefix 2,5 l ha ⁻¹	
T6	Urea 100 kg ha ⁻¹	Topfix 2,5 l ha ⁻¹	
T7	Urea 100 kg ha ⁻¹	Macrofix 2,5 l ha ⁻¹	
T8	Urea 100 kg ha ⁻¹	Complefix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹
T9	Urea 100 kg ha ⁻¹	Topfix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹
T10	Urea 100 kg ha ⁻¹	Macrofix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹

Tabla 2: *Composición química (%) de los fertilizantes foliares utilizados en el ensayo.*

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Boro	Zinc	Cobre	Manganeso	Molibdeno	Otros	Densidad
Genofix	30										1,35
Complefix	-			5	0,7	4	2	6,7	0,7		1,48

- (1) Técnico de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino
(2) Técnico de la EEA INTA Pergamino

Topfix	15	1,7	4,1	1	0,1	2	-	1,5	-		1,31
Macrofix	10			1,8	0,9	0,7	0,7	1		aminoácidos	1,30

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof cm	pH	Conductividad (Ds/m) agua 1:2,5	Materia Orgánica %	N total %	P-disp. ppm	N- Nitratos ppm	N suelo kg ha ⁻¹	S-Sulfatos ppm
0-20	5,9	0,468	2,86	0,143	24	8	21	16
20-40						7	18	
40-60						5	13	
							52	

El cultivo se implantó el día 5 de julio de 2007 en SD, con antecesor soja de primera. El cultivar sembrado fue Don Mario Cronox, a una densidad de 150 kg ha⁻¹ (densidad objetivo 350 pl m⁻²). A la siembra fue fertilizado con 130 kg ha⁻¹ de una mezcla compuesta (7-14-0-10S) localizada en bandas, y 200 kg ha⁻¹ de urea granulada (46-0-0) al voleo. El sitio experimental se mantuvo libre de plagas, malezas y enfermedades. Las aplicaciones de fertilizante fueron realizadas en los estados de Zadoks 25 (macollaje pleno) y 39 (hoja bandera expandida) (Tabla 4). En este último estado se agregó el fungicida, en las parcelas correspondientes. Las condiciones ambientales al momento de la aplicación se detallan en la Tabla 5.

Tabla 4: *Estado del cultivo al momento de la aplicación.*

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Macollaje pleno	3-Set	Zadoks 25	35	70
Hoja bandera exp	16-Oct	Zadoks 39	65	90

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
Mac pleno	S	S	17,9	70	14 NE	4	0
HB expandida	H	H	18,2	59	6,1 SW	0	0

Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto
dda: después de aplicación.

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 y comparaciones de medias.

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.

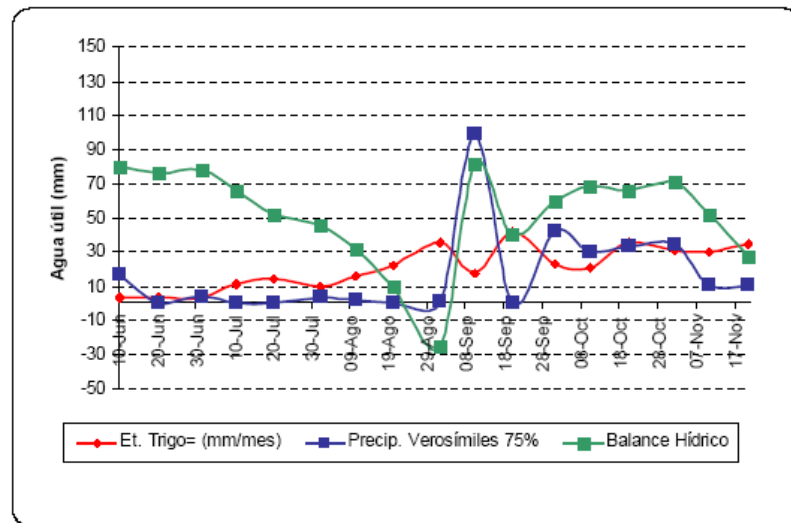


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Pergamino, año 2007.

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.

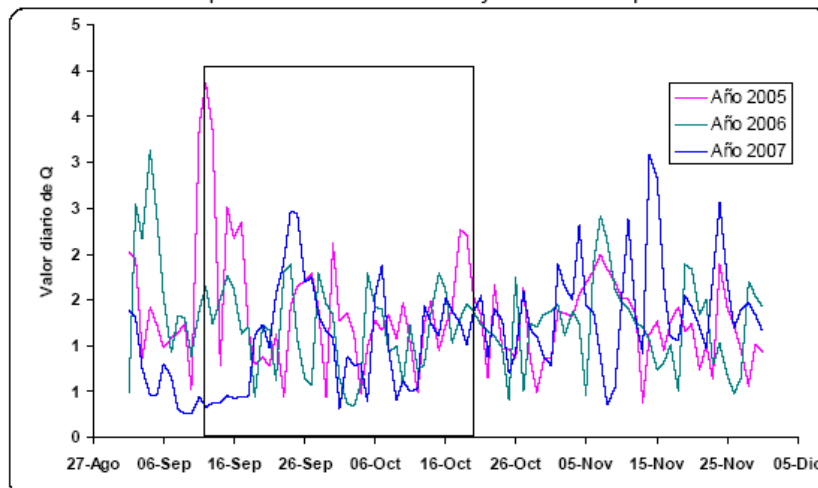


Figura 2: Coeficiente fototermal (Q) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Año 2006.

Tabla 6: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período del 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 °C	15,1	17,1	15,0
Cociente fototermal (Q) (Mj m ⁻² día ⁻¹ °C ⁻¹)	1,24	1,10	1,12

B) Rendimientos del cultivo

En la Tabla 7 se presentan los datos de las variables evaluadas en el ensayo.

Tabla 7: Rendimiento y respuesta por sobre el testigo absoluto (T0) y el fertilizado únicamente con 100 kg de urea (T5). Estrategias de fertilización en Trigo, Pergamino, 2007.

Tratamientos	Dosis Fertilizante sólido al suelo	Dosis Fertilizante vía foliar Macollaje	Dosis Fertilizante vía foliar HB	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia (Tx-T0) (kg/ha)	Diferencia (Tx-T5) (kg/ha)
T0				5020		
T1	Urea 50 kg ha ⁻¹			6147	+ 1127	
T2	Urea 100 kg ha ⁻¹			6253	+ 1233	
T3		Genofix 3 l ha ⁻¹		5434	+ 748	
T4		Genofix 6 l ha ⁻¹		5699	+ 414	
T5	Urea 100 kg ha ⁻¹	Complefix 2,5 l ha ⁻¹		6088	+ 1068	-165
T6	Urea 100 kg ha ⁻¹	Topfix 2,5 l ha ⁻¹		6022	+ 1002	-231
T7	Urea 100 kg ha ⁻¹	Macrofix 2,5 l ha ⁻¹		7104	+ 2084	+ 851
T8	Urea 100 kg ha ⁻¹	Complefix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹	6551	+ 1531	+ 298
T9	Urea 100 kg ha ⁻¹	Topfix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹	6122	+ 1102	-131
T10	Urea 100 kg ha ⁻¹	Macrofix 2,5 l ha ⁻¹	Genofix 3 l ha ⁻¹	6460	+ 1440	+ 207
Valor de P				0,002		
CV (%)				7,4		

Se determinaron diferencias de rendimiento estadísticamente significativas entre tratamientos (P=0,002; CV 7,4 %). Las estrategias de mayor productividad (significancia estadística A) fueron T7, T8 y T10. Estos tratamientos tuvieron como característica distintiva recibir una fertilización con 100 kg de urea de base y una aplicación foliar complementaria (Tabla 7 y Figura 3). El fertilizante denominado Macrofix mostró un buen comportamiento, integrando dos de los tratamientos de mayor productividad, T7 y T10. La diferencia media entre las parcelas con Macrofix y el de sólo urea (T2) fue de 529 kg ha⁻¹. Es probable que, para esta especie, la presencia de aminoácidos orgánicos en su composición haya originado un efecto promotor del crecimiento, de mayor importancia que el agregado de nutrientes alternativos presentes en las otras fuentes evaluadas. En un segundo grupo se ubicaron T2, T1, T9, T5 y T6 (significancia estadística B), todos fertilizados con urea a la siembra. Posteriormente, pueden jerarquizarse T4 (C), T3 (D), y el testigo absoluto (T0, E). Los tratamientos que sólo recibieron N foliar (T3 y T4) rindieron en promedio 634 kg ha⁻¹ menos que aquellos fertilizados con urea, pero superaron al testigo absoluto en 546 kg ha⁻¹, por lo que su comportamiento puede considerarse ampliamente favorable, teniendo en cuenta la marcada diferencia en la dosis de N aplicada.

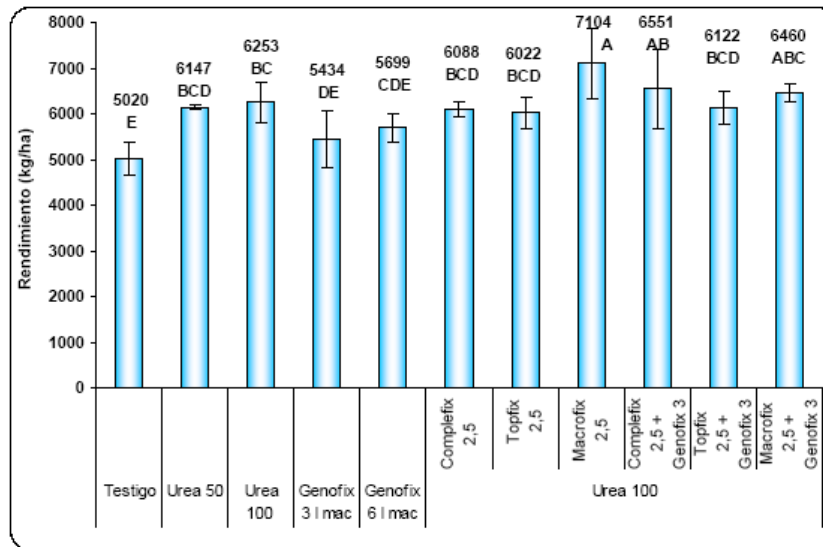


Figura 3: Rendimiento y significancia estadística como respuesta a la aplicación de diferentes estrategias de fertilización al suelo y foliar en trigo. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($LSD = 0,05$). Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Pergamino, año 2007.

Los rendimientos siguieron la tendencia del número de granos (Figura 4.a). En cambio, no se observaron grandes variaciones en su peso (4.b). Teniendo en cuenta que las estrategias de mayor productividad combinaron las dos vías de aplicación, surge claramente que la fertilización foliar puede ser una estrategia complementaria pero no sustitutiva de la fertilización nitrogenada de base a la siembra.

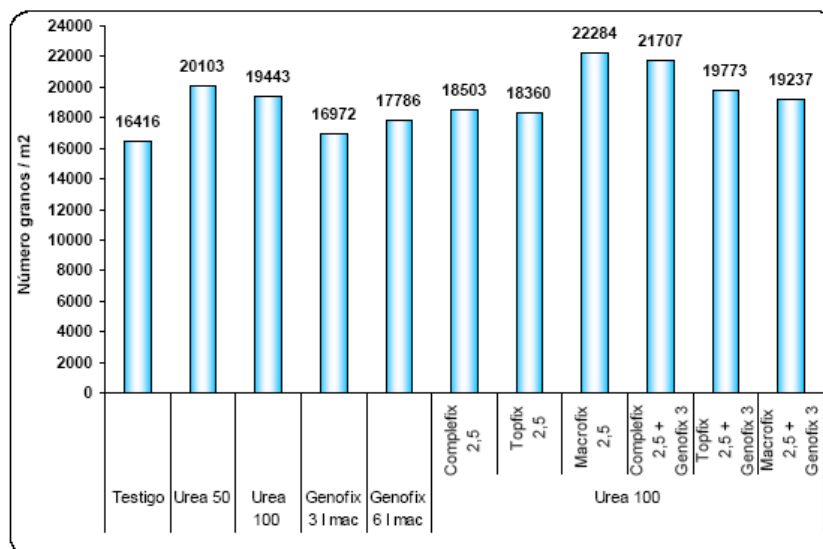


Figura 4.a

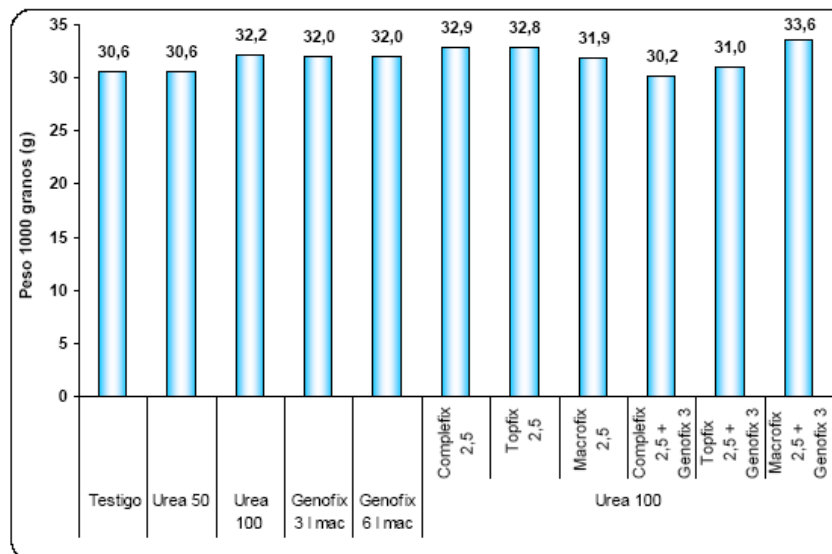


Figura 4.a

Figura 4: Número (4.a) y peso (4.b) de los granos como respuesta a la aplicación de diferentes estrategias de fertilización al suelo y foliar en trigo. Pergamino, año 2007.

Consideraciones finales:

La nutrición de cultivos es un aspecto de vital importancia para la obtención de altos rendimientos en trigo, y en este ensayo, el agregado de fertilizantes al suelo y por vía foliar modificaron el número de granos produciendo incrementos significativos en los rendimientos.

El nitrógeno una vez más aparece como el elemento que produce los mayores saltos de rendimiento, cuando es aplicado al suelo y, en buena medida también, por vía foliar. Otros fertilizantes, especialmente Macrofix, aparecen como promisorios en vistas de mejorar los rendimientos del cultivo. Es probable que la presencia de compuestos orgánicos en su formulación haya originado un efecto promotor del crecimiento que justifique las diferencias observadas.

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.
- Ferraris, G. y L. Couretot. 2006. Evaluación de la Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en Trigo bajo diferentes condiciones de fertilidad. IV año de ensayos. Campaña 2005/06. En: Experiencias en el cultivo de Trigo y cereales de Invierno. 2006. INTA Ediciones, Publicaciones Regionales. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).
- Fisher, R. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric Sci.* 105:447-461.