

FORTALECIMIENTO SANITARIO Y NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE TRIGO: EL ROL DE LOS FOSFITOS.

INTA EEA Pergamino,
Campaña 2013/14

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino
nferraris@pergamino.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Los **fosfitos** son las sales o los ésteres del ácido fosforoso (H_3PO_3). El ion fosfito (PO_3^{3-}) es un ion poliatómico con un átomo de fósforo. Tiene geometría piramidal. Las numerosas sales de fosfito, tales como el fosfito de amonio, son altamente solubles en el agua.

Cuando el P se oxida completamente forma la conocida molécula de fosfato. En cambio, cuando no se oxida totalmente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito. Este cambio aparentemente simple en la molécula provoca diferencias significativas que influyen su solubilidad, y la absorción, movilidad y metabolismo en las plantas.

El ácido fosforoso y las sales de fosfito contienen concentraciones más altas (P39) que los fertilizantes fosforados basados en fosfatos (P32). Las sales de fosfito son generalmente más solubles que las análogas de fosfato. El fosfato es la forma más estable de P en el ambiente, por esta razón, el fosfito pasa por una transformación gradual en el suelo hasta formar fosfato. El tiempo medio para la oxidación de fosfito a fosfato en suelo es de 3 a 4 meses.

Numerosas experiencias indican el control de enfermedades de géneros como *Phytophthora* o *Phytium*, comprendidos dentro del grupo de los oomycetes, por parte de los fosfitos. El mismo es absorbido por vía radicular y foliar, trastocándose en forma ascendente y descendente. Con respecto a otros grupos de hongos verdaderos, los fosfitos no ejercen un efecto fungicida directo, sino que mejoran el comportamiento sanitario a través de la inducción en la producción de fitoalexinas, sustancias naturales que estimulan las defensas naturales de las plantas, permitiendo disminuir o retrasar la infección y el crecimiento de enfermedades fúngicas. También se ha descrito la capacidad para inducir el crecimiento de la planta. Especialmente en frutales, se ha reportado respuestas en rendimiento, concentración de azúcares, sólidos solubles a cosecha a causa de efectos fisiológicos atribuibles al fosfito, relacionadas con su efecto en el metabolismo del azúcar, con el estímulo de la ruta del ácido shiquímico y con cambios químicos y hormonales internos.

Los objetivos de este experimento fueron evaluar el efecto de la aplicación foliar de fosfitos sobre la sanidad, rendimiento y calidad de un cultivo de trigo. Hipotetizamos que 1. El uso foliar de fosfitos aumenta el rendimiento a través de una mejora en la tolerancia a enfermedades foliares y 2. Los resultados se ven potenciados por la aplicación conjunta con fungicidas y fertilizantes, permitiendo interacciones positivas entre tecnologías.

Palabras clave: fosfitos, fitoalexinas, trigo, calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. El ensayo fue sembrado el día 15 de Junio, en Siembra directa, siendo la variedad Sursem Nogal. El antecesor fue soja de primera. El experimento se fertilizó con fósforo (P) de base, y un ajuste de nitrógeno (N) y azufre (S) según el criterio de suficiencia. Se evaluaron tratamientos foliares, que consistieron en el uso de fosfitos, fertilizantes y fungicidas. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La denominación de los mismos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos de aplicación foliar en Trigo. Pergamino, campaña 2013/14.*

Tratamiento	Fosfitos	Dosis (ml/ha)
T1	Testigo	
T2	Urea foliar (20-0-0)	50 l ha ⁻¹
T3	Fungicida	400 ml ha ⁻¹
T4	Fosfito de Potasio	1000 ml ha ⁻¹
T5	Urea Foliar + Fosfito de Potasio	50 l ha ⁻¹ 1000 ml ha ⁻¹
T6	Fungicida + Fosfito de Potasio	400 ml ha ⁻¹ 1000 ml ha ⁻¹
T7	Fungicida + Fosfito de Potasio	200 ml ha ⁻¹ 1000 ml ha ⁻¹

El fungicida utilizado fue Amistar Xtra (Azoxistrobina 20 % + Cyproconazole 8 %), Fosfito de potasio (Florilege Ultra® 33%) y Urea foliar (20-0-0). Todas las aplicaciones se realizaron usando como acompañante Rizospray Extremo, a la dosis de 120 ml ha⁻¹.

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2. El sitio contaba con una moderada disponibilidad hídrica inicial, que alcanzó a 130 mm de agua útil (0-140 cm).

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

Prof	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
0-20	5,4		2,85	0,142	7,1	32,3	56,4	7,8
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zinc	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	Ppm
0-20	182,4	508,3	1630	0,6	40,1	1,2	63,8	0,50

Las aplicaciones foliares fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botalón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015 que permiten asperjar 100 l ha⁻¹. La dosificación de los productos se realizó realizando diluciones, y uniformando el volumen final de aplicación. En R5 se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes numéricos del rendimiento, NG y PG. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS

A) Características climáticas de la campaña

En 2013, el almacenaje inicial de agua en el suelo fue favorable. Sin embargo, los cultivos transitaban un prolongado período sin precipitaciones hasta el mes de setiembre, donde comenzaron a recomponerse las lluvias (Figura 1). A excepción de noviembre, las precipitaciones estuvieron permanentemente por debajo de la media histórica.

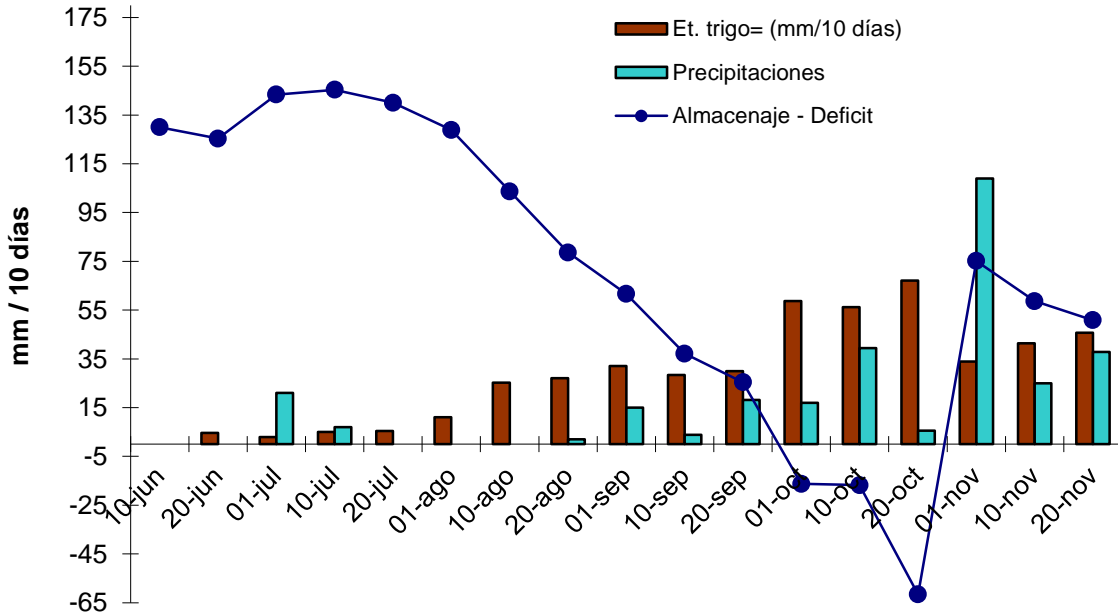


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Pergamino. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2013. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 130 mm. Precipitaciones durante el ciclo: 300,9 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985), el cual 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. En 2013 la frecuencia de días soleados fue elevada, sin embargo predominaron altas temperaturas, limitando el cociente fototermal (Figura 2 y Tabla 3).

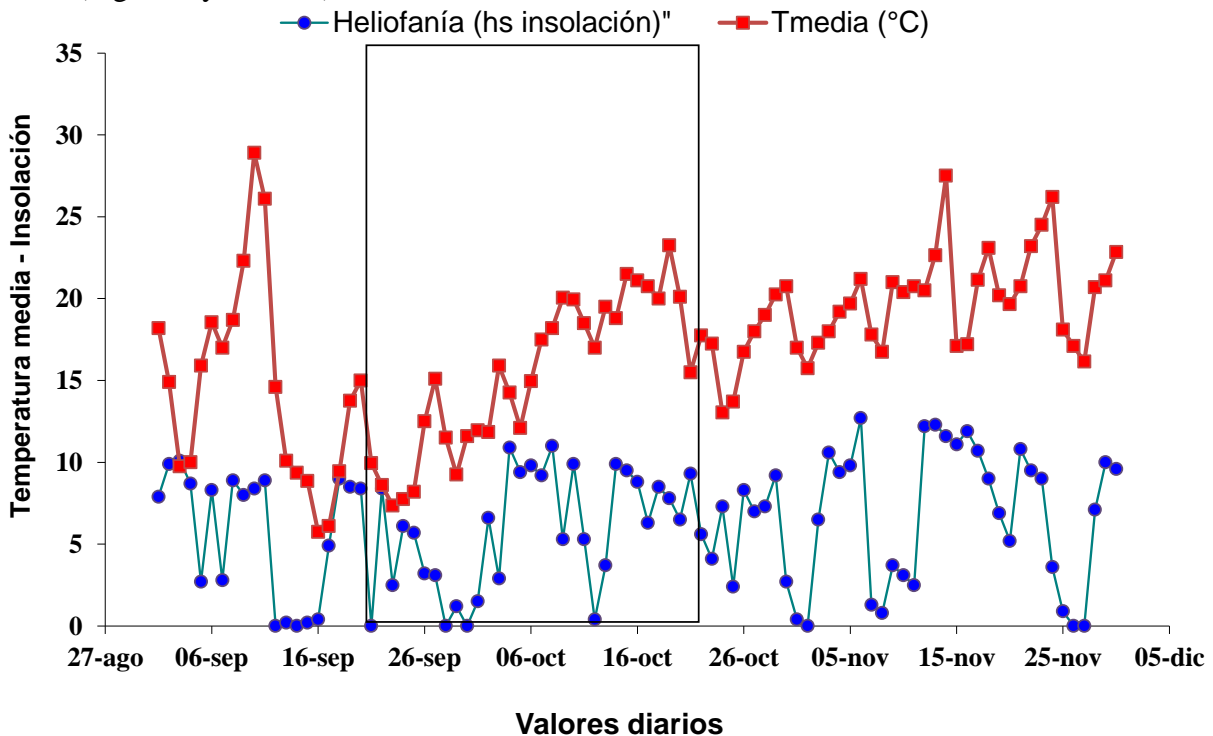


Figura 2: Horas diarias de insolación y temperaturas medias diarias en Pergamino en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 1 de Noviembre de 2013.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base 0°C) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. 1 al 30 de octubre en 2010, y 15 de setiembre al de 15 de octubre en el resto de los años.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8	5,0	5,6
T media del período °C	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8	14,3	13,5
Cociente fototermal (Q) (Mj m-2 día-1 °C-1)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19	1,11	1,20

b) Resultados del experimento

En la Tabla 4 se presentan datos de intensidad de verde y evaluación sanitaria del cultivo, mientras que en la Tabla 5 el rendimiento y sus componentes.

Tabla 4: Intensidad de verde por Spad y evaluación de enfermedades en trigo. Pergamino, año 2013

T	Tratamientos foliares	M. amarilla <i>Drechslera tritici-repentis</i> Severidad (%)	R anaranjada <i>Puccinia triticina</i> Severidad (%)	AFVerde remanente (%)	Intensidad verde (Unidades Spad)
T1	Testigo	40	5	25	46,5
T2	Urea foliar 50l	40	5	20	48,3
T3	Fungicida 400	20	0,5	35	47,2
T4	Fosfito de Potasio 1000	30	2,5	25	47,5
T5	Urea Foliar 50l + Fosfito de Potasio 1000	30	3	20	49,0
T6	Fungicida 400 + Fosfito de Potasio 1000	15	1	45	48,5
T7	Fungicida 200 + Fosfito de Potasio 1000	20	1	40	48,7
	R ² vs rendimiento	0,85	0,80	0,50	0,28

Indice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo

Zadoks 25: final de macollaje

Tabla 5: Rendimiento (kg ha⁻¹), componentes, calidad y respuesta absoluta a tratamientos foliares de protección y nutrición en Trigo. Pergamino, año 2013.

T	Factor 1: Tratamientos semilla	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG/m ²	PG x 1000 (g)	Proteína (%)	Dif con testigo (kg ha ⁻¹)
T1	Testigo	4244	3792,1	35,0	10,5	
T2	Urea foliar 50l	4203	3401,1	34,0	10,2	-41
T3	Fungicida 400	4519	3891,7	35,3	10,6	275
T4	Fosfito de Potasio 1000	4439	3789,5	36,3	10,9	195
T5	Urea Foliar 50l + Fosfito de Potasio 1000	4556	3797,0	37,0	11,1	312
T6	Fungicida 400 + Fosfito de Potasio 1000	4644	4054,4	36,3	10,9	400
T7	Fungicida 200 + Fosfito de Potasio 1000	4611	4010,5	34,3	10,3	367
	R ² vs rendimiento		0,71	0,25	0,08	
	Tratamientos de semilla (P=)	0,22				
	CV (%)	5,3 %				

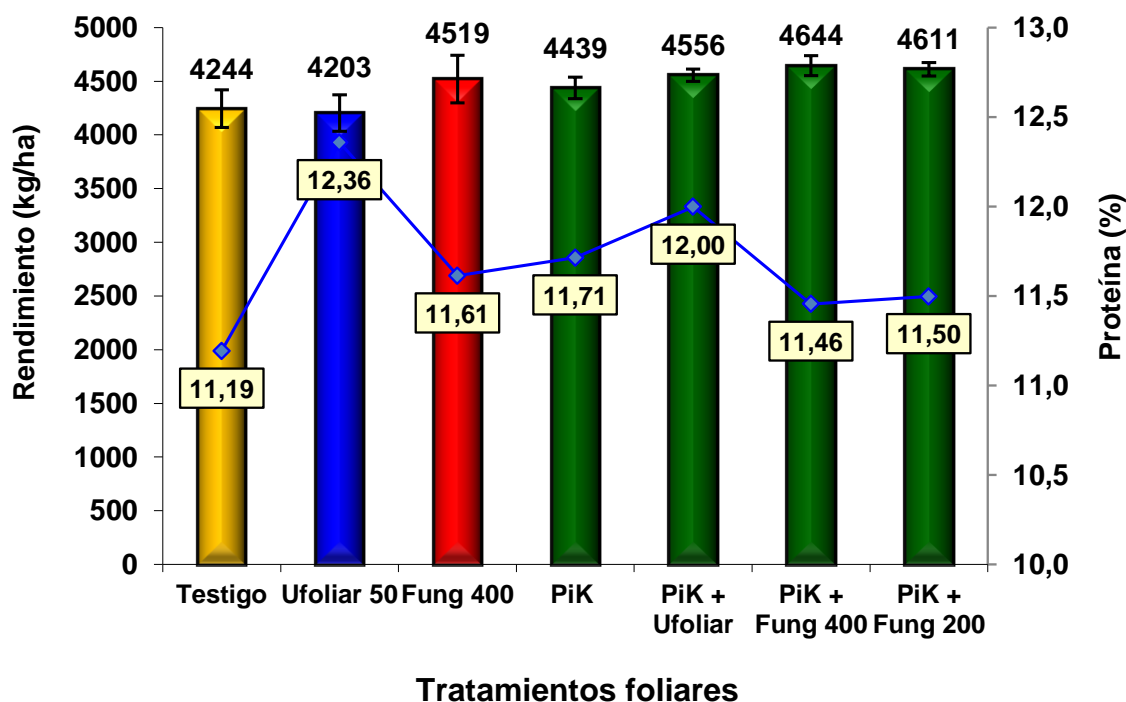


Figura 3: Producción media de grano y concentración de proteína en trigo según tratamientos foliares con fosfitos, fungicidas y fertilizantes nitrogenados. Las barras de error representan la desviación standard de la media. Pergamino, año 2013.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

* Los rendimientos oscilaron entre 4244 y 4644 kg ha⁻¹ (Tabla 5), expresando un ambiente favorable durante todo el período de determinación del NG –antesis- y PG –llenado-, a pesar de una prolongada etapa invernal sin precipitaciones.

* Las diferencias de rendimiento obtenidas por las tecnologías aplicadas fueron agrónomicamente relevantes, y estuvieron en el límite de la significancia estadística (P=0,22).

* En lo que respecta al comportamiento sanitario, la enfermedad prevalente fue Mancha amarilla (*Dreschlera tritici-repentis*). La severidad de la misma fue reducida por el fungicida, alcanzando un comportamiento intermedio por la aplicación de fosfitos (Tabla 4). El tratamiento de mejor comportamiento fue aquel que integró fungicida más fosfitos (T6), conservando a su vez mayor Area foliar verde remanente (AFVR).

* El uso de Urea foliar por sí solo no aumentó los rendimientos, pero incrementó la proteína en 1,15 % (Figura 3). Por su parte, los tres tratamientos de mayor productividad incluyeron fosfitos, integrada a otra tecnología (fungicida o fertilizante)(T5, T6 y T7, Figura 3).

* Los resultados obtenidos permiten aceptar parcialmente las hipótesis propuestas. La aplicación foliar de fosfitos permitió obtener diferencias relevantes en los rendimientos, alcanzando su máxima expresión en combinación con otras tecnologías que mejoran la productividad del cultivo de trigo. Estas tecnologías, integradas mediante aplicaciones conjuntas, permitieron obtener diferencias de rendimiento de hasta 400 kg ha⁻¹, sosteniendo los niveles de proteína en grano.

* El efecto de los fosfitos podría ser atribuido a una mejor sanidad y mayor traslocación de otras moléculas como fungicidas y fertilizantes, dada la movilidad de los fosfitos en la planta. Como se ha aseverado en anteriores trabajos de investigación, el uso de fosfitos no reemplazaría a los fungicidas en epifitias severas ni al nitrógeno ante carencias nutricionales intensas, pero podría contribuir a mejorar su aprovechamiento.

LITERATURA CITADA

* Carmona, M. 2011. Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. Simposio Fertilidad 2011. “La Nutrición del cultivo integrada a los Sistemas de producción”. IPNI, Rosario, Mayo 2011.

* Carmona M.; Sautua F. y Mendoza C. 2009. Los fosfitos y la nutrición mineral como una herramienta complementaria para el manejo de las EFC en el cultivo de soja Revista Análisis de semillas Tomo 4 vol 1 Nero 13, pp 69-71, 2010. ISSN 1851-1678

* Romero, A.M.; Gally, M.E.; Carmona, M.C.; Liener, N. 2009. Inductores de la Resistencia: una Alternativa para el Manejo de Enfermedades Foliares en Soja XII Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santiago del Estero, 30 de setiembre al 2 de octubre, 2009.