

**EVALUACIÓN DEL FERTILIZANTE FERTIDEG, FOSFITOS Y FUNGICIDAS EN MAÍZ
TEMPRANO
PROYECTO REGIONAL AGRÍCOLA, CRBAN.**

Ings. Agrs. 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:

En la Región Pampeana Argentina, nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) limitan los rendimientos en grado variable según su disponibilidad en el suelo, tipo de cultivo, nivel de rendimiento y condiciones ambientales de la campaña. En determinadas situaciones, la productividad puede ser mejorada aun más por el agregado de nuevos elementos, esenciales para las plantas pero requeridos en menores concentraciones. En la Región Pampeana Argentina son reiterados los casos en los que se han documentado respuestas positivas a su aplicación, siendo los más frecuentes en maíz los de zinc (Zn) y boro (B). Estos nutrientes pueden ser agregados de diversas maneras, aunque se ha verificado que la vía foliar suele ser una de las más eficientes.

Los objetivos de este experimento fueron 1. Estudiar aplicaciones estratégicas de macro y micronutrientes por vía foliar sobre los cultivos. 2. Evaluar el efecto inductor de resistencia del fosfito de potasio sobre las enfermedades foliares y el rendimiento del cultivo y 3. Estudiar la interacción de los fertilizantes foliares con fungicidas de aplicación foliar. Hipotetizamos que, por un efecto nutrición, inductor de resistencia, o por mejorar la eficacia de los fungicidas, es posible incrementar la productividad de maíz bajo condiciones de estrés hídrico.

Palabras clave: Maíz, micronutrientes, fertilizantes foliares, fosfitos, nutrición, protección.

Materiales y métodos:

Se condujo un ensayo de campo en la localidad de Wheelwright (General López, Santa Fe). El suelo corresponde a la Serie Hughes, Clase I de muy buena productividad. El experimento fue sembrado el día 19 de Setiembre en SD, con antecesor trigo/soja. Se utilizó el cultivar Nidera Ax 886 MG.

La fertilización de base consistió en la aplicación de 120 kg ha⁻¹ de una mezcla (6,6-17,4-0-S4,8) a la siembra al costado de la semilla, 160 kg ha⁻¹ de urea granulada (46-0-0) en entresurco a la siembra más 140 kg ha⁻¹ de una solución 28-0-0-5S chorreado en V5 (Ritchie and Hanway, 1993), el día 2 de noviembre, totalizando de esta manera 121 kgN ha⁻¹, 21 kgP ha⁻¹ y 13 kgS ha⁻¹ agregados como fertilizante. En el ensayo, se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos, cuya descripción se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos para el control de enfermedades y la fertilización de Maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.*

Trat	Descripción	Dosis	Forma de aplicación
T1	Testigo		Foliar V7
T2	Fertideg Max	6000 ml ha ⁻¹	Foliar V7
T3	Fertideg Max + N35	6000 ml ha ⁻¹ 1000 ml ha ⁻¹	Foliar V7
T4	Fertideg Max + N35 + Tebuconazole + Carbendazim	6000 ml ha ⁻¹ 2000 ml ha ⁻¹ 450 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	Foliar V7
T5	Fertideg Max + N35 2000 + Tebuconazole + Azoxistrobin	6000 ml ha ⁻¹ 2000 ml ha ⁻¹ 450 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	Foliar V7

T6	Fertideg Max + N35 2000 + Fosfito Potasio	6000 ml ha ⁻¹ 2000 ml ha ⁻¹ 500 ml ha ⁻¹	Foliar V7
-----------	---	---	-----------

Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de Materia orgánica y N relativamente medio a bajo, adecuado de P y medio de S. La disponibilidad de Zn es adecuada, de acuerdo con los umbrales críticos sugeridos, mientras que la de B se encuentra cercana al rango crítico (zona de respuesta probable). Las bases de cambio presentan un valor adecuado. Los sitios podrían caracterizarse como de fertilidad media, representativo de la región de estudio.

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

Bloque	Prof. (cm)	MO (%)	pH	Ntotal	N-NO3 ppm	N-NO3 kg/ha 0-60	P-Bray	S-SO4	K ppm	Mg	Ca	Zn
Wheelwright	0-20	2,92	5,5	0,141	17,6	79,3	30,0	11,3	1102	250	1323	1,31
	20-40				8,7							
	40-60				4,2							

Las aplicaciones de fungicida, fertilizante foliar y fosfitos fueron realizadas en el estado V7 (escala de Ritchie & Hanway, 1983), con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 80015, que a una presión de 3 bares asperja 100 l ha⁻¹. Las condiciones de cultivo y aplicación se presentan en las Tablas 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3: *Estado del cultivo al momento de la aplicación.*

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
V7	5-dic	V7	80	85

Tabla 4: *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
V7	Seco	Seco	24	64	6,68 NE	3	0

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

En floración plena (R2) se determinó la intensidad de verdor en hoja por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502 (Tabla 4) Este brinda una medida adimensional, no destructiva e indirecta del contenido de N foliar. Permite a la vez, cuantificar en forma objetiva y con mayor sutileza que la del ojo humano, eventuales diferencias entre tratamientos. Para evaluar el comportamiento a roya común, la enfermedad prevalente en esta campaña, se midieron la severidad y el tipo de infección (Tabla 4). En todos los casos, las observaciones se realizaron 15 post-aplicación (V11) y 35 días post-aplicación, una semana después de anthesis (Estado R2). Para la evaluación de severidad de roya común del maíz se utilizó la escala visual para roya anaranjada de la hoja en trigo, (Peterson et al., 1948), que indica niveles de 1 a 5, siendo 1. 1 % de severidad 2. 5 % de severidad 3. 10 % de severidad 4. 20 % de severidad y 5. 50 % de severidad. El tipo de infección se midió con una escala de 1 a 4 (Gonzalez, M., 2000) siendo: 1- Ausencia de síntomas o puntos necróticos o cloróticos, 2- Pústulas pequeñas con o sin puntos necróticos, 3- Pústulas grandes, y 4- Pústulas grandes con áreas necróticas que se unen. El tizón del norte *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard Suggs no se hizo presente.

La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Sobre una alícuota de cosecha se analizaron los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias y análisis de correlación.

Condiciones ambientales de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) entre el 10 de Diciembre y el 10 de Enero para la localidad de Pergamino, que constituyó la referencia más cercana donde obtener estos datos. La campaña se caracterizó por la dominancia de una sequía casi extrema. El déficit total acumulado, calculado como la diferencia entre la evapotranspiración real y potencial, alcanzó a 303 mm (Figura 1). Como consecuencia de las escasas precipitaciones, las condiciones de luminosidad no fueron restrictivas, aunque cobran poca relevancia bajo una situación de sequía tan intensa. La temperatura media fue del período fue muy elevada (Figura 2).

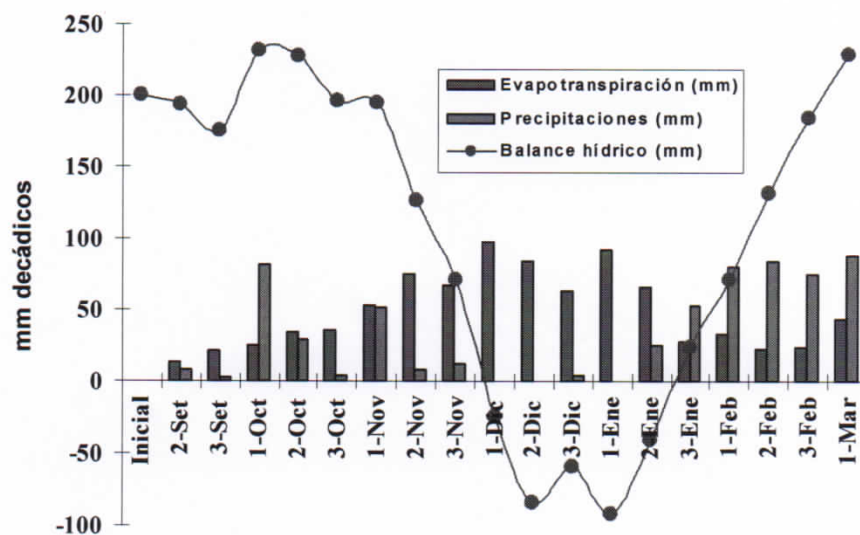


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. Wheelwright, Santa Fe. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 200 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 602,2 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 303 mm.

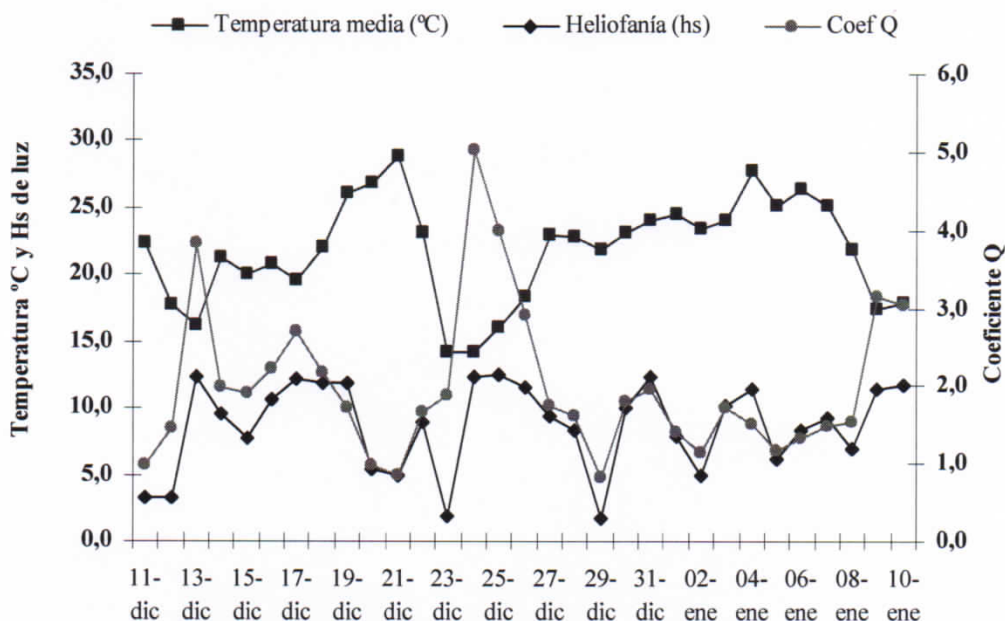


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2011/12.

Resultados

En la Tabla 5 se presenta la evaluación de enfermedades y Spad, y en la Tabla 6 los rendimientos y sus componentes. Con motivo de la sequía, la severidad de Roya común fue moderada. Al momento de la aplicación, en V7, alcanzaba a un 5%, levemente por debajo del umbral de control que se considera en 6 %.

Tabla 5: Evaluación de enfermedades e intensidad de verde por Spad de los diferentes tratamientos. Uso de fertilizantes, fungicidas y fosfitos en Maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.

Trat.	Denominación	Unidades Spad V7	Roya Común del Maíz (<i>Puccinia sorghi</i>),			
			Severidad (%) V11 15 dda	Tamaño pústula (1-4)	Severidad (%) R2 35 dda	Tamaño pústula (1-4)
T1	Testigo	40,5	6	2	10	2-3
T2	Fertideg Max	43,2	5	2	5	2
T3	Fertideg Max + N35	43,1	3	2	5	2
T4	Fertideg Max + N35 + Tebuconazole + Carbendazim	44,5	1	2	1	2
T5	Fertideg Max + N35 2000 + Tebuconazole + Azoxistrobin	44,7	1	2	1	2
T6	Fertideg Max + N35 2000 + Fosfito Potasio	45,8	2	2	3	2

Índice de Vigor: En base a cobertura, sanidad, intensidad de verde y uniformidad. Escala 1 (mínimo)-5 (máximo vigor).

V7 Corresponde al estado de 7 hojas expandidas. **V11** Corresponde al estado de 11 hojas expandidas.

R2 Estado de floración femenina.

Tabla 6: Fitotoxicidad, Rendimiento (kg ha^{-1}), componentes y respuesta a tratamientos de aplicación foliar en maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.

Tra t	Denominación	Fitotoxicidad (% área afectada)	Rendimiento (kg ha^{-1})	NG m^{-2}	PG x 1000	Dif con T1 (kg ha^{-1})
T1	Testigo	0	9134	3156,8	289,3	
T2	Fertideg Max	0	10009	3830,0	261,3	875
T3	Fertideg Max + N35	0	9971	3739,0	266,7	837
T4	Fertideg Max + N35 + Tebuconazole + Carbendazim	0	10331	3963,2	260,7	1197
T5	Fertideg Max + N35 2000 + Tebuconazole + Azoxistrobin	0	10403	4032,2	258,0	1269
T6	Fertideg Max + N35 2000 + Fosfito Potasio	0	10800	4122,1	262,0	1666
	Efecto tratamiento P=		0,38			
	CV (%)		8,87			

NG m^{-2} : número de granos m^{-2} PGx 1000: Peso de mil granos.

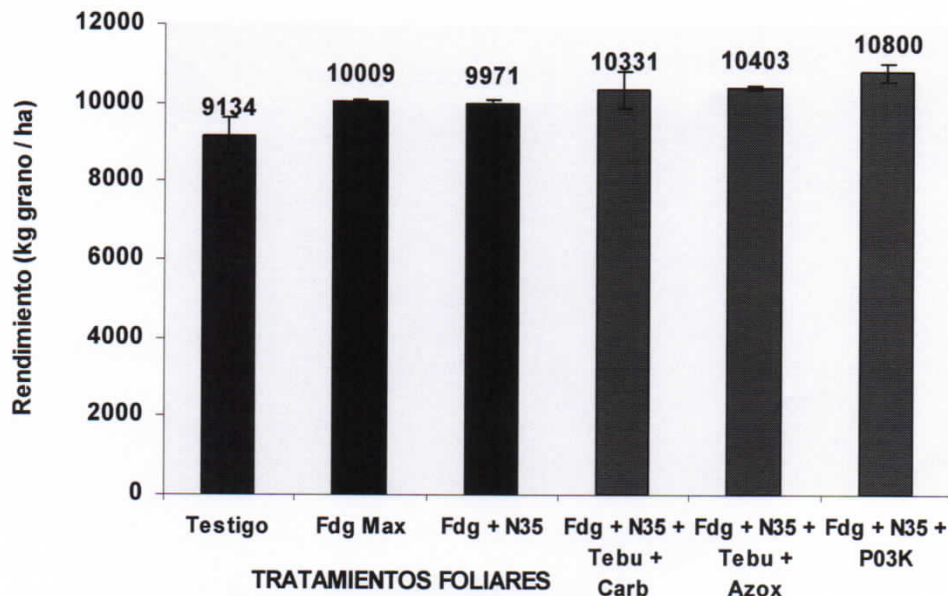


Figura 3: Producción de grano de maíz (kg ha^{-1}) según tratamientos con fertilizante, fungicida y fosfitos en Maíz, aplicados por vía foliar. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Campaña 2011/12.

Discusión y conclusiones

* El ciclo agrícola 2011/12 se caracterizó por la ocurrencia de una sequía severa, que fue sobrellevada por el cultivo a causa de las adecuadas reservas iniciales, y la cobertura, fertilidad y capacidad de retener agua del suelo. El déficit de evapotranspiración alcanzó a 303 mm, levemente más agudo que el de 2008/09.

* Producto de la sequía, la severidad de Roya común (*Puccinia sorghi*) fue moderada, en el límite del umbral de control. No obstante, los testigos sin fungicida continuaron creciendo en una curva de progreso de la enfermedad, y el diferencial de rendimiento obtenido fue significativo ($P < 0,10$).

* Las formulaciones, mezclas de fungicidas, fungicidas y fertilizantes o fertilizantes y fosfitos fueron compatibles, formando soluciones. En ninguno de los casos provocaron fitotoxicidad sobre el área foliar.

* Desde el punto de vista del control de enfermedades, los tratamientos con fungicida lograron detener el avance de la enfermedad. El tratamiento T6, con Fosfito de Potasio, expresó un comportamiento intermedio entre testigo y tratado con fungicidas.

* A causa de la variabilidad inducida por sequía y estrés, las diferencias de rendimiento entre tratamientos no alcanzaron la significancia estadística ($P > 0,10$) (Tabla 6). No obstante ello, un grupo de tratamientos se destacó sobre el testigo. El de mayor producción fue el que incluyó la aplicación de Fosfito de Potasio (Tabla 6 y Figura 3). Luego continuaron aquellos con uso de fungicida, Tebuconazole + Azoxistrobín (T5) y Tebuconazole + Carbendazim (T4). El fertilizante foliar sólo (T2) igualmente incrementó los rendimientos de manera marcada (876 kg ha^{-1} , 9,6 %) apoyando la teoría de mayor respuesta a micronutrientes y fertilizantes foliares en general bajo condiciones de estrés hídrico.

* Los resultados obtenidos permiten aceptar parcialmente la hipótesis propuesta – aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas, algunas combinaciones resultaron exitosas en mejorar la sanidad y nutrición del maíz-. Los mejores tratamientos serían aquellos de Fertideg con fungicidas para control de enfermedades, y Fertideg con Fosfito de Potasio con el objetivo de maximizar rendimiento.

Bibliografía consultada:

*Alam, S. S. Naqvi, . and R. Ansari, R. 1999. Impact of soil pH on nutrient uptake by crop plant. pp 51-59. In: Pessarakli, M (eds). Handbook of Plant and Crop Stress, Second Edition. 1254 pp.

Ferraris, G. y L. Couretot. 2007. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116-122.

*Girma, K.; L. Martin; K. Freeman; J. Mosali; R. Teal; William. R. Raun; S. Moges; D Arnall. 2007 Determination of Optimum Rate and Growth Stage for Foliar-Applied Phosphorus in Corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Volume 38, Issue 9 & 10. pages 1137 – 1154.

*Malavolta, E. 1986. Foliar fertilization in Brazil.- Present and perspectives. pp. 170-192. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division. Berlin. 1985.

*Mallarino, A.P., D.J. Wittry, D. Dousa, and P.N.Hinz. 1998. Variable rate phosphorus fertilization: On-farm research methods and evaluation for corn and soybean. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. Conf. Precision Agric., 4th, Minneapolis, MN. 19–22 July 1998. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.

*Martens, D.C. y W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. En: R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 229-264.

*Martens, D. and D. Westermann. 1991. Fertilizer Applications for Correcting. Micronutrient Deficiencies. Micronutrients in agriculture. Disponible on line. eprints.nwisrl.ars.usda.gov.

*Pais, I, J. Benton Jones. 2000. The handbook of trace elements. St. Lucie Press, Boca Raton, 223 p.

*Reetz, H.F. 1996. On-farm research opportunities through site-specific management. p. 1173–1176. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int Conf. Precision Agric., 3rd, Minneapolis, MN. 23–26 June 1996.

trials were even smaller and less frequent than in small- management. p. 1173–1176. In P.C. Robert et al. (ed.) Proc. Int. plot trials. With the exception of one field in which Conf. Precision Agric., 3rd, Minneapolis, MN. 23–26 June 1996.

*Trinidad y Aguilar. 1999. Fertilización foliar, respaldo importante en el rendimiento de cultivos. Terra Volúmen 17 número 3, 247:255