

FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA CON NITRÓGENO Y AZUFRE EN MAÍZ

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

La fertilización foliar ha despertado un creciente interés en productores y asesores, debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutrimentales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos, y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Trinidad y Aguilar, 1999). Su principal utilidad consiste en completar los requerimientos de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización clásica, ya se trate de elementos de baja absorción desde el suelo (Malavolta, 1986), o para fines específicos que requieren la aplicación tardía de los nutrientes i.e. incrementar su concentración en el grano (Fregoni, 1986). Algunas de estas situaciones se manifiestan con frecuencia en la Región Pampeana Argentina i.e. sintomatología de carencias de zinc (Zn) en cultivos de maíz fertilizados con dosis medias a elevadas de fósforo (P) en línea, deficiencias subclínicas de boro (B) en soja en regiones con larga historia de monocultivo, o la necesidad de aplicar nitrógeno (N) en antesis de cebada, para alcanzar un valor deseado de proteína en grano.

En la actualidad, se han dado diversas condiciones que permiten realizar un diagnóstico más preciso acerca de las expectativas de respuesta a la fertilización foliar. Estas incluyen la mayor difusión de análisis de suelo y tejido (Martens y Westermann, 1991), mayor información de campo y un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris et al., 2007), notables avances acerca del rol de los nutrientes en la respuesta de las plantas a condiciones de estrés (Yunca et al., 2008) y herramientas de medición que permiten detectar pequeñas respuestas a nivel de campo (Reetz, 1996; Mallarino et al., 1998).

Algunas condiciones de cultivo favorecen la obtención de resultados positivos, como la remoción de microelementos a través de secuencias agrícolas que ya suman muchos años, fertilizantes tradicionales con mayor pureza y menor contenido de elementos menores, carencias inducidas por alta fertilización con NPS y una demanda creciente de microelementos a causa de la obtención de mayores rendimientos (Girma et al., 2007).

Los objetivos de este ensayo fueron 1. Evaluar la respuesta del Maíz al agregado de fertilizantes foliares que contienen macronutrientes en su formulación y 2. Estudiar la interacción entre fertilizantes foliares y fungicidas. Hipotetizamos que 1. La aplicación de dosis pequeñas de nutrientes bajo formas químicas de fácil asimilación, mejoran diversos parámetros de cultivo y con ello su rendimiento y 2. Es posible lograr efectos sinérgicos cuando fertilizantes foliares y fungicidas se aplican en forma conjunta, que superan a los efectos individuales de cada una de las prácticas.

Materiales y métodos

Se realizó un experimento de campo en la Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción G. de Unzué” situada en La Trinidad, partido de General Arenales. Los suelos del sitio corresponden al límite sur de la Serie Rojas, Argiudoles típicos transicionales a los Hapludoles. El ensayo se sembró el día 10 de Octubre de 2008 en SD, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Dow 2M495 MG. Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con fósforo (P) azufre (S) y nitrógeno (N). Las fuentes utilizadas fueron superfosfato triple de calcio (0-20-0), sulfato de calcio (0-0-0-S18) y Urea granulada (46-0-0). Los fertilizantes se aplicaron el día de la siembra.

Para conducir el experimento se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos, cuya descripción se presenta en la Tabla 1. Los fertilizantes evaluados se combinaron con la aplicación del fungicida *Pyraclostrobin* + *Epoxiconazole* (13,5 + 5%), a la dosis de 700 ml ha⁻¹. En todos los casos se agregó un coadyuvante solución.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados. Fertilización foliar en maíz, La Trinidad, campaña 2009/10.*

Trat	Denominación de la Fuente	Estadío de Aplicación	Dosis (ml/ha)
T1	Testigo		
T2	Niebla NPS	V9 (9 hojas expandidas)	6000
T3	Niebla Forte	V9 (9 hojas expandidas)	6000
T4	Fungicida	V9 (9 hojas expandidas)	700
T5	Fungicida + Niebla NPS	V9 (9 hojas expandidas)	700 + 6000
T6	Fungicida + Niebla Forte	V9 (9 hojas expandidas)	700 + 6000

Tabla 2: *Composición química de las fuentes de aplicación foliar utilizadas en el ensayo.*

Fuente	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
Niebla NPS	9 %	2,6 %		5,5 %
Niebla Forte	9 %	2,6 %	2,1	4,9 %

Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo del sitio experimental, el cual se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: *Análisis de físico-químico de suelo a la siembra.*

Identificación	La Trinidad				Humedad suelo (siembra)	Condición Física
Prof cm	0-20		20-40			
Muestras N°	11055		11056		muy seco	Levemente Compactado y huelleado
pH	6	medio				
CE	0,5	medio				
MO %	3,09	medio				
N	1,4	medio				
Pe	19	medio				
N-NO3	18		7			
N kg/ha	74,1	alto				
S-SO4	7	bajo	2	muy bajo		

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas 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 permiten asperjar 140 l ha⁻¹. El estado del cultivo y las condiciones ambientales al momento de la aplicación se describen en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

Tabla 4: *Estado del cultivo al realizar la aplicación.*

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
V9	16-ene	V9	115	80

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
V9	H	H	25,0	66	10,3 NNENE	4	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. Sobre una muestra de cosecha se midieron 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 regresión.

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) para Pergamino. Se consideró la etapa entre el 10 de Diciembre y el 10 de Enero. Las precipitaciones fueron abundantes durante el ciclo (970 mm), sin que se registrara déficit hídrico en ninguna etapa (Figura 1). Sin embargo, sólo se reconocieron 6 días de escasa heliofanía entre 10 de diciembre y 10 de enero -uno menos que en el ciclo seco 2008/09-, siendo el cociente fototermal (Q) medio para 2009/10 (1,68) superior al de 2008/09 (1,54). Las condiciones de luminosidad no fueron restrictivas durante esta última campaña (Figura 2).

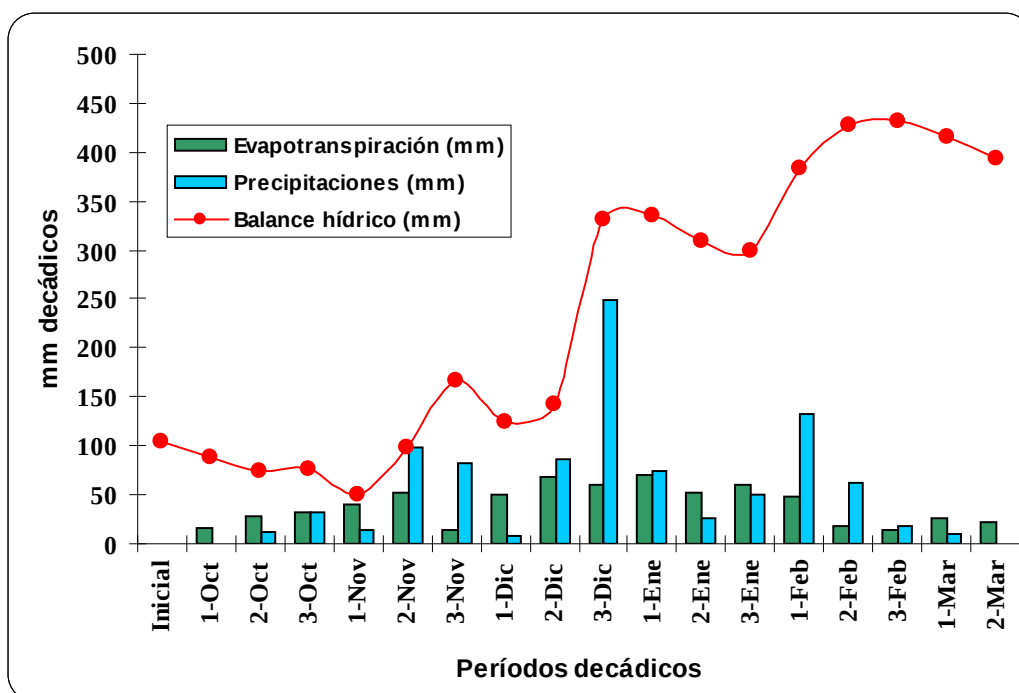


Figura 1: Precipitaciones decádicas acumuladas (mm) en el sitio experimental. La Trinidad, General Arenales, (Bs As), campaña 2009/10. Precipitaciones totales 970 mm.

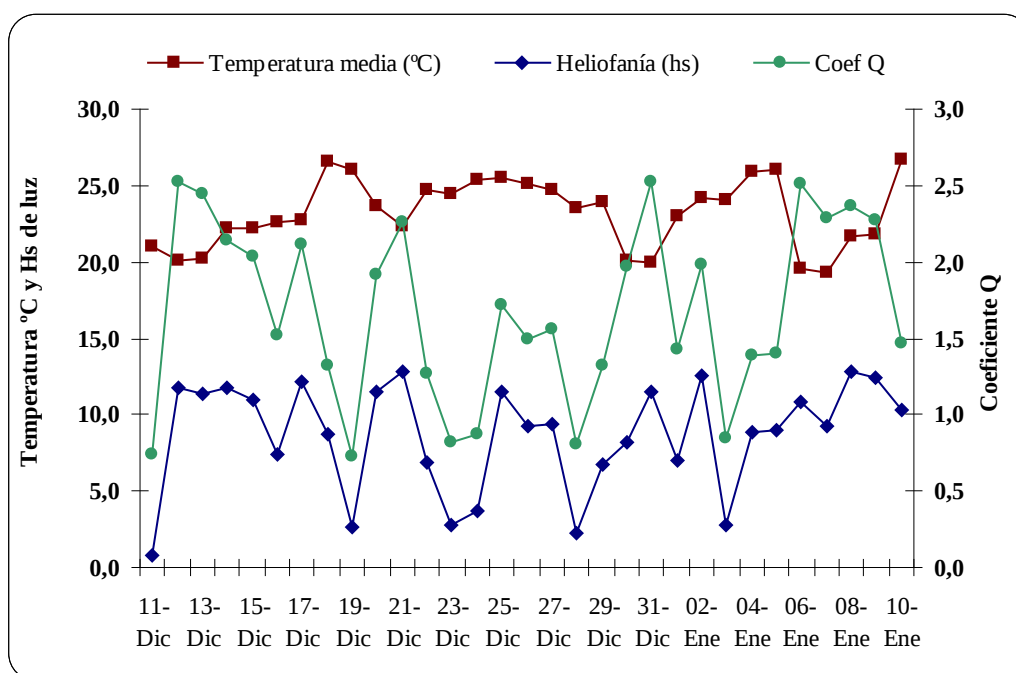


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2009/10.

Resultados y discusión

En la Tabla 6 se presentan algunos parámetros evaluados en el cultivo. No se observaron síntomas de fitotoxicidad por efecto de los tratamientos. Las aplicaciones foliares permitieron leves mejoras en el aspecto visual, evaluado a través del índice de vigor. Asimismo, la parcela de mayor rendimiento se correspondió con el valor más alto de Spad, como sucedió en T5 (fungicida + Niebla 6000 ml).

Las diferencias de rendimiento con el testigo fueron, sin fungicida, de 300 y 795 kg ha⁻¹ para Niebla NPS y Forte, respectivamente. Mucho más uniformes se comportaron los fertilizantes agregados en conjunto con el fungicida, alcanzando a 966 y 911 kg ha⁻¹ para NPS y Forte (Figura 3). Estos resultados señalan la posibilidad de diseñar estrategias conjuntas, donde los fertilizantes actúen como vehículos y transportadores de los fungicidas, posibilitando efectos sinérgicos.

Tabla 6: Parámetros morfológicos y componentes de rendimiento evaluados en el cultivo. Fertilización foliar complementaria en maíz. La Trinidad, campaña 2009/10.

Nº	Tratamiento	Síntomas de fitotoxicidad	Índice de Vigor R1	Unidades Spad R2	NG	PG	PH
T1	Testigo	No	3,2	58,3	2694	304	70,5
T2	Niebla NPS 6000 ml	No	3,3	58,1	3365	291	75,9
T3	Niebla Forte 6000 ml	No	3,7	60,7	2874	289	74,7
T4	Fungicida	No	3,4	61,4	1954	329	67,9
T5	Fungicida + Niebla NPS 6000 ml	No	3,7	60,3	2992	282	69,8
T6	Fungicida + Niebla Forte 6000 ml	No	3,8	58,5	3231	276	66,7

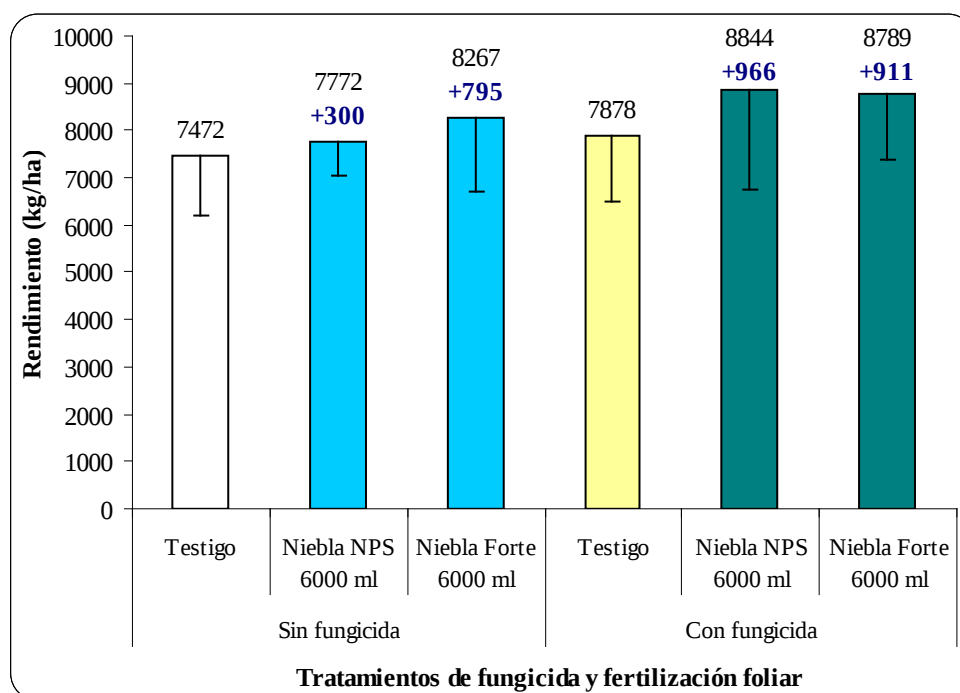


Figura 3: Rendimiento (kg ha^{-1}) como resultado de la combinación de estrategias de fertilización foliar y uso de fungicidas en maíz. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. La Trinidad, Campaña 2009/10.

El momento de aplicación se consideró teniendo en cuenta que es previo al período crítico para la definición de los rendimientos, permitiendo incrementar el NG. A la vez, es un estadio apropiado para el control de la roya del maíz (*Puccinia sorghi*), una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo. En este experimento, el NG mostró una asociación positiva con los rendimientos con una correlación del 96 % (Figura 4). El PG se asoció en forma negativa a NG y PG, posiblemente a causa de una compensación entre componentes: Muchos más granos, reducen parcialmente su peso. La fuerte asociación positiva entre NG y rendimiento avalaría la validez de aplicaciones tempranas del fertilizante foliar.

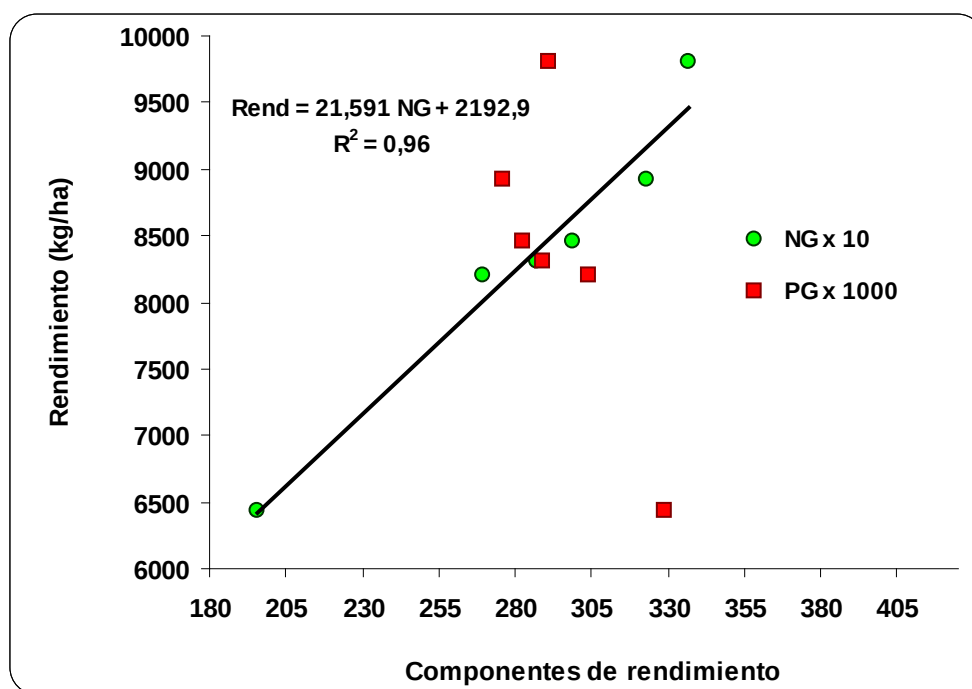


Figura 4: Relación entre los rendimientos y sus componentes, número (NG) y peso (PG) de los granos.

Conclusiones:

Los fertilizantes foliares evaluados permitieron incrementar moderadamente los rendimientos, siendo las diferencias más favorables a la formulación Forte sin fungicida (NPS: 300 kg ha⁻¹, Forte 795 kg ha⁻¹) y por el contrario de mayor magnitud y uniformes entre fertilizantes cuando se realizaron de manera conjunta con un fungicida (NPS: 966 kg ha⁻¹, Forte 911 kg ha⁻¹).

La aplicación conjunta de fertilizante foliar y fungicida permitió obtener efectos sinérgicos que hicieron a la respuesta de mayor magnitud pero sobre todo más estable. La utilización conjunta de ambas prácticas favorece su implementación y ahorra costos operativos, de este modo podría facilitar la adopción práctica de la fertilización foliar a nivel productivo.

Bibliografía:

- *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.
- *Fregoni, M. 1986. Some aspects of epigeal nutrition of grapevines. pp. 205-211. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical. Division. Berlin. 1985.
- *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. Fertilizacion foliar, respaldo importante en el rendimiento de cultivos. Terra Volúmen 17 número 3, 247:255
- *Yunca HU, Zoltan Burucs, Urs Schmidhalter (2008) Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. Soil Science & Plant Nutrition 54 (1):133–141
- *Whitney, D.A. 1997. Fertilization. En: Soybean production handbook. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, C-449.