

NUTRICIÓN COMPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE MAÍZ

PROYECTO REGIONAL AGRÍCOLA, CERBAN.

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. Evaluar la respuesta a una estrategia integral de producción, que incluyó la inoculación con *Azospirillum brasilense*, la fertilización temprana con microelementos, y la aplicación final de Nitrógeno y 2. Caracterizar los mecanismos que podrían explicar esta respuesta. Hipotetizamos que, por medio de las tres estrategias descritas, es posible incrementar la productividad de maíz bajo condiciones de estrés hídrico.

Palabras clave: Maíz, *Azospirillum brasilense*, microelementos, nitrógeno, fertilizantes foliares.

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. El factor de variación fueron los tratamientos complementarios sobre semilla y foliares. Para evaluarlos, se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y dos estrategia, cuya descripción se presenta en la Tabla 1. Asimismo, en la Tabla 2 se presenta la composición de las fuentes evaluadas.

Tabla 1: Tratamientos de fertilización con Zinc (Zn), Boro (B) y otros nutrientes en Maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.

Trat	Descripción	Dosis	Forma de aplicación
T1	Testigo		
T2	Azomix Dúo	3 ml kg semilla ⁻¹	semilla
	Nutrifer SG 21	1 ml kg semilla ⁻¹	Semilla
	Nutrifer Complejo Plus	2 l ha ⁻¹	Foliar V6
	Nutrifer Nitrógeno	2 l ha ⁻¹	Foliar Vt

V6 Estado de 6 hojas expandidas.

Vt Estado de Panojamiento

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, de acuerdo con los umbrales críticos sugeridos, es adecuada, 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 3: *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	Mg	Ca	Zn
ppm												
Wheelwright	0-20	2,92	5,5	0,141	17,6		30,0	11,3	1102	250	1323	1,31
	20-40				8,7							
	40-60				4,2							

Las aplicaciones de fertilizante foliar fueron realizadas en el estado V6 y Vt (escala de Ritchie & Hanway, 1983), 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 a una presión de 3 bares asperja 100 l ha⁻¹.

Se cuantificó la materia seca acumulada en V4. En floración plena (R2) se realizaron mediciones del número de hojas verdes fotosintéticamente activas y senescidas, e intensidad de verde con el medidor de clorofila Minolta Spad 502. 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. Se evaluó el comportamiento a enfermedades, cuantificando severidad y el tipo de infección (Tabla 3). En todos los casos, las observaciones se realizaron 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.

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).

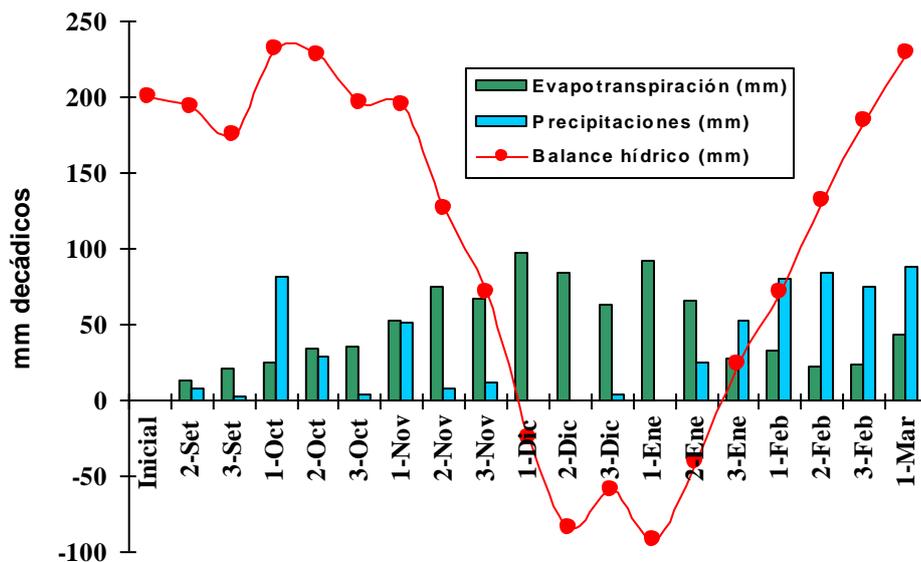


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. Wheelwright, Santa Fe. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 200 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 602,2 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 303 mm.

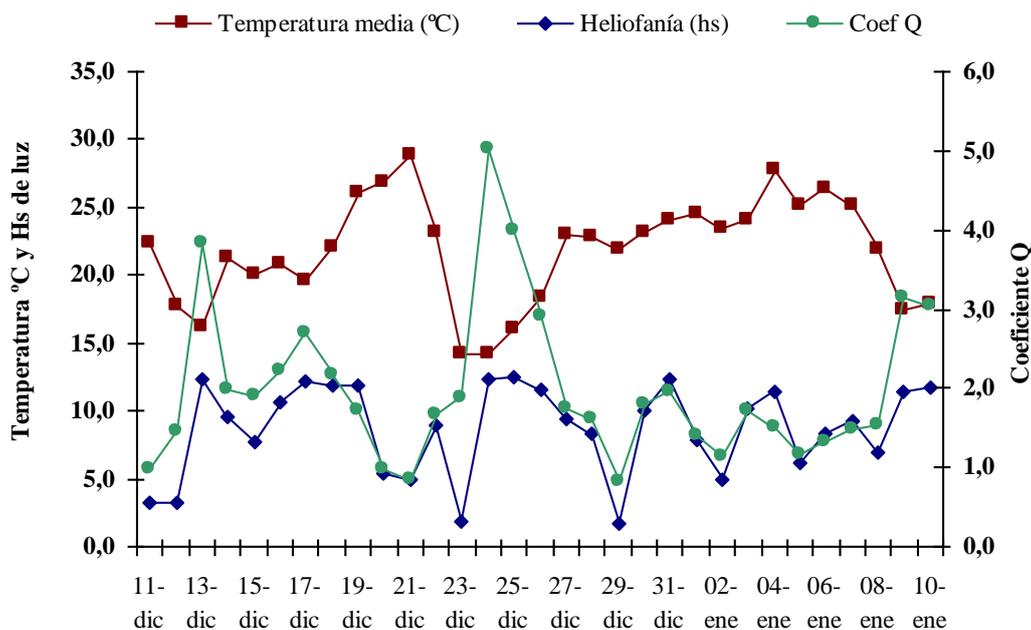


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 20011/12.

Resultados

En la Tabla 3 se presentan algunos parámetros determinados en los ensayos, mientras que en la Tabla 4 se describen los rendimientos y sus componentes.

Tabla 3: Parámetros de cultivo determinados en el ensayo durante su ciclo. Tratamientos de Nutrición complementaria en Maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.

Trat.	Denominación	MSeCa V4 (kg ha ⁻¹)	Unidades Spad R2	N° Hojas Verdes R2	Roya Común del Maíz (Puccinia sorghi)	
					Severidad (%) R2 35 dda	Tamaño pústula (1-4)
T1	Testigo	875	42,7	12,0	10	2
T2	Tratado	985	45,0	12,5	10	2

V4 Corresponde al estado de 4 hojas expandidas.

R2 Corresponde a los estados de cuajado de grano.

Tabla 4: Rendimiento (kg ha⁻¹), componentes, respuesta absoluta y relativa a tratamientos de nutrición complementaria en maíz. Wheelwright, campaña 2011/12.

Trat.	Denominación	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG m ⁻²	PG x 1000	Dif con T1 (kg ha ⁻¹)	Incremento relativo (%) a T1
T1	Testigo	7325,5	2690	269		
T2	Tratado	7878,9	2876	293	553	7,6
	Efecto tratamiento P=	0,13				
	CV (%)	4,97				

NG m⁻²: número de granos m⁻² PGx 1000: Peso de mil granos.

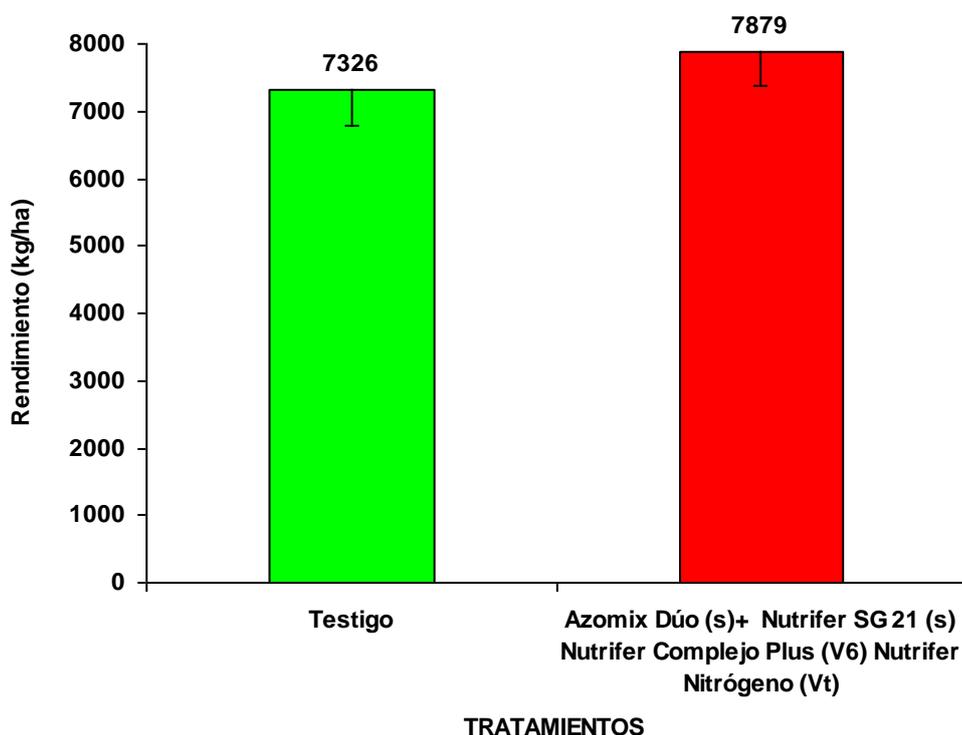


Figura 3: Producción de grano de maíz (kg ha⁻¹) según tratamientos de nutrición. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Campaña 2011/12.

Discusión y conclusiones

* El ciclo agrícola 2011/12 se caracterizó por la ocurrencia de una sequía extrema, 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.

* Los diferentes tratamientos posibilitaron cambios en parámetros intermedios de cultivo. Dentro de ellos, la materia seca acumulada en V4 fue incrementada, resultado observado en experiencias anteriores como consecuencia de la inoculación con *Azospirillum brasilense*.

* Otras variables intermedias y componentes de rendimiento que reflejaron el efecto de los tratamientos y contribuyeron a explicar los rendimientos fueron la intensidad de verde por Spad, Número de granos m⁻² y el Peso de Granos (Tablas 3 y 4)

* El reducido número de tratamientos imposibilitó manejar los grados de libertad necesarios para que las diferencias de rendimiento obtenidas fueran estadísticamente significativas (P=0,13, Tabla 4). No obstante, alcanzaron una magnitud agronómicamente relevante, de 553 kg ha⁻¹, lo que representa el 7,6 %.

* Las aplicaciones de Zn, aunque expresaron una tendencia positiva, tendrían una respuesta limitada a causa de la concentración observada en el suelo, que puede calificarse como normal.

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis propuesta –es posible incrementar los rendimientos de maíz bajo estrés hídrico mediante estrategias de nutrición no tradicionales, que incluyen el uso de promotores de crecimiento vegetal, y nutrientes sobre semilla y vía foliar-. El diseño de este experimento no busca discriminar cual es la contribución individual de cada una de estas tecnologías.

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: Pessaraki, 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 perspectivas. 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

*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.