

RESPUESTA A NITRÓGENO, AZUFRE Y ZINC EN MAÍZ DE SIEMBRA TARDÍA

DESARROLLO RURAL-UNIDAD TERRITORIAL AGRÍCOLA INTA EEA PERGAMINO

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris⁽¹⁾ y Juan Urrutia⁽²⁾

1. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Pte. Dr. Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

2. Bunge Argentina SA

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

El uso de micronutrientes ha despertado un creciente interés en la agricultura argentina, debido a la aparición de casos en los que ha permitido corregir deficiencias nutricionales de las plantas, promover un buen desarrollo de los cultivos, y mejorar el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Trinidad y Aguilar, 1999). En la Región Pampeana Argentina (RPA) son reiterados los casos en los que se han documentado respuestas positivas a su aplicación, siendo el de zinc (Zn) en maíz uno de los más frecuentes. Estos elementos pueden ser agregados de diversas maneras, i.e. sobre semilla, al suelo o por vía foliar.

Una estrategia de fertilización apropiada requiere de un diagnóstico preciso, una aplicación adecuada y un cultivo con elevada potencialidad de respuesta. En la actualidad, se han dado diversas condiciones que permiten realizar un diagnóstico más certero acerca de las expectativas de respuesta a la fertilización con microelementos. Estas incluyen la mayor difusión de análisis de suelo y tejido (Martens y Westermann, 1991), la observación de síntomas visuales a campo, y un conocimiento más amplio acerca de eventuales deficiencias regionales (Ferraris et al., 2007), el conocimiento del rol de los nutrientes en la respuesta de las plantas a condiciones de estrés (Yuncaí et al., 2008) y herramientas de medición que permiten detectar pequeñas diferencias de rendimiento a nivel de campo (Reetz, 1996; Mallarino et al., 1998).

Algunas condiciones de cultivo favorecen la aparición de respuesta, como la remoción de microelementos a través de secuencias agrícolas que ya suman muchos años, fertilizantes tradicionales con mayor pureza, a la vez de una demanda incrementada por mayores rendimientos (Girma et al., 2007). En el caso de Zinc, un bajo nivel en el suelo, bajos contenidos de materia orgánica, siembras tempranas, suelos arenosos con baja CIC, presencia de calcáreo, altos valores de pH y deficiencia inducida debido a interacciones positivas –bajo nivel de azufre- o negativas – alta fertilización fosforada- son algunas de las condiciones que favorecen la aparición de deficiencias (Ferraris, 2012).

Las frecuentes sequías y condiciones de alta temperatura en los meses de diciembre-enero han aumentado la frecuencia de maíces sembrados en fecha tardía. Los maíces de siembra tardía han experimentado una revolución en los últimos años. Algunas estimaciones indican una ocupación de hasta 70 % de la superficie total de esta especie (Fuente: Nóvitas, comunicación personal). La mayor parte de los experimentos realizados en maíz han evaluado la respuesta a Zn y otros elementos como nitrógeno (N) y azufre (S) en fechas de siembra temprana. Estos crecen en condiciones de radiación, temperatura y dinámica hídrica diferente. La prolongación del tiempo de barbecho y condiciones más favorables para la mineralización de la materia orgánica hacen presuponer una mayor oferta desde el suelo, la que sin embargo debe ser cuantificada. El objetivo de este experimento es evaluar la respuesta a N, S y Zn en un maíz de fecha de siembra tardía. Hipotetizamos que estos nutrientes, aplicado al suelo en postemergencia, incrementan los rendimientos del maíz en siembras tardías justificando un ajuste en las dosis y estrategias de fertilización.

Palabras clave: Maíz tardío, fertilización, fuentes líquidas

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un ensayo de campo en el campo experimental de la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Clase I-2 de buena productividad, sin signos de erosión ni limitantes permanentes. El experimento se sembró el 22 de Noviembre, con el cultivar Dekalb 747 VT3P, siendo

trigo/soja el antecesor. La fertilización de base para todos los tratamientos consistió en la aplicación de 45 kg ha⁻¹ de Fosfato monoamónico (11-23-0). En el ensayo, se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos. El detalle de los mismos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos de fertilización de Maíz. INTA EEA Pergamino, campaña 2012/13.*

Tratamiento	Nitrógeno	Azufre	Zinc	Fuentes
T1	-----	-----	-----	
T2	125 kg ha ⁻¹ (suelo 0-60 cm + fertilizante)	-----	-----	UAN (32-0-0)
T3	125 kg ha ⁻¹ (suelo 0-60 cm + fertilizante)	15 kg ha ⁻¹	-----	SolMix (28-0-0-S5,2)
T4	150 kg ha ⁻¹ (suelo 0-60 cm + fertilizante)	-----	-----	UAN (32-0-0)
T5	150 kg ha ⁻¹ (suelo 0-60 cm + fertilizante)	15 kg ha ⁻¹	-----	SolMix (28-0-0-S5,2)
T6	150 kg ha ⁻¹ (suelo 0-60 cm + fertilizante)	15 kg ha ⁻¹	1,5 kg ha ⁻¹	SolMix Zn (28-0-0 S5,2 Zn1)

Las fuentes utilizadas fueron UAN (32-0-0, densidad 1,32), tiosulfato de amonio (12-0-0-S26, densidad 1,32) y Solución de sulfato de Zn al 20 %. Todas se aplicaron en una línea sobre el suelo, en medio del entresurco, en postemergencia muy temprana (V2). Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de Materia orgánica elevado, medio a alto de P y bajo de S. La acumulación de N es alta, reflejando valores normales para la época del año en la región. El Zn representa un valor medio, con el lógico incremento entre los meses de setiembre y noviembre. Las bases de cambio presentan un valor normal.

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

Prof	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-40) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
Perg 0-20	5,5		3,34	0,167	22,8	23,8 – 12,5	110,6	4,9
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zinc Setiembre	Zinc Diciembre	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Perg 0-20	184	719	1725	0,95	1,07	1,60	117	0,64

En floración plena (R2) se determinó la cobertura, altura y vigor de plantas, así como 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. 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.

Descripción climática de la campaña

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico del sitio durante el ciclo de cultivo. Las precipitaciones fueron escasas (Figura 1) y acompañadas de temperaturas extremadamente altas en las primeras etapas de cultivo, durante el mes de diciembre. Las

lluvias regresaron hacia enero, y fueron históricamente elevadas en febrero. El cultivo soportó estos eventos extremos gracias a que el sitio ocupaba posiciones altas en el relieve. La abundante nubosidad y su consecuente caída en la Heliofanía y cociente fotothermal de febrero no pareció afectar los rendimientos (Figura 2).

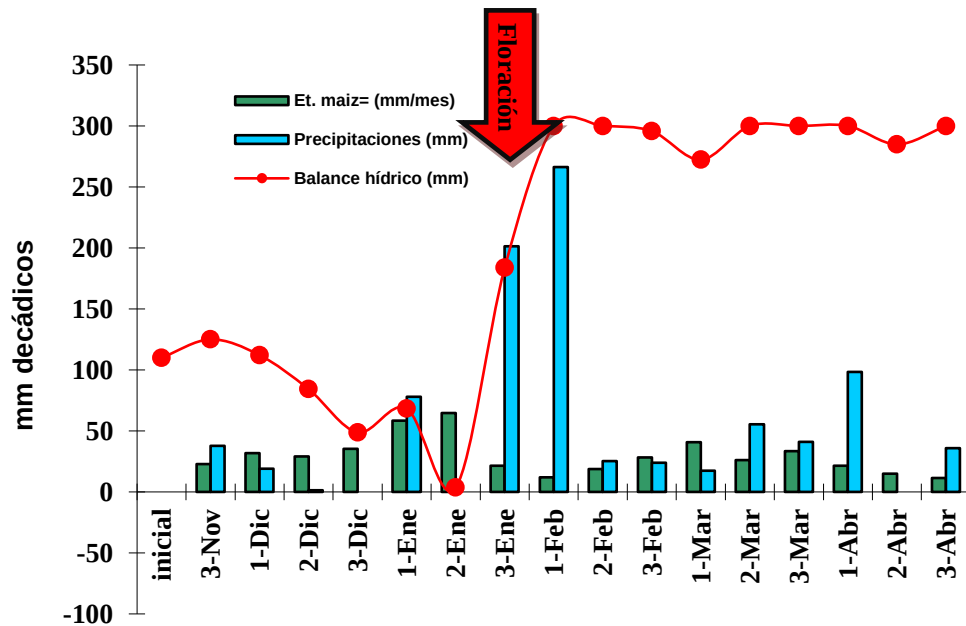


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en el sitio experimental. Pergamino, Bs As. Agua disponible inicial en el suelo (200 cm) 110 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 901,7 mm. Déficit acumulado de evapotranspiración 0 mm.

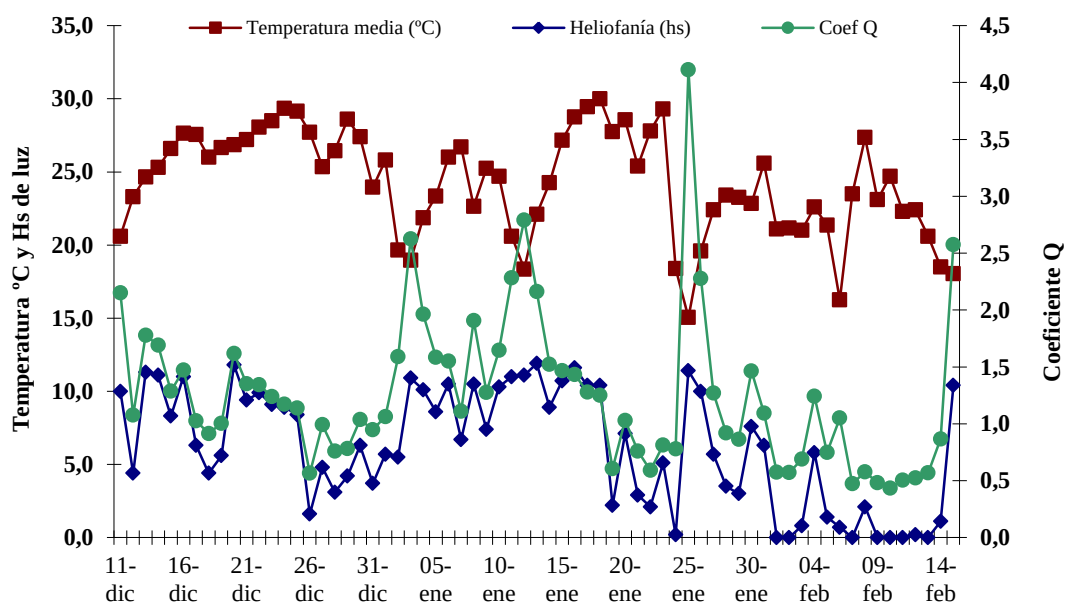


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de Diciembre – 15 de Febrero. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2013/14.

RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los resultados de rendimiento y otras variables medidas en el experimento:

Tabla 3: Parámetros morfológicos de cultivo durante el período crítico: hojas fotosintéticamente activas, índice de vigor, altura de planta, intercepción, intensidad de verde determinado mediante lecturas Spad y componentes numéricos del rendimiento. Fertilización en Maíz tardío. Pergamino, campaña 2013/14.

Trat	Descripción Dosis N (kg/ha)	Hojas activas R2	Vigor R5	Altura planta (cm)	Cobertura Intercepci ón (%) R2	Spad R5	Rend (kg/ha)	NG	PG (g)
T1	Testigo absoluto	11,0	3,4	233,5	92,5	38,2	10733		
T2	N125	12,8	3,6	238,0	96,0	50,2	13092		
T3	N125 S15	12,3	3,6	240,0	96,8	49,0	13908		
T4	N150	13,0	3,7	235,5	97,0	50,8	14367		
T5	N150 S15	14,0	3,8	239,0	98,0	53,3	14454		
T6	N150 S15 Zn1,5	12,8	3,7	233,5	98,0	52,5	14683		
Correlación (r^2 vs rendimiento)		0,69	0,91	0,11	0,98	0,92			
Tratamiento (P=)							0,000		
CV (%)							3,0		

El nivel de Zn en suelo fue monitoreado al momento de la siembra temprana y tardía, una vez elegido el sitio experimental, y luego previo a la fertilización. En la presente campaña, se verificó un aumento en la concentración que fue menor al observado en la campaña precedente. Es probable que recién en diciembre las temperaturas reinantes provoquen un cambio contrastante en la disponibilidad de Zn, en comparación con los valores de primavera (Figura 2).

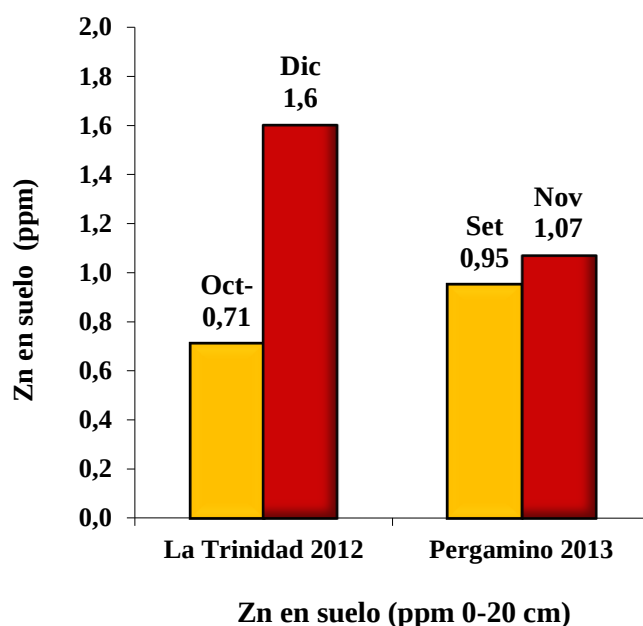


Figura 3: Concentración de Zinc en suelo (mg kg^{-1} 0-20 cm) para tratamientos testigo, en dos momentos de la estación de crecimiento. La Trinidad, General Arenales, Campaña 2012/13 y Pergamino, Campaña 2013/14. Materia orgánica en suelo 3,92 y 3,34 %, respectivamente.

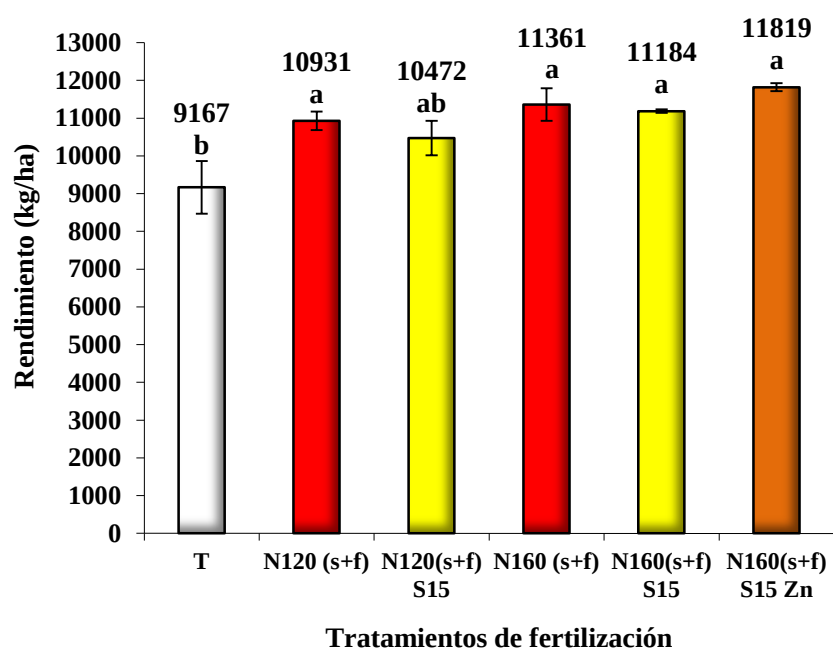


Figura 4: Rendimiento de grano de maíz (kg ha^{-1}) según dosis de fertilizantes nitrogenados, azufre y zinc a la siembra. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. La Trinidad, General Arenales, Campaña 2012/13.

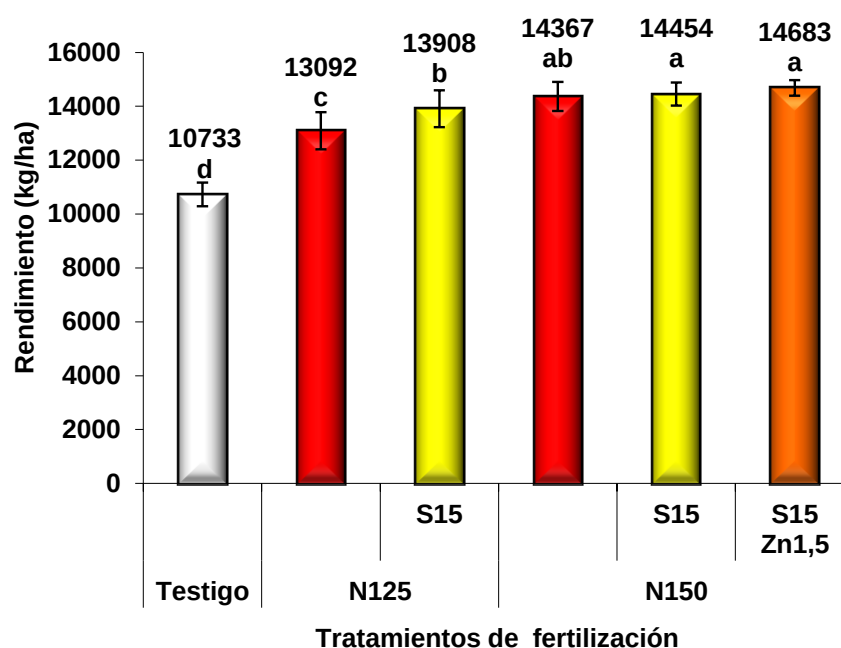


Figura 5: Rendimiento de grano de maíz (kg ha^{-1}) según dosis de fertilizantes nitrogenados, azufre y zinc a la siembra. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media. Pergamino, Campaña 2013/14.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

* El ambiente climático fue favorable para el maíz tardío, gracias al retorno de las precipitaciones en enero y febrero en un sitio poco expuesto al exceso hídrico (Figura 1). La baja luminosidad a consecuencia de la continuidad en las lluvias fue un factor secundario que no impidió alcanzar altos rendimientos (Figura 2).

* La productividad media fue de 13540 kg ha^{-1} , abarcando un rango entre 10733 y 14683 kg ha^{-1} . El potencial alcanzado fue propio de un maíz temprano, alcanzando un techo poco conocido hasta el momento para los cultivos de siembra tardía (Tabla 3).

* Se registró un aumento en la concentración de Zn en suelo en el intervalo setiembre-noviembre, que sin embargo no alcanzó el incremento observado entre octubre y diciembre del ciclo anterior (Figura 3). Este aumento es consecuencia del cambio en las temperaturas medias de suelo y aire, el cual se acelera de manera más marcada en diciembre.

* Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,000$; $CV=3,0\%$)(Tabla 5). La fertilización con N, el aumento en la dosis hasta N150 y el agregado aditivo de S en la dosis de N125 incrementaron significativamente los rendimientos (Figura 5). En cambio, la comparación N150S15 vs N150 y N150S15 Zn vs N150 S15 mostraron una tendencia positiva pero leve y no significativa. El maíz tardío es considerado un cultivo eficiente y con bajo potencial de respuesta a la fertilización. Sin embargo, si el rendimiento alcanzado es muy alto la expectativa de respuesta sería similar a la observada en un maíz de siembra temprana.

* Los resultados de esta campaña difieren con los observados en un experimento de la campaña anterior, donde se verificó respuesta a Zn pero no a S (Figura 4). Es evidente que cada sitio debería ser ajustado de manera independiente en base a las características de suelo, clima y rendimiento potencial, sin poder delinear una tendencia común a fecha de siembra y nutriente en particular.

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis propuesta. Si el cultivo de maíz conserva elevado potencial de rendimiento en fechas tardías, es capaz de responder positivamente al agregado de N, S y Zn de un modo comparable al observado en fechas tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

* Ferraris, G. y L. Couretot. 2007. Evaluación de diferentes dosis y momentos de aplicación de nitrógeno y su interacción con fuentes líquidas utilizando fuentes líquidas en el norte de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2006/07. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 136-146.

*Ferraris, G. y L. Couretot. 2012. Respuesta del maíz a dosis crecientes de nitrógeno utilizando fuentes líquidas en combinación con inhibidores de la nitrificación. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2012. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas (en prensa).

*González, M. 2000. First Report of Virulence in Argentine Populations of *Puccinia sorghi* to Rp Resistance Genes in Corn. Plant Diseases Vol 84:921.

*Peterson, R.F.; F.A. Campbell; A.E. Hannah. 1948. A diagramatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. Canadian Journal Research 26: 496-500.

* Ritchie, S. and J. Hanway. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Disponible on line www.iastate.edu

* Trenkel, M.E. 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture.151 p