FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA CON NITRÓGENO Y FÓSFORO 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. síntomatología 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 (Yuncai 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).

El objetivo de este ensayo fue evaluar la respuesta del Maíz al agregado de un fertilizante foliar que contiene Nitrógeno y Fósforo. Hipotetizamos que la aplicación de dosis pequeñas de nutrientes bajo formas químicas de fácil asimilación, mejoran diversos parámetros de cultivo y con ello su rendimiento.

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 nueve tratamientos, cuya descripción se presenta en la Tabla 1. El fertilizante aplicado se denomina Zetrix (7-1-0), de Laboratorios Nova, especialmente formulado para gramíneas, del cual se combinaron dosis, momentos de aplicación y el uso de coadyuvantes. En todos los tratamientos se utilizó junto al fertilizante foliar el coadyuvante Biodox (alcohol graso etoxilado 48 %) a la dosis de 75 ml ha^{-1}.

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

Tratamientos	Denominación de la Fuente	Estadío de Aplicación	Dosis (ml/ha)
T1	**Testigo**		
T2	**Zetrix**	V6 (6 hojas expandidas)	200
T3	**Zetrix**	V9 (9 hojas expandidas)	200
T4	**Zetrix**	Vt (Floración masculina)	200
T5	**Zetrix**	V6 + Vt	200 + 200
T6	**Zetrix**	V6	300
T7	**Zetrix**	V9	300
T8	**Zetrix**	Vt	300
T9	**Zetrix**	V6 + Vt	300 + 300

Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo del sitio experimental, el cual se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: *Análisis de físico-químico de suelo a la siembra.*

Identificación	La Trinidad					
Prof cm	0-20		20-40		**Humedad suelo (siembra)**	**Condición física**
Muestras Nº	11055		11056			
pH	6	medio			muy seco	levemente compactado y huelleado
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 botalón 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 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3: *Estado del cultivo al realizar la aplicación.*

Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
V6	2-ene	V6	65	40
V9	16-ene	V9	115	80
Vt	29-dic	Vt	200	95

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
V6	H	H	24,3	64	4,6 NNENE	0	0
V9	H	H	25,0	66	10,3 NNENE	4	0
Vt	S	H	26,8	63	11,4 NNNE	1	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 fueros 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).

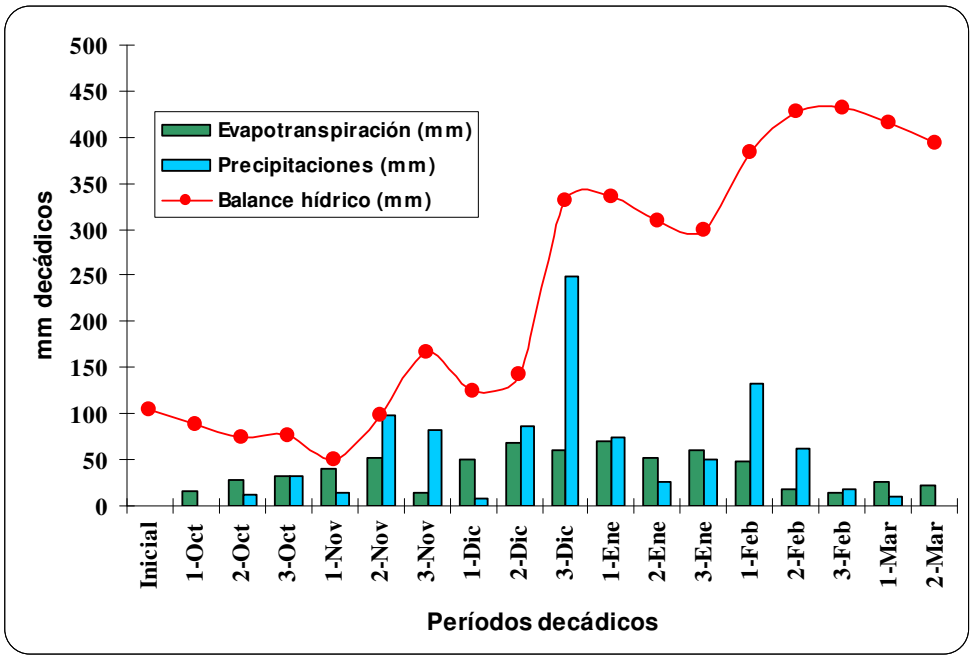

Figura 1: *Precipitaciones decádicas acumuladas (mm) en el sitio experimental. Colón, (Bs As), campaña 2009/10. Precipitaciones totales 970 mm.*

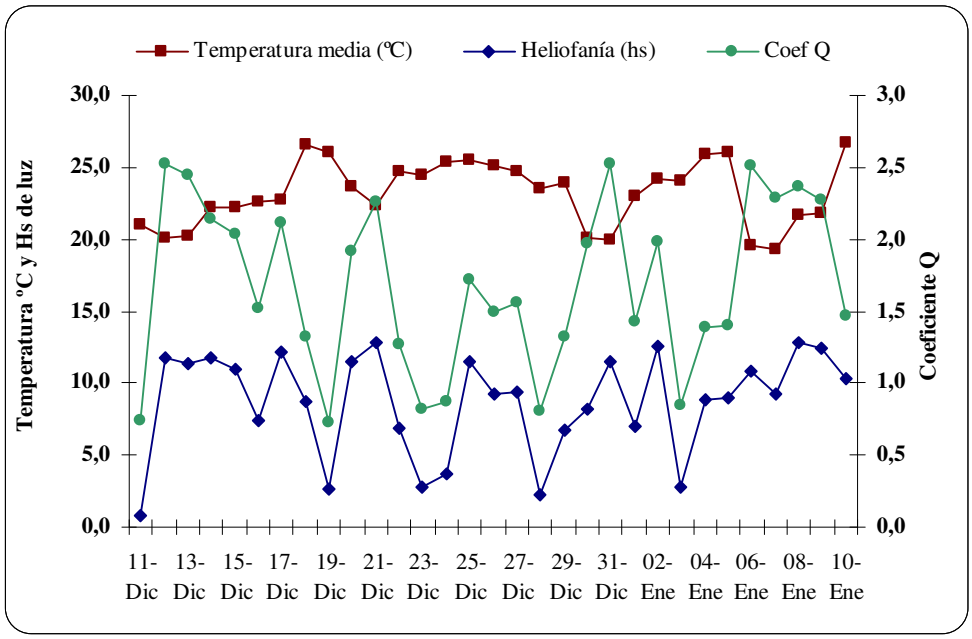

Figura 2: *Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (ºC) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Colón, (Bs As), campaña 2009/10.*

Resultados y discusión

En la Tabla 5 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. Por otra parte, las parcelas de mayor rendimiento se correspondieron con altos valores de Spad, como sucedió en T2, T3 y T8.

Las diferencias de rendimiento con relación al testigo fueron sutiles en la mayor parte de los tratamientos, y no significativas (P=0,48; CV=10,1) (Figura 3). La respuesta a la práctica, como media de todos los tratamientos, alcanzó a 305 kg ha^{-1}. El de mejor comportamiento fue T3 (Zetrix 200 ml ha^{-1} en V9). El estado V9 se encuentra comprendido en la etapa de absorción lineal de N, y es cercano al inicio del período crítico. Es evidente que un incremento en la tasa de crecimiento en este momento fenológico impactará en el NG, y con ello en el rendimiento.

Tabla 5: *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	Indice de Vigor R1	Unidades Spad R2	NG	PG	PH
T1	**Testigo**	No	3,0	48,9	3617	306	67,9
T2	**Zetrix 200 cc/ha en V6**	No	3,1	50,7	3687	320	73,1
T3	**Zetrix 200 cc/ha en V9**	No	3,6	49,1	3741	325	69,1
T4	**Zetrix 200 cc/ha en Vt**	No	3,2	44,4	3635	282	70,5
T5	**Zetrix 200 cc/ha en V6 y Vt**	No	3,5	45,2	3597	296	75,9
T6	**Zetrix 300 cc/ha en V6**	No	3,6	44,5	4015	308	74,7
T7	**Zetrix 300 cc/ha en V9**	No	3,1	44,4	3619	295	67,9
T8	**Zetrix 300 cc/ha en Vt**	No	3,8	48,4	3755	324	69,8
T9	**Zetrix 300 cc/ha en V6 y Vt**	No	4,1	46,5	3813	292	66,7

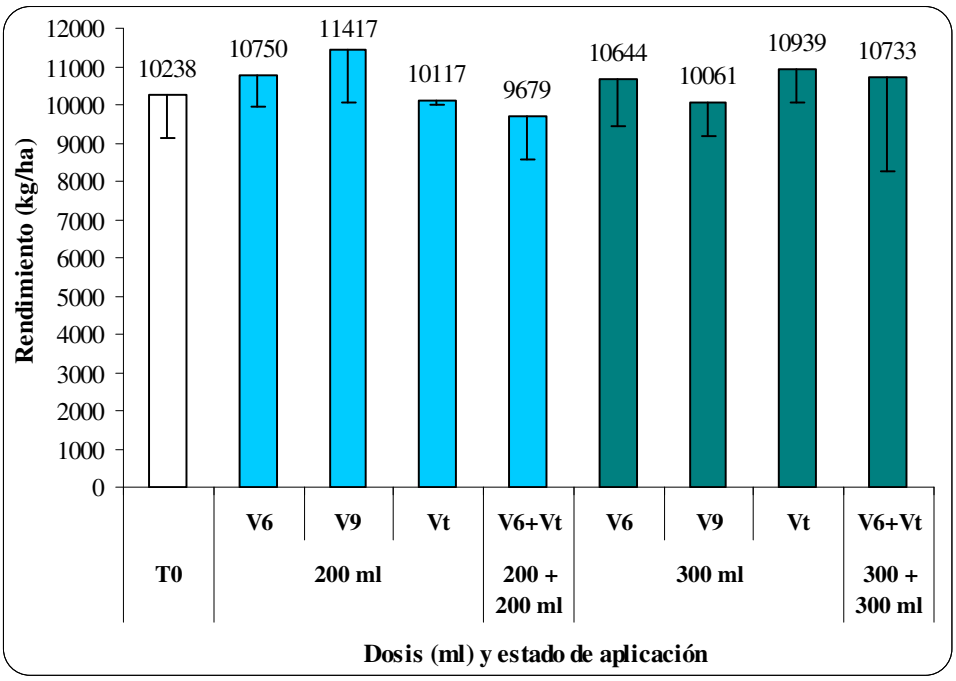

Figura 3: *Rendimiento (kg ha^{-1}) como resultado de diferentes dosis y momentos de aplicación de un fertilizante foliar nitrógeno-fosforado en maíz. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. La Trinidad, Campaña 2009/10.*

La dosis de 200 ml ha^{-1} fue suficiente para alcanzar el rendimiento máximo (Figura 4.a). Entre los estadíos de aplicación, los tempranos (V6, V9) parecieran ser los más favorables, atento a que los componentes de rendimiento aun pueden ser incrementados (Figura 4.b). Apoyando esta hipótesis, el NG mostró un relación positiva de alto ajuste con los rendimientos (Figura 5). Dobles aplicaciones de producto no estarían justificadas, si se tiene en cuenta estos resultados. No obstante, la respuesta en este ensayo es pequeña como para hacer comparaciones entre estrategias de momentos-dosis, las cuales podrán ser más precisas en experimentos donde el efecto de tratamiento sea de mayor magnitud.

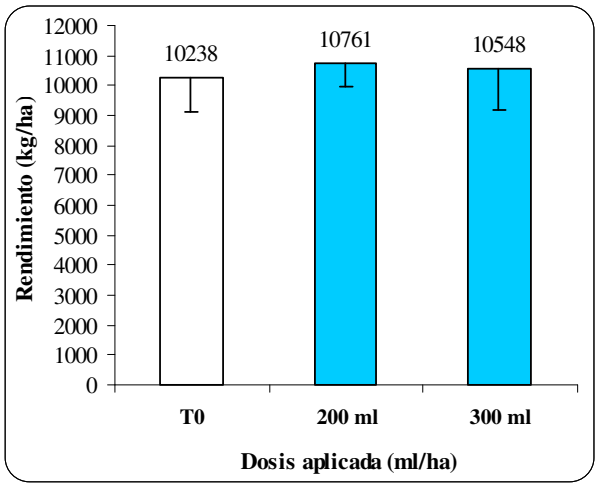

Figura 4.a

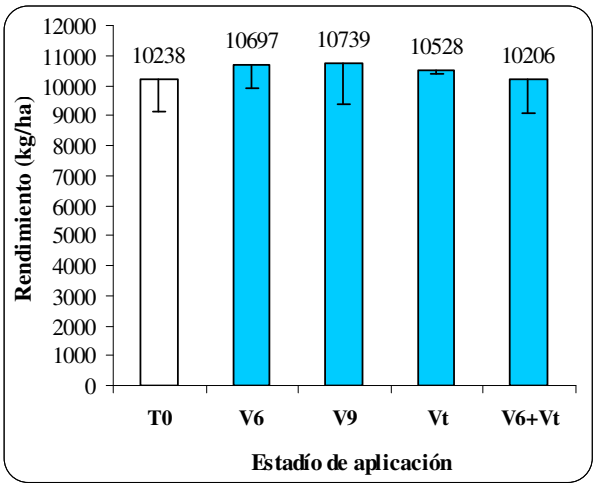

Figura 4.b

Figura 4: *Contraste para rendimiento entre a) dosis y b) estadíos de aplicación de un fertilizante foliar nitrógeno-fosforado en maíz.*

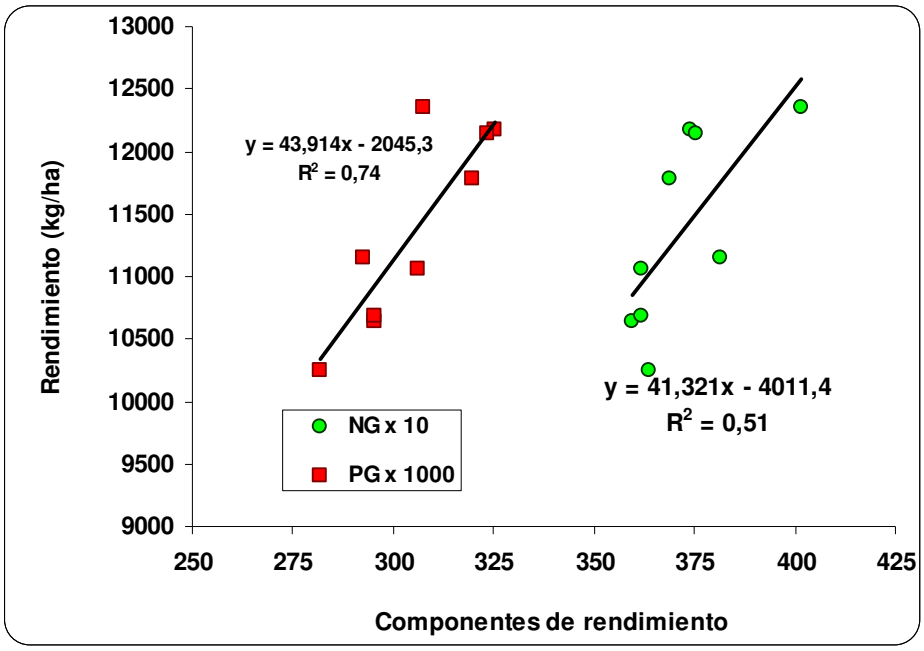

Figura 5: *Relación positiva entre los rendimientos y sus componentes, número (NG) y peso (PG) de los granos.*

Conclusiones:

El fertilizante foliar evaluado permitió incrementar moderadamente los rendimientos, siendo la diferencia media sobre el testigo de 305 kg ha^{-1}.

La dosis de 200 ml ha^{-1} fue suficiente para obtener el rendimiento máximo, siendo preferibles los estadíos tempranos de aplicación (V6-V9), a causa de que permiten mejorar anticipadamente el vigor y la intensidad de verde, reflejo de un mayor contenido de nitrógeno y actividad fotosintética. Esto produjo incrementos en el número de granos, los cuales se asociaron positivamente con los rendimientos.

Dada la acotada magnitud de respuesta, es necesario ampliar la base experimental antes de sacar conclusiones definitivas sobre la práctica y su posicionamiento en cuanto a momento y dosis de uso.

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 epigean nutrition of grapevines. pp. 205-21 1. 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 perspectivas. pp. 170-192. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering AgrochemicalDivision. 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

*Yuncai 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.