

MOMENTO DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE CULTIVOS DE MAÍZ EN HAPLUDOLES TÍPICOS

MIRIAN BARRACO¹ & MARTÍN DÍAZ-ZORITA²

¹EEA INTA General Villegas, CC 153 (6230) Gral. Villegas, Buenos Aires, Argentina mbarraco@correo.inta.gov.ar

²CONICET, Cátedra de Cerealicultura, Universidad Nacional de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417) Cdad. de Buenos Aires, Argentina y Nitragin Argentina SA, Parque Industrial Pilar, Calle 10 y 11 (1630) Pilar, Buenos Aires, Argentina. mdzorita@agro.uba.ar

Recibido: 13/03/05

Aceptado: 12/08/05

RESUMEN

La producción de maíz (*Zea mays* L.) en la región de la Pampa Arenosa está parcialmente limitada por la oferta de N del suelo. Si bien es frecuente la fertilización con N, la información en cuanto a los niveles críticos de respuesta y momentos de aplicación del N no es abundante. Nuestro objetivo fue determinar el momento conveniente para la fertilización con N en maíz y cuantificar la relación entre la respuesta del cultivo y algunos indicadores edáficos y de cultivo para su diagnóstico. En las campañas 2001 a 2003 se establecieron 4 sitios experimentales en Hapludoles Típicos en los que se evaluaron 7 tratamientos en un estudio factorial con 2 factores: (a) Dosis de fertilización con urea (0,0; 37,5; 75,0 ó 150,0 kg ha⁻¹ de N) y (b) momento de aplicación (siembra o estadio de 6 hojas desplegadas). La producción de grano varió entre 5.023 y 14.757 kg ha⁻¹. No se observaron interacciones entre dosis y momentos de fertilización con N. Tampoco se detectaron diferencias en los rendimientos entre momentos de aplicación pero sí entre las dosis aplicadas. El 90% de los rendimientos máximos se alcanzaron con niveles de N disponible ($N_{\text{suelo siembra}} + N_{\text{fertilizante}}$) superiores a 142 kg ha⁻¹ en la capa de 0 a 60 cm de profundidad. La intensidad de coloración verde de las hojas en estadios vegetativos contribuyó a distinguir entre tratamientos con y sin aplicación de N pero fue insuficiente para su utilización como herramienta de diagnóstico de necesidades de fertilización. En Hapludoles Típicos de la región de la Pampa Arenosa la corrección de necesidades de N para maximizar los rendimientos de maíz requiere de un correcto diagnóstico a partir del análisis de suelo y la aplicación de N indistintamente en el momento de la siembra o en estadios de desarrollo vegetativo.

Palabras clave. Región Pampeana - Cereales - Urea - Fertilidad de suelos - Cero Labranza - N suelo.

NITROGEN FERTILIZATION TIMING FOR CORN CROPS IN TYPIC HAPLUDOLLS

ABSTRACT

In the sandy Pampas region, corn (*Zea mays* L.) grain yield is partially regulated with soil N availability levels. Although N fertilization is a common practice, available information on N fertilizers efficiency use is scarce. Our objective was to evaluate the effects of N fertilization timing on corn yield and how these effects are related to soil properties. In Typic Hapludolls located in the northern part of the sandy Pampas region, 4 field essays were performed from 2001 to 2003. Seven treatments were arranged in a factorial design with 2 main factors: (a) Urea fertilization with 0.0, 37.5, 75.0 or 150.0 kg ha⁻¹ and (b) fertilization timing (at planting or at the 6 leaves vegetative stage). Grain yields varied between 5023 and 14757 kg ha⁻¹. No significant interactions between N fertilization rates and fertilization timing were found. Obtained results did not show differences between N fertilization at planting or during vegetative growth. Ninety percent of the maximum grain yields were achieved when available N levels ($N_{\text{soil at planting}} + N_{\text{fertilizer}}$) was greater than 142 kg ha⁻¹ in the 0 to 60 cm soil layer. The green color intensity of the upper leaves only discriminated between crops with and without N fertilization, but it was not adequate for N diagnosis. It is concluded that in Typic Hapludolls from the sandy Pampas region, fertilizer N requirements can be predicted on the basis of soil N measurements. N fertilizers could be applied both at planting or during vegetative growth stages.

Key words. Pampas Region - Cereals - Urea - Soil Fertility - No Tillage - Soil N.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de N en la Región Pampeana es uno de los factores edáficos que con mayor frecuencia, y en condiciones de adecuada disponibilidad hídrica, restringe el logro de altos rendimientos en grano de maíz (*Zea mays* L.). La respuesta del cultivo a las aplicaciones de N depende de factores edáficos, climáticos y de manejo (Quiroga *et al.*, 2003). En sistemas de cero labranza,

la menor mineralización de la materia orgánica y la inmovilización generada por los residuos acentúa esta deficiencia nutricional (Rice & Smith, 1984).

En cuanto al momento de aplicación del fertilizante Ferrari *et al.* (2001) no detectaron diferencias significativas entre aplicaciones a la siembra o en el estadio de v6 (6 hojas desplegadas) de los cultivos en Argiudoles del norte de Buenos Aires, mientras que aplicaciones en

v6 resultaron en mayores rendimientos en Hapludoles. Gudelj *et al.* (2004), luego de 3 años de evaluaciones en Argiudoles Típicos (serie Marcos Juárez) encontraron lotes con una mejor eficiencia en la utilización del N aplicado en v6 respecto del aplicado en el momento de la siembra, lo que sugiere pérdidas por lavado o lixiviación debido a las precipitaciones ocurridas entre siembra y estadios de v6 de los cultivos. Estas diferencias se acentuaron a medida que se incrementaron las precipitaciones en este período. Si bien en la región de la Pampa Arenosa es frecuente la recomendación de correcciones de necesidades nitrogenadas de maíz durante estadios vegetativos de desarrollo del cultivo, la información disponible en cuanto al momento óptimo de aplicación de esta práctica de fertilización no es abundante.

La elaboración de métodos de diagnóstico de necesidades de fertilización con N permite establecer umbrales y discriminar entre sitios con diferente probabilidad de respuesta a esta práctica. Si bien, la determinación del contenido de $N-NO_3^-$ en el suelo al momento de la siembra es utilizado frecuentemente como método de diagnóstico en la Región Pampeana (Novello *et al.*, 1985; Gambaudo & Fontanetto, 1996), resulta de poca utilidad en condiciones de altas pérdidas de N por lixiviación o de abundante producción por mineralización (Bock *et al.*, 1992).

La determinación de $N-NO_3^-$ en estadios de v6 es uno de los métodos de diagnóstico más utilizado ya que representa no sólo la oferta de N mineral presente a la siembra del cultivo sino también los aportes por mineralización y pérdidas de N durante las primeras etapas del cultivo (Andrade *et al.*, 2002). En el noroeste bonaerense, Díaz-Zorita & Duarte (1997) encontraron una estrecha relación entre los rendimientos de maíz y el N disponible (N en el suelo en estadios de v6 más N aplicado como fertilizante). En el norte de Buenos Aires, Ruiz *et al.* (1997) sugirieron que en suelos con más de 140 kg N ha^{-1} disponible (N suelo + N fertilizante) es poco probable detectar aumentos en los rendimientos de maíz. El contenido de clorofila foliar se relaciona positivamente con la concentración de N en las hojas estimando el estado de nutrición nitrogenada del cultivo (Wolfe *et al.*, 1989) y podría emplearse como método alternativo de diagnóstico de necesidades de fertilización nitrogenada. Su evaluación puede realizarse empleando metodologías no destructivas y rápidas tales como con el medidor de intensidad de coloración verde de las hojas siendo sus valores utilizados para discriminar entre sitios según su probabilidad de respuesta al agregado de N (Piekielek & Fox, 1992).

Los suelos predominantes en el área de producción típica de maíz dentro de la región de la Pampa Arenosa son clasificados como Hapludoles y se caracterizan por presentar una alta permeabilidad por lo que en condicio-

nes de altas precipitaciones las aplicaciones en estadios de v6 serían más eficientes en cuanto al momento de fertilización nitrogenada en cultivos de maíz. En coincidencia, la estimación del estado de nutrición nitrogenada del cultivo por su coloración verde y de la oferta edáfica de N por evaluaciones de $N-NO_3^-$ ayudaría a seleccionar entre ambientes con diferente potencial de respuesta a la fertilización con N.

El objetivo de este estudio fue determinar el momento conveniente para la fertilización nitrogenada en cultivos de maíz en la región de la Pampa Arenosa y cuantificar la relación entre la respuesta del cultivo y algunos indicadores edáficos y de cultivo para su diagnóstico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante las campañas 2001-2, 2002-03 y 2003-4 en el Campo Experimental de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de General Villegas ($34^{\circ}54' \text{ S}$, $63^{\circ}44' \text{ W}$) en Drabble (Buenos Aires, Argentina). Los suelos fueron clasificados como Hapludoles Típicos franco arenosos y anualmente se sembraron cultivos de maíz en sistemas de cero labranza a razón de $4,5 \text{ semillas m}^{-2}$ y con un distanciamiento entre hileras de $0,52 \text{ m}$ (Tabla 1).

En cada campaña se evaluaron siete tratamientos de fertilización nitrogenada con dos factores (i) momento de aplicación (siembra o estadio de v6) y (ii) dosis de fertilización con N (0, 37,5, 75,0 o $150,0 \text{ kg N ha}^{-1}$) dispuestos en un diseño en bloques con tres repeticiones y parcelas de $31,2 \text{ m}^2$ de superficie. En ambos momentos de fertilización se empleó urea (46-0-0) esparcida en superficie ("al voleo").

En el momento de la siembra y en estadios de v6 de los cultivos, se determinaron los contenidos de $N-NO_3^-$ en capas de 20 cm de espesor hasta los 60 cm de profundidad (Método del ácido fenoldisulfónico). Asumiendo una densidad aparente media de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ para cada una de las capas evaluadas se estimó la cantidad de N disponible en kg ha^{-1} . En estadios de v6 y en plena floración de los cultivos se midió, en 10 plantas por parcela, la intensidad media de coloración verde (Lecturas con clorofilómetro SPAD Minolta®) de la hoja superior desplegada y en la de la espiga, respectivamente. Esta evaluación se realizó solamente en las dos campañas iniciales del estudio.

La producción de grano se determinó por cosecha y trilla manual de 5 m^2 por parcela en estadios de madurez fisiológica de los cultivos, expresándose los resultados con contenidos de 140 g kg^{-1} de humedad de los granos.

Los registros pluviométricos se obtuvieron de la estación agrometeorológica de la EEA INTA General Villegas distante 5.000 m de los sitios experimentales (Tabla 4). En todos los sitios se registraron condiciones ambientales normales para la región con precipitaciones entre 8 y 26 mm en los primeros 10 días posteriores a la aplicación de los fertilizantes (siembra o v6).

Los resultados de cada sitio se analizaron independientemente por ANVA y prueba de diferencias de medias (LSD < 0,05)

Tabla 1. Propiedades edáficas (0-20 cm) y prácticas de manejo en los sitios estudiados.

Table 1. Mean soil properties (0-20 cm) and main crop management practices on the studied sites.

	SITIO			
	A	B	C	D
Años de agricultura	6	7	1	8
Cultivo antecesor	Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	Soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merril)	Rye grass (<i>Lolium</i> sp.)	Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.)
Híbrido	DK696	DK696	Chalten	AX884
Fecha siembra	16 octubre 2001	31 octubre 2002	5 noviembre 2002	20 octubre 2003
MO (g kg ⁻¹)	18,5	21,0	23,4	26,3
P Bray Kurtz 1 (mg kg ⁻¹)	18,4	22,4	19,8	16,0
N-NO ₃ ⁻ (kg ha ⁻¹)	39,3	45,0	34,5	52,2

Tabla 2. Intensidad de coloración verde (lecturas Minolta SPAD®) de hojas superiores de maíz en estadio de v6 según niveles de fertilización con N en la siembra. Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias significativas (p<0,05) entre dosis de N.

Table 2. Green color intensity (Minolta SPAD® units) of corn upper leaves at the v6 growing stage depending on N fertilization rates at planting. Different letters shows significant differences between N rates.

Dosis de N (kg/ha)	Sitio		
	A	B	C
0,0	41,3 b	45,0 b	46,8 b
37,5	42,7 a	48,2 a	50,7 a
75,0	42,9 a	48,9 a	49,6 a
150,0	43,5 a	48,8 a	50,7 a

protegida con Statistix ver 8,0 (Analytical Software, 2003). Para el análisis conjunto de la información se emplearon índices relativos de producción de grano (RR) y de lecturas de intensidad de verdor (RRSPAD), considerando a cada sitio como repetición. En ambos casos, se consideró el cociente entre la lectura de cada tratamiento y el máximo obtenido en cada sitio experimental. Además se realizaron análisis de regresión, ajustes cuadráticos y lineal-meseta entre las variables edáficas y de producción de los cultivos.

RESULTADOS

Determinaciones durante el estadio de v6

Los niveles de N-NO₃⁻ del suelo determinados en estadios de v6 de los cultivos variaron entre 16 y 145 kg

ha⁻¹ con diferencias entre sitios experimentales y dosis de N aplicadas. En todos los casos, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la siembra de los cultivos incrementó significativamente los niveles de nitratos con respecto al tratamiento control sin fertilización (Figura 1). A partir del ajuste lineal entre las dosis aplicadas de N y los niveles extraídos en los 60 cm superficiales de los suelos se observó que en promedio la recuperación aparente del N del fertilizante, sin considerar el consumo del cultivo, sería de aproximadamente el 52% (Figura 1).

La intensidad media de coloración verde de las hojas en estadios de v6 varió entre 41,3 y 50,7 unidades SPAD® y fue significativamente mayor en los tratamientos fertilizados que en el tratamiento control. La información disponible no permitió detectar diferencias significativas en coloración verde de los cultivos entre tratamientos de fertilización (Tabla 2).

Determinaciones durante la floración de los cultivos

La intensidad de coloración verde de las hojas de la espiga varió entre 49,6 y 61,1 unidades SPAD® mostrando diferencias entre sitios y dosis de N aplicadas en la siembra (datos no presentados). Esta variable fue mayor en los tratamientos fertilizados que en el tratamiento control sin fertilización y se relacionó positivamente con las dosis de N aplicadas en el momento de la siembra. En promedio, se observó una estrecha relación entre la intensidad media de coloración verde de las hojas de la espiga en floración y la disponibilidad de N estimada en estadios vegetativos. La coloración verde de las hojas aumentó a razón de 0,077 unidades SPAD por cada unidad adicional de N disponible ($N_{\text{suelo}} + N_{\text{fertilizante}}$) hasta los 85,0 kg N ha⁻¹ (Figura 2).

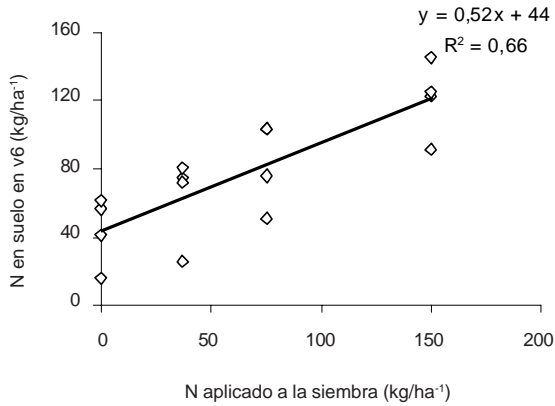


Figura 1. Relación entre el N-NO₃⁻ (0-60 cm) disponible en estadio de v6 de los cultivos de maíz y la dosis de N aplicada al momento de la siembra.

Figure 1. Relationship between available N levels at the v6 growing stage and N applied at sowing.

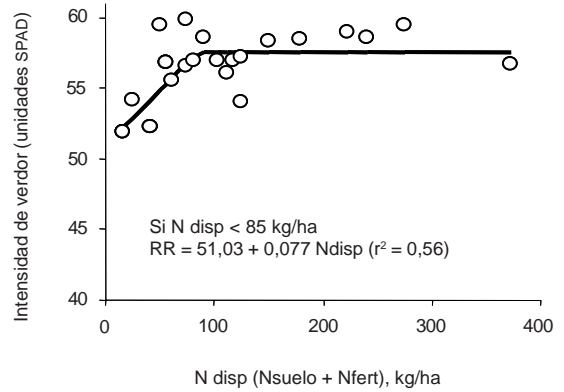


Figura 2. Relación entre la intensidad de coloración verde de hojas de la espiga en estadios de floración de maíz y niveles de N disponible en estadios de v6.

Figure 2. Relationship between green color intensity of spikes leaves of corn crops at flowering and available N levels at the v6 growing stage.

No se detectaron interacciones significativas entre momentos y dosis de fertilización nitrogenada para la variable de intensidad relativa de coloración verde de las hojas de la espiga en estadios de floración ($p < 0,64$).

En promedio para las dosis evaluadas, tampoco se registraron diferencias entre momentos de aplicación del N ($p > 0,58$) pero sí efectos significativos entre dosis de fertilización sobre esta variable ($p < 0,01$).

Producción de grano

La producción media de grano varió entre 5.023 y 14.757 kg ha⁻¹ mostrando diferencias entre sitios experimentales y tratamientos de fertilización nitrogenada (Tabla 3). En general, se observaron mayores rendimientos en las campañas 2001-2 y 2002-3 como consecuencia de mayores precipitaciones durante el ciclo de los cultivos (Tabla 4). No obstante las bajas precipitaciones ocurridas en la campaña 2003-4 la respuesta relativa del cultivo a la fertilización nitrogenada fue altamente significativa.

Las precipitaciones entre la siembra y el estadio de v6 fueron de 253, 152 y 68 mm para las campañas 2001, 2002 y 2003, respectivamente. No obstante, las diferencias en respuestas a la fertilización nitrogenada en la siembra o en v6 no se relacionaron con esta variable.

La información disponible a partir del análisis combinado de los rendimientos en grano relativos al máximo

Tabla 3. Producción de grano de maíz según dosis y momentos de fertilización con N. Letras diferentes en sentido vertical muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre dosis de N.

Tabla 3. Corn grain yield according to N fertilization rate and timing. Different letters shows significant differences between N rates.

Sitio	Dosis de N	Momento de fertilización	
		Siembra	v 6
(kg ha ⁻¹)			
A	0,0	10.116 b	
	37,5	9.744 b	12.133 ab
	75,0	10.886 b	13.487 a
	150,0	13.704 a	11.100 b
B	0,0	10.292 c	
	37,5	11.353 bc	12.535 abc
	75,0	12.821 abc	12.651 abc
	150,0	14.757 a	13.456 ab
C	0,0	12.243 b	
	37,5	14.307 a	11.993 b
	75,0	13.101 ab	14.383 a
	150,0	13.219 ab	12.844 ab
D	0,0	5.023 d	
	37,5	5.550 cd	7.871 b
	75,0	7.519 bc	8.058 b
	150,0	10.835 a	10.801 a

Tabla 4. Precipitaciones mensuales (mm) en Drabble (Buenos Aires, Argentina) durante el ciclo de producción de los cultivos de maíz.

Table 4. Monthly rainfall (mm) during the corn growing seasons in Drabble (Buenos Aires, Argentina).

Campaña	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
2001-2	129	138	119	65	218	21	121	811
2002-3	28	208	132	65	42	97	91	663
2003-4	11	36	89	40	231	40	105	552
Normal (1974-2004)	48	103	103	128	130	90	129	731

de cada sitio experimental no mostró interacciones significativas entre dosis y momentos de fertilización nitrogenada. Tampoco se detectaron diferencias significativas en los rendimientos relativos entre momentos de aplicación pero sí entre las dosis utilizadas.

Si bien la información disponible no muestra diferencias significativas entre los momentos de aplicación, a partir del ajuste cuadrático de los resultados se observa una tendencia a mejores comportamientos medios de los cultivos cuando la fertilización con N en bajas dosis ($N < 80 \text{ kg ha}^{-1}$) se realiza en estadios vegetativos que cuando la aplicación es en el momento de la siembra (datos no presentados).

A partir del ajuste de un modelo lineal-meseta entre los rendimientos relativos al máximo de cada sitio y los niveles de N disponible estimado en el estadio de 6 hojas se observó que la mayor producción de grano se obtendría al superarse los 142 kg N ha^{-1} (Figura 3).

DISCUSIÓN

En las condiciones de este estudio se confirma la importancia de la fertilización nitrogenada para el logro de cultivos de maíz de alta producción en Hapludoles Típicos, suelos representativos del área norte de la región de la Pampa Arenosa. Los efectos sobre los rendimientos fueron indistintos en cuanto al momento de la aplicación práctica del fertilizante (siembra o v6). Estos resultados difieren de los encontrados por Ferrari *et al.* (2001) en suelos de texturas similares en los que las aplicaciones en v6 resultaron en mayores rendimientos que las realizadas en el momento de la siembra. En nuestro estudio, la ausencia de diferencias significativas en la producción de grano de maíz según momentos

de aplicación de N puede atribuirse a escasas pérdidas de N por lixiviación en el período entre siembra y estadios de v6 ocurridas durante las campañas en estudio. Estos resultados pueden explicarse por medio de las mediciones de los niveles de N-NO_3^- en los suelos en estadios de v6, los que detectaron diferencias concordantes con las dosis de N aplicadas en el momento de la siembra de los cultivos. Similares resultados fueron descriptos por Marasas y colaboradores (com.pers.) al evaluar el balance aparente de N en cultivos de maíz en cero labranza fertilizados con diferentes dosis de N en el momen-

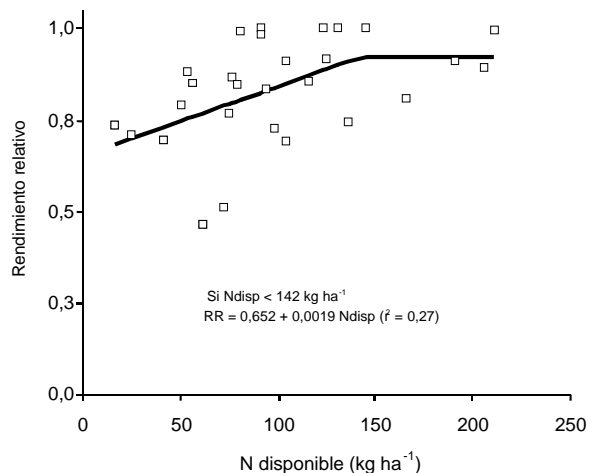


Figura 3. Rendimientos relativos de maíz según niveles de N disponible en estadios de v6 en 4 Hapludoles Típicos

Figure 3. Relationship between relative corn grain yields and v6 available N levels in 4 Typic Hapludolls.

to de la siembra en Hapludoles Thapto-árgicos de Lincoln (Buenos Aires, Argentina). Este fenómeno fue atribuido también a la captación de N y acumulación temprana de N en la biomasa aérea del cultivo.

Las observaciones de intensidad de coloración verde de las hojas superiores en estadios de v6, si bien respondió a diferencias entre fertilizado y testigo, su implementación no sería suficiente para discriminar entre ambientes con diferente respuesta a la fertilización nitrogenada. Además, esta variable mostró escasa relación con la respuesta en producción de granos y una alta variabilidad entre sitios limitando su uso como herramienta de diagnóstico de necesidades de fertilización. Estas diferencias podrían deberse, entre otros factores, a diferencias genotípicas entre los híbridos afectando su coloración absoluta (Bullock & Anderson, 1998). Sin embargo, las mediciones de intensidad de coloración verde en estadios de la floración mostró una mayor correlación tanto con las dosis de N aplicadas como con la disponibilidad de N (suelo + fertilizante) reflejando el estado de nutrición nitrogenada de los cultivos. Esta variable contribuiría para discriminar entre estados nutricionales contrastantes, pero resultan de poca utilidad como elementos de diagnóstico de necesidades de fertilización en etapas tempranas de desarrollo de los cultivos. Observaciones similares fueron descritas por Sainz Rozas & Echeverría (1998) para Argiudoles en la región sudeste bonaerense y por otros autores en diferentes ambientes de producción de maíz.

La relación significativa entre los rendimientos relativos de grano y la disponibilidad de N muestra que el análisis de suelos en estadios de v6 de los cultivos es una herramienta útil para la discriminación entre ambientes con diferente probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz y el ajuste de dosis de recomendación. En cambio, la información disponible aportada por las evaluaciones de los niveles de N del suelo en el momento de la siembra de los cultivos no mostró relaciones significativas con los niveles de respuesta a la fertilización nitrogenada de los cultivos requiriéndose de la inclusión de otras estimaciones para su predicción. Los niveles críticos de N disponibles detectados en este estudio son similares a los descriptos por Díaz-Zorita & Duarte (1997) en Hapludoles Enticos del noroeste bonaerense y a los reportados por Ruiz *et al.* (1997) para Hapludoles de la zona núcleo maicera.

Se concluye que en Hapludoles de la región de la Pampa Arenosa, la fertilización nitrogenada, independientemente del momento de la aplicación del N, es una práctica relevante para el logro de cultivos de maíz de alta producción. El análisis de suelos en estadios de v6 de los cultivos es una herramienta útil para discriminar entre

ambientes con diferente probabilidad de respuesta al agregado de N y determinar la dosis de fertilizante a utilizar. No obstante estudios posteriores tendrían que procurar identificar algunos de los otros factores explicativos del fenómeno que permitan mejorar el ajuste entre ambas variables. En condiciones de oferta de N (suelo + fertilizante) inferior a 142 kg ha⁻¹ es conveniente la aplicación de N para maximizar los rendimientos de maíz.

AGRADECIMIENTOS

A Profértil y a la EEA INTA General Villegas por la financiación parcial de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, FH; HE Echeverría; NS Gonzalez & Uhart SA. 2002. Requerimientos de nutrientes minerales. *In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja.* Andrade F, Sadras V (Eds). 450 pp.
- Bock, BR; KR Kelley & JJ Meisinger. 1992. Predicting N fertilizers needs for corn in humid regions: summary and future directions. Pp 115-127. *En: BR Block y KR Kelly (Eds). Predicting N fertilizers needs for corn in humid regions.* Bol. Y 226. National Fertilizers and Environmental Research Center, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, AL.
- Bullock, DG & DS Anderson. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD- 502 Chlorophyll Meter for Nitrogen Management in Corn. *Journal of Plant Nutrition* 21(4): 741-755.
- Díaz-Zorita, M & GA Duarte. 1997. Fertilización nitrogenada de maíz en el oeste bonaerense. *Actas VI Congreso de Maíz AINBA.* Pergamino. Buenos Aires. Argentina.
- Ferrari, MC; JJ Ostojic; GN Ferraris; LA Ventimiglia; HC Carta & SN Rillo. 2001. Momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en maíz de siembra directa. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino 7 al 9 de noviembre de 2001.
- Gambaudo, S & H. Fontanetto. 1996. Fertilización. *En: Maíz. Información para extensión.* EEA INTA Rafaela. Santa Fe.
- Gudelj, VJ; PS Vallote; CM Galarza; BL Masiero; OE Gudelj & C Lorenzón. 2004. Momentos de aplicación de nitrógeno en siembra directa de maíz. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* Paraná, Entre Ríos. 22 al 25 de junio de 2004. En CD.
- Novello, P; G Ayub & M Peretti. 1985. Fertilización nitrogenada del maíz. Información para Extensión. Serie Suelos y Climatología N° 7. EEA: INTA Marcos Juárez. Córdoba. 14 pp.
- Novello, P; BL Masiero; MA Peretti & J Bonel. 1980. Evaluación de la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización ante distintos niveles de productividad que afectan sus rendimientos. IX Reunión Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná.
- Piekielek, WP & RH Fox. 1992. Use a chlorophyll meter to predict sidedress N requirements for maize. *Agron. J.* 84:59-65.

- Quiroga, A; D Funaro; O Ormeño; A Bono & C Scianca. 2003. Manejo del agua para los cultivos de girasol y maíz en suelos de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. Cultivos de Cosecha Gruesa. Actualización 2003. Boletín de Divulgación Técnica N° 77. EEA INTA Anguil. 264 pp.
- Rice, SW & MS Smith. 1984. Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 48: 295-297.
- Ruiz, RA; EH Satorre; GA Maddonni; DF Calderini; DJ Miralles; J Cárcova & MR Di Napoli. 1997. Bases funcionales de la respuesta a la fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en el norte de la Provincia de Buenos Aires. *Actas VI Congreso Nacional de Maíz Pergamino, BA. Tomo II: 121-128.*
- Sainz Rosas, H & H Echeverría. 1998. Uso del medidor de clorofila para el monitoreo de la nutrición nitrogenada del cultivo de maíz. *Rev. Fac. Agr. La Plata* 103:37-44.
- Vivas, H; R Moresco; S Gambaudo & O Quaino. 1980. Evaluación de los rendimientos de maíz fertilizado en relación con distintos factores de productividad. IX Reunión Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná.
- Wolfe, DM; DW Henderson; TC Hsiao & A Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agron. J.* 80: 865-870.