

CAMBIOS DEL N DEL SUELO EN MAIZ CONTINUO Y ROTACIONES SOJA-MAIZ

M.E CONTI, R.M. PALMA, N.M.ARRIGO y H.J.MARELLI*.

Recibido: 01/04/97

Aceptado: 24/08/97

RESUMEN

Muchas investigaciones han establecido que el cultivo de soja incrementa el contenido de nitrógeno en el suelo, quedando disponible para el subsiguiente cultivo de maíz. Resultados opuestos, han demostrado que la extracción de N por el cultivo de soja es mayor que el aporte del mismo por fijación, dando un balance negativo para el sistema suelo-planta que conduce a una pérdida neta de N.

Para determinar las causas del comportamiento observado en el cultivo de maíz posterior al de soja en la zona pampeana, se estudiaron los cambios en la evolución del N producido durante diferentes momentos del ciclo del cultivo de maíz en siembra directa: presiembra (primavera), floración (verano), poscosecha (otoño) y barbecho (invierno); en las rotaciones maíz-maíz (M-M) y soja-maíz (S-M). Comparando ambos tratamientos, el contenido de nitratos presentó un incremento durante el período de floración en la rotación S-M. Los resultados confirmarían una elevada mineralización de rastrojo en los suelos con S-M, que inicialmente no habían manifestado diferencias en los contenidos de nitrógeno total (Nt), nitrato ni amonio del suelo con respecto a los provenientes de la rotación M-M. Este comportamiento pudo explicarse por el efecto "priming" determinado en el contenido de carbono, como también por el incremento de nitrógeno hidrolizable y carbono mineralizable de los suelos de la rotación S-M.

Palabras clave: Rotaciones- soja- maíz- nitrógeno

SOIL N CHANGES IN CONTINUOUS MAIZE AND SOYBEAN-MAIZE ROTATION

SUMMARY

Many publications state that soybean may contribute with nitrogen to the subsequent maize crop. In contrast, other studies show that nitrogen extraction by soybean crop and nitrogen input by fixation, yield a negative balance to the plant-soil system thereby resulting in a net loss of nitrogen.

To determine the cause of the response observed in the subsequent maize crop in the Argentinean pampas zone, we assessed changes in the evolution of soil nitrogen produced during the maize crop cycle in zero tillage, pre-seeding (spring), flowering (summer), post-harvest (autumn) and fallow (winter), in maize-maize (M-M) and soybean-maize (S-M) rotations. An increase was found in nitrate contents through the flowering-crop period. This would confirm a higher mineralization of soybean cropped soils although initially they do not present higher proportions of Total Nitrogen (Nt), nitrates or ammonium. This is linked to the priming effect found for carbon in soils and also to an increase of hydrolyzable nitrogen and mineralizable carbon of S-M rotations.

Key words: Rotation-nitrogen-soybean-corn

*Depto Suelos, Facultad de Agronomía, Univ. de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina *EEA-INTA Marcos Juárez, Córdoba

INTRODUCCION

En la pradera pampeana en los últimos años se ha impuesto la rotación con soja en el tradicional cultivo de maíz, llegando en algunas zonas como la de Marcos Juárez, a tener un papel predominante (Marelli 1994).

Es generalmente reconocido que la soja tiende a cambiar la dinámica de las sustancias carbonadas afectando la disponibilidad de N para el cultivo de maíz subsiguiente, por lo tanto el conocimiento de los cambios producidos por la inclusión de soja es crucial para la caracterización de esta rotación (Barberis *et al.*, 1983).

Gran cantidad de publicaciones demuestran que la soja puede aportar entre 45 a 70 kg N (equivalente estimado entre 1 a 1,5 kg ha⁻¹ por cada 60 kg ha⁻¹ de soja cosechada) a la posterior cosecha de maíz (Abril *et al.*, 1990; Schepers y Mosier, 1991; Bundy *et al.*, 1993; Vanotti y Bundy, 1995). La contribución estaría realizada presuntamente por el aporte de una fracción o porcentaje de la fijación biológica del cultivo de soja que permanece en la materia orgánica del suelo y puede ser mineralizada y utilizada en la próxima cosecha.

En contraste, hay estudios que demuestran que la extracción de N por cosecha de soja y el aportado por fijación da un balance negativo para el sistema suelo-planta, resultando una pérdida neta del elemento, aún cuando dicho cultivo tenga bajos rendimientos (Alvarez *et al.*, 1995; Herridge y Bergersen, 1988; Peoples y Craswell, 1992), por lo tanto, su producción reduciría en lugar de aumentar las reservas nitrogenadas del suelo.

Si la producción de soja no alcanza a aumentar las reservas orgánicas nitrogenadas del suelo, no queda claro la causa de la respuesta normalmente observada en la producción subsiguiente de maíz.

Por ese motivo, la finalidad del trabajo fue la de contribuir al entendimiento del efecto de la rotación maíz-maíz y soja-maíz en los suelos, centrandose el objetivo en determinar los cambios en la evolución de los compuestos nitrogenados producidos durante el ciclo del cultivo de maíz, en ambas rotaciones.

MATERIALES Y METODOS

La investigación fue realizada en INTA-Marcos Juárez (Córdoba)-ARGENTINA, sobre un suelo Argiudol típico, serie Marcos Juárez.

Características generales del suelo: pH en agua (1:2.5): 6,1; materia orgánica (MO): 2,9%; nitrógeno

total (Nt): 0,15 %; capacidad de intercambio catiónico (CIC): 19,3 cmol_c kg⁻¹; fósforo asimilable (P): 32 ppm; C/N: 9,67. Las relaciones C/N para ambos rastrojos fueron 32 para soja y 69 para maíz.

Las parcelas fueron conducidas en labranza cero, con rotación maíz-maíz y soja-maíz, desde 1988. El diseño del experimento fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. En cada parcela se obtuvieron muestras compuestas formadas por cuatro muestras simples.

Las muestras extraídas a una profundidad de 0 a 20 cm, se tomaron durante un ciclo completo del cultivo de maíz en los siguientes momentos: pre-siembra, primavera (S), floración, verano (F), post-cosecha, otoño (C) y barbecho, invierno (B).

Determinaciones analíticas

Cada muestra de suelo se dividió en dos partes, una de estas fracciones se secó y tamizó para realizar las determinaciones de CO₂, Nt y N-hidrolizable (cuantifica la fracción lábil de N) (Page *et al.*, 1982). La otra mitad se mantuvo refrigerada a 4 °C y con su contenido de humedad natural realizándose las valoraciones de nitratos, amonio (Page *et al.*, 1982), actividad ureásica (Zantua y Bremner, 1975), actividad proteásica empleando como sustrato caseinato de sodio (Ladd y Butler, 1972), actividad microbiológica por la técnica de amonificación de la arginina (Alef y Kleiner, 1987) y C-mineralizable que representa el total de C disponible para los microorganismos (Davidson *et al.*, 1987).

Para evaluar el poder potencial de nitrificación, se realizaron incubaciones sobre muestras húmedas del suelo en S, determinándose el contenido de amonio y nitrato producido. Las incubaciones fueron realizadas a 25°C, con un contenido de humedad de 75% de capacidad de campo y un período de tiempo de 0, 15, 30, 60 y 90 días.

Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado y expresadas en suelo seco a 105°C.

Determinaciones estadísticas

Los datos fueron sometidos a un análisis de variancia asumiendo el diseño de bloques completos aleatorizados. La homogeneidad de los cuadrados medios del error experimental fue examinado por la prueba de Bartlett. Para la comparación de medias se usó el test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las Investigaciones realizadas en la pampa ondulada sobre un suelo Argiudol Típico serie Marcos Juárez, muestran que los rendimientos en grano de maíz promedio de los últimos 10 años son levemente superiores.

En el ensayo, el Nt en suelo no presentó diferencias estadísticas entre las rotaciones M-M y S-M en todo el ciclo, mientras que se produjo un mayor contenido de nitratos en el suelo en el período que abarca desde la floración hasta la cosecha (Cuadro N° 1), con valores equivalentes a $20 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$. En este mismo ensayo, los efectos de la rotación con soja sobre la producción de $\text{NO}_3\text{-N}$ pudieron relacionarse claramente con las fracciones lábiles del carbono y del nitrógeno tales como C-Mineralizable y N-Hidrolizable (Cuadro N° 2), donde las parcelas S-M presentaron cantidades superiores a las de M-M, en los períodos de floración (F) y cosecha (C) del maíz para ambos compuestos, partiendo de similares o menores contenidos en el momento de siembra.

Los resultados encontrados demuestran que la rotación con soja produjo en el ciclo del cultivo de maíz que lo precede, principalmente en el período de F y C, cambios en los "pools lábiles de N" en el suelo, aumentando la capacidad de producción de N-NO_3 , concordando con ello, los valores de actividad microbiológica de las parcelas S-M también fueron superiores en F y C (Cuadro N° 1).

El efecto observado en el maíz, en la rotación S-M puede deberse al mayor reciclado del N acumulado en el rastrojo de soja, como consecuencia de su mayor poder de mineralización (Yaacob y Blair, 1980). Investigadores como Onyango y Clegg (1993) encontraron el mismo comportamiento en el maíz posterior a la cosecha de soja, atribuyendo

Cuadro N° 1. Valores promedio de Nitrógeno total, Nitratos y Actividad Microbiológica. (0-20 cm profundidad), Marcos Juárez.

	Nt (%) M-M	Nt (%) S-M	Nitratos (ppm) M-M	Nitratos (ppm) S-M	Act. M M-M	Act. M S-M
S	0.20 ± 0.010	0.18 ± 0.009	67 ± 8.90	77 ± 7.8	4.0 ± 0.87	4.2 ± 0.91
F	0.16 ± 0.009	0.15 ± 0.007	80 ± 10.30	98* ± 13.2	4.2 ± 0.85	4.8* ± 0.84
C	0.15 ± 0.007	0.13 ± 0.006	45 ± 7.90	56* ± 9.7	3.0 ± 0.43	3.9** ± 0.46
B	0.15 ± 0.006	0.15 ± 0.008	20 ± 1.80	20 ± 2.10	1.7 ± 0.45	1.5 ± 0.31

*, ** significativo al nivel de probabilidad del 0.05 y del 0.01, entre rotaciones.

(Actividad microbiológica, Act M en $\text{mg de NH}_3 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

(M-M, rotación maíz-maíz; S-M, rotación soja-maíz.. S, pre-siembra, primavera; F, floración, verano; C, post-cosecha, otoño y B, barbecho, invierno).

Cuadro N° 2. Valores promedio de Nitrógeno Hidrolizable y Carbono Mineralizable en el suelo. (0-20 cm profundidad), Marcos Juárez.

	Nitrogeno Hidrolizable (ppm) M-M	Nitrogeno Hidrolizable (ppm) S-M	Carbono Mineralizable (ppm) M-M	Carbono Mineralizable (ppm) S-M
S	200 ± 10.40	160 $\pm 7.40^*$	70 ± 7.00	60 ± 6.20
F	55 ± 2.70	87 $\pm 1.10^{**}$	240 ± 25.20	290 $\pm 28.40^*$
C	50 ± 3.80	75 $\pm 6.90^{**}$	210 ± 21.30	300 $\pm 26.30^{**}$
B	50 ± 7.40	60 ± 6.60	260 ± 19.10	280 ± 16.60

*, **, significativo al nivel de probabilidad del 0.05 y 0.01 respectivamente entre rotaciones.

(M-M, rotación maíz-maíz; S-M, rotación soja-maíz.. S, pre-siembra, primavera; F, floración, verano; C, post-cosecha, otoño y B, barbecho, invierno).

su causa al efecto de una mayor mineralización del rastrojo. El nitrógeno de los rastrojos de soja se mineraliza rápidamente y está completamente disponible para el cultivo que lo sucede. Yaacob y Blair (1980) demostraron en un trabajo realizado en invernáculo, que la adición de rastrojos de soja al suelo aumentaba la absorción de N de rhodes grass. El aumento en la disponibilidad de nitrógeno fue atribuido a una inducción de la mineralización realizada por los residuos de soja, en el cual el carbono liberado aumenta la disponibilidad de N por estimulación de la actividad microbiana.

La posibilidad que la soja produzca cambios en los microorganismos que colonizan la rizósfera del maíz es planteada también por los investigadores Fryson y Oaks (1990).

En el experimento, al no haber encontrado mayor proporción de N inicial se descartó la hipótesis de un mayor aporte inicial de N por los residuos de soja, reforzando la presunción de que los suelos que provienen de soja presentan una preferencial mineralización como consecuencia de una diferente microflora (Fryson y Oaks, 1990, Abril *et al.*, 1990). Esta microflora tendría mayor capacidad para

mineralizar el N orgánico del suelo y producir una considerable cantidad de $N-NO_3^-$, pudiendo asociarse al "efecto priming" encontrado para carbono en los suelos. En este sentido hay investigadores, (Vanotti y Bundy 1995), que plantean la posibilidad que la inclusión de soja en rotaciones produce estimulación de los microorganismos del suelo, causa del aumento en la mineralización y la disponibilidad de N del posterior cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

De la comparación entre las rotaciones M-M y S-M se puede sintetizar:

Los residuos provenientes de soja no aportaron mayor contenido inicial de nitrógeno que los de maíz, pero si un aumento en la producción de nitratos del suelo en el período entre floración y cosecha.

En la rotación SM, el aumento en producción de nitratos es coincidente con un aumento de la actividad microbiológica, la producción de N-hidrolizable y de C-mineralizable.

BIBLIOGRAFIA

- ABRIL, A.; M. ACOSTA; L. OLIVA; y O. BACHMEIER. 1990. Dinámica estacional de la microflora en un Haplustol típico de la región semiárida bajo diferentes manejos agrícolas. *Ciencia del Suelo* 8 (1):31-19.
- ALVAREZ, R.; J. H. LEMCOFF y A. H. MERZARI. 1995. Balance de nitrógeno en un suelo cultivado con soja. *Ciencia del Suelo* 13:38-40.
- BARBERIS, L.; A. NERVI; A. SFEIR; M. CONTI; S. URRICARRIET; J. SIERRA; P. DANIEL; M. VÁZQUEZ y D. ZOURARAKIS. 1983. Análisis de la respuesta de trigo a la fertilización nitrogenada en la pampa ondulada y su predicción. *Ciencia del Suelo* 1:51-64.
- BUNDY, L. G.; T. W. ANDRASKI and R. P. WOLKOSKI. 1993. Nitrogen credits in soybean-corn crop sequences on three soils. *Agron. J.* 85: 1061-1067.
- FRYSON, A. and A. OAKS. 1990. Growth promotion of maize by legume soils. *Plant and Soil* 122:259-266.
- HERRIDGE, D.F. and F. J. BERGERSEN. 1988. Symbiotic nitrogen fixation. pp.44-65. In: *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural ecosystem*. J.R. Wilson (ed.). CAB Int. Wallingford, England.
- MARELLI, H. J. 1994. Informe final primera etapa "Cultivo sin labranza", INTA Marcos Juárez pp: 188.
- ONYANGO, R. M. and M. D. CLEGG. 1993. Maize-soybean rotation residue interaction on grain yield. pp 143. In *Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, WI.
- PEOPLES, M. B. and E. T. CRASWELL. 1992. Biological Nitrogen Fixation: Investments, expectation and actual contribution to agriculture. *Plant Soil* 141:13-39.
- SCHEPERS, J.S.; and A. R. MOSIER. 1991. Accounting for Nitrogen in non-equilibrium soil-crop systems. pp.125-138. In *Managing Nitrogen for groundwater quality and farm profitability*. R.F. Folliett et al.(ed.) ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- VANOTTI, M.B. and L.G.BUNDY. 1995. Soybean Effects on Soil Nitrogen Availability in Crop Rotations. *Agron. Journal* 87:676-680.
- YAACOB, O. and G.J. BLAIR. 1980. Mineralization of ^{15}N -labelled legume residues in soils with different nitrogen contents and its uptake by rhodesgrass. *Plant and Soil* 57: 237-248.