

UBICACION DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN MAIZ: IMPACTO SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIOLOGICA DEL SUELO

R M PALMA¹, M E CONTI¹, M I SAUBIDET¹, M RÍMOLO²

¹ Facultad de Agronomía Universidad de Bs.As., Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina. ² INTA Castelar, Departamento de Suelos, Argentina.

NITROGEN FERTILIZER PLACEMENT IN CORN: ITS RELATIONSHIP WITH SOIL MICROBIAL ACTIVITY

Efficient use of fertilizers is necessary to reduce nitrogen losses and to enhance plant absorption and yields. The objectives of this study are 1) to study the effects of fertilizer placement on the number of soil microorganisms, energy substrate availability and microbial activity in a corn crop, under no tillage and conventional tillage, and 2) to determine the effect of fertilization on plant nitrogen content and dry matter production. The experiment was conducted on a Vertic Argiudoll. The experimental design was split plots, with tillage systems as the main plot and fertilization in the subplots. At harvest the amount of soil $\text{NO}_3\text{-N}$ was higher under conventional tillage and the number of microorganisms was higher under no tillage. A larger number of microorganisms and a major microbiological activity were associated to a lower concentration of soluble carbon in the plots where the nitrogen-fertilizer was incorporated to the soil. The fertilization increased dry matter and plant nitrogen content under both tillage systems.

Key words: Urea - Maize - Microbiological activity - Soil microorganisms.

INTRODUCCION

La pérdida de nitrógeno desde el sistema suelo planta representa una parte significativa del nitrógeno aplicado como fertilizante especialmente en labranzas reducidas o en siembra directa (Doran 1980, Keller, Mengel 1986). Así, la volatilización, denitrificación y/o lixiviación reducen el nitrógeno disponible para el crecimiento del vegetal y afectan la eficiencia en el uso del fertilizante. A menudo ha sido observado que la eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados por las plantas, es más bajo en siembra directa que en los mismos cultivos realizados con labranza convencional (Carter, Rennie 1984, Meisinger *et al.* 1985).

En la Pradera Pampeana, el fertilizante más usado por los productores es la urea aplicada en superficie. Su uso presenta problemas de pérdidas por volatilización de amoníaco debido fundamentalmente a la actividad ureásica de los suelos de la región y dichas pérdidas están relacionadas a las dosis y ubicación del fertilizante (Al-Kanani, McKenzie 1992). A pesar de la importancia del tema, hay escasas investigaciones que relacionen el efecto que produce la fertilización sobre la actividad microbiológica y su influencia en la producción vegetal. Por lo expresado, es que se plantearon como objetivos: 1) comparar los efectos del fertilizante y su ubicación en un cultivo de maíz implantado con labranza convencional y siembra directa sobre el carbono soluble, el recuento de microorganismos y la actividad microbiológica y 2) relacionar los efectos

de la fertilización con el contenido de nitrógeno en planta y la producción de materia seca.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en INTA Castelar (Provincia de Buenos Aires, Argentina) en un área aproximada de 3.000 m². El suelo es un Argiudol vértico, proveniente de una pastura natural de cuatro años. Este suelo presenta las siguientes características: carbono orgánico: 2,15 %, nitrógeno total: 0,17 %, fósforo asimilable (Kurtz y Bray): 20,7 ppm, conductividad eléctrica: 0,30 dS cm⁻¹, pH en agua 1:2,5 (p/v): 6,00 y textura franco arcillo limosa. El diseño experimental fue de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela principal correspondió al tratamiento sistemas de labranza: siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Las subparcelas correspondientes a cada labranza, cubrían una superficie de 150 m², y tenían los siguientes tratamientos de fertilización 1) fertilizado con urea a razón de 60 kg N-urea ha⁻¹ aplicada en superficie (F), 2) la aplicación de igual dosis de fertilizante pero incorporado en el suelo a una profundidad de 5 cm (FI) y, 3) testigo, sin fertilizar (T). En todas ellas se sembró maíz (*Zea mays*, L.), con una densidad de 60.000 plantas ha⁻¹. En cada subparcela se extrajeron en los estados fenológicos de siembra, 5 hojas y cosecha, dos muestras compuestas de suelo formadas por 5 submuestras cada una, a una profundidad de 0-15 cm. Las muestras fueron mantenidas a 4 °C con su contenido de humedad natural hasta la determinación de nitrato y amonio por destilación (du Preez *et al.* 1987), actividad microbiológica según un método enzimático que cuantifica la amonificación de la arginina (Alef, Kleiner 1987) y carbono soluble en agua según Davidson *et al.* (1987). El recuento de microorganismos amonificadores, nitrificadores y nitratores se realizó empleando la técnica del número más probable (Schmidt, Belser 1982). Para la determinación de flora total se usó el método de Stevenson *et al.* (1953).

A cosecha se cuantificó materia seca, pesando (previo secado del material a 70 °C) todas las plantas de las 8 hileras centrales en cada una de las subparcelas. De este material se eligieron 10 plantas al azar por subparcela, las cuales se molieron y sobre ellas se determinó nitrógeno total (Bremner 1965). Todos los análisis fueron realizados por triplicado y sus resultados se expresaron en base a suelo seco a 105 °C. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza asumiendo el diseño de parcelas divididas. El análisis de varianza fue realizado para cada combinación sistema de labranza-fertilización donde la homogeneidad de los cuadrados medios del error experimental fue examinado por la prueba de Bartlett. Para la comparación de medias se empleó el test de Duncan. Se realizaron correlaciones entre el número de microorganismos y las concentraciones de amonio, nitrato y carbono soluble, para la variable recuento de microorganismos se realizó la transformación logarítmica de los datos para estabilizar las varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Disponibilidad de sustrato carbonado y nitrogenado y su relación con diferentes grupos microbianos

En la Figura 1, se presentan las diferencias entre los valores de carbono soluble en todos los tratamientos y el

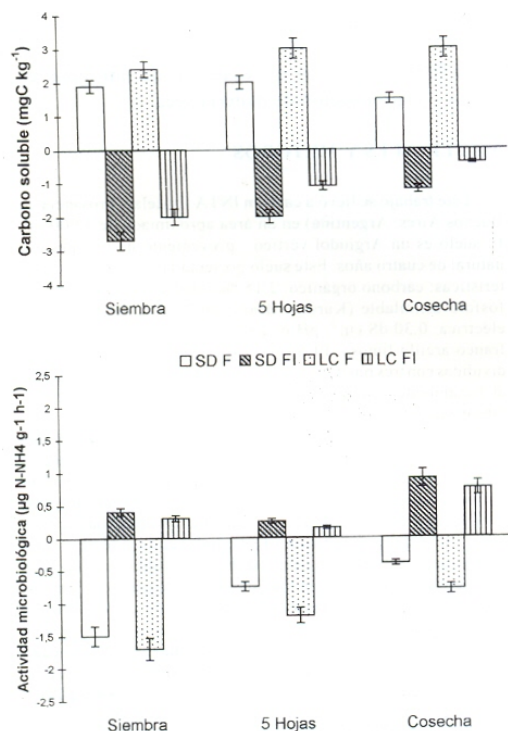


Figura 1. Carbono soluble y actividad microbiológica del suelo expresadas como diferencias entre los tratamientos y los testigos no fertilizados. Tratamientos: SD: siembra directa; LC: labranza convencional; F: fertilizante superficial; FI: fertilizante incorporado. Las barras indican los desvíos estándar.

testigo, con la finalidad de destacar el efecto de la fertilización nitrogenada. La inmovilización o asimilación de las fracciones inorgánicas de nitrógeno depende de la calidad y la cantidad de la fuente de carbono disponible, valorada por medio del carbono soluble del suelo (DeLuca, Keeney 1994). Esta variable manifiesta diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los sistemas de labranza y fertilización, no presentándose interacciones entre ellos. El tratamiento F tanto en LC como en SD presentó valores positivos respecto a sus correspondientes testigos, mientras que en FI dichas diferencias fueron negativas. Las determinaciones entre los tratamientos F y FI resultaron estadísticamente significativas ($P < 0,01$), en los tres estadios estudiados.

La actividad microbiológica presentada como la diferencia entre los tratamientos fertilizados y los testigos, se muestra en la Figura 1. En el tratamiento F las diferencias fueron negativas y positivas en FI, siendo las mismas significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos de fertilización en los tres estadios. A través de estos resultados, se observa que la ubicación del fertilizante determina un cambio en la actividad microbiológica, siendo ésta más elevada cuando el fertilizante es incorporado, específicamente en la lámina superficial de este suelo. El incremento de esta actividad se produciría a expensas del consumo de carbono soluble, cuyo valor disminuyó.

La fertilización produjo variaciones en el número de

Tabla 1: Número más probable de microorganismos en el suelo expresados como diferencias entre los tratamientos y los testigos.

	SDF	SDFI	LC F	LC FI
Amonificadores (10^3 g^{-1})				
Siembra	17 aA	86 bA	13 aB	70 bB
5 Hojas	60 aA	79 bA	30 aB	75 bB
Cosecha	101 aA	190 bA	80 aB1	60 bB
Nitritadores (10^3 g^{-1})				
Siembra	2 aA	5 bA	1 aB	3 bB
5 Hojas	1 aA	1 aA	1 aA	1 aA
Cosecha	5 aA	9 aA	3 aB	3 aB
Nitratadores (10^3 g^{-1})				
Siembra	58 aA	87 bA	70 aB	81 bB
5 Hojas	7 aA	25 bA	22 aB	79 B
Cosecha	79 aA	91 bA	113 aB	114 bB
Flora total (10^6 g^{-1})				
Siembra	47 aA	46 bA	25 aB	29 bB
5 Hojas	1 aA	6 bA	1 aA	2 bB
Cosecha	4 aA	5 bA	2 aB	5 bA

SD: siembra directa; LC: labranza convencional; F: fertilizante superficial; FI: fertilizante incorporado. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de fertilización en cada sistema de labranza. Letras mayúsculas distintas indican diferencias entre sistemas de labranzas, para cada tratamiento de fertilización.

microorganismos en ambos sistemas de labranza con respecto a los testigos. En la Tabla 1 se observa el número más probable de bacterias correspondientes a los grupos amonificadores, nitrificadores, nitratores y flora total, expresadas como diferencias entre los tratamientos de fertilización y los testigos. Dichas diferencias resultaron positivas en todos los casos. Resultados similares fueron observados por Dick *et al.*, (1988) y Dick (1992). Esto indicaría que la fertilización nitrogenada incrementa el número de microorganismos del suelo fundamentalmente en FI. En los tratamientos fertilizados, las poblaciones microbianas resultaron más numerosas en SD que en LC ($P < 0,01$), salvo el grupo de las bacterias nitrificadoras autótrofas. El recuento de amonificadores en los tres estados correlacionó con la concentración de amonio (dato no mostrado), hallándose un $r^2=0,45$ ($P < 0,05$) para siembra directa F y $r^2=0,80$ ($P < 0,01$) para el mismo sistema de labranza con FI, $r^2=0,78$ ($P < 0,01$) para labranza convencional F y $r^2=0,82$ ($P < 0,01$) para la misma labranza con FI. El mayor número de bacterias nitrificadoras en SD ($P < 0,05$) correlacionó con la concentración de amonio ($r^2 = 0,48$; $P < 0,05$), durante el ciclo del cultivo. El mayor número de bacterias nitrificadoras en LC ($P < 0,01$) que en SD se asoció con la concentración de nitrato (dato no mostrado) durante el ciclo del cultivo ($r^2 = 0,49$; $P < 0,05$). La mayor concentración de nitrato en LC puede deberse al menor número de microorganismos que inmovilizan N, efecto que se magnifica en el momento de siembra. La flora total (bacterias heterótrofas) presenta un mayor número en SD estando relacionado con la mayor concentración de amonio ($r^2 = 0,64$; $P < 0,05$) y de carbono soluble ($r^2 = 0,72$; $P < 0,01$), en este sistema de labranza. La fertilización afectó el número de todos los microorganismos, siendo sus valores promedio más elevados cuando el fertilizante se incorporó al suelo que cuando se aplicó en superficie ($P < 0,01$) en ambos sistemas de labranza.

Producción de materia seca y contenido de nitrógeno en planta

Los sistemas de labranza y la fertilización afectaron la producción de materia seca y el contenido de nitrógeno en planta (Figura 2). Los valores más elevados de estas variables se hallaron en LC, estableciéndose diferencias significativas ($P < 0,01$) con respecto a SD. Resultados similares fueron hallados por Dick (1983) quien determinó que durante el primer año de implantación de maíz con SD se necesitó mayor cantidad de fertilizante nitrogenado que en LC para obtener los mismos rendimientos. Este resultado se invierte después de 6 años de aplicación de SD (Dick 1992).

En SD la mayor cantidad de residuos vegetales en superficie provenientes de la pastura anterior, el mayor

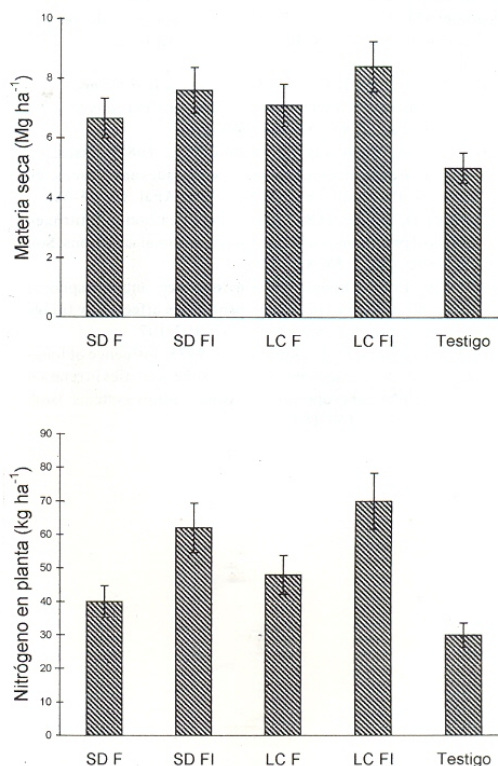


Figura 2. Materia seca y contenido de nitrógeno en planta en todos los tratamientos. Tratamientos: SD: siembra directa; LC: labranza convencional; F: fertilizante superficial; FI: fertilizante incorporado. Las barras indican los desvíos estándar.

recuento de microorganismos (flora total) que inmovilizan nitrógeno y la menor concentración de nitrógeno disponible en el suelo, podrían explicar las disminuciones de materia seca y del contenido de nitrógeno en planta en este sistema de labranza.

En lo referente a la ubicación del fertilizante se comprobó que el tratamiento FI fue más eficiente que la aplicación superficial de N-urea.

REFERENCIAS

- Alef K, Kleiner D 1987. Applicability of arginine ammonification as indicator of microbial activity in different soils. Biol. Fert. Soils. 5: 148-151.
- Al-Kanani T, MacKenzie AF. 1992. Effect of tillage practice-

- sand hay straw on ammonia volatilization from nitrogen fertilizer solutions. *Can. J. Soil Sci.* 72: 145-157.
- Bremner JM 1965. Organic forms of nitrogen. En: *Methods of soil analysis*. Ed. CA Black. Am. Soc. Agron. USA.: 1238-1255
- Carter MR, Rennie DA. 1984. Crop utilization of placed and broadcasted ^{15}N urea fertilizer under zero and conventional tillage. *Can. J. Soil Sci.* 64: 563-570.
- Davidson EA, Galloway LF, Strand MK. 1987. Assessing available carbon: comparison of techniques across selected forest soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18: 45-64.
- De Luca T H, Keeney D R. 1994. Soluble carbon and nitrogen pools of prairie and cultivated soils: seasonal variations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 835-840.
- Dick WA. 1983. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 102-107.
- Dick RP, Rasmussen PE, Douglas CL. 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow systems. *Biol. Fertil. Soils* 6: 159-164.
- Dick RP. 1992. A review long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 40: 25-36.
- Doran JW. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 765-771.
- du Preez CC, Burger R, Laubscher DJ. 1987. Evaluation of steam distillation procedures for the routine determination of inorganic soil nitrogen. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18: 483-493.
- Keller GD, Mengel DB. 1986. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1060-1063.
- Meisinger JJ, Bandel VA, Stanford G, Legg JO. 1985. Nitrogen utilization under minimal tillage and moldboard plow tillage. I. Four-year results using labeled N fertilizer on an Atlantic Coastal Plain soil. *Agron J.* 77: 602-611.
- Schmidt E L, Belser L W. 1982. Chemical and microbiological properties. *Methods of soils analysis*. A L Page, (Ed.), Parte 2, 2da Edn. American Society of Agronomy, Madison.
- Stevenson I. L. and Rouatt J. W. (1953) Qualitative studies of soil microorganisms. *Can. J. Bot.* 31: 438-447.