

SIEMBRA DIRECTA Y LABRANZA CONVENCIONAL: CAMBIOS QUE PRODUCE A LARGO PLAZO LA FERTILIZACION SOBRE LAS FRACCIONES DE CARBONO Y NITRÓGENO DEL SUELO

ROSA M., PALMA¹, NILDA M. ARRIGO¹ Y MARTA E. CONTI¹

Recibido: 01/04/97

Aceptado: 17/02/98

RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo sobre un suelo Argiudol típico (Marcos Juárez, Prov. de Córdoba), con el objetivo de determinar la magnitud de las pérdidas y los cambios que produjo la fertilización nitrogenada sobre diferentes fracciones de carbono y nitrógeno, en un cultivo de maíz durante 15 años. Se cuantificaron pérdidas significativas de carbono orgánico y nitrógeno total al comparar los suelos cultivados con un suelo nativo. Este efecto fue más evidente en labranza convencional que con siembra directa.

La fertilización sólo afectó a las fracciones lábiles determinadas: nitrato, amonio, nitrógeno hidrolizable y carbono soluble; la variable más sensible en detectar los cambios provocados por los sistemas de labranza y la fertilización fue el nitrógeno hidrolizable.

Palabras clave: siembra directa, labranza convencional, fertilización nitrogenada, carbono, nitrógeno.

NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE: CARBON AND NITROGEN FRACTION RESPONSE TO LONG-TERM FERTILIZATION

SUMMARY

Field studies were conducted on a typical Argiudoll soil (Marcos Juárez, Prov. de Córdoba, Argentina), under continuous maize (*Zea mays*, L.). Our objective was to determine differential effects on N and C fractions after N-fertilizer application practices in a long term (15 years).

Significant losses of organic carbon and total nitrogen were quantified as comparing cultivated soils with undisturbed grassland. This effect became more evident in conventional tillage than in no-tillage.

Fertilization only influenced labile fractions: nitrate, ammonium, hydrolyzable nitrogen and soluble carbon. Nitrogen hydrolyzable was found to be the variable more sensitive to show management differences.

Key words: no tillage, conventional tillage, nitrogen fertilization, carbon, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

En la Pampa húmeda argentina destinada a la producción agrícola se han detectado en tierras laboreadas pérdidas del 50% de carbono, 48% de nitrógeno total y 76% de fósforo asimilable, con relación a los suelos sin cultivar. Estos procesos de degradación química están acompañados por una fuerte erosión eólica e hídrica que avanza a un

rítmo que supera las 100.000 has por año (Coscia, 1991). Es por ello que los productores de esta zona utilizan los sistemas de labranza conservacionistas, con la intención de optimizar el rendimiento de los cultivos y mantener el recurso suelo.

Estudios realizados en el país, determinaron que la agricultura provoca cambios en numerosas propiedades del suelo que afectan las característi-

¹ Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina.

cas del mismo y la producción de los cultivos de forma diferente en siembra directa en relación a la labranza convencional (Arrigo, 1990; Arrigo *et al.* 1994; Ismail *et al.*, 1994). Para N, en siembra directa fueron comprobados mecanismos de mayor regulación en la mineralización de este elemento en su forma orgánica, causados principalmente por las menores temperaturas del suelo y por una lenta descomposición de los residuos (Santanatoglia *et al.*, 1993/1994). La consecuencia es una disminución del poder de nitrificación de los suelos que conduce al empleo de fertilización nitrogenada en los cultivos.

En ensayos a largo plazo se comprobó que la disminución de la biomasa microbiana está asociada al desarrollo de acidez inducida por el fertilizante, que simultáneamente produce un aumento del C superficial (Mc Andrew and Malhi, 1992; Ladd *et al.* 1994), y en otras experiencias confirman tendencias opuestas (Carter, 1991; Costantini y Segat, 1994; Costantini *et al.*, 1997). De acuerdo a esta controversia, resulta de interés determinar la magnitud y naturaleza de los cambios que la fertilización nitrogenada causa en los compuestos carbonados y nitrogenados en los sistemas de labranza, con el objeto de diseñar estrategias de manejo que conlleven simultáneamente al óptimo rendimiento de los cultivos y a la conservación del suelo.

El objetivo de este estudio fue determinar, la magnitud de las pérdidas y los cambios que produce la fertilización nitrogenada sobre las diferentes fracciones de carbono y nitrógeno, en el suelo cultivado a largo plazo bajo siembra directa y convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado sobre parcelas experimentales implantadas sobre un Argiudol típico. El suelo se caracteriza por ser plano, bien drenado, de textura franco limosa, con una estructura fácilmente degradable por las labranzas y la lluvia. Presenta un contenido de C oxidable = 1.73%, N total = 0.18%, una capacidad de intercambio catiónico = 19.8 cmol_c kg⁻¹, un pH = 5.7 y una densidad aparente = 1.1 g cm⁻³. La temperatura y la precipitación media anual es de 17°C y 900 mm respectivamente.

El ensayo fue conducido durante 15 años y diagramado como un diseño experimental en bloques aleatorizados con cuatro repeticiones. Las parcelas sembradas con maíz (*Zea mays*, L.) ocupaban una superficie de 425 m², y los tratamientos fueron sistemas de labranza convencional fertilizado (LCF) y sin fertilizar (LC), siembra directa fertilizada (SDF) y sin fertilizar (SD). También fue incluido un tratamiento bajo pastura natural considerado testigo (T). Los tratamientos fertilizados recibieron anualmente urea a la siembra a razón de 60 kg N-urea ha⁻¹.

De cada parcela se extrajeron en el momento de cosecha y en el último año del ensayo dos muestras compuestas por cinco submuestras a una profundidad de 0-10 cm. Esta profundidad fue seleccionada porque en los primeros centímetros es donde las propiedades de los suelos manifiestan las mayores diferencias entre ambos sistemas de labranza.

Cada muestra compuesta fue separada en dos submuestras, una de ellas se secó a temperatura ambiente y luego se tamizó por malla de 0.5 mm y la otra se mantuvo con su contenido de humedad natural. Sobre las muestras secas se determinaron: C orgánico (Nelson y Sommers, 1982), N total por microKjeldahl (Richter, 1980) y N hidrolizable por destilación directa (Zourarakis y Barberis, 1983). En las muestra húmedas se valoraron: nitrato y amonio por destilación con arrastre de vapor (Richter, 1980) y C soluble (Davidson *et al.* 1987).

Para el cálculo de pérdida de carbono y nitrógeno se emplearon los valores promedio de densidad aparente de las parcelas en los distintos tratamientos.

Los datos fueron analizados mediante un ANVA y para detectar diferencias entre medias de tratamientos se empleó el test de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro N°1, se puede observar que el CO₂ y NT fueron más elevados en SD que en LC ($p < 0.05$), concordando con el concepto ya conocido que la SD incrementa los contenidos de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo (Mahboudi *et al.*, 1993; Lal *et al.*, 1994). Este efecto es atribuido a la acumulación de residuos orgánicos en superficie y a una disminución en la tasa de descomposición de la materia orgánica causada principalmente por las menores temperaturas del suelo y la lenta descomposición de los residuos (Elliott *et al.*, 1987; Santanatoglia *et al.*,

Cuadro N°1: Carbono orgánico (CO), Nitrógeno total (NT), NO₃⁻, NH₄⁺, Nitrógenohidrolizable (NH) y Carbono soluble (CS) en un cultivo de maíz luego de 15 años

CO (%)	1,73 ± 0,17a*	1,32 ± 0,11c	1,34 ± 0,13c	1,54 ± 0,16b	1,60 ± 0,15b
NT (%)	0,18 ± 0,05a	0,10 ± 0,02c	0,11 ± 0,02c	0,12 ± 0,04b	0,13 ± 0,02b
NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	30,4 ± 4,02a	40,7 ± 5,22c	45,0 ± 4,98b	42,0 ± 5,04c	47,4 ± 5,71b
NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	5,7 ± 0,05a	5,8 ± 0,05c	6,5 ± 0,06b	5,9 ± 0,06c	6,6 ± 0,06b
NH (mg kg ⁻¹)	29,4 ± 3,01	29,7 ± 3,11a	34,8 ± 3,50b	44,5 ± 4,97c	50,5 ± 5,25d
CS (mg kg ⁻¹)	12,8 ± 1,98a	14,7 ± 1,50b	16,3 ± 1,70b	16,5 ± 1,55b	18,0 ± 4,73b

LCNF: labranza convencional no fertilizada, LCF: labranza convencional fertilizada.

SDNF: siembra directa no fertilizada, SDF: siembra directa fertilizada.

*: letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para cada una de las variables.

±: indica el desvío estándar.

1993/1994). La aplicación de urea como fertilizante no causó incrementos significativos en estas variables en ambos sistemas de labranza. La incorporación del fertilizante produjo mayor cantidad de rastrojo y simultáneamente mayor velocidad de mineralización del residuo de maíz, actuando como regulador del proceso de mineralización (Conti *et al.*, 1997). Para ambas variables, CO y NT, las interacciones entre sistemas de labranza y fertilización no resultaron significativas.

Se compararon los valores de CO y NT entre sistemas de labranza, determinándose disminuciones de dichas fracciones en las parcelas con LC, siendo este efecto más marcado en las parcelas no fertilizadas. Al contrastar las parcelas cultivadas con maíz durante 15 años con las parcelas testigo se evidenciaron disminuciones significativas de CO y NT en ambos sistemas de labranza (Figura 1). Las pérdidas de CO entre sistemas de labranza con y sin fertilización representaron una disminución de 23 % en LC y 9,2 % en SD y para NT 44,4 % en LC y 30,5 % en SD, al relacionarlas con las parcelas testigo. De la comparación entre sistemas de labranza, independientemente de las parcelas testigo, surgió que la disminución de los contenidos de CO fue 16,3 % en LCF y 14,3 % en LCNF; en NT la pérdida en LCF fue de 15,5 % y 16,5 % en LCNF con respecto a los mismos tratamientos en SD.

Las fracciones lábiles NO₃⁻, NH₄⁺ y NH, presentaron un comportamiento diferente entre tratamientos. El contenido de NO₃⁻ y NH₄⁺ luego de 15

años manifestó diferencias significativas en cada sistema de labranza por la aplicación de fertilizante nitrogenado ($p < 0,05$; Cuadro N°1). Al comparar LCNF y SDNF no se hallaron diferencias significativas, el mismo comportamiento se observó entre LCF y SDF. El N aportado por la fertilización produjo un incremento en el contenido de nitrógeno mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺).

El NH, presentó diferencias en ambos sistemas

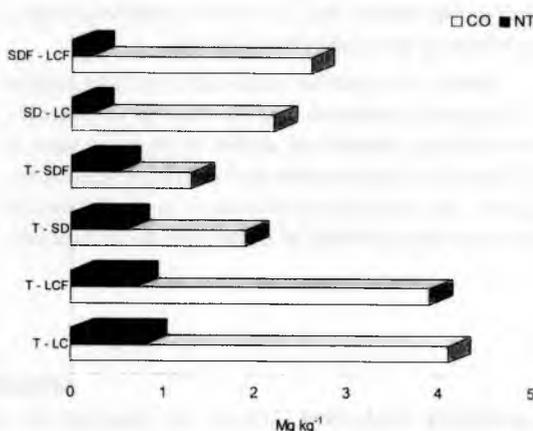


Figura 1: Pérdidas de carbono y nitrógeno en los diferentes tratamientos, después de 15 años. T: testigo, SDF: siembra directa fertilizada, SDNF: siembra directa no fertilizada, LCF: labranza convencional fertilizada, LCNF: labranza convencional no fertilizada.

de labranza y también entre los tratamientos con y sin fertilización. Entre las parcelas no laboreadas los mayores contenidos correspondieron a SDF, hallándose también diferencias con el T ($p < 0,05$) a excepción del tratamiento LCNF (Cuadro N°1). Esta variable está asociada a la forma más lábil del N presente en los suelos y ha demostrado ser la más sensible en detectar los cambios producidos por los sistemas de labranza y la fertilización nitrogenada en ensayos a largo plazo. El contenido de CS, a pesar de seguir la misma tendencia que NH, no manifestó diferencias significativas entre tratamientos, posiblemente por su alta variabilidad, relacionada a la inestabilidad inherente a la actividad microbiológica.

Al comparar las parcelas cultivadas con el testigo, surgió que los valores de NH y CS registrados en agricultura superaron a los de pradera (T). La incorporación de los residuos orgánicos en los sucesivos ciclos del cultivo de maíz provoca variaciones en la actividad de los microorganismos heterótrofos del suelo que necesitan como sustrato energético fuentes carbonadas y nitrogenadas lábiles como son el CS y NH (De Luca y Keeney, 1994). Esta podría ser una de las causas que determinaría las diferencias cuantificadas en la dinámica de las fracciones lábiles de C y N entre el cultivo de maíz continuo y un ecosistema natural.

Entre las parcelas cultivadas la fertilización nitrogenada aumentó el contenido de las fracciones lábiles, creando un ambiente propicio para el desarrollo y crecimiento de los microorganismos. Entre las parcelas cultivadas la fertilización nitrogenada aumentó el contenido de las fraccio-

nes lábiles, creando un ambiente propicio para el desarrollo y crecimiento de los microorganismos.

CONCLUSIONES

Después de 15 años de monocultivo de maíz se cuantificaron pérdidas de 23% y 9,2% de C orgánico en labranza convencional y siembra directa respectivamente, con respecto al suelo de pradera. Después de 15 años de monocultivo de maíz se cuantificaron pérdidas de 23% y 9,2% de C orgánico en labranza convencional y siembra directa respectivamente, con respecto al suelo de pradera.

La disminución de N total fue aún más drástica alcanzando valores de 44,4% y 30,5% en labranza convencional y siembra directa con relación al suelo de pradera. La disminución de N total fue aún más drástica alcanzando valores de 44,4% y 30,5% en labranza convencional y siembra directa con relación al suelo de pradera.

El tratamiento fertilización tuvo efecto en las fracciones lábiles: nitrato, amonio y nitrógeno hidrolizable, pero no se detectaron variaciones significativas en las fracciones más estables de carbono y nitrógeno.

La variable N hidrolizable fue la más sensible en detectar los cambios producidos por los sistemas de labranza y la fertilización, pudiendo convertirse en un índice promisorio para evaluar la calidad del suelo.

AGRADECIMIENTO

A los Ing. A. Lattanzi y H. Marelli, por permitirnos utilizar sus parcelas experimentales.

BIBLIOGRAFÍA

- ARRIGO, N.M., 1990. Efectos de secuencias de cultivos, labranzas y fertilización, sobre las características químicas y físicas de un Argiudol típico. *Tesis Mg. Sc.* Escuela para Graduados FAUBA. 189 pág.
- ARRIGO, N.M., R.M. PALMA, M.E. CONTI y E. GIARDINA, 1994. Rotaciones de cultivos sobre un Argiudol típico con labranza cero. *Rev. Turrialba*, 44(4):261-165, Costa Rica.
- CARTER, M.R., 1991. The influence of tillage on the proportion of organic carbon and nitrogen in the microbial biomass of medium-textured soils in an humid climate. *Biol. Fertil Soils*, 11: 135-139.
- CONTI, M.E., N.M. ARRIGO, y H.J. MARELLI, 1997. Relationship of soil carbon light fraction, microbial activity, humic acid production and nitrogen fertilization in the decaying process of corn stubble. *Biol. Fertil. Soils*, 25:75-78.

- COSCIA, A.**, 1991. Desarrollo sostenido de la pampa húmeda argentina. *Agricultura Sostenible* Nº 9, INTA. 15 pág.
- COSTANTINI, A.O., A.M. de L. SEGAT**, (ex aequo). 1994. Seasonal changes in the microbial biomass of brazilian soils with different organic matter contents. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25(17/18): 3057-3068.
- COSTANTINI, A.O., A. SEGAT, D.L. DE ALMEIDA y H. De-POLLI**, 1997. Efecto de diferentes fertilizantes sobre el carbono de biomasa microbiana, respiración y rendimiento bajo cultivo de lechuga. (*Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, en prensa).
- DAVIDSON, E.A., L.F. GALLOWAY, M.K. STRAND**, 1987. Assessing available carbon: Comparison of techniques across selected forest soils. *Comm. in Soil Sci. Plant Anal.*, 18:45-64.
- DELUCA, T.H. and D.R. KEENEY**, 1994. Soluble carbon and nitrogen pools of prairie and cultivated soils: seasonal variation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:835-840.
- ELLIOTT, I.F., R.I. PAPENDIVK and D.F. BEZDICEK**, 1987. Cropping practices using legumes with conservation tillage and soil benefits. In J.F. Power (ed.) *The role of legumes in conservation tillage systems. Soil Conserv. Soc. Am.*, Ankeny, IA.
- ISMAIL, L., R.L. BLEVINS and W.W. Frye**, 1994. Long-Term No-tillage effects on soil properties and continuous yields. *Soil Soc. Am. J.*, 58:193-198.
- LADD, J., N.M. AMATO, Z. Li-KAI and J.E. SCHULTZ**, 1994. Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian Allisol. *Soil Biol. Biochem.*, 26 (7):821-831.
- LAL, R., A.A. MAHBOUBI and N.R. FAUSSEY**, 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:517-522.
- MAHBOUBI, A., R. LAL and N.R. FAUSSEY**, 1993. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:506-512.
- Mc ANDREW, D.W. and S.S. MALHI**, 1992. Long-term N fertilization of a solonchic soil: Effects on chemical and biological properties. *Soil Biol. Biochem.*, 24:619-623.
- NELSON D.W. and L.E. SOMMERS**, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page (ed.) *Methods of soil analysis*, Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. pág. 539-580.
- RICHTER, M.**, 1980. Mejoras en la determinación de amonio por destilación. *Rev. Fac. Agr.*, 1(2):1-9.
- SANTANATOGLIA, O.J., R. AVAREZ, R.A. DÍAZ, M. BODRERO y M. DEMMI**, 1993/1994. Contenido de carbono orgánico y biomasa microbiana en un suelo sometido a distintas intensidades de cultivo. *Rev. Fac. Agr.*, 14(2):157-160.
- ZOURARAKIS D. y A. BARBERIS**, 1983. Técnicas de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada edáfica. Fundamento y desarrollo de las mismas. *Rev. Fac. Agr.*, 4(2):191-211.