

ROTACION Y FERTILIZACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE LA REGION SEMIARIDA BONAERENSE

II. Cambios de algunas propiedades químicas del suelo

ANA MARIA MIGLIERINA¹; J.A.GALANTINI²; J.O.IGLESIAS¹; R.A.ROSELL¹ y A.GLAVE³

Recibido: 20/09/94

Aceptado: 04/04/95

RESUMEN

En la región semiárida bonaerense se estudiaron los cambios producidos en los niveles de carbono orgánico (CO), nitrógeno total (Nt), fósforo extractable (Pe) y pH de un Haplustol éntico luego de 12 años de rotaciones con trigo (*Triticum aestivum*) y labranzas diferentes.

Las rotaciones estudiadas fueron: TV, trigo-verdeos de invierno y verano; TI, trigo-verdeos de invierno; TPa, trigo-alfalfa (*Medicago sativa*); TPc, trigo-pastura consociada; TP, trigo-pastoreo con ganado. Las rotaciones se dividieron en tratamientos sin (nf) y con (f) fertilizantes (N y P todos los años).

Los tratamientos con pasturas registraron los mayores contenidos de CO edáfico. Cuando la pastura fue alfalfa se observó el nivel más alto de Nt. Los valores más altos de Pe se detectaron en las dos rotaciones trigo-verdeos. La cantidad y tipo de verdeos, la fertilización y las diferentes labranzas produjeron cambios en los contenidos y distribución del CO, Nt y Pe del suelo.

Palabras Clave: Carbono, nitrógeno, fósforo, rotaciones con trigo, labranzas, región semiárida bonaerense.

ROTATION AND FERTILIZATION IN PRODUCTION SYSTEMS IN PAMPEAN SEMIARID REGION: II. Changes of some soil chemical properties.

SUMMARY

In the semi-arid region, changes of soil organic carbon (OC), total nitrogen (Nt), extractable phosphorus (Pe) and pH in an entic Haplustoll after applying different soil-plant rotation and cultivation systems during 12 years were studied. The crop rotations were: TV, wheat (*Triticum aestivum*) oat (*Avena sativa*), corn (*Zea mays*) and triticale grasses; TI, wheat-oat, vicia (*Vicia sativa*) and triticale grasses; TPa, wheat-alfalfa (*Medicago sativa*); TPc, wheat-mixed pasture; TP, wheat-cattle grazing. All of them without (nf) and with (f) fertilizers applications (N-P each year).

Levels of OC were higher in grassland soils. The highest level of Nt was registered under wheat-alfalfa rotation. Levels of Pe were the greatest in wheat-pasture rotations. Changes in the levels and distribution of soil OC, Nt and Pe were affected by annual pasture type and amount, fertilization and tillage system.

Key words: Carbon, nitrogen, phosphorus, wheat rotations, tillage, semi-arid region.

INTRODUCCION

La intensificación de la agricultura convencional provoca la disminución del contenido de materia orgánica (MO) edáfica (Rasmussen y Collins,

1991), lo que afecta notablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Diversos estudios revelan que la escasa atención brindada al mantenimiento del nivel de MO en grandes superficies arables ha ocasionado un notable deterioro

¹Laboratorio de Humus (LAHBÍS), Dpto. Agronomía, UNS, Bahía Blanca, Argentina.

²CIC, LAHBIS, Dpto. Agronomía, UNS.

³Estación Experimental Agropecuaria-INTA (8187) Bordenave.

de la fertilidad de los suelos y por ende, la disminución de los rendimientos. (Johnston, 1986). Este efecto es más pronunciado en las regiones semiáridas, donde la evapotranspiración potencial es mayor que la cantidad de lluvias, y donde es necesario utilizar técnicas apropiadas que permitan atenuar el efecto del déficit hídrico sobre la productividad agrícola. No obstante, el progreso tecnológico (nuevos cultivares, labranzas, etc.) de los últimos años ha enmascarado los efectos negativos de la intensificación de la agricultura sobre la productividad.

La agricultura conservacionista incluye una serie de prácticas cuya finalidad es preservar el ambiente, reducir la erosión, favorecer la acumulación de agua y mantener el nivel de MO edáfica. El manejo adecuado de los residuos (Black, 1973), el empleo de rotaciones (Campbell *et al.*, 1976) y los diferentes sistemas de labranzas reducidas y/o conservacionistas (Glave, 1988) contribuyen al logro de tales objetivos.

La inclusión de pasturas en una rotación de cultivos mejora apreciablemente las propiedades físicas y químicas del suelo (Bonel *et al.*, 1980; Pilati *et al.*, 1987). La fertilización con nitrógeno también afecta el contenido de MO de un suelo (Tate, 1987). Blevins *et al.*, (1983) detectaron niveles crecientes de MO, luego de 10 años de aplicación de fertilizante nitrogenado. En la Argentina existen pocos estudios que reporten los efectos combinados de rotaciones y

labranzas sobre las propiedades edáficas, luego de un período prolongado de cultivo.

Por esta razón se inició un proyecto de investigación que contempla el estudio integrado del efecto de rotaciones, fertilización y labranzas sobre el suelo y sobre la productividad del trigo en la región semiárida bonaerense. El objetivo de este trabajo es cuantificar los cambios producidos en los niveles de carbono orgánico (CO), nitrógeno total (Nt), fósforo extractable (Pe) y pH de un Haplustol éntico, luego de 12 años de rotaciones con trigo y labranzas diferentes.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se inició en 1975 sobre un ensayo ubicado en la E.E.A. Bordenave del INTA, en la región semiárida bonaerense (63° 01' W; 37° 52' S). Los datos analíticos se obtuvieron durante el año 1987, cuando todos los tratamientos estaban sembrados con trigo (*Triticum aestivum* cv. Cochicó INTA) de ciclo intermedio. La precipitación media durante el año del muestreo fue de 781,8 mm.

El ensayo está ubicado en una asociación de suelos de la serie Avestruz y 17 de Agosto. Es un Haplustol éntico de textura franco gruesa. Se caracteriza por constituir planos relativamente altos (Unidad cartográfica N° 4 de la Carta detallada de Suelos), de relieve normal-subnormal, con pendientes del 0 al 1%, con escurrimiento lento y de permeabilidad moderadamente rápida (Gómez *et al.*, 1981).

Se estudiaron las siguientes rotaciones, cuya secuencia se presenta en el Cuadro N° 1:

Cuadro N° 1: Secuencia de cultivos en cada uno de los sistemas estudiados

AÑO	TV	TI	TPa	TPc	TP
1975	trigo	trigo	alfalfa	pastura	pastoreo
1976	trigo	trigo	alfalfa	pastura	trigo
1977	ba - maíz	vicia + avena	alfalfa	pastura	pastoreo
1978	vicia + avena	vicia + avena	alfalfa	pastura	trigo
1979	vicia + avena	trigo	trigo	trigo	pastoreo
1980	trigo	trigo	trigo	trigo	trigo
1981	trigo	trigo	trigo	trigo	pastoreo
1982	trigo	trigo	trigo	trigo	trigo
1983	trigo	vicia + trit.	alfalfa	pastura	pastoreo
1984	trigo	vicia + trit.	alfalfa	pastura	trigo
1985	ba - maíz	trigo	alfalfa	pastura	pastoreo
1986	vicia + trit.	trigo	alfalfa	pastura	trigo
1987	trigo	trigo	trigo	trigo	trigo

ba: barbecho trit.: triticale

TV: trigo (5 años)-otros cultivos, principalmente verdes de invierno y verano, avena (*Avena sativa*), vicia (*Vicia sativa*), maíz (*Zea mays*) y triticale.

TI: trigo (4 años)-otros cultivos (rotación semejante a la anterior, sin maíz, y desplazada dos años).

TPa: trigo-alfalfa (*Medicago sativa*), 4 años de cada cultivo.

TPc: trigo-pastura consociada, alfalfa y gramíneas perennes (*Dactylis glomerata*, *Phalaris* spp. y *Festuca* spp.), 4 años de cada cultivo.

En todas las rotaciones se utilizó labranza conservacionista (cincel, barra escardadora y sembradora de surco profundo). Se mantuvo la mayor cobertura de residuos posible en todo momento. En TI y TPa la mitad de cada parcela recibió 64 kg N ha⁻¹ y 37 kg P ha⁻¹ cada año en forma de fosfato diamónico y urea al momento de la siembra (f). La otra mitad se mantuvo sin fertilizar (nf). Los verdes de invierno consistieron en una asociación de una gramínea (avena o triticale) y una leguminosa (vicia). Los verdes se pastorearon, y posteriormente se incorporaron al suelo. Se utilizó como referencia la rotación típica de la región:

TP: trigo (1 año)-pastoreo del campo natural (1 año), en la que se utilizó labranza convencional (arado rastra, rastra de discos y siembra en sistema plano), y no se aplicó fertilizante.

El diseño experimental consistió en 3 bloques completos aleatorizados. La dimensión de cada parcela fue de 30 x 25 metros.

Para el estudio de las propiedades químicas edáficas (CO, Nt, Pe y pH) se tomaron 6 muestras compuestas (3 submuestras) por parcela y por profundidad (0-5 y 5-15 cm). Las mismas se secaron al aire y se tamizaron (<0,25 mm). Se efectuaron las siguientes determinaciones:

- carbono orgánico (CO) por el método de Walkley-Black (Nelson y Sommers, 1982)

- nitrógeno total (Nt) por el método semimicro Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982)

- fósforo extractable (Pe) por el método de Bray-Kurtz (Bray-Kurtz, 1945) modificado

- pH, potenciométricamente en una suspensión suelo-agua (1:2,5).

Para el análisis estadístico se aplicó el ANOVA, previa verificación de normalidad y homocedasticidad. Posteriormente se aplicó el test de Tukey para la comparación de las medias tomadas de a pares. Para cada profundidad y parámetro estudiado, las letras diferentes indican diferencias significativas al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro N° 2 se presentan los niveles de CO edáfico en cada uno de los tratamientos y en cada profundidad estudiada. El Cuadro N° 3 muestra los niveles de Nt del suelo en cada tratamiento y en cada profundidad. Ambos cuadros contienen la comparación estadística correspondiente. Como puede observarse, los niveles de CO y Nt en TV y TI sin fertilizar muestran tendencias diferentes, que resultan de aportes diferentes entre el verdeo con leguminosa (enriquecido con N) y el verdeo con maíz (mayor aporte de C). El sistema TV incluye cinco años de verdeo (uno más que el TI), dos de los cuales son verdes de verano (maíz). El tratamiento TI, a pesar de tener un año menos de verdeo, posee un año más de consociación gramínea-leguminosa. Sin embargo, no debe descartarse la influencia de las condiciones meteorológicas en cada uno de los tratamientos, ya que solamente durante la mitad del período de duración del ensayo ambas rotaciones tuvieron los mismos cultivos simultáneamente.

Es conocido el hecho de que diferentes cantidades de residuos que ingresan al suelo producen cambios en el contenido de carbono, nitrógeno y en la relación C:N en los primeros 15 cm del suelo

Cuadro N° 2: CO (g kg⁻¹) de un Haplustol éntico bajo diferentes rotaciones y labranzas.

Prof. (cm)	TV nf	TI nf	TPa f	nf	TPc f	nf	TP nf
0-5	16,4 ^{e*}	14,6 ^d	18,8 ^b	15,4 ^{cd}	21,3 ^a	17,9 ^b	13,8 ^d
5-15	15,7 ^c	14,7 ^{cd}	17,0 ^b	17,3 ^b	19,4 ^a	13,9 ^d	15,2 ^c
0-15	15,9	14,6	17,6	16,7	20,0	15,2	14,7

* Para cada parámetro, igual letra representa diferencia no significativa.

(Black, 1973; Rasmussen y Collins, 1991). En el caso de los tratamientos mencionados, existen diferencias significativas en el contenido de CO en favor de TV en toda la capa arable. En cambio el nivel de Nt es superior en la rotación TI en el espesor 0-5 cm.

Los tratamientos TPa y TPc sin fertilizar son los que poseen mayor contenido de CO en los primeros 15 cm de suelo, no existiendo diferencias significativas entre ellos. Pilatti *et al.*, (1987) obtuvieron resultados semejantes cuando evaluaron las modificaciones producidas en el suelo por pasturas de alfalfa y gramíneas. Sin embargo si se analizan separadamente las profundidades estudiadas, se observa una distribución diferente de CO en ambos tratamientos. Probablemente esto estaría provocado por una mayor acumulación superficial de materia seca en el sistema con pastura consociada (TPc).

Los tratamientos con pasturas poseen los niveles más altos de Nt, diferenciándose la pastura de alfalfa por su mayor valor en los primeros 5 cm. Loewy (1987) no detectó diferencias en el contenido de Nt edáfico pero sí en la fracción hidrolizable, luego de 6 años de pastura en un suelo semejante de la región semiárida.

Los sistemas TP y TI no fertilizados, son los que poseen menor nivel de CO en la capa arable. En los primeros 5 cm el TI nf posee mayor contenido de CO que el TP nf. Esto estaría relacionado con la labranza utilizada en ambos sistemas. En el primer caso se empleó labranza conservacionista, mientras que en el segundo se utilizó labranza convencional. Blevins *et al.*, (1977), obtuvo resultados similares al estudiar el efecto de las labranzas y de la fertilización sobre algunas propiedades químicas y físicas de un suelo franco limoso de Kentucky (USA). Un efecto semejante se observa al comparar los niveles de Nt de los diferentes tratamientos. Los valores más bajos se observan en TV nfy TP nf. Al igual que para CO, los contenidos menores se encuentran en la rotación TP.

En el Cuadro N° 4 se presentan las relaciones C:N del suelo bajo los tratamientos estudiados y en las dos profundidades consideradas. Las variaciones observadas se deben a diferencias en la cantidad y calidad de los residuos producidos en cada

sistema. Si se considera el efecto del fertilizante sobre los tratamientos TI y TPa, puede observarse que la aplicación en forma continuada produjo un efecto positivo sobre el nivel de CO de la capa arable, siendo más pronunciado en los 5 cm superficiales. El empleo de fertilizante en el tratamiento TI elevó el nivel de CO hasta un valor semejante al alcanzado por las pasturas. Asimismo el sistema TPa fertilizado es el que posee el valor más alto de CO. En la rotación TI la fertilización provocó un aumento de la cantidad de materia seca, lo que incrementó el contenido de CO del suelo pero no el de nitrógeno, debido a la mayor exportación de N por el sistema.

Los valores de CO en el tratamiento TPa aumentaron con la fertilización continua durante 1987. Sin embargo, la respuesta del cultivo no fue significativa. La alta fertilidad producida por la alfalfa como cultivo antecesor favorece el crecimiento vegetativo del trigo. Esto conduce a un incremento en el requerimiento hídrico, que en la mayoría de los casos no puede ser satisfecho por el agua proveniente de las precipitaciones (Galantini *et al.*, 1992).

En el Cuadro N° 5 se presentan los niveles de Pe en los sistemas estudiados y en las dos profundidades. Debido a la escasa variabilidad interna entre datos, pequeñas diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas. A partir de los resultados obtenidos pueden visualizarse algunas tendencias acerca del comportamiento de este nutrimento, las que se discuten a continuación.

En ambas profundidades los valores más altos se detectaron en las rotaciones TV y TI, lo que indica el efecto positivo del cultivo antecesor (verdeos). Si bien se podría esperar que el contenido de Pe fuera mayor en los sistemas con pasturas debido al efecto de solubilización de fosfatos por parte de las raíces de las leguminosas, los resultados encontrados indican niveles más bajos. Esto se explicaría por una inmovilización del fósforo por parte de la materia orgánica, especialmente la materia orgánica joven, y por una mayor absorción de este nutriente por el cultivo. Posiblemente la época de muestreo y la mayor disponibilidad de nitrógeno tengan incidencia sobre este último aspecto.

La rotación trigo-pastoreo (TP) presenta los menores contenidos de Pe en la capa arable, lo que coincide con los resultados obtenidos por otros autores (Miglierina, 1991). Si se analizan los

Cuadro N° 3: Nt (g kg⁻¹) de un Haplustol éntico bajo diferentes rotaciones y labranzas.

Prof. (cm)	TV	TI	TPa	TPc		TP	
	nf	nf	f	nf	f	nf	
0-5	1,21 ^{a*}	1,41 ^d	1,46 ^{cd}	1,89 ^a	1,64 ^b	1,57 ^{bc}	1,15 ^c
5-15	1,22 ^d	1,26 ^{cd}	1,35 ^{cd}	1,53 ^{ab}	1,66 ^a	1,47 ^{bc}	1,31 ^{cd}
0-15	1,22	1,31	1,39	1,65	1,65	1,50	1,26

* Para cada parámetro, igual letra representa diferencia no significativa.

Cuadro N° 4: Relaciones C:N de un Haplustol éntico bajo diferentes rotaciones y labranzas.

Prof. (cm)	TV	TI	TPa	TPc		TP	
	nf	nf	f	nf	f	nf	
0-5	13,5	10,3	12,9	8,2	13,0	11,4	12,0
5-15	12,8	11,7	12,6	11,3	11,7	11,0	11,6
0-15	13,0	11,2	12,7	10,3	12,1	11,1	11,7

Cuadro N° 5: Pe (µg g⁻¹) de un Haplustol éntico bajo rotaciones y labranzas diferentes

Prof. (cm)	TV	TI	TPa	TPc	TP		
	nf	nf	f	nf	f		
0-5	18,1 ^{a*}	16,2 ^b	19,0 ^a	6,4 ^c	9,2 ^d	13,0 ^e	9,3 ^d
5-15	14,1 ^a	12,3 ^{ab}	14,3 ^a	10,4 ^{bc}	9,1 ^{cd}	10,1 ^{bc}	7,0 ^d
0-15	15,4	13,6	15,9	9,1	9,1	11,1	7,8

* Para cada parámetro, igual letra representa diferencia no significativa.

Cuadro N° 6: pH de un Haplustol éntico bajo rotaciones y labranzas diferentes.

Prof. (cm)	TV	TI	TPa	TPc		TP	
	nf	nf	f	nf	f	nf	
0-5	6,5 ^{d*}	6,6 ^{cd}	6,5 ^d	6,7 ^c	6,9 ^b	6,9 ^b	7,2 ^a
5-15	6,7 ^{bc}	6,7 ^{bc}	6,6 ^c	6,8 ^b	6,8 ^b	6,8 ^b	7,3 ^a
0-15	6,6	6,7	6,6	6,8	6,8	6,8	7,3

* Para cada parámetro, igual letra representa diferencia no significativa.

tratamientos que recibieron fertilizante, se puede observar un pequeño incremento del Pe en los primeros 5 cm, efecto que se atenúa al descender en el perfil. Este escaso desplazamiento y enriquecimiento del fósforo en los primeros centímetros debido a la aplicación superficial de fertilizante, también fue detectado por Berardo *et al.*, (1980), en un ensayo efectuado sobre un Mollisol de la región pampeana.

El Cuadro N° 6 contiene los valores de pH determinados en todos los sistemas y en las dos profundidades. En las parcelas que no recibieron fertilizante la secuencia de pH es : TV < TI < TPa < TPc < TP. Esta tendencia se atenúa en la profundidad 5-15 cm. No se observa un marcado efecto de la fertilización sobre el pH del suelo. Sólo en la rotación TPa la aplicación de fertilizante produjo un leve incremento en los primeros 5 cm. Probablemente la translocación de bases (Ca, Mg y K) desde los horizontes más profundos a la capa superficial por parte de la pastura, explique el aumento de pH en este sistema.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos no se visualiza un marcado efecto del tratamiento sobre el CO edáfico. La fertilización incrementó su contenido en la capa arable, pero no mejoró el nivel de Nt.

La aplicación de fertilizante produjo un leve incremento del Pe en los primeros 5 cm en los sistemas trigo-verdeos de invierno y trigo-alfalfa.

La labranza conservacionista favoreció la acumulación superficial de CO, parámetro directamente relacionado con propiedades físicas vinculadas con la captación de agua.

El sistema con labranza convencional (trigo-pastoreo) mostró ser el más degradativo de los parámetros químicos estudiados. El nivel de CO encontrado en superficie podría alertar sobre una mayor susceptibilidad a la erosión causada por la labranza convencional.

BIBLIOGRAFIA

- BERARDO A., C.A. NAVARRO, y H. ECHEVERRIA. 1980. Relación del contenido de fósforo disponible en el suelo y de nitratos en la planta con la respuesta a la fertilización fosfatada y nitrogenada. Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná, Entre Ríos, II: 515-521.
- BLACK, A.L. 1973. Soil property changes associated with crop residue management in a wheat-fallow rotation. *Soil Science Society of American Proceeding* 37, (6) 943-946.
- BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W. and CORNELIUS, P.L. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agronomy Journal* 69, (3) 383-396.
- BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W., FRYE, W.W. and CORNELIUS, P.L. 1983. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally-tilled corn. *Soil Tillage Res.* 3:135-136.
- BONEL, J.A., PURICELLI, C.A., CABRINI, E.J.J., y WEIR, E. 1980. Influencia de la alfalfa sobre la fertilidad nitrogenada del suelo en la pampa húmeda. Actas de la IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná, Argentina. Tomo II, 749-757.
- BRAY R.H. and L.T. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- BREMNER, J.M. and MULVANEY, C.S. 1982. Nitrogen total. In: A.L. Page et al. (eds.). Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9, 2nd edition, Madison, Wisconsin, USA. 595-624.
- CAMPBELL, C.A., PAUL, E.A. and MCGILL, W.B. 1976. Effect of cultivation and cropping on the amount and forms of soil N. In Proceedings of Western Canada Nitrogen Symposium. Calgary, Alberta. 119-121.
- GALANTINI, J.A., J.O. IGLESIAS, A.M. MIGLIERINA, R.A. ROSELL y A. GLAVE. 1992. Rotación y fertilización en sistemas de producción de la región semiárida bonaerense. I. Productividad (calidad y rendimiento) de trigo. *Rev. Facultad de Agronomía*, 13 (1): 67-75.
- GLAVE, A. 1988. Manejo de suelos y agua en la región semiárida pampeana. In Erosión: sistemas de producción, manejo y conservación del suelo y del agua. Fundación Cargill, 1-69.
- GÓMEZ, L., NAKAMA, V. y PURICELLI, C. 1981. Carta detallada de suelos. EEA INTA Bordenave, escala 1:10.000. Informe Interno INTA.
- JOHNSTON, A.E. 1986. Soil organic matter, effects on soils and crops. *Soil Use Manage.* 2: 97-105.
- LOEWY, T. 1987. Rotación leguminosa-trigo y la fertilidad nitrogenada del suelo. *Ciencia del Suelo.* 5, (1) 57-64.
- MIGLIERINA A.M. 1991. Materia orgánica y sistemas de producción en la región semiárida bonaerense. Tesis de Magister en Ciencias del Suelo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 94 pp.
- NELSON, D.W. and SOMMERS, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: A.L. Page et al. (eds.). Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy 9, 2nd edition, Madison, Wisconsin, USA. 539-579.
- PILATTI M.A., PRIANO, L.J.J. y DE ORELLANA, J.A. 1987. Modificaciones producidas en el suelo por plantas forrajeras. *Ciencia del Suelo* 5, (2) 150-156.
- RASMUSSEN, P.E. and H.P. COLLINS. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Adv. Agr.* 45: 93-134.
- TATE, R.L. 1987. Soil organic matter: Biological and ecological effects. John Wiley and Sons, New York.