

ROTACION LEGUMINOSA – TRIGO Y FERTILIDAD NITROGENADA DEL SUELO

Tomás Loewy
INTA Bordenave - 8187 Bordenave - Prov. de Bs. As.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de rotaciones con leguminosas sobre el cultivo del trigo y la fertilidad nitrogenada del suelo.

Entre los años 1975-82 se condujo un ensayo en la E. E. A. Bordenave (S. O. de la Provincia de Bs. As.) sobre un suelo Haplustol de textura franco-arenosa y fertilidad mediana a buena. En 5 bloques completos, con 200 m² por unidad experimental, se instalaron los siguientes tratamientos: trigo continuo, alternado con pastoreo del rastrojo, rotado con praderas y con vicia. Anualmente fueron medidos diversos parámetros del suelo y atributos del cultivo. Se estableció que la rotación trigo-verdeos c/vicia, en pares de años sucesivos, tiende a un adecuado balance nitrógeno-agua. El 1º trigo sobre pradera, en cambio, presenta un alto riesgo de stress hídrico en primavera. El trigo continuo mostró una pérdida de rendimiento aproximada a 100 kg/ha/año, en relación a la rotación con vicia. La "historia" del lote y el cultivo anterior se revelaron más efectivos para el diagnóstico de la fertilidad nitrogenada del suelo que varias determinaciones analíticas, incluida la del N disponible.

Palabras claves: trigo, rotación de cultivos, leguminosas, nitrógeno del suelo.

LEGUME - WHEAT ROTATION AND SOIL NITROGEN FERTILITY

ABSTRACT

The objective of this experiment was to study the effect of legume rotations on wheat and soil nitrogen fertility.

Between 1975 and 1982, an experiment was carried out on a Haplustol soil of a sandy - loam texture and average to good fertility in Bordenave Experimental Station. The following treatments were set in 5 complete blocks (each experimental unit was 200 m²): wheat-continuous, alternated with grazing of stubble, rotated with leys and with vetch. Annual records were made of various soil determinations and wheat attributes. It was established that a rotation based on a two wheat crops-two year vetch and oats sequence promotes an adequate water-nitrogen balance. The first wheat crop after the ley, instead, runs the risk of water stress in spring. Continuous wheat showed a yield loss of approximately 100 kg/ha/year, compared to the wheat-vetch rotation. The plot "history" and the preceding crop proved to be more effective to diagnose soil nitrogen fertility than various analytical determinations, including available nitrogen.

Key words: wheat, crops rotation, legumes, soil nitrogen.

INTRODUCCION

Las plantas leguminosas contribuyen con poco menos del 50% de la fijación biológica mundial de N₂ al suelo (Havelka *et al.*, citado por Pidello, 1979). La inclusión de esta familia en las secuencias de cultivo, por lo tanto, tiene una influencia considerable en la nutrición de los cultivos siguientes. Cuando la leguminosa está consociada con gramíneas perennes, el efecto favorable se extiende a la condición física del terreno (Clement y Williams, 1974).

Quizás sea Australia el país que ha utilizado más eficientemente la rotación leguminosa-cereal, sobre todo en las áreas con menores precipitaciones (Russell, 1980; Winn, 1980; Ladd *et al.*, 1980). Los trabajos publicados a nivel nacional sobre el tema son escasos. Por su importancia mencionaremos el estudio sobre la rotación alfalfa/trigo realizado en Marcos Juárez, Córdoba (Bonel *et al.*, 1980). En la región semiárida pampeana 2 trabajos fueron dirigidos a diagnosticar el estado físico y químico de los suelos en base al muestreo de lotes bajo diferentes manejos (Tallarico y Puricelli, 1983; Oliverio y Puricelli, 1984).

En el SO de la Prov. de Bs. As., la decreciente fertilidad de los suelos es uno de los factores de mayor gravitación en los bajos rendimientos agrícolas. En el aspecto nutricional, las deficiencias de P alcanzan a un 50% de la superficie mientras que la baja disponibilidad de N es de carácter más general (Loewy y Seewald, 1980; Loewy y Puricelli, 1982).

El objetivo de esta experiencia fue estudiar el efecto de rotaciones con leguminosas sobre el cultivo de trigo y la fertilidad nitrogenada del suelo. La evaluación de parámetros físicos del suelo fue abordada en otros trabajos (Commegna y Santamaría, 1982; Bruno y Rabinovich, inédito).

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en el período 1975/82 sobre la base de un ensayo de rotación de cultivos conducido en la EEA Bordenave (INTA), Partido de Puán (Glave, inédito). El suelo utilizado es un Haplustol thaptoargílico, cuya secuencia de horizontes es la siguiente: A-AC-2BC-2C-C3 (tosca) (Gómez *et al.*, 1981). La profundidad media del suelo es de 100 cm, bien drenado, de reacción ligeramente ácida y con las siguientes características:

Prof. (cm) 0-15 N. total (%) = 0.158
C. Org. (%) = 1.55 P Bray (ppm) = 20
Prof. (cm) 0-30 Textura: Fco-Fco ar.;
Eq. H = 23%; PMP = 11% hum.
Prof. (cm) 30-60 Textura: Fco. ar
Eq. H = 21%; PMP = 10% hum.

Eq. H = equivalente de humedad
PMP = punto de marchitez permanente

El uso anterior del suelo registra un largo período bajo alfalfa (1960-1970) seguido de 4 años de agricultura, incluyendo un año de cosecha gruesa (sorgo). El ensayo se implementó sobre un rastrojo de cebada en un diseño de 5 bloques completos y 6 tratamientos aleatorizados. La unidad experimental fue de 200 m² utilizándose implementos de tamaño convencional. Se empleó la variedad de trigo Buck Napostá y los tratamientos comparados fueron:

- A: trigo sobre trigo continuo
- B: trigo-avena/vicia, con maíz de pastoreo previo a la avena/vicia
- C: trigo-avena/vicia, con maíz de pastoreo previo al trigo
- D: alfalfa-trigo
- E: pastura mixta-trigo
- F: trigo-pastoreo-trigo (sin barbecho)

Excepto el tratamiento F, el sistema de labranza y de siembra fue de tipo conservacionista (Glave, 1982). Los aprovechamientos del rastrojo, verdes o pasturas, se realizaron mediante pastoreo directo con ganado vacuno. La alfalfa fue manejada bajo corte. Los rendimientos del maíz de pastoreo, verdes de invierno y praderas oscilaron en el orden de los 4000-6000 y 7500 kg/ha de MS/año, respectivamente. Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas del suelo: nitrógeno total (Kjeldahl), nitrógeno hidrolizable (Keeney y Bremner, 1966), nitrógeno disponible (Bremner, 1965), carbono orgánico (W. Black), carbono liviano (Richter *et al.*, 1975), fósforo disponible (Bray y Kurtz, nº 1) y humedad por gravimetría. El contenido de proteína en grano se determinó colorimétricamente (Analizador UDY).

En conjunto los datos evidencian que los cultivos con mejor provisión de N fueron más afectadas por las escasas precipitaciones en primavera.

Las condiciones climáticas fueron similares en 1981, nivelando —en gran parte— las diferencias de rendimiento esperadas. En producción de grano, el trigo sobre 2 años de avena/vicia (C) fue superior a los demás manejos. Los tratamientos D y E sólo se destacaron so-

bre el monocultivo (A) cuando se consideró la producción de proteína.

El trigo continuo (A) mostró una baja performance al no poder superar al trigo alternado (F), sin barbecho. No se detectaron diferencias en el N disponible (en macollaje) y sólo el tratamiento C superó al A en el número de espigas/m² (tabla 5).

TABLA N° 3. Nitrógeno y humedad disponible en el suelo. Año 1980

Trat.	siembra (0-60 cm)		espigazón (0-15 cm)
	N* (ppm)	mm	N* (ppm)
A	9 a	84 a	9 a
B	10 a	76 a	16 b
D	11 a	84 a	11 ab
E	11 a	76 a	13 ab

* N-(NH₄⁺ + NO₃⁻)
Letras distintas difieren al 5% (Duncan)

En el último año evaluado (1982) las precipitaciones fueron abundantes. Al momento de la siembra del trigo el N disponible en el suelo no mostró diferencias entre tratamientos (tabla 6). Los bajos niveles de proteína en grano sugieren la hipótesis de una importante lixiviación de los nitratos del suelo. Las únicas diferencias significativas se hallaron en el parámetro kg/de proteína/ha.

En la figura 1 se resumen los resultados de los años 80, 81 y 82 en rendimiento de grano-proteína y porcentaje proteico del grano.

TABLA 4. Atributos del cultivo de trigo. Año 1980

Trat.	plantas m ²	espigas		kg/ha		% Prot.	P.H.	Peso 1000 granos
		m ²	alt. (cm)	grano	Prot.			
A	154 a	285 a	65 a	1.090 a	135 a	12.4	85.88	31
B	165 a	367 bcd	71 ab	1.390 b	182 b	13.1	84.62	30
D	165 a	374 b	75 b	1.420 b	215 b	15.3	84.93	30
E	171 b	360 cd	75 b	1.440 b	200 b	13.9	84.85	30

Letras distintas difieren al 5% (Duncan)

TABLA N° 5. Nitrógeno disponible en el suelo, espigas/m² y producción de trigo. Año 1981

Trat.	N* ppm	espigas (m ²)	kg/ha		% proteína
			grano	proteína	
A	4	404 a	1400 a	179 a	12,8
B	3	432 ab	1790 b	229 b	12,8
C	5	450 b	2210 c	287 c	13,0
D	3	441 ab	1670 ab	224 b	13,4
E	5	443 ab	1610 ab	221 b	13,7
F	5	443 ab	1550 ab	200 ab	12,9

* N - (NH₄⁺ + NO₃⁻), 0-30 cm al macollaje
Letras distintas difieren al 5% (Duncan)

Carbono y nitrógeno en el suelo

Estos parámetros se analizaron en todas las parcelas sobre muestras de capa arable, tomadas en junio de 1980. En valores totales de N y C no fueron detectadas diferencias entre los tratamientos. Las respectivas fracciones, más fácilmente mineralizables, mostraron algunas variaciones significativas entre los manejos (ver tabla 7).

TABLA 6. Nitrógeno disponible en el suelo y producción de trigo. Año 1982

Trat.	N* sbra. 0-30 cm	kg/ha		% proteína
		grano	proteína	
A	9 a	1940 a	169 a	8.69
C	9 a	2440 a	238 b	9.75
D	10 a	2075 a	212 ab	10.23
E	10 a	2006 a	202 ab	10.08

* N = (NH₄⁺ + NO₃⁻)
Letras distintas difieren al 10% (Duncan)

TABLA 7. Valores de carbono y nitrógeno en el suelo. Año 1980

Trat. / Parám.	A	B	C	D	E	F
C. Total %	1.59 a	1.50 a	1.57 a	1.59 a	1.50 a	1.45 a
N. Total %	0.155 a	0.158 a	0.161 a	0.156 a	0.153 a	0.156 a
C. Liviano %	0.358 ab	0.327 ab	0.315 a	0.415 b	0.355 ab	0.314 a
N. Hidroliz. ppm.	190 ab	182 a	210 b	199 b	183 a	194 ab

Letras distintas, en un mismo parámetro, difieren al 5% (Duncan)

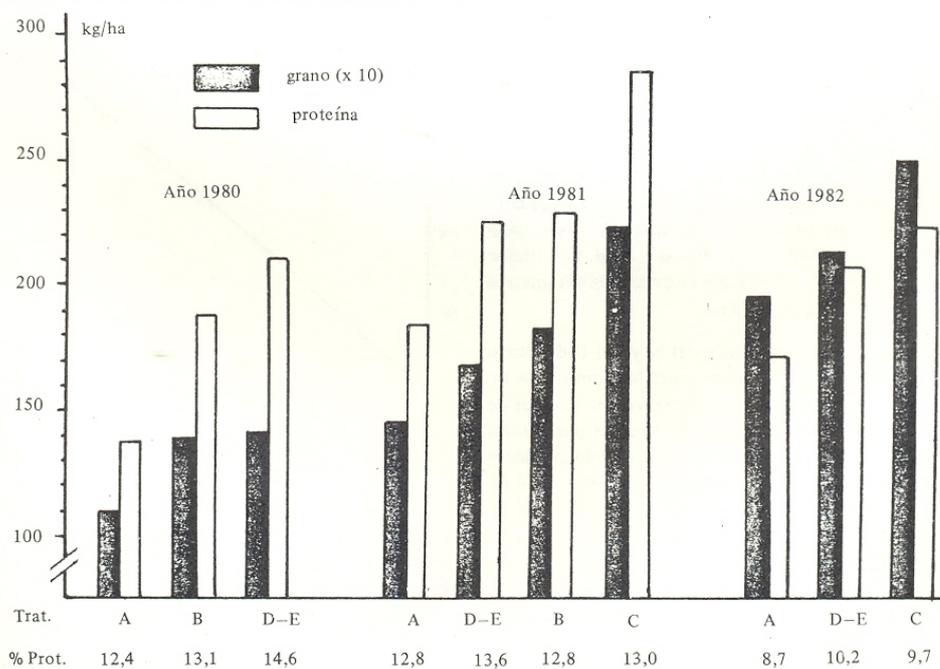


Figura 1. Producción de trigo, en trigo-trigo (A); avena/vicia-trigo (B-C) y pradera-trigo (D-E).

En Carbono liviano se destacó el tratamiento de alfalfa (D) y en un nivel ligeramente inferior, el de pastura mixta (E), trigo continuo (A) y una de las rotaciones de trigo-avena/vicia (B). Para el Nitrógeno hidrolizable se observó cierta superioridad en los tratamientos con avena/vicia en pie (C) y alfalfa (D), bajo barbecho.

DISCUSION

Ninguna de las determinaciones evaluadas en el suelo mostró una aceptable relación con los tratamientos o rendimientos del cultivo. En una primera aproximación este hecho puede atribuirse a que los tratamientos tuvieron un moderado efecto sobre la dotación total de C y N, en un suelo de fertilidad inicial relativamente alta. El manejo más "agresivo" fue trigo sobre trigo, con labranza conservacionista. En esta secuencia la remoción de N fue de 21 kg por tonelada de grano producido/ha/año. Esto implica, en los 5 años, un 6,6% del N original. En cuanto al C orgánico, si aceptamos una tasa de mineralización anual de 1,5% y un rendimiento en humus —del rastrojo— aproximado al 10% (Gros, 1971), el balance es ligeramente negativo. Tampoco se ha detectado —analíticamente— un aumento de N total o C orgánico en los 5 años de alfalfa o pastura mixta.

En el citado trabajo de Bonel *et al.*, (1980) el aporte de 5 años de alfalfa —medido en N total y M. O. del suelo— fue sustantivo. En este caso la leguminosa se ubicó sobre un lote con 15 a 20 años de trigo continuo. Otro estudio en Córdoba señala la mayor sensibilidad del N total, con respecto a la M. O. aunque encuentra una alta correlación entre ambos parámetros (Tallarico y Puricelli, 1983).

Las fracciones más lábiles del N y del C del suelo no fueron lo suficientemente sensibles como para interpretar todas las diferencias observadas. El valor de C. L. parece estar afectado negativamente por el nivel de pastoreo mientras que el N. H. no es independiente del período de barbecho previo al muestreo. Esto último, en todo caso, no explica el alto valor de N. H. hallado en A. En otros estudios, la relación de estos índices con el uso del suelo, ha sido más evidente (Zouarakis y Barberis, 1980; Oliverio y Puricelli, 1984; Loewy, inédito).

Es probable que las esperadas diferencias del C y del N se hayan diluido en la profundidad de muestreo utilizada (0-12 cm): Trabajos recientes indican una

mayor sensibilidad, de estos parámetros, en los primeros 5 cm del suelo (Miglierina, A. M. *et al.*, 1986; Andriulo, A. y Rosell, R., 1986).

El N disponible mostró diferencias sólo en 2 de los 4 años en que fue evaluado. Se estima que la dificultad en apreciar las variaciones se deben al movimiento de los nitratos por lixiviación. Algunos atributos del cultivo expresaron una mejor respuesta, al efecto de las leguminosas, que los parámetros medidos en el suelo: espigas/m², rendimiento en grano y en proteína, % de proteína y altura en precosecha. El peso de los granos aportó negativamente al rendimiento de las parcelas con mayor fertilidad nitrogenada tal como ocurre —frecuentemente— con la fertilización (Loewy, inédito).

Entre el trigo continuo y en rotación con avena/vicia es posible calcular la pérdida relativa de rendimiento, en el monocultivo, a través del tiempo. Comparando sólo los años con igual antecesor, la caída de producción en el trigo continuo estuvo en el orden de los 70 kg/ha/año, con un alto coeficiente de correlación lineal, ($r = 0.99$) (Figura 2).

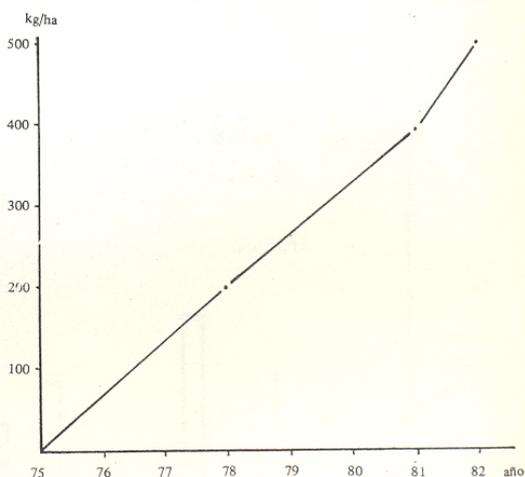


Figura 2. Incremento del trigo en rotación (con avena/vicia) sobre trigo continuo.

El trigo sobre alfalfa o pastura mixta no tuvo una alta respuesta, en grano, debido al bajo nivel de precipitaciones durante los 2 primeros ciclos. Los resultados sugieren, sin embargo, que el efecto de la leguminosa sobre la fertilidad del suelo, no es inferior a los 3 años. Esto concuerda con estudios realizados en Australia sobre la residualidad del N aportado biológicamente al suelo (Ladd *et al.*, 1980).

CONCLUSIONES

- Por los resultados de esta experiencia se estima que la rotación verdeo con vicia/trigo tiende a un adecuado balance nitrógeno-agua para el cereal, mientras que el primer trigo –sobre pradera de 5 años– presenta un alto riesgo de stress hídrico en primavera.
- La pérdida de rendimiento en el monocultivo de trigo, en relación a la rotación con verdeo/vicia, osciló en el orden de los 100 kg/ha/año. Comparando solamente cultivos con igual antecesor (trigo), la caída de producción respectiva fue de unos 70 kg/ha/año. En el primer caso se suman los efectos “historia del lote” y “cultivo anterior” mientras que, en el segundo caso, sólo permanece la influencia de la historia del lote.
- En el suelo empleado (Haplustol) la “historia del lote” y el “cultivo anterior” se revelaron más efectivos para diagnosticar la fertilidad nitrogenada que diversas determinaciones analíticas, incluida la de nitrógeno disponible.
- En capa arable del suelo no se detectó sensibilidad del C y N total a 5 años de pradera o trigo continuo. El parámetro kg de proteína/ha, en el grano de trigo, mostró un alto valor interpretativo del N en el suelo y su provisión al cultivo.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los profesionales Ferreiro, A. C., Camaño, I. Herrera, G. (INTA) y Daniel, P. F. (LAQUIGE) por su aporte en determinaciones analíticas del suelo.

REFERENCIAS

- Andriulo, A. y R. Rosell (1986). Distribución del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre orgánicos y pH de un suelo bajo dos sistemas de labranza. XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Neuquén-Río Negro, setiembre 1986. Resúmenes: 28.
- Bonel, J. A., C. A. Puricelli, E. J. J. Cabrini y E. Weir (1980). Influencia de la alfalfa sobre la fertilidad nitrogenada del suelo en la pampa húmeda. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná (Entre Ríos). II:749-757.
- Bremner, J. M. (1965). Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam distillation methods. Black, C. A. (Ed.). In methods of soil analysis. Agronomy n° 9. Madison, Wisconsin U. S. A. 1191-1198.
- Clement, C. R. y T. E. Williams (1974). Leys in arable rotation. In silver jubilee report. Grassland Research Institute. 18-26.
- Commegna, M. y R. Santamaría (1980). Modificación de la estructura en suelos franco-arenosos, bajo distintas rotaciones de cultivos. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná (Entre Ríos). I:3-7.
- Glave, A. E. (1982). Agricultura en regiones semiáridas. Informe Técnico n° 29. INTA, Bordenave (Prov. Bs. As.). 40 p.
- Gómez, L. A., V. Nakama y C. A. Puricelli. (1981). Carta detallada de suelos de la E. E. A. Bordenave. CNIA-Departamento de Suelos, INTA Castelar. (Prov. Bs. As.).
- Gros, A. (1971). Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid (España). 526 p.
- Keeney, D. R. and J. M. Bremner. (1966). Comparison and Evaluation of Laboratory Methods of Obtaining an Index of soil Nitrogen Availability. Agronomy J. 58: 498-503.
- Ladd, J. N., J. H. A. Butler, R. B. Jackson and M. Amato (1980). Nitrogen fixation and turnover in legume-cereal rotations. Int. Cong. on Dryland farming. Adelaide (South Australia). 16-18.
- Loewy, T. y H. A. Seewald. (1980). Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos del SO bonaerense. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná (Entre Ríos). II:533-36.
- Loewy, T. y C. A. Puricelli. (1982). Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la E. E. A. Bordenave. Informe Técnico n° 28. INTA Bordenave, (Prov. Bs. As.). 16 p.
- Miglierina, A., Rosell y A. Lázzari. (1986). Contenido y composición de la materia orgánica del horizonte A de un suelo bajo rotaciones con trigo. XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Neuquén-Río Negro, setiembre 1986. Resúmenes: 28-29.
- Oliverio, G. y C. A. Puricelli. (1984). La degradación de los suelos en la zona SO de CREA y su relación con el uso de las tierras. INTA (En prensa).
- Pidello, A. (1979). Influence de l'azote mineral combine sur la fixation rhizophérique de l'azote sous culture de maïs. Université de Nancy (These). 88 p.

- Richter, M., G. Massen e I. Mizuno. (1973). Total organic carbon and "oxidizable" organic carbon by the Walkley-Black procedure in some soils of the argentina Pampa. *Agrochimica* 17 : 426-473.
- Russell, J. S. (1980) Nitrogen in Dryland Agriculture. Int. Cong. on Dryland Farming. Adelaide (South Australia): 14.
- Tallarico, L. A. y C. A. Puricelli. (1983). Determinación de los efectos de las rotaciones y sucesiones de cultivos sobre la fertilidad química y física del suelo en la "zona centro" de CREA. I. D. I. A. 409-412: 68-86.
- Win, D. B. (1980). Biological and fertilizer nitrogen for cereals. Int. Cong. on Dryland Farming. Adelaide (South Australia) 72-75.
- Zourarakis, S. D. y L. A. Barberis. (1980). Estudio comparativo del valor de algunos métodos químicos como elemento diagnóstico de la fertilidad nitrogenada en suelos de la pradera pampeana. Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná. (Entre Ríos). 413-424.