

Efecto del nitrógeno sobre el estado microbiológico de un suelo ferrítico rojo en un agroecosistema cítrico

Lisbet Font Vila, Bernardo Calero Martín, Antonio del Castillo Ramírez, Marialina Valenciano Abreu y Aniuska Guevara Baker

Instituto de Suelos. Dirección Provincial Camagüey.

RESUMEN. La investigación se desarrolló con un suelo ferrítico rojo de un agroecosistema cítrico, con el objetivo de evaluar desde el punto de vista microbiológico, a través de indicadores de actividad potencial, el efecto de la fertilización nitrogenada. Se seleccionaron tratamientos de un experimento en naranja Valencia Late, los cuales recibieron, durante 10 años, diferentes dosis de nitrógeno, (0, 50..., 250 kg/ha¹/año⁻¹). El muestreo se realizó a una profundidad de 0-20 cm antes de la 11^{na} fertilización. Se emplearon como índices evaluativos la actividad respiratoria y celulolítica, la capacidad nitrificadora y otros indicadores del suelo y el cultivo. La adición continuada de nitrógeno durante 10 años provocó cambios en el estado microbiológico del suelo, resultando perjudicial para la microflora su aplicación con dosis por encima de 100 kg/ha¹/año⁻¹. Se obtuvo una menor pérdida de las reservas energéticas del suelo, un incremento de la microflora fisiológicamente activa y los mayores rendimientos del cítrico con dosis de 100 kg de N, con lo que se logra un mejor equilibrio del agroecosistema y una mayor rentabilidad.

Palabras claves: Nitrógeno, agroecosistema, respiración, descomposición de la celulosa, nitrificación.

ABSTRACT. The research was carry out with a Red Ferritic Soil of cítrico agroecosistem with the objective to evaluate microbiologically, through potential activity indicators, the fertilization effect. The treatments selected (0, 50..., 250 kg/ha¹/year⁻¹) in 10 years of experiments in Valencia Late orange. Evaluative microbiologic indicators like respiration and celullolitic activities and nitrification capacity where used, moreover another soil and cultivation indicators. The continual addition of nitrogen during 10 years promoted changes in the soil microbiologic state, resulting harmful for microflora the nitrogen applications doses above 100 kg/ha¹/year⁻¹. With 100 kg/ ha¹/year⁻¹ dose obtained a less waste of the Soil organic matter energetic reserve, an increase of the physiologically active microflora, greatest cultivation yield and better balance of the agroecosistema.

Key words: Nitrogen, agroecosistem, respiration, descomposition of celulosa, nitrification

INTRODUCCIÓN

Hasta el presente se ha investigado acerca de las propiedades físicas, químicas y la fertilización de los suelos ferríticos rojos plantados de cítricos; sin embargo, se conoce poco de sus características biológicas y del efecto que pueda tener la fertilización sobre estas propiedades, por lo que el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación a largo plazo de dosis de nitrógeno sobre indicadores de la cantidad y actividad de la biomasa microbiana en un suelo ferrítico rojo de un agroecosistema cítrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron tratamientos que recibieron durante 10 años dosis de 0, 50, ..., y 250 kg/ha¹/año⁻¹ de N y 110 y 90 kg/ha¹/año⁻¹ de P₂O₅ y

K₂O, respectivamente, en un cultivo de naranja Valencia Late, ubicado en la Empresa Cítrica "Sola" de Camagüey. Los fertilizantes se aplicaron a voleo en el área de la copa del árbol usando como portadores NH₄NO₃, superfosfato simple y KCl. El experimento se desarrolló en condiciones de secano y con plantaciones de 14 años de edad. El muestreo se realizó a una profundidad de 0-20 cm antes de la oncenava fertilización. Se utilizó como índice evaluativo la respiración basal (RB) (determinada según Forster, 1995), para la respiración inducida por carbono (RIC) y por carbono y nitrógeno (RICN); se aplicó glucosa al suelo a razón de 1.6 mg/g⁻¹ en solución acuosa. Esta concentración resultó la mínima para alcanzar la máxima respiración en este tipo de suelo, la capacidad nitrificadora real (NR) y potencial del suelo (NP) por Bolotina y Abramova (1968), y el grado de descomposición de la celulosa (DC) según Szegui (1988). La tabla 2 refleja las principales características

químicas del suelo para la profundidad 0-20 cm de los tratamientos en el momento del estudio, así como los rendimientos medios del cultivo en el período 1991-1996.

Se hizo además un muestreo en un suelo similar, el cual se encontraba sin explotación agrícola por un período aproximado de 40 años, con el objetivo de valorar cambios como consecuencia del sistema de manejo agrícola. Las principales características de este suelo se reportan a continuación: pH, 5,6; M.O, 4,6 %; P_2O_5 , 0,82 mg/100 g⁻¹; K_2O , 15,98 mg/100 g⁻¹; Ca^{2+} , 6,20 cmol⁺kg⁻¹; RB, 26,48 mg; $CO_2/100$ g⁻¹; RIC, 63,21 mg; CO_2 100 g⁻¹ y RICN, 80,30 mg $CO_2/100$ g⁻¹. Los datos se procesaron estadísticamente mediante un ANOVA de clasificación simple y se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan con una confiabilidad del 95 %. Para el tratamiento gráfico de la información, en los casos necesarios, se realizaron transformaciones logarítmicas (base e) para lograr representar valores de diferentes magnitudes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La RB aumentó con dosis crecientes de nitrógeno hasta 100 kg/ha⁻¹/año⁻¹ lo cual denota que hasta estos niveles de fertilización, se produce en el suelo un incremento del número de microorganismos activos y se mantienen reservas energéticas en la materia orgánica capaces de sustentar su actividad metabólica (Tabla 2). Asimismo, la estimulación de la actividad microbiana no provoca efectos degradativos sobre la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo, como se aprecia en la Tabla 1. El contenido de materia orgánica determinado químicamente no sufrió variación significativa en ninguno de los tratamientos estudiados. Con dosis por encima de 100 kg se presenta una disminución de la RB, fenómeno que puede estar asociado, en este caso, a la disminución del número de microorganismos como consecuencia del efecto inhibitorio de la aplicación continuada de altas dosis de nitrógeno (Guerrero *et al.*, 1997; Alfonso *et al.*, 1998; Calero *et al.*, 1999). Este fenómeno demuestra que el estudio de estos bioindicadores son más sensibles para determinar el grado de calidad y los cambios ocu-

rridos en la materia orgánica del suelo que su determinación química (Alef y Nannipieri, 1995; Franzluebbers *et al.*, 1995), ya que a pesar de que el carbono total del suelo no varía, la calidad de la materia orgánica ha disminuido con el aumento de las dosis de nitrógeno, de esta forma con el comportamiento microbiológico se puede diagnosticar el grado de fertilidad del suelo no apreciable aún con las determinaciones químicas realizadas.

Cuando se le adiciona carbono y nitrógeno al suelo, (RIC y RICN) (Tabla 2), se refleja que existe una respuesta de la microflora a la adición de fuentes externas de carbono fácilmente degradable (glucosa); este hecho señala la presencia en el suelo de nitrógeno biológicamente disponible, el cual deja de ser limitante por encima de 50 kg/ha⁻¹/año⁻¹ de nitrógeno y alcanza el óptimo en 100 kg, es decir, que la microflora se desarrolla en su expresión total ya que no se encuentra limitada por las reservas de C y N en el suelo. La NR tiende a aumentar hasta 200 kg de N/ha⁻¹/año⁻¹, mientras que la NP disminuye, con dosis por encima de 50 kg, lo que indica una saturación de formas amónicas en el suelo (Tabla 2). El incremento de la capacidad nitrificadora es mayor en el caso de la potencial, es decir que se crean condiciones favorables para el proceso de conversión del amonio a nitrato, excepto en los tratamientos con dosis de 200 y 250 kg/ha⁻¹/año⁻¹, donde al parecer existe un efecto tóxico de los microorganismos nitrificantes a concentraciones altas de este elemento (Pineda, 1996). La actividad celulolítica se incrementa a partir de 50 kg/ha⁻¹/año⁻¹ y se mantiene hasta 200 kg, lo cual es positivo por la abundancia de este material en el suelo (Primavesi, 1990). Con dosis de 250 kg/ha⁻¹/año⁻¹ de nitrógeno disminuye la celulólisis, pudiéndose presentar a este nivel signos de toxicidad, fenómeno observado también en el resto de los indicadores estudiados.

En la Figura 1a, se vincula la actividad respiratoria con los rendimientos del cultivo. Se manifiesta una disminución del rendimiento del cultivo con dosis por encima de 100 kg/ha⁻¹/año⁻¹, cuando ocurre una disminución de la actividad fisiológica de los microorganismos y de las reservas energéticas de la materia orgánica,

lo cual justifica un estado microbiológico en el suelo no favorable para garantizar un nivel de fertilidad adecuado. Se observa que un aumento de nitrógeno trae consigo una mayor mineralización del C y N de la materia orgánica del suelo hasta 200 kg/ha⁻¹/año⁻¹ (Figura 1b), sin embargo, esta no se revierte en rendimiento con dosis por encima de 100 kg, lo que indica pérdidas de nutrientes que no son utilizados por el cultivo y además resulta perjudicial para la

fertilidad del suelo, si se tiene en cuenta la disminución del número de microorganismos presentes debido a la toxicidad a dosis altas de nitrógeno. Es interesante destacar que los valores más favorables en estos indicadores coinciden con la zona de mayor rendimiento, que se corresponde con la aplicación de 100 kg N/ha⁻¹/año⁻¹; por lo que si se crean las condiciones óptimas para el desarrollo de la vida microbiana, se pueden obtener rendimientos más satisfactorios

Tabla 1. Características químicas del SFR y los rendimientos medios del cultivo en los tratamientos estudiados

Dosis (kg/ha ⁻¹ /año ⁻¹)	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	MO.	Reñid.
	KCl	mg/100 g ⁻¹		cmol ⁺ /kg ⁻¹	%	t/ha ⁻¹
NITROGENO						
0	4,5	10,68	14,08	5,70	3,45	16,88 ^c
50	4,5	14,89	13,20	4,80	3,40	21,35 ^{ab}
100	4,5	15,32	14,01	4,85	3,39	23,97 ^a
150	4,7	16,81	13,23	3,50	3,42	21,09 ^{ab}
200	4,6	19,24	12,03	4,99	3,32	20,43 ^{abc}
250	4,5	18,01	9,53	2,78	3,21	12,25 ^{bc}
Es.X	0,13 ^{ns}	3,29 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,09 [*]

Tabla 2. Actividad respiratoria y nitrificadora del SFRT en los tratamientos estudiados

Dosis (kg/ha ⁻¹ /año ⁻¹)	RB	RIC	RICN	NR	NP	DC
	mg CO ₂ /100 g ⁻¹			mg NO ₃ ⁻ /100 g ⁻¹		%
NITROGENO						
0	12,90 ^{bc}	31,96 ^b	78,73 ^{abc}	14,89 ^{bc}	49,06 ^a	31,40 ^c
50	16,36 ^{ab}	34,80 ^b	81,96 ^a	15,54 ^{bc}	54,52 ^a	84,80 ^a
100	17,70 ^a	72,44 ^a	80,84 ^{ab}	19,99 ^b	30,71 ^b	86,30 ^a
150	9,70 ^{cd}	60,81 ^a	69,51 ^{bc}	20,68 ^b	35,32 ^b	87,50 ^a
200	8,70 ^d	43,32 ^b	56,43 ^c	28,94 ^a	12,10 ^c	88,10 ^a
250	8,70 ^d	37,87 ^b	42,73 ^d	11,91 ^b	4,33 ^c	53,50 ^b
Es.X	1,18 [*]	0,05 [*]	4,16 [*]	1,79 [*]	3,22 [*]	2,89 [*]

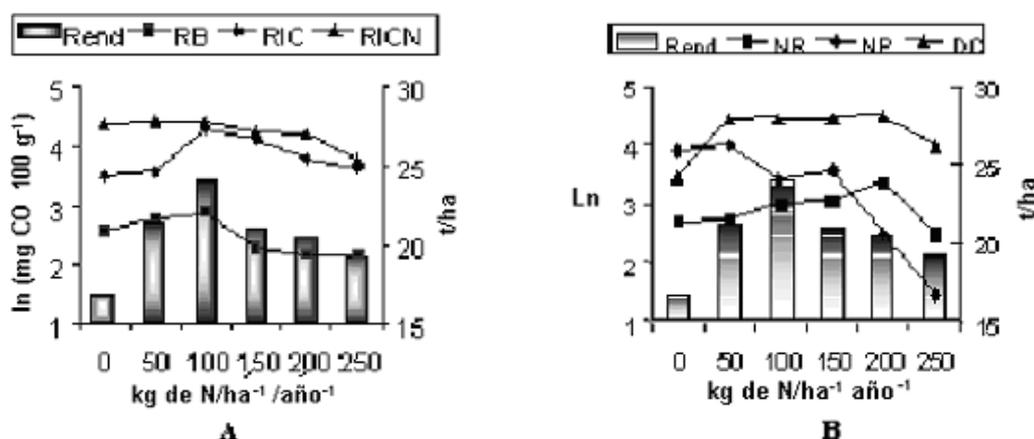


Figura 1. Relación de la actividad respiratoria, nitrificadora y celulolítica del SFRT con los rendimientos del cultivo en los tratamientos estudiados

Se aprecia, de manera general, que el establecimiento del cultivo y su manejo (Figura 2) provocaron afectaciones en la RB, RIC y RICN así como en el contenido de carbono total del suelo. Particularizando el efecto de la fertilización, se constata que el suelo presentó cambios en su

fertilidad y calidad producto de la explotación agrícola, dichos cambios fueron menos acentuados en los tratamientos donde se logra un mejor equilibrio entre los indicadores microbiológicos estudiados y la materia orgánica del suelo, lo cual coincide con $100 \text{ kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ de N.

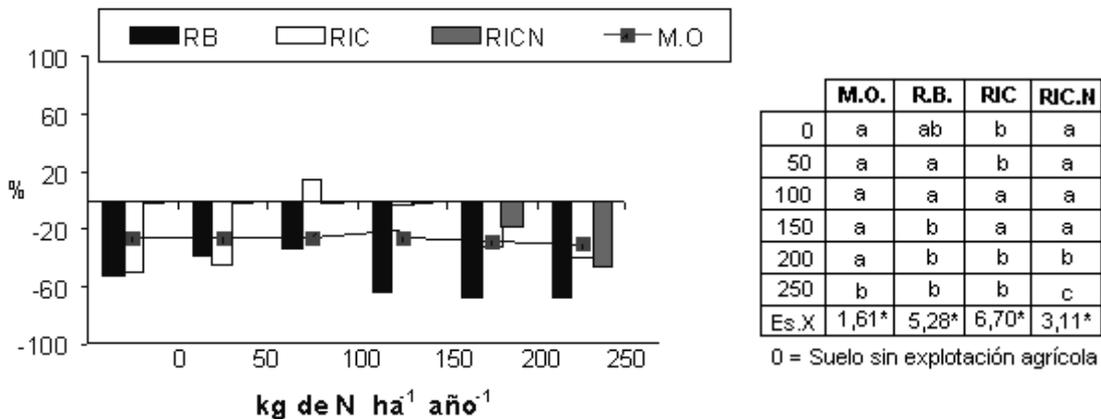


Figura 2. Cambios en el estado de fertilidad del suelo producidos por la fertilización y el cultivo

CONCLUSIONES

1. La adición continuada de nitrógeno, durante 10 años, provocó cambios en el estado microbiológico del SFRT; resultando perjudicial para la microflora su aplicación con dosis por encima de $100 \text{ kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$.
2. Con la dosis de $100 \text{ kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ se obtuvo menor pérdida de las reservas energéticas del suelo, un incremento de la microflora fisiológicamente activa y los mayores rendimientos del cítrico, con lo que se logra un mejor equilibrio del agroecosistema y una mayor rentabilidad.

RECOMENDACIONES

- Considerar los resultados alcanzados para la toma de decisiones en cuanto a los programas de fertilización con nitrógeno en el cultivo del cítrico en los suelos ferríticos rojos.
- Incluir la determinación de indicadores microbiológicos como la actividad respirato-

ria, celulolítica y la nitrificación para evaluar los cambios en la fertilidad del suelo como consecuencia de la explotación agrícola en otros agroecosistemas cítricos y apoyar las recomendaciones de fertilización al cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

Alef, K. y P. Nannipieri (1995): *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Ed. Academic Press Inc., San. Diego, 575 pp.

Alfonso, C. A. *et al.* (1998): Rehabilitación de Ferralsols degradados por compactación del Sur de la Habana. Memorias del 16 Cong. Inter. de la Ciencia del Suelo. Montpellier, Francia. Vol. III; p. 561.

Bolotina, N. I. y E. A. Abramova (1968): "Método para determinar la capacidad nitrificadora del suelo". [en ruso]. *Agrojimia* 4: 136-141

Calero, B. *et al.* (1999): Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *La Ciencia y el hombre*. Vol XI 33: 89-94.

Forster, J. C. (1995): "Soil physical analysis. Determination of the gravimetric water content and soil dry mass". En: *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Ed. por Kassem Alef and Paolo Nannipieri, *Chapter 3*: 105-116

Franzluebbers, A.; D. Zuberer y F. Hon's (1995): "Comparison of microbiological methods for evaluating quality and fertility of soil". *Biol. Fertil. Soils*. 19: 135-140

Guerrero, A.; B. Calero y C. Alfonso (1997): Efecto de la fertilización y la labranza sobre el estado microbiológico de un suelo ferralítico rojo compactado. IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rizosfera, Resúmenes, p. 68

Pineda, R. (1996): A propósito de ecología, agricultura y fertilización. *Informaciones Agronómicas*. INPOFOS (22): 9- 10

Primavesi, A. (1990): *Manejo Ecológico do Solo. A agricultura em regioes tropicais*. 9^{na} ed., Nobel, Brasil, 549 p.

Szegui, J.; F. Gulyás y G. Fuleky (1984): "Influence of soil properties on the biological activity". *Mikrobi* 139: 527 pp.

