

## Impacto del manejo agrícola sobre el estado microbiológico del suelo ferrítico en agroecosistemas bajo cultivo protegido

Pavel Chaveli Chávez (1), Lisbet Font Vila (1), Bernardo Calero Martín (2), Aniuska Guevara Baker (1), Marialina Valenciano Abreu (1) y Emelina Peña Suárez (1)

(1) Instituto de Suelos. Dirección Provincial, Camagüey.

(2) Instituto Nacional de Suelos.

**RESUMEN.** La producción de hortalizas bajo cultivo protegido en las condiciones edafoclimáticas actuales, se ha visto afectada debido a que en muchos casos no se tiene en cuenta el estado de fertilidad del suelo y no se sigue una correcta línea en la nutrición. En este sentido se desarrolló un trabajo cuyo objetivo fue evaluar el estado de fertilidad del suelo ferrítico rojo mediante indicadores microbiológicos, en las casas de cultivo con diferentes tecnologías de producción durante tres años de cultivo intensivo de hortalizas, para así establecer el uso sostenible y manejo integral de estos agroecosistemas. Se seleccionaron muestras de suelos de las casas de cultivo con diferentes tecnologías de producción: rústicas, parrales y tropicales. Se utilizaron como índices evaluativos la respiración basal (RB), la respiración inducida por carbono y carbono más nitrógeno (RIC, RICN) y la capacidad nitrificadora real (NR). Paralelamente a las determinaciones microbiológicas se analizaron químicamente las muestras de los suelos en las áreas seleccionadas. Se le determinó pH (KCl), MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Se obtuvo una disminución de la actividad microbiana y de las reservas energéticas de la materia orgánica del suelo con el tiempo de explotación de las casas de cultivo. Los resultados demostraron que el uso intensivo del suelo ferrítico bajo condiciones de cultivo protegido con un manejo no adecuado de la fertilización provoca un estado potencialmente degradativo del suelo y un deterioro de su fertilidad.

Palabras clave: Cultivo protegido, estado microbiológico del suelo, fertilidad.

**ABSTRACT.** The production of vegetables under hothouse cultivation in the current climatic conditions, had been affected because in many cases doesn't keep in mind the state of soil fertility and a correct line is not continued in the nutrition. In this sense a work was developed whose objective was to evaluate the state of fertility of the Ferritic Red soil by means of microbiologic indicators, in the cultivation houses with different production technologies during three years of intensive cultivation of vegetables for to establish the sustainable use and integral handling of these agroecosystems. Samples of soils of the cultivation houses were selected with different production technologies: Rustic, Arbors and Tropical. They were used as evaluative index the basal breathing (RB), the breathing induced by carbon and carbon more nitrogen (RIC, RICN) and the nitrifying capacity (NR). Parallel to the microbiologic determinations they were analyzed the samples of the soils chemically in the selected areas. It was determined pH(KCl), MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. A decrease of the soil microbial activity and the soil energy reservations of the soil organic matter was obtained with the exploitation time of the hothouse cultivation. The results demonstrated that the intensive use of the Ferritic soil under cultivation conditions protected with a non appropriate handling of the fertilization causes a degradative potentially state of the soil and a deterioration of its fertility.

Key words: Hothouse cultivation, soil microbiologic state, soil fertility.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una alta demanda de hortalizas, sin embargo, las condiciones climáticas imperantes afectan el crecimiento, desarrollo y los rendimientos de muchas especies, por lo que ha sido necesaria la implantación de casas de cultivo que permiten la producción y oferta de hortalizas frescas de calidad

con altos rendimientos en períodos en que su cultivo al aire libre es limitado o prácticamente nulo (Sotolongo *et al.*, 1998). La introducción de estas instalaciones va desde diseños de alta tecnología, como son los túneles de tipo israelí y Carisombra, hasta las construcciones más recientes de casas de cultivo adaptadas a nuestras condiciones económicas, asequibles a pequeños y medianos productores.

En la provincia de Camagüey existen alrededor de 150 casas de cultivo (MINAG, 1999), algunas son de construcciones rústicas (madera) y otras de tecnología más sofisticada; más del 30 % de estas instalaciones se encuentran en la Empresa de Cítricos de Sola sobre suelo ferrítico rojo; las mismas están presentando dificultad en cuanto a los rendimientos ya que no se tiene en cuenta el estado de fertilidad del suelo y la conservación de este recurso natural.

La fertilidad de los suelos es controlada por los procesos biológicos y puede modificarse interactuando con ellos; sin embargo la misma se ha evaluado fundamentalmente a través de las propiedades físicas y químicas y los rendimientos de los cultivos dejando en segundo plano los aspectos inherentes a su comportamiento biológico, quizás por la mayor complejidad de su estudio e interpretación (Calero *et al.*, 1999). En tal sentido se desarrolló una investigación, cuyo objetivo fue evaluar el estado microbiológico del suelo ferrítico en diferentes tipos de casas de cultivo como base para el diagnóstico y mantenimiento de la fertilidad del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para efectuar el estudio microbiológico del suelo ferrítico rojo típico (Instituto de Suelos, 1994), en las áreas de cultivo protegido "La Compañía" y "Flor de Mayo" de la Empresa de Cítricos de Sola, de la provincia de Camagüey, se seleccionaron muestras de suelos de las casas de cultivo con las tecnologías siguientes: rústicas, parrales y tropicales sometidas a la explotación intensiva de hortalizas, además de un suelo fuera de las casas de cultivo.

Las casas rústicas se muestrearon luego de haber estado en explotación por cuatro años consecutivos, las parrales llevaban un año de sembradas y las tropicales solo un mes.

### Fertilización

En las casas rústicas se hicieron altas aplicaciones iniciales (1997) de abono orgánico y  $P_2O_5$ , así como continuas aplicaciones de N y  $K_2O$  por fertirriego, pero se desconocen las cantidades totales anuales y por cultivo, por no existir registros anteriores de esas casas. En las casas de tipo parral y tropical se

hicieron aplicaciones de fondo de abono orgánico (aproximadamente 3 kg/m<sup>2</sup>) y 120 kg/casa de fórmula completa (9-13-17) y Superfosfato triple (46 % de  $P_2O_5$ ).

El riego y fertirriego se realizó según el cultivo, empleando como fertilizantes las fuentes siguientes  $KNO_3$  (13 % de N y 44 % de  $K_2O$ ),  $H_3PO_4$  (62 % de  $P_2O_5$ ), Hakaphos verde (15-10-15-5), Hakaphos naranja (15-5-15) y Nitrato de Amonio (33 % de N). Las labores de manejo de los cultivos que se realizaron fueron deshoje, deshije, tutorado y decapitado, así como otras labores agrotécnicas de preparación de suelo.

Las muestras se llevaron al Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes, se secaron al aire a temperatura ambiente y se almacenaron bajo techo durante dos meses antes de realizar los análisis (Calero *et al.*, 1999). Se utilizaron como índices evaluativos del estado microbiológico del suelo: la respiración basal (RB), el incremento de la respiración inducida por carbono (IRC), por nitrógeno (IRN) y por carbono más nitrógeno (IRC/N), calculado a partir de las diferencias entre las RB, RIC, RICN y la capacidad nitrificadora real (NR).

La respiración basal se analizó utilizando el sistema de frasco cerrado propuesto por Isermeyer (1952), por humedecimiento de 25 g de suelo a 60 % de su capacidad máxima de retención de agua determinada según Forster (1995) y la cuantificación del  $CO_2$  al cabo de 24 horas de incubación a 30°C; las soluciones utilizadas fueron propuestas por Dommergues (1960). Para la determinación de la RIC, se aplicó glucosa al suelo a razón de 1 600 mg/kg en solución acuosa, concentración mínima para alcanzar la máxima respiración para este tipo de suelo.

Para la medida de la RICN, el nitrógeno requerido para satisfacer la demanda de la biomasa microbiana en función del carbono se calculó considerando una relación C:N media para la biomasa no superior a 10 y asumiendo que sólo el 40 % del C-glucosa que se añade pasa a formar parte de la biomasa microbiana (Kelley y Stevenson, 1985).

La determinación de la NR, se realizó por incubación de 25 g de suelo durante 15 días según Bolotina y Abramova (1968). La extracción de

nitrato se realizó con  $K_2SO_4$  al 0,01 % y se utilizó ácido disulfofenólico para el desarrollo del color.

Paralelamente a las determinaciones microbiológicas se analizaron químicamente las muestras de suelo en las áreas seleccionadas. Se les determinó pH (KCl), MO,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  y se tuvieron en cuenta los rendimientos medios del cultivo en el período 1991-1996. 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 % en los casos necesarios.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se caracterizan las muestras por tipo de casa de cultivo se puede decir que la respiración basal, índice de actividad potencial básica relacionada con el número de microorganismos viables y reservas energéticas de la materia orgánica

(Alef y Nannipieri, 1995), resultó mayor en las casas tropicales, no así en el resto de los tipos de casas, esto indica una disminución en el número de microorganismos viables y las reservas energéticas presentes en la materia orgánica a medida que aumenta el tiempo de explotación, donde al parecer el uso de tratamientos químicos continuamente han agotado elementos energéticos de la materia orgánica, de forma tal que no permiten sustentar el metabolismo microbiano (Tabla 1).

Este comportamiento se corresponde con los resultados obtenidos en la determinación química de la materia orgánica donde se observa que el porcentaje mayor lo tiene el suelo de reciente explotación (tropical). Todos los valores se encuentran en la categoría media, es decir entre 3,1 y 5,0 %, no obstante, García y Fernández (2000) considera que esa materia orgánica es de baja calidad biológica, lo que es corroborado por los resultados obtenidos por Font *et al.* (2002) en este tipo de suelo con otros cultivos.

**Tabla 1. Actividad biológica del suelo en dependencia del tipo de casa**

Tipo de casa	RB	IRC	IRN	IRCN	NR
	mg CO <sub>2</sub> 100g s <sup>-1</sup>				(mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 100g s <sup>-1</sup> )
Rústicas	1,52c	86,62a	5,06b	91,03 <sup>a</sup>	7,70
Parrales	15,15b	70,04a	9,78 <sup>a</sup>	81,16 <sup>a</sup>	8,89
Tropicales	26,03a	25,40b	0,94c	28,68b	9,25
ES ( $\bar{X}$ )	1,72 <sup>c</sup>	5,19 <sup>c</sup>	1,00 <sup>c</sup>	5,52 <sup>c</sup>	1,45 <sup>NS</sup>

Valores con letras distintas difieren a  $P \leq 0,05$  según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Cuando se adiciona glucosa al suelo en condiciones de laboratorio para conocer la capacidad de respuesta de la microflora a la adición de sustratos orgánicos (Tabla 1) se observa un incremento de la actividad respiratoria en todas las casas a favor de las de mayor explotación. Al parecer existe una respuesta de la microflora a la adición de fuentes externas de carbono fácilmente degradable como es la glucosa, este hecho señala la presencia en el suelo de nitrógeno biológicamente disponible. Como se aprecia, el incremento de la respiración con la adición de nitrógeno (IRN) no es significativo con respecto al del carbono, sin embargo, en estas casas la estimulación de la actividad microbiana a causa de los insumos externos,

el manejo inadecuado del suelo y la explotación del cultivo ha provocado en este tipo de suelo efectos degradativos sobre la calidad y cantidad de materia orgánica en el suelo, fenómeno anteriormente observado en la respiración basal y el porcentaje de materia orgánica (Tablas 1 y 2).

Estos resultados indican que desde el punto de vista microbiológico existe un deterioro en la fertilidad del suelo con el tiempo de explotación, aun cuando el contenido de elementos químicos aumente y haya un déficit de carbono que limite la actividad de los microorganismos producto de un agotamiento en las reservas energéticas de la materia orgánica del suelo.

**Tabla 2. Contenidos medios de nutrientes del suelo ferrítico de acuerdo al tipo de casa de cultivo**

Tipo de Casas	PH (H <sub>2</sub> O)	PH (KCL)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	M.O (%)	Area (m <sup>2</sup> )
			(mg 100g s <sup>-1</sup> )			
Rústicas	6,91a	6,71 <sup>a</sup>	92,44 <sup>a</sup>	72,01a	3,60b	400
Parrales	7,10a	6,61 <sup>a</sup>	29,56b	44,21b	3,35b	1088
Tropicales	6,70b	6,06b	8,88c	24,63c	4,30a	900
ES X	0,0656*	0,0717*	5,5336*	1,5563*	0,1094*	

Valores con letras distintas difieren a  $P \leq 0,05$  según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

El pH es favorable para el desarrollo de los microorganismos y adecuado para el desarrollo de las hortalizas en todas las casas ya que según MINAG (1999) el mismo debe estar entre 6,0 y 7,5. En relación con los contenidos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, éstos favorecen el proceso de conversión de amonio a nitrato (NR) (Primavesi, 1990), en este no existen diferencias significativas y los valores tabulados resultan bajos con respecto a los encontrados por varios autores (Calero *et al.*, 1999; Burgos, 2000 y Font *et al.*, 2002). El fósforo en las casas rústicas es alto de acuerdo a MINAG (1999), es decir, está por encima de los 30 mg/100 g de suelo. Las parrales presentan contenidos medios de este elemento (entre 15 y 30 mg/100 g), pero este resultado pudo estar influenciado, entre otras cosas, por las aplicaciones iniciales que se hicieron en algunas casas de abono orgánico, fórmula completa (120 kg/c) y SFT (120 kg/c) antes de realizar el muestreo de suelo. Por otra parte, los resultados de las casas tropicales muestran que los contenidos de dicho nutriente en estos suelos son bajos, es decir se encuentra por debajo de los 15 mg/100g (MINAG, 1999) y similar a lo que señala Del Castillo *et al.* (1996) en este mismo suelo pero en otros cultivos, por lo que se hace necesaria la aplicación de fuentes fosfóricas para el buen desarrollo de las hortalizas ya que es esencial para la germinación de las semillas, formación del sistema radical, floración, fecundación y maduración, según Domínguez (1996).

El contenido de potasio en todas las casas se considera alto, ya que está por encima de 20 mg/100 g de suelo, según MINAG (1999), siendo mayor en las casas rústicas debido al efecto acumulativo de las fertilizaciones realizadas con anterioridad.

En general, en condiciones de invernadero la productividad es directamente proporcional a la calidad y fertilidad del suelo, ésta resulta adecuada cuando existe un equilibrio entre los indicadores químicos y microbiológicos, sin embargo, la misma tiende a disminuir si no se restituyen las condiciones edáficas y nutritivas afectadas por el desgaste de las cosechas; de aquí la relevancia que representan el abono químico y la adición de materia orgánica como elementos indispensables para mejorar y mantener altos niveles de productividad en cultivos intensivos (Rosete, 1998).

## CONCLUSIONES

1. El uso intensivo del suelo ferrítico bajo condiciones de cultivo protegido con un manejo no adecuado de la fertilización provoca un estado potencialmente degradativo del suelo y un deterioro de su fertilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alef, K. y P. Nannipieri (1995): *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Ed. Academic Press, San Diego, 575 pp.
- Bolotina, N .I. y E. A. Abramova (1968): "Método para determinar la capacidad nitrificadora del suelo". [en ruso]. *Agrojimia* 4: 136-141.
- Burgos, O. (2000): Evaluación de diferentes sistemas de manejo de suelo en un agroecosistema cítrico. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo, 49 pp.
- Calero, B.; A. Guerrero; C. Alfonso; V. Somoza y E. Camacho (1999): "Efecto residual de la fertilización

- mineral sobre el estado microbiológico del suelo”. *La Ciencia y el hombre*. Vol XI (33): 89-94.
- Del Castillo, A.; F. Montes de Oca; A. Luis y A. Rey (1996): Tecnología para la fertilización de los cítricos plantados en condiciones de secano. IV Jornada Científica del Inst. de Suelos, Resúmenes, Ref. II- 2-7, p. 75.
- Domínguez, A. (1996): *Fertirrigación*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 233 pp.
- Dommergue, Y. (1960): “La notion de coefficient de mineralization du carbone dans les sols. Un exemple d’utilization des techniques biologiques”. *Agron. Trop.* 1 (1): 54-60.
- Font, L. (1999) : Uso de indicadores microbiológicos para evaluar el efecto a largo plazo de la fertilización mineral en un agroecosistema citrícola. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencia, 68 pp.
- Font, L.; B. Calero; A. del Castillo (2002): “Estado microbiológico del suelo, base del manejo integral de un agroecosistema citrícola.”. *LEIS. Rev de Agroecología* 18 (3).
- Forster, J. C. (1995): “Soil physical analysis. Determination of the gravimetric water content and soil dry mass”, in *Methods in applied soil microbiology and Biochemistry*. Ed. Kassem Alef and Paolo Nannipieri, *Chapter 3*:105- 116.
- García, E. y A. Fernández (2000): Los suelos y fertilización de la caña de azúcar. INICA, La Habana, Cuba, pp. 59.
- HAZERA (s.a): *Catálogo de semillas de hortalizas*, Israel, 54 pp.
- Instituto de Suelos (1994): *Cuarta versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. MINAGRI. La Habana, Cuba, 36 pp.
- Isemeyer, H. (1952): “Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden” In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Kassem Alef and Paolo Nannipieri (eds.) Academic Press, *Chapter 5*: 215-217.
- Kelley, K.R. y F.J. Stevenson (1985): “Characterization and extractability of immobilized <sup>15</sup>N From the soil microbial biomass”. *Soil Biol. Biochem.* 17(4): 517- 523.
- MINAG (1999): Guía técnica para la producción protegida de hortalizas en casas de cultivo tropical con efecto “sombriilla”, 52 pp.
- Primavesi, A. (1990): *Manejo Ecológico do Solo. A agricultura em regioes tropicales*. 9<sup>na</sup> ed. Nobel, Brasil, 549 pp.
- Rosete, J. (1998): “Invernaderos: Construcciones e instalaciones una alternativa para optimizar el uso de los recursos en el sector rural FIRA”, *Boletín Informativo* 30 (305): 32-33.
- Sotolongo, J.; M. I. Hernández; M. Chailloux; F. Pupo; D. Pedroso; L. Sánchez; A. Ojeda y J. Mc Donald (1998): XI Seminario Científico, INCA, p. 211.

