

Efecto de la fertilización fosfórica y orgánica sobre la fertilidad del suelo ferrítico en hortalizas bajo condiciones de cultivo protegido

Lisbet Font Vila (1), Bernardo Calero Martín (2), Pavel Chaveli Chávez (1), Denia Pérez Guzmán (1) y Marilú González Parra (1)

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

(2) CENIAI, Instituto Nacional de Suelos. Ciudad de La Habana, Cuba.

RESUMEN. En la provincia de Camagüey, el 40 % de las casas de cultivo se encuentran ubicadas en los suelos ferríticos, los que se caracterizan por tener una fertilidad natural baja. En estos sistemas productivos no se ha estudiado la nutrición con este tipo de suelo, por lo que se desconoce un manejo de la fertilización adecuado para obtener buenos rendimientos conservando la fertilidad del suelo. En este sentido, se realizó una investigación cuyo objetivo fue evaluar la aplicación de fertilizante fosfórico de fondo en combinación con abonos orgánicos, sobre el estado de fertilidad del suelo ferrítico para lograr una producción sostenible de las hortalizas. Se seleccionaron tratamientos de un experimento con diferentes dosis de P_2O_5 , abono orgánico de fondo y humus de lombriz. Se utilizaron como índices evaluativos la actividad respiratoria y celulolítica, la nitrificación del suelo, pH (KCl), MO, P_2O_5 , K_2O y se tuvieron en cuenta los rendimientos del cultivo. Los resultados mostraron que la aplicación de abonos orgánicos, humus de lombriz y fertilizante fosfórico en las dosis estudiadas, provocó cambios en el estado microbiológico del suelo, resultando perjudicial la combinación de los materiales orgánicos con la dosis máxima de fertilizante fosfórico (900 kg/ha). La adición de materiales orgánicos logra suplir las necesidades de carbono en estos suelos. Se obtuvo un mejor equilibrio entre los indicadores microbiológicos y los rendimientos del cultivo, cuando se combinaron los materiales orgánicos con las dosis mínima y media de fósforo (300 y 600 kg/ha) o cuando se aplicaron estos sin la fertilización mineral.

Palabras clave: Cultivo protegido, fertilización, fertilidad del suelo, indicadores microbiológicos.

ABSTRACT. In the province of Camaguey, 40 % of the cultivation houses is located in the Ferritic soils, these they are characterized to have a low natural fertility. In these productive systems the specialists have not studied the nutrition with this type of soil, for what a handling of the fertilization is ignored adapted to obtain good yields conserving the fertility of the soil. In this sense, it was carried out an investigation whose objective was to evaluate the application of phosphoric fertilizer of bottom in combination with organic fertilizers, on the state of fertility of the Ferritic soil to achieve a sustainable production of the vegetables. Treatments of an experiment were selected with different dose of P_2O_5 , organic fertilizer of bottom and casting. They were used as evaluative index the breathing activity, soil celulolitic and nitrifying capacity, pH (KCl), MO, P_2O_5 , K_2O and the yields of the cultivation. The results showed that the application of organic fertilizers, casting and phosphoric fertilizer in the studied doses, caused changes in the soil microbiologic state, being harmful the combination of the organic materials with the maximum dose of phosphoric fertilizer (900 kg/ha). The addition of organic materials is able to replace the necessities of carbon in these soils. A better balance was obtained between the microbiológic indicators and the yields of the cultivation, when it combines the organic materials with the minimum and half dose of phosphorous (300 and 600 kg/ha) or when these are applied without the mineral fertilization.

Key words: Hothouse cultivation, fertilization, fertility of the soil, microbiologic indicators.

INTRODUCCIÓN

El cultivo protegido ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos en cualquier momento del año, (Casanova *et al.*, 1999); a la vez que ha hecho

posible alargar el ciclo del cultivo, no obstante, González (1999) refiere que el éxito de estas instalaciones radica en la calidad de las variedades recomendadas, la capacidad de modificar las condiciones ambientales y la protección del cultivo mediante el control del riego aéreo y terrestre, la

fertilización y las atenciones culturales. Aun cuando existe una guía que regula todas las actividades en esta forma de producción, se plantea que es necesario ajustar las recomendaciones a las condiciones de cada lugar, sobre todo en la nutrición, debido a que las características del suelo y el clima en cada región son diferentes.

En la provincia de Camagüey, el 40 % de las instalaciones se encuentran ubicadas en los suelos ferríticos, los cuales se caracterizan por tener una fertilidad natural baja y alta fijación del fósforo que se añade con los fertilizantes, por lo que se ha determinado para algunos cultivos la conveniencia de realizar un enfosfatamiento inicial a fin de obtener óptimos resultados. También, se han reportado por Pérez *et al.* (2003) deficiencias de este elemento en las hortalizas bajo condiciones protegidas, a las dosis que normalmente se aplican por fertirriego y mucho más aún si no se hace uso de algunas cantidades de abono orgánico de fondo que puedan contribuir a mejorar esa situación.

Además, en estos sistemas productivos no se ha estudiado la nutrición con este tipo de suelo, por lo que se desconoce un manejo de la fertilización adecuado para obtener buenos rendimientos conservando la fertilidad del suelo. En este sentido, se realizó una investigación cuyo objetivo fue evaluar la aplicación de fertilizante fosfórico de fondo en combinación con abonos orgánicos, sobre el estado de fertilidad del suelo ferrítico para lograr una producción sostenible de las hortalizas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en condiciones de producción en casas de cultivo protegido de hortalizas de la Empresa Cítrico Sola, ubicadas sobre suelo ferrítico rojo típico (Instituto de Suelos, 1994) que corresponde a un Rhodic Eustrtox (USDA, 1994) y que la FAO (1990) clasifica como un ferrasol ródico.

De un experimento de tomate, variedad FA 179, se seleccionaron tratamientos contrastes para evaluar

el efecto conjunto del abono orgánico y el fertilizante mineral (1,2,3,4,5,6), los mismos se relacionan en la Tabla 1: dosis de P_2O_5 , abono orgánico de fondo y de humus de lombriz aplicado en la hilera de las plantas, los nutrientes aplicados por fertirriego fueron N, P_2O_5 , K_2O : 98, 36, 154 kg/ha. Las variedades utilizadas son de la firma Israelita, cuyas características aparecen en MINAG (1999). La preparación del suelo, siembra, riego, atenciones culturales y fitosanitarias se realizaron siguiendo el Manual para casas de cultivo.

Tabla 1. Tratamientos contrastes sobre la fertilización mineral y orgánica

t/ha			kg/ha	t/ha			kg/ha
Trat.	AO	HL	FM	Trat.	AO	HL	FM
1	15	3	0	4	30	6	0
2	15	3	300	5	30	6	900
3	15	3	600	6	0	0	0

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), la respiración inducida por carbono (RIC) y la inducida por carbono y nitrógeno (RICN), la capacidad nitrificadora real (NR) y potencial del suelo (NP) y el grado de descomposición de la celulosa (DC).

La respiración se analizó utilizando el sistema de frasco cerrado propuesto por Isermeyer (1952), por humedecimiento de 25 g de suelo al 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. Para la NP, se adicionó sulfato de amonio al 1 % respecto al peso del suelo. En la determinación de la DC se empleó el principio descrito por Szegui (1988), utilizando tubos de ensayo y tiras de papel de celulosa la colocación de una escala en el sistema permitió cuantificar el porcentaje de celulosa descompuesta en el tiempo.

Paralelamente a las determinaciones microbiológicas se analizaron químicamente las muestras de suelo en las áreas seleccionadas. Se le determinó pH (KCl), MO, P_2O_5 , K_2O , Ca^{2+} y Mg^{2+} y se tuvo 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 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado microbiológico del suelo ferrítico en los tratamientos estudiados denota en primer lugar que la aplicación de abonos orgánicos, humus de lombriz y/o fertilizante fosfórico incrementó la respiración basal del suelo, lo que indica un aumento del número

de microorganismos viables y de las reservas energéticas de la materia orgánica del suelo (tabla 2), excepto en el tratamiento donde se utilizan los abonos orgánicos con la dosis máxima de fertilizante fosfórico (5), aun cuando la determinación química de los contenidos de materia orgánica no tuvo diferencias significativas (tabla 3); se aprecia además que existen contenidos de fósforo y potasio, así como valores de pH adecuados para que los microorganismos realicen sus funciones (tabla 3).

Asimismo, con el empleo de estos materiales se logran reducir las limitaciones del carbono, fenómeno reportado por otros autores en estos suelos plantados con cítricos bajo diferentes manejos de la fertilización (Font, 1999; Burgos, 2000; Font *et al.*, 2002). Es válido señalar que estos materiales proporcionan las condiciones favorables para el desarrollo de la microflora, (como se aprecia en la tabla 2) los incrementos de la respiración a la adición de fuentes de carbono fácilmente degradables como la glucosa y el nitrógeno no son notables, en este último no hay diferencias significativas entre las variantes (IRN), excepto en el caso de la dosis máxima estudiada, donde se observa una estimulación de los microorganismos a la adición de esta fuente carbonada. Este hecho señala la presencia de nitrógeno biológicamente disponible en el suelo para este incremento de la respiración (IRC), lo cual se manifiesta en el IRN, no obstante, esta estimulación de la actividad microbiana ha agotado las reservas energéticas en la materia orgánica del suelo como se presenta en la RB.

Tabla 2. Actividad respiratoria del suelo en algunos tratamientos

Trat.	AO	HL	FM	RB	IRC	IRN	IRCN
	t/ha		kg/ha	mg CO ₂ /g/ s			
1	15	3	0	16,72abc	3,52c	10,84	74,36b
2	15	3	300	12,94bc	17,86c	12,32	30,18d
3	15	3	600	21,34ab	18,04c	13,64	31,68d
4	30	6	0	25,96 ^a	3,04c	6,36	59,4c
5	30	6	900	7,92c	107,8 ^a	4,84	112,64 ^a
6	0	0	0	10,18c	65,28b	14,08	74,36b
Es x				2,65*	4,52*	3,96ns	3,49*

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

Asimismo, con el empleo de estos materiales se logran reducir las limitaciones del carbono, fenómeno reportado por otros autores en estos suelos

plantados con cítricos bajo diferentes manejos de la fertilización (Font, 1999; Burgos, 2000; Font *et al.*, 2002). Es válido señalar que estos materiales

proporcionan las condiciones favorables para el desarrollo de la microflora, (como se aprecia en la tabla 2) los incrementos de la respiración a la adición de fuentes de carbono fácilmente degradables como la glucosa y nitrógeno no son notables, en este último no hay diferencias significativas entre las variantes (IRN), excepto en el caso de la dosis máxima estudiada, donde se observa una estimulación de

los microorganismos a la adición de esta fuente carbonada. Este hecho señala la presencia de nitrógeno biológicamente disponible en el suelo para este incremento de la respiración (IRC), lo cual se manifiesta en el IRN, no obstante, esta estimulación de la actividad microbiana ha agotado las reservas energéticas en la materia orgánica del suelo como se presenta en la RB.

Tabla 3. Características químicas del suelo en los tratamientos estudiados

Trat	AO	HL	FM	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO %
	t/ha ⁻¹		kg/ha ⁻¹			mg/100 g s ⁻¹		
1	15	3	0	6,8a	6,27 ^a	6,64d	10,64ab	4,34
2	15	3	300	6,78a	6,23 ^a	15,59c	9,16b	4,09
3	15	3	600	6,6a	5,98 ^a	21,14c	7,78b	4,15
4	30	6	0	6,63a	6,13 ^a	5,86d	10,32ab	4,89
5	30	6	900	6,5a	5,97 ^a	40,76a	8,57b	4,42
6	0	0	0	5,8b	5,22b	6,28d	10,16ab	4,27
Es x				0,18*	0,18*	1,88*	1,48*	0,26ns

AO: abono orgánico; HL: humus de lombriz; FM: Fertilizante mineral (SPT)

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

Es interesante destacar que el incremento total de la respiración, o sea cuando se proporcionan las condiciones óptimas a la microflora (C:N = 10) permite demostrar que la afectación de la respiración basal de suelo en el tratamiento con la dosis máxima estudiada es consecuencia de una reproducción energética de microorganismos, además provoca una mineralización intensa de la materia orgánica del suelo que ha traído una disminución de sus reservas energéticas (Tabla 2); en este caso el incremento de la actividad microbiológica resulta perjudicial, ya que se han agotado en el suelo elementos energéticos presentes en la materia orgánica, lo que trae consigo una mayor degradación del suelo y pérdida de su fertilidad.

Un comportamiento similar encontraron Guerrero *et al.* (1997); Alfonso *et al.* (1998) y Calero *et al.* (1999) en las reservas energéticas de la materia orgánica del suelo, a consecuencia de la aplicación de una dosis elevada de nitrógeno al cultivo de la papa en suelos ferralíticos de La Habana. De ahí la importancia que tiene el estudio de la actividad microbiológica del suelo, la cual tiende a buscar el equilibrio que hace falta en el suelo para la no alteración de procesos microbiológicos

y bioquímicos que lejos de beneficiar en un momento determinado trae consigo la desestabilización del sistema.

En el comportamiento de la actividad celulolítica, (Figura 1) se observa un aumento de la descomposición de la celulosa en los tratamientos con fósforo, lo cual se justifica debido a la utilización activa de este elemento por los microorganismos celulolíticos en la descomposición de esta fuente de carbono (Fernández y Novo, 1988). Esto denota una alta mineralización del carbono, que en el caso de la dosis máxima estudiada de fertilizante fosfórico, abono orgánico y humus de lombriz resulta perjudicial, si se tienen en cuenta los resultados obtenidos en la respiración.

En el caso de la nitrificación ocurre diferente, se observa una afectación de la capacidad de estos grupos microbianos de oxidar el amonio a nitrato con el incremento del fertilizante fosfórico. Algunos autores como Primavesi (1990) han reportado un efecto favorable del fósforo en la nitrificación; resultados similares obtuvieron Font *et al.* (2001) en estos suelos, con la aplicación de fósforo en

agroecosistemas cítricos hasta 150 kg/ha, en el caso que ocupa, este comportamiento se pudiera atribuir a un efecto tóxico de los nitrificantes, ya que al aplicar cantidades excesivas de fósforo, pueden ocurrir reacciones químicas con el hierro, elemento abundante en este tipo de suelo; además, la nitrificación de forma general, resultó inferior a la reportada bajo condiciones diferentes en estos suelos (Font, 1999) y en otros suelos (Alfonzo *et al.*, 1998; Calero *et al.*, 2001; Chaveli *et al.*, 2001; Chaveli *et al.*, 2002).

aumento en los rendimientos a partir de la combinación del fertilizante fosfórico con los abonos orgánicos y estos últimos en la dosis máxima estudiada (4), sin embargo, a pesar de obtenerse con la combinación de los tres abonos en las mayores concentraciones (5) un incremento de los rendimientos, en este tratamiento se produjo una alta mineralización de la materia orgánica del suelo, la cual provocó una disminución de sus reservas energéticas (RB), aunque los nutrientes liberados hayan sido asimilados por el cultivo, esto trajo consigo una afectación en la fertilidad del suelo.

Al vincular la actividad respiratoria con los rendimientos del cultivo (Fig.2) se observa un

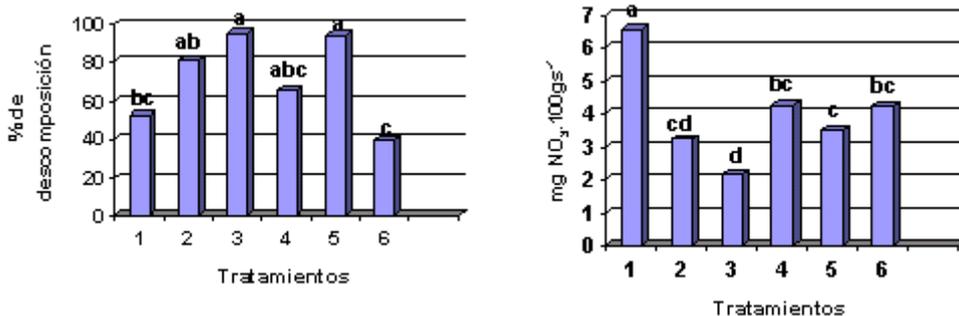


Figura 1. Comportamiento de la actividad celulolítica y nitrificadora en los tratamientos estudiados.

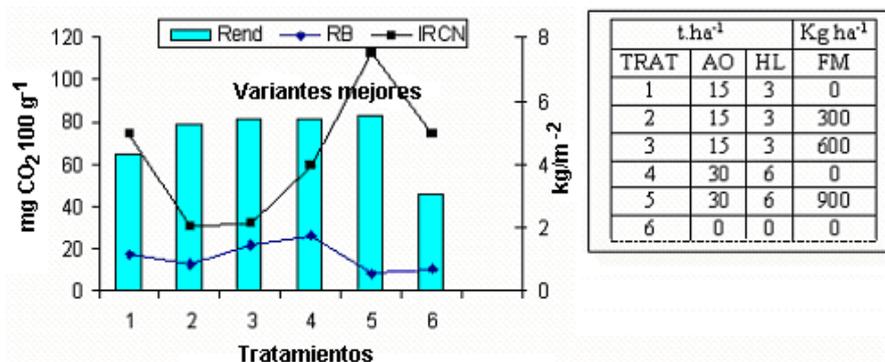


Figura 2. Relación de la actividad respiratoria con los rendimientos en los tratamientos estudiados

CONCLUSIONES

1. La aplicación de abonos orgánicos, humus de lombriz y fertilizante fosfórico en las dosis estudiadas, provocó cambios en el estado microbiológico del suelo, resultando perjudicial la combinación de los materiales orgánicos con la dosis máxima de fertilizante fosfórico (900 kg/ha).
2. La adición de materiales orgánicos logra suplir las necesidades de carbono en estos suelos.
3. Se obtuvo un mejor equilibrio entre los indicadores microbiológicos y los rendimientos del cultivo, cuando se combinaron los materiales orgánicos con las dosis mínima y media de fósforo (300 y 600 kg/ha) o cuando se aplicaron estos sin la fertilización mineral.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, C. A.; B. Calero; L. Morejón; V. Somoza; A. Guerrero y M. Monedero (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]. *Agrojímia*. 4: 136-141.
- Burgos, O. (2000): Evaluación de diferentes sistemas de manejo de suelo en un agroecosistema cítrica. 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*. 11 (33): 89-94.
- Calero, B. J.; A. Morales; L. Font y C. A. Alfonso (2001): Estado microbiológico de un Ferrasol sometido a diferentes sistemas de manejo agrícola. XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. SLCS y SCCS. Varadero, Cuba. p. 71.
- Casanova, A. (1999): Guía técnica para la producción protegida de hortalizas en Casas de Cultivo tropical con efectos de "sombrilla". MINAGRI. Instituto de Investigación Hortícola "Liliana Dimitrova.", La Habana, pp. 13-21.
- Chaveli, P.; L. Font; B. Calero; L. Mendoza y M. Valenciano (2001): Indicadores microbiológicos para la evaluación del impacto provocado por la erosión en un suelo pardo sin carbonatos de la provincia de Camagüey, Cuba. XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo, Varadero, Cuba.
- Chaveli, P.; L. Font; J. Gandarilla; B. Calero y L. Mendoza (2002): "Estudio microbiológico de un Suelo pardo sin carbonatos propenso a la erosión para un manejo agrícola sostenible". *Centro Agrícola* (4): 66-70.
- Dommergues, Y. (1960): "La notion de coefficient de mineralization du carbone dans les sols. Un exemple d'utilisation des techniques biologiques". *Agron. Trop.* 1 (1): 54-60.
- F.A.O. (1990): "Clasificación FAO-UNESCO. Mapa mundial de suelos-leyenda". Revista *Roma*, p. 142.
- Fernández, C. y R. Novo (1988): *Vida microbiana en el suelo*. 1ª y 2ª Parte. Ed. Pueblo y Educación, 525 pp.
- Font, L. (1999): Uso de indicadores microbiológicos para evaluar el efecto a largo plazo de la fertilización mineral en un agroecosistema cítrica. Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias, 68 pp.
- Font, L.; B. Calero; A. Del Castillo; P. Chaveli; M. Valenciano y A. Guevara (2001): Estado microbiológico del suelo ferrítico como base para la planificación, uso y manejo integral de agroecosistemas cítricos. XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo, Varadero, Cuba.
- Font, L.; B. Calero y A. Del Castillo (2002): Estado microbiológico del suelo, base del manejo integral de un agroecosistema cítrica. *LEISA. 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.
- Guerrero, A.; B. Calero y C. Alfonso (1997): Efecto de la fertilización y la labranza sobre el estado microbiológico de un suelo ferrítico rojo compactado. IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rizosfera. Resúmenes, p. 68.
- González, L. J. (1999): "Agricultura con techo" /L. J. González. *Juventud Rebelde*. (491) 4 en RED, 16 de mayo.
- Instituto de Suelos (1994): Cuarta versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. MINAGRI. La Habana, 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* y 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 ¹⁵N From

the soil microbial biomass". *Soil Biol. Biochem.* 17 (4): 517-523.

MINAG (1999): Manual para casa de cultivo protegido. Asociación Nacional de Cultivos Varios. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", pp. 50-55.

Pérez, D. (2003): Informe final del proyecto "Producción Sostenible de Hortalizas en Casas de Cultivo Protegido Ubicadas en Suelo Ferrítico". Dirección Provincial de Suelos, Archivo, 43 pp.

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

Szegui, J. (1988): *Cellulose decomposition and soil fertility*. Akademiai Kiadó, Budapest, 241 pp.

USDA (1994): *Keys to soil taxonomic*. Soil conservation service. Sixth Edition, 305 pp.

