

**R. Caballero, M. Vento, P. Chaveli, I. Corrales, P. López,
D. Rodríguez y L. Fase**

**OPTIMIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA A TRAVÉS DE NIVELES
CRÍTICOS DE FÓSFORO, POTASIO Y MATERIA ORGÁNICA
EN SUELOS DE HUERTOS INTENSIVOS**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **107** N.º 4 (281-289), 2011

Optimización de la fertilización orgánica a través de niveles críticos de fósforo, potasio y materia orgánica en suelos de huertos intensivos

R. Caballero*, M. Vento, P. Chaveli, I. Corrales, P. López, D. Rodríguez y L. Fase

Instituto de Suelos. Dirección Provincial Camagüey. Cacocúm #11. Reparto Puerto Príncipe, Camagüey

* Autor para correspondencia: rcaballero@suelos.eimanet.co.cu

Resumen

Los suelos de los huertos son sometidos a una explotación intensiva, por lo que es importante hacer un buen manejo en su fertilización orgánica con el objetivo de lograr mayor precisión a la hora de llevar a cabo dicha fertilización y obtener a su vez incrementos sostenidos de los rendimientos, sin que se deterioren los mismos; para ello se llevó a cabo un estudio en dos huertos intensivos, donde se determinaron los niveles críticos externos de fósforo, potasio y materia orgánica; se evaluaron además los efectos combinados de dosis de compost de estiércol vacuno (0, 5, 10 y 15 kg/m²), aplicados en tres momentos (al inicio, cada dos cultivos y en cada cultivo) en una secuencia de hortalizas, durante tres años; mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Se realizaron muestreos en los suelos al inicio y al término de cada ciclo de cultivo, determinándose el pH (H₂O), fósforo, potasio y el % de materia orgánica. Del análisis de los resultados se obtuvieron los límites críticos: fósforo (16 mg/100 g), potasio (20 mg/100 g) y materia orgánica (11 %); cuando los valores estén por debajo de los anteriores, se debe aplicar 10 kg/m² de compost de estiércol vacuno cada dos cultivos, para lograr rendimientos por encima de 30 kg/m² de hortalizas por ciclo, si los valores fueran superiores, no se aplica.

Palabras clave: Compost de estiércol, rendimiento, hortalizas.

Summary

Optimization of the organic fertilization through critical levels of phosphorus, potassium and organic matter in intensive orchards soils

Soils of the orchards are subjected to an intensive exploitation, for that reason is important to make a good handling in their organic fertilization with the objective of achieving bigger precision when to carry out this fertilization and to obtain sustained increments of the yields in turn, without they deteriorate the same ones; for it, a study in two intensive orchards was carried out, where the critical external levels of phosphorus, potassium and organic matter contents were determined; the combined effects of dose of compost of bovine manure (0, 5, 10 and 15 kg/m²) applied in three moments (beginning, each two cultivations and in each cultivation) in a vegetable sequence were also evaluated, during three years; by means of a random block design with factorial arrangement and three repetitions. Soil samplings, at beginning and at the end of each cultivation cycle were taken to determine pH (H₂O), phosphorus, potassium and of organic matter percent. Of the analysis results, the following critical limits were obtained: phosphorus (16 mg/100 g), potassium (20 mg/100 g) and organic matter (11 %); when these values are for under, 10 kg/m² of compost of bovine manure should be applied each two cultivations, to achieve yields above 30 kg/m² of vegetables for cycle; if the values were superior to them, it is not applied.

Key words: Compost of manure, yield, vegetables.

Introducción

El método de producción de alimentos en las ciudades o agricultura urbana como se denomina, es definido por Pérez (1995) y Companioni y col (1998), como toda producción agrícola o pecuaria que se realiza dentro de las ciudades o en su periferia hasta el límite aquel donde recibe influencia directa de la ciudad sobre su desarrollo, o su proceso productivo transcurre en vinculación directa con el factor urbanístico o con sus pobladores.

En Cuba la agricultura urbana ha alcanzado un auge extraordinario a través de la producción de vegetales en la modalidad de huertos intensivos fundamentalmente. Esta modalidad debe producir hortalizas todo el año; por lo que los suelos de los huertos son sometido a una explotación y manejo intensivo, donde la extracción de las distintas hortalizas, más el riego constante provocan deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, y por tanto disminución de la fertilidad y los rendimientos.

Es por ello que un gran número de investigadores como Carrión y col. (1995), Arias (1996), Abad (1997), Companioni y col. (1998), Heredia (1998), Pérez (1999) y Caballero y col. (2003), plantean que para lograr altos rendimientos en este sistema se hace necesario entre otras cosas el uso continuo

de residuales orgánicos que garanticen incrementos altos y sostenidos de los rendimientos y que a su vez mantenga la fertilidad de los suelos.

Por todo lo anteriormente planteado el presente trabajo tuvo como objetivo la determinación de los niveles críticos externos de P_2O_5 , K_2O y de materia orgánica, en suelos de huertos intensivos, con vista a tener una opción más que permita recomendar la fertilización orgánica en este sistema de producción.

Materiales y métodos

Las investigaciones se condujeron en dos huertos intensivos (autoconsumo del Centro Nacional Avícola de la provincia –CAN Provincial– y del productor Ernesto Camacho), sobre suelos Pardo Sialítico Mullido (Hernández y col., 1999). Los contenidos iniciales de los suelos fueron realizados según ONN (1999 a, b, c) y se presentan a continuación en la Tabla 1, donde se observa que el contenido de fósforo es bajo y el potasio es medio, según el método utilizado (extracción con H_2SO_4 , 0.1N) y la materia orgánica obtenida por el método de incineración es baja. Es por ello que el contenido inicial de los nutrientes del sustrato se considera pobre.

Tabla 1. Principales características químicas iniciales de los suelos
Table 1. Principals initial chemical characteristics of soils

mg/100 g de suelo							
pH (KCl)		P_2O_5		K_2O		M.O (%)	
1	2	1	2	1	2	1	2
6.1	6.9	12.15	13.20	22.40	15.03	8.39	7.80

(1) Huerto CAN Provincial.

(2) Huerto del productor Ernesto Camacho.

El compost de estiércol vacuno utilizado en el estudio fue analizado antes de ser aplicado y sus principales características químicas se exponen en la Tabla 2, donde se observa que los valores están dentro de los rangos permisibles para que el abono pueda ser utilizado.

Tabla 2. Características químicas del compost de estiércol vacuno
Table 2. Quemical characteristics of bobine manure compost

Compost de estiércol vacuno	(%)			
	N	P	K	M.O
	1.86	0.72	1.02	49.20

Los contenidos de N, P, K, y M.O se determinaron según DNSF (1992).

Los factores estudiados fueron los siguientes: dosis de estiércol vacuno (0; 5; 10 y 15 kg m⁻²) aplicados en tres momentos de aplicación (al inicio solamente, cada dos cultivos durante la rotación de hortalizas y en cada cultivo) mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro réplicas, en parcelas experimentales que tenían 1 m², dejando 0.50 m de área de borde entre cada una de ellas.

El abono orgánico se aplicó en la superficie de cada parcela de acuerdo a la dosis y el momento de aplicación; se incorporó en los primeros 20 cm de profundidad, se mezcló con el suelo y luego se procedió a la siembra.

Para la rotación de hortalizas, los productores tuvieron en cuenta la demanda de los consumidores, por ello se rotó de la forma siguiente: lechuga (*Lactuca sativa* L.), cebollino (*Allium fitulosum*), remolacha (*Beta vulgaris* L.), rabanito (*Rapahanus sativus* L.), acelga (*Barisaca rapa*).

La eliminación de plantas indeseables, el riego y las atenciones fitosanitarias se hicieron de acuerdo a lo establecido por MINAG (1998).

Los análisis finales de los suelos se realizaron según ONN (1999 a, b, c).

Para determinar el rendimiento, en cada cosecha, durante el ciclo de hortalizas se tomó el peso de las mismas por parcelas en kg m⁻² y se evaluó finalmente el acumulado total de cada ciclo mediante análisis de varianza de clasificación doble y la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5%, donde hubo significación. Para la determinación de los niveles críticos, se utilizó el rendimiento relativo de cada parcela contra el valor que le correspondía de fósforo, potasio y materia orgánica, esto se hizo utilizando los datos de los dos huertos, (96 datos), según la metodología de Waugh, Cate y Nelson (1974).

Por último, para el análisis económico (Tabla 3) se consideró el precio de venta de los productos (2,20 \$ kg⁻¹). En el caso del costo del estiércol vacuno (\$ kg⁻¹) de acuerdo a los precios vigentes en moneda nacional; para la transportación se estimó en base a \$ 80.00 el viaje de 4 t por 10 km de radio y la aplicación a \$2.00 por cantero de 50 m.

Tabla 3. Costo total de materiales empleados
Table 3. Total materials cost used

Abono Orgánico	Material (\$ kg ⁻¹)	Transporte (\$ kg ⁻¹)	Aplicación (\$ kg ⁻¹)	Total (\$ kg ⁻¹ m ⁻²)
Compost de estiércol vacuno	0.020	0.040	0.020	0.080

El beneficio económico se calculó teniendo en cuenta, la comparación de la dosis óptima y el tratamiento testigo de la investigación, al cual no se le aplicó en ningún momento abono orgánico (Testigo Absoluto), además, la aplicación orgánica que tiene establecido el productor para la producción de hortalizas (Testigo Relativo).

Resultados y discusión

El efecto ejercido por el compost de estiércol vacuno sobre el rendimiento y su momento de aplicación, en el acumulado de cosechas de los dos huertos, se presenta en los cuadros 4 y 5 respectivamente.

Como puede apreciarse en las tablas, la respuesta es por separado al no existir interacción entre los factores, por lo que en ambos huertos la dosis de 10 kg m⁻² resultó ser la de mayores rendimiento y la aplicación cada dos cultivos durante la rotación, resultó ser la mejor opción estadísticamente. Este resultado coincide con los obtenidos por Caballero y col. (2001 y 2003) en cultivos hortícola de huertos intensivos con el mismo tipo de suelo. También reportan resultados similares con cultivos hortícolas, pero en la modalidad de organopónico y en casa de cultivos protegidos, Carrión y col. (1998), Companioni y col. (1998), Heredia (1998) y Guevara y col. (2004).

Lo ocurrido con el contenido de las principales características químicas del suelo en los dos huertos al finalizar los ciclos horti-

Tabla 4. Efecto de la aplicación de compost de estiércol vacuno sobre el rendimiento acumulado en dos huertos
Table 4. Effect of the bovine manure compost application on the accumulated yield in two greengarden

Dosis (kg m ⁻²) Compost de estiércol vacuno	Rendimiento acumulado (kg m ⁻²)	
	Huerto CAN Provincial	Huerto Productor Camacho
0	13.89 ^d	13.66 ^c
5	21.73 ^c	24.16 ^b
10	34.13 ^a	32.15 ^a
15	32.44 ^b	31.91 ^a
Es X	0.6946*	0.6613*

a, b, c, d... Media con letras iguales no difieren a $p \leq 0.05$, según prueba de Duncan.

colas, se relaciona estrechamente con la respuesta obtenida en los rendimientos (figuras 1 y 2).

Los contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica aumentan significativamente a partir de la aplicación de 10 kg m⁻² de compost

de estiércol vacuno, sin diferencia significativa con la dosis de 15 kg m⁻², lo que evidencia el efecto favorable que este abono causa en las propiedades químicas del suelo, a pesar de las pérdidas de nutrientes que ocurren por la alta frecuencia de riego y la exportación nutrientes por los cultivos.

Tabla 5. Comportamiento del momento de aplicación del compost de estiércol vacuno en el rendimiento de la secuencia de hortalizas
 Table 5. Application moment behavior of the bovine manure compost in the sequence vegetable yield

Momentos de aplicación Compost de estiércol vacuno	Rendimiento acumulado (kg m ⁻²)	
	Huerto CAN Provincial	Huerto Productor Camacho
Inicio	23.05 ^b	23.98 ^b
Cada dos cultivos	27.13 ^a	26.46 ^a
En cada cultivo	26.47 ^a	25.96 ^a
Es x	0.6015*	0.4717*

a, b, c, d... Media con letras iguales no difieren a $p \leq 0.05$, según prueba de Duncan.

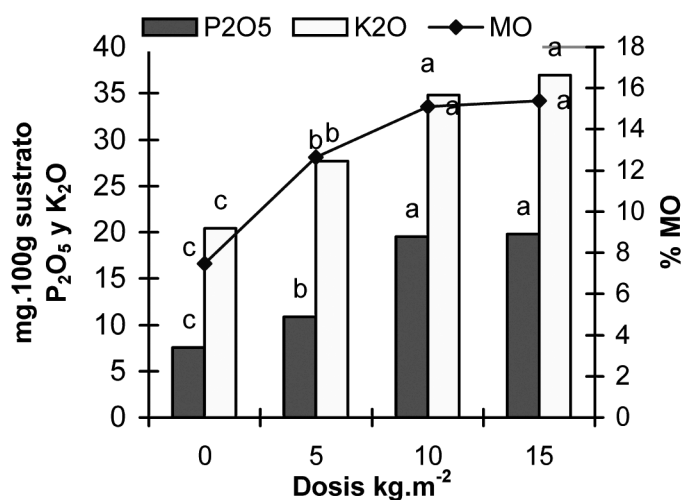


Figura 1. Influencia del compost de estiércol sobre las principales propiedades químicas del suelo en el huerto del CAN.
 Figure 1. Manure compost influences on the main chemical properties of the soil in CAN greengarden.

Se debe recordar que en el trópico la meteorización de los materiales orgánicos es mucho más violenta y la duración de los nutrientes en los sustratos no es duradera y poco aprovechada por las plantas. Por otra parte, se están utilizando en la rotación cul-

tivos de ciclos cortos, lo cual justifica aún más lo que sucede en estos sistemas de explotación intensiva de producciones hortícolas. Lo anterior justifica el incremento sostenido de los rendimientos debido a la dosis y el momento de aplicación del compost de

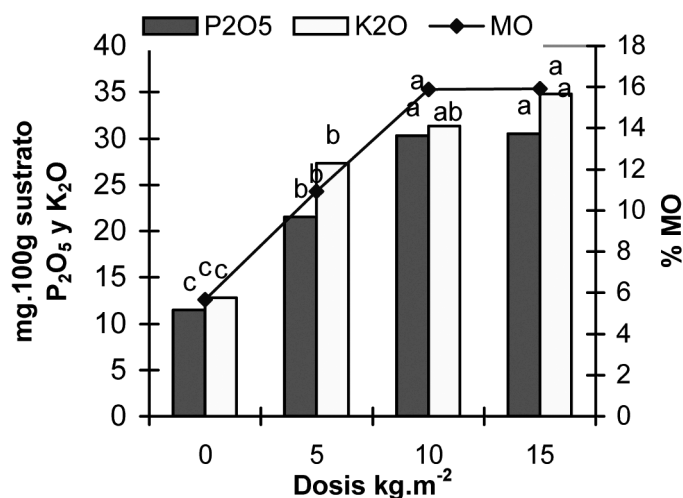


Figura 2. Influencia del compost de estiércol sobre las principales propiedades químicas del suelo en el huerto del productor Camacho.

Figure 2. Manure compost influences on the main chemical properties of the soil in the Camacho greengarden.

estiércol vacuno recomendados en el estudio, ya que su efecto residual cubre dos cultivos, sin deterioro para el suelo.

Resultados similares reportan Pérez y col. (2001), Caballero y col. (2002, 2004) y Chaveli y col. (2006).

En la Tabla 6 se presenta la determinación de los niveles críticos en la modalidad de huertos intensivos, donde se observa que para el caso del P₂O₅, el nivel crítico encontrado fue de 16 mg/100g de suelo con un R² significativo de 0.81; al K₂O le correspondió un nivel crítico de 20 mg/100g de suelo con un R² significativo de 0.74, mientras que la materia orgánica tuvo un R² significativo de 0.79 con un nivel crítico de 11.00%.

Teniendo en cuenta la respuesta obtenida en los rendimientos y el valor de los niveles críticos determinados se recomienda lo siguiente:

Todo huerto intensivo que su suelos sea Pardos Sialíticos Mullido sin Carbonatos, y que sus valores de fósforo, potasio y materia or-

gánica se encuentren por debajo de 16 mg/100g de suelo, 20 mg/100g de suelo y 11 % de materia orgánica respectivamente, se le debe aplicar la dosis de 10 kg m⁻² de compost de estiércol vacuno cada dos cultivos durante la rotación para obtener rendimientos sostenidos por encima de los 30 kg m⁻².

Caballero y col. (1999) reportan un nivel crítico de materia orgánica de 12 % en un suelo Pardo Sialítico (Hernández y col., 1999), valor casi coincidente al obtenido en este estudio. Con respecto al fósforo y al potasio no se tiene referencia alguna de que se hayan determinado hasta el momento para estas condiciones.

En la Tabla 7 se expone el beneficio económico obtenido en la modalidad de huertos intensivos, donde se observa que en el huerto del CAN provincial el beneficio fue de 34.93 \$ m⁻² ciclo⁻¹ para el caso del testigo absoluto y 23.93 \$.m⁻² ciclo⁻¹ cuando se comparó contra el testigo relativo. En el caso del Huerto del productor Camacho, ascendió a

Tabla 6. Niveles críticos de P₂O₅, K₂O y Materia Orgánica en suelo de Huertos Intensivos
 Table 6. Critical levels of P₂O₅, K₂O and Organic Matter in greengarden soils

Indicador	P ₂ O ₅		K ₂ O		MO (Método Incineración)	
	mg/100 g de suelo		mg/100 g de suelo		%	
	N.C	R ²	N.C	R ²	N.C	R ²
Niveles Críticos y R ²	16.00	0.81*	20.00	0.74*	11.00	0.79*

Metodología de Waugh, Cate y Nelson (1974).

Tabla 7. Beneficio económico obtenido por la aplicación de la dosis óptima en Huertos Intensivos
 Table 7. Economic benefit obtained by the application of the good dose in intensive greengarden

Huertos Intensivos	Tratamiento	Rdto (kg m ⁻²)	Valor de la prod. (kg m ⁻²)	Costo Total* (\$ m ⁻²)	Valor de prod. final (\$ m ⁻²)	Beneficio (\$ m ⁻² ciclo ⁻¹)
Huerto CAN Provincial	Testigo Absoluto	13.89	30.56	–	30.56	–
	Testigo Relativo	18.89	41.56	–	41.56	–
	Dosis óptima	34.13	75.09	9.60	65.49	34.93 A 23.93 R
Huerto del productor Camacho	Testigo Absoluto	13.66	27.32	–	27.32	–
	Testigo Relativo	18.66	41.05	–	41.05	–
	Dosis óptima	32.15	70.73	9.60	61.13	33.81 A 20.08 R

* Costo Total por m² referido en Tabla 4.

A: Comparación de dosis óptima con Testigo Absoluto.

R: Comparación de dosis óptima con Testigo Relativo.

33.81 y 20.08 \$ m⁻² ciclo⁻¹ para el testigo absoluto y relativo respectivamente. Todo lo anterior demuestra que el alza en los rendimientos es determinante, pues el costo del abono orgánico es muy bajo, al igual que el de transportación y aplicación, para justificar el beneficio obtenido.

Conclusiones

La aplicación de 10 kg m⁻² de compost de estiércol vacuno, aplicado cada dos cultivos du-

rante un ciclo rotativo de hortalizas, en la modalidad de huertos intensivos, incrementan los rendimientos 30 kg m⁻² ciclo⁻¹, aumentando al doble la producción de hortalizas.

Los niveles críticos determinados en suelos Pardos Sialítico en huertos, fueron: 16 mg (100g)⁻¹ de P₂O₅, 20 mg (100g)⁻¹ de K₂O y 11 % materia orgánica.

El incremento de los rendimientos producto de la dosis y el momento de aplicación empleadas, alcanzó beneficios económicos por encima de 30.00 \$ m⁻² ciclo⁻¹

Bibliografía

- Abad M, 1997. Sustratos hortalizas. En: Curso de Agricultura Urbana. INIFAT- AECl. La Habana, Cuba: 13-18.
- Arias E, N López y A Guerrero, 1996. Sustratos para sistemas de organopónicos, alternativas para el mantenimiento de sus propiedades. IV Jornada Científica del Instituto de Suelos y II Taller Nacional sobre Desertificación. Resumen. p 36.
- Caballero R, 1999. Efecto de los abonos orgánicos en la explotación de huertos intensivos. Tesis presentada en opción al grado de Master en Fertilidad del Suelo. 12 p.
- Caballero R, Pérez D, Vento M, Font L, Chaveli P, Rodríguez D y Valenciano M, 2003. Generalización de la tecnología de fertilización orgánica en los huertos intensivos del municipio Camagüey. Informe final del proyecto Territorial. 0908007. Instituto de Suelos. Dirección provincial Camagüey. 25 p.
- Caballero RJ, Gandarilla D, Pérez D, Rodríguez P, Chaveli M, Vento y M González, 2004. Mejoramiento de la disponibilidad de abonos orgánicos en la Granja Urbana del municipio de Camagüey. XIV Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes. 18 p.
- Carrión M, Companioni N, Peña E, González R, Cruz A y Quiñónez O, 1996. Sustratos para organopónicos. Resultados preliminares. VII jornada Científica. Talleres. INIFAT. MINAG. 55 p.
- Carrión M, Companioni N, Peña E, González R, 1998. Evaluación de la calidad de los sustratos. En: Memorias del 1er Encuentro Internacional sobre Agricultura Urbana y su impacto en la alimentación de la comunidad. INIFAT. La Habana Cuba. p. 24-29.
- Chaveli P, Caballero R, Corrales I, López P y Rodríguez D, 2006. Informe final de proyecto. Empleo del residual de biogás en la fertilización de algunos cultivos. Dirección provincial de Suelos, Camagüey. p. 11-18.
- Childe VG, 1968. Los orígenes de la civilización. Ed. Revolucionaria. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. p. 295.
- Companioni N, Rodríguez A, Carrión M, Alonso RM, Ojeda Y, Peña E y Pozo JL, 1997. La agricultura urbana. INIFAT. Agencia Española de Cooperación Internacional. La Habana, p. 1-12.
- Companioni N, Rodríguez NA, Carrión M, Alonso RM, Peña E, Ojeda Y, Peña E y Pozo JL, 1998. Agricultura Urbana. Su desarrollo y principales componentes. Compendio sobre Agricultura Urbana. Modalidad: Organopónicos y huertos intensivos. INIFAT- UNICA. Ciego de Ávila. Cuba. p. 2-8.
- DNSF. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. 1992. Metodología de análisis de muestras de sustratos orgánicos.
- Guevara A, González M, Pérez D, Peña E, Hartman T y Bardanca T, 2004. Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para hortalizas en casas de cultivos protegidos. XIV Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes. p. 27.
- Heredia C, Machado JM, Recompensa C y Álvarez D, 1998. Producción de hortalizas todo el año. II Vías alternativas para producir hortalizas en condiciones de Agricultura Urbana. XI Seminario Científico. INCA. Programas y Resúmenes. 17- 20 Nov. p. 85.
- Hernández A, Pérez JM, Marsán R, Morales M, López R, 1999. Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba con Clasificaciones Internacionales (SOIL TAXONOMY y FAO-UNESCO) y Clasificaciones Nacionales (2da. Clasificación Genética y Clasificación de Series de Suelos).
- MINAG, 1998. Instructivo Técnico para Organopónicos MINAG-INIFAT. La Habana, Cuba. 78 pp.
- ONN. Oficina Nacional de Normalización, 1999a. Norma Cubana NC ISO 10309. Determinación del pH (KCl).
- P₂O₅ y K₂O b. Norma Cubana NC 52. Determinación de las formas móviles de P₂O₅ y K₂O.
- ONN. Oficina Nacional de Normalización. 1999 c. Norma Cubana NC 51. Determinación de M.O.
- Pérez D, Gandarilla JE y Curbelo R, 1995. El deterioro del sustrato en canteros de organopónicos por cosechas sucesivas. En: Resúmenes 1er Taller Nacional sobre Desertificación. Guantánamo, Febrero. p. 59.

Pérez D, Gandarilla JE, Vento M, Curbelo R, Guerra A y Caballero R, 1999. Alternativas para mantener la fertilidad de los sustratos en organopónicos. XI Seminario Científico. INCA. Resúmenes. p. 17- 20 Nov. p. 209.

Pérez D, Gandarilla JE, Curbelo R, Caballero R y Rodríguez D, 2001. Alternativas orgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. *Centro Agrícola*. 2: 76-79.

Waugh DL, Cate RB and Nelson LA, 1974. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y la respuesta a los fertilizantes. *Boletín Técnico* 7, North Carolina State University (traducción al español).

(Aceptado para publicación el 13 de julio de 2011)