

PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) Y RÁBANO (*Rhabanus sativus* L.) EN HUERTOS BIOINTENSIVOS EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE TABASCO

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and radish (*Rhabanus sativus* L.) production in biointensive home gardens at the humid tropics of Tabasco

R Gómez-Álvarez ✉, G Lázaro-Jerónimo, JA León-Nájera

(RGA) (GLJ) Unidad Villahermosa, ECOSUR, Carretera a Reforma, Km 15.5 s/n Ranchería Guineo Segunda Sección. 86280, Municipio Centro, Tabasco. regomez@ecosur.mx

(JALN) División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Artículo recibido: 18 de noviembre de 2005, **aceptado:** 21 de diciembre de 2007

RESUMEN. Entre las producciones orgánicas los cultivos hortícolas son los preferidos por los productores por obtener altos rendimientos durante casi todo el año. El método biointensivo de cultivo brinda la posibilidad del autoabastecimiento de alimentos sanos y la posible venta de los excedentes de producción en mercados locales. Estas tecnologías no contaminan el medio ambiente, promueven las prácticas ecológicas y elevan la fertilidad de los suelos. El efecto de la fertilización orgánica, con 5 t ha⁻¹ de composta, se evaluó en los rendimientos (g planta⁻¹, bulbo en rábano y granos en frijol), indicadores de crecimiento (diámetro y longitud del bulbo (cm), largo y ancho de las hojas (cm) y altura de la planta (cm) para el rábano; altura de la planta (cm), ancho de las hojas (cm) y número de vainas para el frijol) y propiedades físicas y químicas del suelo Fluvisol eútrico (arena, limo, arcilla, MO, N total, relación C/N, P asimilable, CIC, Ca, Mg, K y pH agua). Dos experimentos fueron realizados, uno para el cultivo de rábano y otro para el frijol. Un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones se utilizó en cada caso y se usó la tecnología de huertos orgánicos biointensivos. Los rendimientos se incrementaron significativamente ($p < 0.05$) en los tratamientos en que se aplicó fertilización orgánica (149 % para el rábano y 50 % para el frijol). Una respuesta positiva se obtuvo en los indicadores de crecimiento en ambos cultivos (34 al 48 % para el rábano y 21 al 67 % para el frijol, respectivamente). El suelo mejoró sus propiedades químicas cuando fue fertilizado con composta. Al realizar el análisis de componentes principales, de las 15 variables evaluadas (cuatro agronómicas, ocho químicas y tres físicas) de las plantas y del suelo, se obtuvo para el frijol una inercia total del 82.6 %, correspondiéndole el 66.9 % al factor 1, destacándose el rendimiento, número de vainas, altura de la planta y ancho de la hoja, con incrementos significativos ($p < 0.05$), los que tuvieron una estrecha relación con el P asimilable, Ca, K, CIC y la relación C/N del suelo, los cuales se incrementaron significativamente ($p < 0.05$). Para el rábano se encontró una inercia total de 78.7 %, con un valor del factor 1 de 59.8 %, sobresaliendo el rendimiento, longitud y diámetro del bulbo, altura de la planta y ancho de la hoja, con incrementos significativos ($p < 0.05$), teniendo una alta correlación con el N total, relación C/N, P asimilable, K y CIC del suelo, los cuales presentaron incrementos significativos ($p < 0.05$). La efectividad del uso de la técnica de huertos orgánicos biointensivos para la siembra de hortalizas en el trópico húmedo de Tabasco se demostró para el rábano y frijol, ya que se obtuvieron altos rendimientos al fertilizarse con abonos orgánicos.

Palabras clave: Abonos orgánicos, huertos orgánicos, hortalizas, frijol, rábano.

ABSTRACT. In the field of organic production, horticultural products are preferred by producers as they provide high yields throughout most of the year. The biointensive cropping method generates the possibility of a self supply of healthy food and the opportunity to sell excess products in local markets. These technologies do not pollute the environment, they promote ecological practices and they increase soil fertility. The effect of organic fertilisation, with 5 t ha⁻¹ of compost, was evaluated through the yield (g plant⁻¹, radish bulb and bean grains), growth indicators (length and diameter of bulbs (cm), length and width of leaves (cm) and plant height of radishes (cm); plant height (cm), leaf width (cm) and number of pods for the beans), and the physical and chemical properties of Fluvisol eutric soil (sand, silt, clay, OM, total N, C/N ratio, available P, CEC, Ca, Mg, K and water pH). Two experiments were carried out, one

for radishes and other for beans. A random block design with five repetitions, together with the biointensive organic vegetable garden technology, was applied to each case. Yields increased significantly ($p < 0.05$) in the treatments to which organic fertilisation was added (149% for radishes and 50% for beans). A positive response was obtained in the growth indicators in both crops (34 to 48% for radishes and 21 to 67% for beans, respectively). Compost fertilisation improved the chemical properties of the soil. A principal components analysis showed that, of the 15 variables (four agronomic, eight chemical y three physical) evaluated on the soil and the plants, an 82.6% of total inertia was obtained for the beans with 66.9% corresponding to factor 1, and the yield, number of pods, height of plants and width of leaves presented significant increases ($p < 0.05$) that were closely related to the available P, Ca, K, CEC and the C/N ratio in the soil, all of which increased significantly ($p < 0.05$). A 78.7% of total inertia was obtained for the radishes with 59.8% corresponding to factor 1, and the yield, length and diameter of the bulb, height of the plant and width of the leaf presented significant increases ($p < 0.05$) that were closely related to total N, C/N ratio, available P, K and CEC in the soil, all of which increased significantly ($p < 0.05$). The effectiveness of the use of the biointensive organic vegetable garden technique for growing vegetables in the humid tropics of Tabasco was proved for radishes and beans, as high yields were obtained after organic fertilising.

Key words: Organic fertilisers, organic gardens, vegetables, beans, radishes.

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales tienen la ventaja de producir una elevada cantidad de biomasa vegetal, por las altas precipitaciones, temperaturas y luminosidad, lo que hace que el proceso fotosintético sea altamente eficiente, pero también se presentan deterioro del medio ambiente por el lavado y erosión de los suelos y representa una fuente segura de empleo (Altieri 1999; Gliessman 2000). La agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el medio ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los peligros de la agricultura convencional o moderna. La producción en pequeñas parcelas y en huertos de traspatios es una opción para los productores de escasos recursos, mejora los hábitos alimenticios y la nutrición de las familias, no contamina el medio ambiente, promueve prácticas ecológicas al reciclar los residuos biodegradables y producir alimentos y plantas sanas libres de contaminantes (Jeavons 1991; Lok 1998; Gómez-Álvarez & Castañeda-Ceja 2000). En China el uso de la horticultura orgánica es una práctica que abastece a la población de la mayoría de las verduras y hortalizas y en Cuba se explotan alrededor de 13 mil hectáreas para la producción de hortalizas frescas, lo que ha resuelto el abastecimiento de estos alimentos a toda la población urbana y zonas aledañas a las ciudades (Anónimo 2000). La producción de hortalizas en huertos orgánicos cada día toma más auge ya que

cumplen con los parámetros establecidos en las normas de calidad, pueden consumirse de forma fresca, en muchos casos directamente del huerto al consumidor, con precios similares a los del mercado y en algunos casos más baratos, superando en calidad a las hortalizas de los supermercados (Gómez-Cruz *et al.* 2001). El huerto orgánico biointensivo se puede definir como la producción intensiva de alimentos (hortalizas y otros cultivos) a escala doméstica durante todo el año. Tiene sus orígenes en el método biodinámico intensivo francés, el cual utilizaba camas elevadas de suelo descompactado, abonado con estiércol, a una profundidad de 45 cm y altas densidades de plantación. Con el método biodinámico intensivo francés se obtenían hasta nueve cosechas por año. Esta técnica de siembra en huertos biointensivos fue retomada por la organización "Ecology Action" en Estados Unidos de América en la década de los setentas y se desarrollaron diversos proyectos en dicho país y en otros, como México, India, Kenya y Filipinas (Jeavons 1991). Esta tecnología considera la interrelación hombre - cultivo - animal - medio ambiente, propicia la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos durante todo el año y esta basada en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos. Las formas de producir hortalizas de manera intensiva sobre sustratos orgánicos, favorece la obtención de altos rendimientos en los cultivos, requiriendo de cuidados y dedicación, junto a una disciplina tecno-

lógica que permitirá a los productores conservar los suelos, obtener ingresos adicionales y constituye una fuente de empleo segura (Lok 1998; Gómez-Tovar *et al.* 1999; Anónimo 1999). Las hortalizas orgánicas representan un grupo importante de cultivos en el consumo de la población, dado el daño que los alimentos con residuos de agroquímicos están provocando en la salud humana, pues las hortalizas se consumen en su mayoría en forma fresca. Sin embargo, las hortalizas orgánicas representan un bajo porcentaje de la producción nacional de estos cultivos (Gómez-Cruz *et al.* 2001).

En México, durante el año 2005, se sembraron 498 265 ha de hortalizas, de las cuales 24 725 ha fueron orgánicas, lo que equivalió al 5 % del total cosechado (Gómez-Cruz *et al.* 2005). En México, el rábano representó el 0.15 % de las hortalizas, con un rendimiento promedio de 6.3 t ha⁻¹ (Anónimo 2005). La producción de rábano en huertos orgánicos es importante para Tabasco, ya que al ser la baja producción estatal no abastece el mercado estatal, lo cual representa un área de oportunidad para el productor, ya que se puede producir más de 6 t ha⁻¹ por cosecha y abastecer el mercado con precios competitivos.

El frijol ocupa, entre los granos de México, el segundo lugar en importancia después del maíz. A nivel nacional se produjeron 1 415 000 t, las cuales se consumieron en su totalidad y para complementar su déficit de producción, se importaron 106 310 t (Anónimo 2004). Uno de los problemas a resolver en este cultivo es elevar el rendimiento agrícola, el cual alcanzó un promedio nacional de 0.69 t ha⁻¹ y en el estado de Tabasco 0.59 t ha⁻¹.

La tecnología orgánica biointensiva puede incrementar los rendimientos en comparación al sistema tradicional. Además, esta tecnología presenta las ventajas de no contaminar el ambiente y producir alimentos inocuos (Jeavons 1991; Gómez-Álvarez & Castañeda-Ceja 2000; Gómez-Cruz *et al.* 2005).

El rábano es rico en vitamina C, es un antioxidante, inhibe las células cancerígenas, favorece la digestión de los alimentos, es rico en fibras y bajo en calorías, es diurético y evita los cólicos del riñón, ayuda a cicatrizar heridas y es un alimento usado comúnmente en las ensaladas durante las comidas

(Hernández *et al.* 1987). El frijol es una fuente rica en proteínas e hidratos de carbono (glicémicos y no glicémicos), controla el nivel de colesterol y el cáncer de colón, contiene factores antinutricionales (inhibidores enzimáticos, hemaglutininas, saponinas y ácido fítico), es rico en vitaminas del complejo B, niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina. Además, el frijol es un alimento que forma parte de la canasta básica en México (Jeavons 1991; Anónimo 1999; Serrano & Goñi 2004).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar, en las condiciones del trópico húmedo de Tabasco, la influencia de la fertilización orgánica en el rendimiento y diferentes indicadores del crecimiento de los cultivos de frijol y rábano cultivados en huertos orgánicos biointensivos sobre un suelo Fluvisol eútrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de huertos biointensivos

La cama se trazó clavando estacas en las cuatro esquinas, después se extendió el cordel para delimitar un área de 10 m⁻², de acuerdo al largo y ancho seleccionado (Jeavons 1991). Las dimensiones de la cama fueron: largo de 6.5 m, ancho de 1.5 m y profundidad de 0.6 m. La doble excavación siguió el siguiente procedimiento: el suelo se preparó en forma de escalones, la primera excavación fue entre 0-30 cm, se extrajo el suelo, segunda excavación entre 30-60 cm, se removió el suelo y se mantuvo en el huerto, se fertilizaron ambas capas con abono orgánico. La composta se aplicó al huerto a razón de 5 kg m⁻² en la parte inferior de la cama durante la doble excavación y otros 5 kg m⁻² en la parte superior una vez finalizada la preparación del huerto.

Aplicación de la composta al cultivo

En el rábano se fertilizó con composta en una sola ocasión en el momento de la siembra y en el frijol dos veces, fraccionado 2 kg en siembra y 3 kg a los dos meses y medio de la siembra (Jeavons 1991; Anónimo 1993).

Localización de las áreas

La parcela demostrativa se montó en la Finca "El Refugio", del Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Tabasco, la cual está ubicada en el kilómetro 15.5 de la carretera Villahermosa - Reforma, Ra. Guineo 2da Sección (17° 54 31" N; 93° 01 56" O). Las condiciones climáticas son cálido húmedas y la finca está entre 10 y 20 msnm de altitud (Anónimo 2001).

Experimentos

Dos experimentos, independiente para cada planta, fueron montados con un diseño de bloque al azar con cinco repeticiones en cada uno. Las parcelas fueron de un metro cuadrado, con dos tratamientos para ambos cultivos, T1 sin fertilizante orgánico y T2 con fertilizante orgánico (5 t ha⁻¹ de composta). Ambos tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en los huertos, para un total de 20 parcelas (10 para el rábano y 10 para el frijol). El frijol se sembró al comienzo del mes de septiembre del 2001 y se cosechó a finales de enero del 2002. El rábano se cultivó en rotación con el frijol a principios de febrero de este año y se cosechó a los 28 días al terminar su ciclo.

Determinaciones agronómicas

Al rábano se le determinó el diámetro y longitud del bulbo (cm), largo y ancho de la hoja (cm), altura de la planta (cm) y rendimiento (peso fresco del bulbo en g planta⁻¹) y al frijol la altura de la planta (cm), ancho de las hojas (cm), número de vainas y rendimiento en grano (g planta⁻¹). El frijol se sembró a principios de septiembre y se cosechó a principios de febrero y el rábano durante el mes de febrero (a los 28 días).

Análisis granulométricos y físicos y químicos del suelo y caracterización de los nutrientes en la composta

Los análisis de granulometría del suelo (arena, limo y arcilla), se realizaron por el método del hidrómetro Boyoucos. Los análisis químicos de suelos se hicieron por los siguientes métodos: 1) materia orgánica en porcentaje (MO) mediante digestión húmeda por Walkley y Black, 2) nitrógeno total (% N

total) por el método Semimicro-Kjeldahl con ácido salicílico, 3) P asimilable (cmol kg⁻¹) por el método Olsen, 4) capacidad de intercambio catiónico (CIC) en (cmol kg⁻¹) por el método del acetato de amonio 1N, 5) los cationes cambiables Ca, Mg, y K (cmol kg⁻¹) por extracción en acetato de amonio a pH siete y medición por espectrofotometría de absorción atómica, 6) pH agua por el método potenciométrico. Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de suelos del Colegio de Posgraduados ubicado en Cárdenas, Tabasco, siguiendo la norma establecida para análisis de suelos en México. En el caso de los tratamientos con composta, además de estos análisis físico-químicos, se midieron el C total por el método de digestión por vía seca, y la relación C/N se determinó por cálculo, utilizando los datos de los porcentajes de N total y C total (Salgado-García *et al.* 1999; Anónimo 2002).

Análisis de datos

La información obtenida en los diferentes tratamientos se sometió a un ANDEVA de una vía y cuando se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). El análisis de correlaciones y la elaboración de las gráficas de componentes principales de los datos provenientes de los análisis físicos y químicos del suelo, los rendimientos de rábano y frijol y las variables de crecimiento de los cultivos se efectuaron con Statistics 6.0 (Cody & Smith 1991). En el análisis de componentes principales, aplicados independientemente para cada uno de los cultivos, se incluyeron 15 variables (cuatro agronómicas, tres físicas y ocho químicas). El análisis de los componentes principales se efectuó con el programa Statistics 6.0 (Cody & Smith 1991).

RESULTADOS

Los contenidos de arena, arcilla y limo, en ambos tratamientos, no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo el limo presentó un ligero incremento en su valor absoluto cuando se fertiliza con composta (5 t ha⁻¹), lo cual puede deberse al proceso de homogenización de las muestras durante la fase del muestreo (Tabla 1). Cuan-

do se aplicó la composta se obtuvieron incrementos significativos en los contenidos de calcio, potasio, fósforo, CIC y relación C/N. El efecto favorable de la aplicación de composta al suelo estuvo dado por la composición química de la misma, donde se destacan los altos contenidos de MO, N, P asimilable, K, Ca, Mg y una adecuada relación C/N (Tabla 2).

En el cultivo del rábano, el ancho de la hoja mostró un incremento con relación al tratamiento sin abono orgánico del 40 %, la altura de la planta del 48 %, la longitud del bulbo del 34 %, el diámetro del bulbo del 19 % y el rendimiento del 149 %. En todas las variables analizadas se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los dos tratamientos (Tabla 3).

Para el cultivo del frijol se estimaron incrementos significativos ($p < 0.05$) en la altura de la planta del 23 %, 21 % en el ancho de la hoja, 67 % en el número de vainas y un 50 % en los rendimientos en granos (Tabla 4).

En el análisis de componentes principales, las 15 variables participantes indicaron un porcentaje de inercia total del 82.64 % para el cultivo del frijol (Figura 1). Al factor 1 correspondió el 66.85 % y en el mismo se relacionaron significativamente el rendimiento y los indicadores de crecimiento de la planta (número y peso de vainas, ancho de la hoja y altura de la planta) y las propiedades químicas del suelo (Ca, P asimilable, K, CIC, relación C/N). En el eje 2 se compararon y relacionaron significativamente las variables N y arena. En el cultivo del rábano (Figura 2) se obtuvo un comportamiento similar al del cultivo del frijol, las 15 variables analizadas indicaron un porcentaje de inercia total del 78.73 %. Al factor 1 correspondió el 59.78 % y en este se relacionaron significativamente las variables de rendimiento y crecimiento (peso, longitud y diámetro del bulbo) con las propiedades químicas del suelo (Ca, P asimilable, K, relación C/N y CIC). En el eje 2 se compararon significativamente las variables N, Mg, y ancho de la hoja.

DISCUSIÓN

Al aplicar abonos orgánicos al suelo (Tabla 1) se mejoraron las propiedades químicas del mis-

mo, lo que influyó de forma directa en el incremento de los rendimientos de rábano y frijol. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores en condiciones tropicales, en diferentes cultivos donde se aplicaron abonos orgánicos. Valdrighi *et al.* (1996) mejoraron significativamente la biomasa del cultivo de *Chicorium intybus* L. y el contenido de bacterias nitrificadoras del suelo. Bernal *et al.* (1998) incrementaron los rendimientos agrícolas y la eficiencia de la fertilización nitrogenada de *Lolium perenne*, cuando se aplicó composta en la fase de crecimiento del cultivo. Nieto-Garibay *et al.* (2002) obtuvieron incrementos del rendimiento del chile (*Capsicum chinense* Jacq.) al aplicar 25 t ha⁻¹ de abono orgánico. Al incorporar el abono orgánico al suelo se ha registrado un efecto positivo en las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos benéficos (Sánchez *et al.* 1987; Álvarez-Solís *et al.* 1992) y se ha mejorado sus propiedades físicas y químicas del mismo, lo cual influye directamente en los incrementos de los rendimientos agrícolas y crecimiento de las plantas. Pool-Novelo *et al.* (2000) y Álvarez-Solís *et al.* (2000) confirmaron que la aplicación de abono orgánico en el suelo en los cultivos de maíz y frijol incrementó significativamente los contenidos de MO, pH en el agua, Ca, Mg, K y P asimilable. Ellos encontraron una correlación positiva entre estos nutrientes con los rendimientos, detectaron elevación en la respiración microbiana en los tratamientos donde se aplicó materia orgánica, y un incremento en el número de bacterias, hongos, actinomicetos y en el nitrógeno mineralizado. El uso de mezclas de agua con biosólidos: suelo, en dosis del 25 al 50 %, mejoraron los rendimientos, longitud y número de hojas para el rábano, en comparación a cuando no se aplicó esta fuente de materia orgánica (Ramírez-Pisco & Pérez-Arena 2006). En relación a los procesos que se llevan a cabo en el suelo cuando se utilizan abonos orgánicos, están los de mineralización de la materia orgánica, los cuales se relacionan con el grado de saturación del carbono en las partículas que componen el suelo, con la textura del mismo y con la cantidad de materia orgánica aportada. La mayor tasa de mineralización se ha logrado cuando se alcanza el equilibrio, lo que repercute en el incremento de nutrientes asimilables del suelo, en

Tabla 1. Influencia de los tratamientos (T1 sin fertilización orgánica y T2 con fertilización orgánica) en las principales propiedades físicas y químicas del suelo con composta (T1) y sin composta (T2). Diferencias significativas (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

Table 1. Effect of the treatments (T1 without organic fertilisation and T2 with organic fertilisation) on the main physical and chemical characteristics of the soil with compost (T1) and without compost (T2). Significant differences (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

| Tratamientos | MO | N | Arena | Limo % | Arcilla | C/N | pH | K | Ca | Mg cmol kg^{-1} | P | CIC |
|----------------|------|------|-------|--------|---------|---------|------|--------|---------|--------------------------|--------|---------|
| T1 | 1.41 | 0.09 | 38 | 36 | 26 | 11.46 b | 7.1 | 0.76 b | 12.50 b | 6.4 | 0.22 b | 20.04 b |
| T2 | 1.66 | 0.10 | 36.8 | 38 | 26 | 12.5 a | 7.2 | 1.09 a | 17.00 a | 7 | 0.52 a | 23.8 a |
| Error estándar | 0.08 | 0.04 | 0.45 | 0.49 | 0.3 | 0.17** | 0.19 | 0.06** | 0.76** | 0.18 | 0.05** | 0.63** |

Tabla 2. Propiedades químicas de la composta.
Table 2. Chemical properties of the compost.

| MO % | N (%) | C/N | pH | K (cmol kg^{-1}) | Ca (cmol kg^{-1}) | Mg (cmol kg^{-1}) | P (cmol kg^{-1}) |
|------|-------|-----|-----|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 37.5 | 1.9 | 21 | 7.5 | 32.5 | 31.5 | 22.1 | 570 |

Tabla 3. Influencia de los tratamientos (T1 sin fertilización orgánica y T2 con fertilización orgánica) en los rendimientos e indicadores del crecimiento en el cultivo del rábano. Diferencias significativas (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

Table 3. Effect of the treatments (T1 without organic fertilisation and T2 with organic fertilisation) on the yields and growth indicators in radish crops. Significant differences (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

| Tratamientos | Longitud del bulbo (cm) | Ancho de la hoja (cm) | Diámetro del bulbo (cm) | Altura de la planta (cm) | Rendimiento bulbo (g planta^{-1}) | Rendimiento bulbo (t ha^{-1}) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--|--|
| T1 | 5.9 b | 8.8 b | 2.7 b | 35.5 b | 11 b | 3.63 b |
| T2 | 7.9 a | 12.3 a | 3.2 a | 52.5 a | 27.4 a | 9.04 a |
| Error estándar | 0.8** | 1** | 0.5** | 1.6** | 3.7** | 1.22** |

Tabla 4. Influencia de los tratamientos (T1 sin fertilización orgánica y T2 con fertilización orgánica) en los rendimientos e indicadores del crecimiento en el cultivo del frijol. Diferencias significativas (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

Table 4. Effect of the treatments (T1 without organic fertilisation and T2 with organic fertilisation) on the yields and growth indicators in bean crops. Significant differences (Tukey; $p < 0.05$, $a > b$).

| Tratamientos | Altura de la planta (cm) | Ancho de la hoja (cm) | Número de vainas | Rendimiento en granos (g planta^{-1}) | Rendimiento en granos (t ha^{-1}) |
|----------------|--------------------------|-----------------------|------------------|--|--|
| T1 | 43.9 b | 8.6 b | 2.7 b | 0.14 b | 1.4 b |
| T2 | 53.8 a | 12.3 a | 14.4 a | 0.21 a | 2.1 a |
| Error estándar | 3.1** | 1** | 1** | 0.09** | 0.09** |

su productividad y a largo plazo en el aumento de la fertilidad (Astier & Hollands 2005; León-Nájera *et al.* 2006).

El mejor resultado en los rendimientos y sus componentes en el cultivo del rábano se obtuvo al aplicar composta a razón de 5 kg m^{-2} (más 10 kg que se aplican al elaborar el huerto orgánico), en comparación a cuando no se aplica. Las diferencias fueron significativas en todos los casos: grosor del bulbo, altura de la planta, ancho de las hojas, y rendimientos en peso fresco del bulbo (Tabla 3). El incremento del rendimiento fue del 149% en com-

paración a cuando no se aplicó composta. Otros autores con esta tecnología han incrementado los rendimientos en hortalizas con respecto al sistema tradicional de producción (Jeavons 1991; Anónimo 2000; Gómez-Tovar *et al.* 2003). En huertos orgánicos biointensivos con suelos Fluvisoles en el estado de Tabasco se obtuvieron altos rendimientos para diferentes hortalizas (Gómez-Álvarez, datos no publicados), lo que demuestra las ventajas de este sistema de producción para condiciones semejantes a las utilizadas en este estudio (Figura 3).

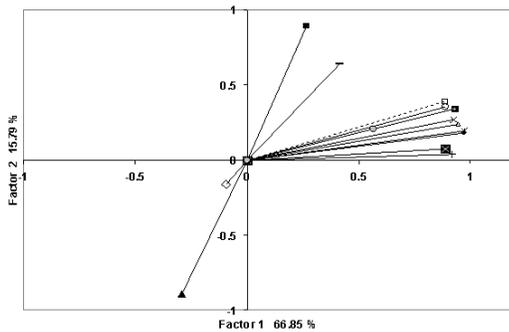


Figura 1. Relación entre las propiedades físicas y químicas del suelo, principales indicadores de crecimiento y rendimientos del cultivo del frijol (→ MO; → N; → C/N; → P; → K; → Ca; → Mg; → CIC; → Arena; → Limo; → Arcilla; → Altura planta; → Ancho hoja; → No. vaina; → Peso vaina).
Figure 1. relationship between the physical and chemical properties of the soil, and main growth and yield indicators in bean culture (→ MO; → N; → C/N; → P; → K; → Ca; → Mg; → CIC; → Sand; → Silt; → Clay; → Plant height; → Leaf width; → Number of pods; → Pod weight).

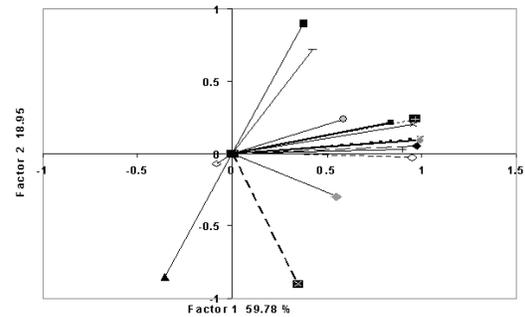


Figura 2. Relación entre las propiedades físicas y químicas del suelo, principales indicadores de crecimiento y rendimientos del cultivo del rábano (→ MO; → N; → C/N; → P; → K; → Ca; → Mg; → CIC; → Arcilla; → Limo; → Arena; → Ancho hoja; → Diámetro bulbo; → Logitud bulbo; → Peso bulbo).
Figure 2. Relationship between the physical and chemical properties of the soil, and main growth and yield indicators in radish culture (→ MO; → N; → C/N; → P; → K; → Ca; → Mg; → CIC; → Clay; → Silt; → Sand; → Leaf width; → Bulb diameter; → Bulb length; → Bulb weight).

Los rendimientos obtenidos en los cultivos y sus incrementos se pueden explicar por la tecnología utilizada en los huertos orgánicos biointensivos, donde se siembran las plantas a distancias más cercanas que cuando se siembran en condiciones normales de campo y a la alta fertilización orgánica utilizada, lo que hace que la planta disponga de todos los nutrientes en la zona donde se encuentran las raíces, lo que favorece la elevación de los rendimientos. Esta explicación esta de acuerdo a lo planteado por otros autores (Jeavons 1991; Lok 1998; Anónimo 2000; Gómez-Álvarez & Castañeda-Cejas 2000).

Al realizar el análisis de varianza con el conjunto de datos de suelo y los de plantas (tablas 3 y 4) y el análisis de componentes principales (Figuras 1 y 2), la mayoría de los parámetros evaluados presentaron diferencias significativas entre tratamientos (rendimiento, altura de la mplant, grosor del bulbo y ancho de la hoja en el rábano y altura de la planta, número de vainas y rendimiento en grano del frijol) y altas correlaciones,agrupándose según el análisis de componentes principales en factores estadísticos para ambos cultivos, eje x con valores de 66.85% y 59.78% respectivamente. De igual forma las propiedades físicas y químicas del suelo que presentaron diferencias significativas entre tratamientos (CIC, Ca, P, K y C/N) reflejaron altas correla-

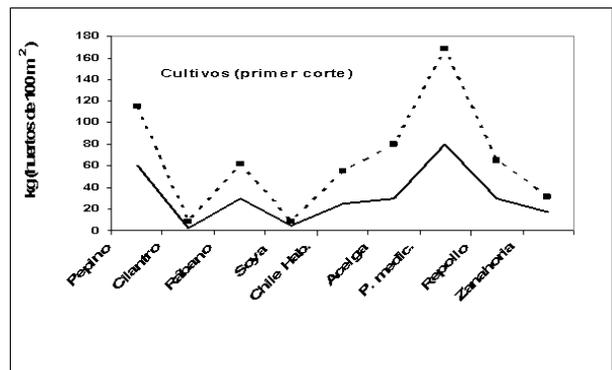


Figura 3. Rendimientos de hortalizas en huertos orgánicos biointensivos en el estado de Tabasco, México. — Huerto Rancho Plátano y Cacao; ... Huerto Rancho Estancia Vieja (Gómez-Álvarez, datos no publicados).
Figure 3. Vegetable yields in biointensive home gardens in the state of Tabasco, Mexico. — Huerto Rancho Plátano y Cacao; ... Huerto Rancho Estancia Vieja (Gómez-Álvarez, non published data).

ciones y se agruparon en el factor 1 (eje x), que fue el de mayor valor estadístico.

Los resultados anteriores confirman la utilidad del uso de este tipo de análisis de los datos para explicar el efecto benéfico de la fertilización orgánica en los rendimientos y sus componentes en las hortalizas y en las propiedades físicas y químicas del suelo y cuales de estas son las que más influyen en la mejora de los rendimientos de los cultivos.

La MO influye positivamente en el incremento del rendimiento del frijol. Santos *et al.* (2001) registraron un efecto directo de estos abonos en los rendimientos del cultivo y determinaron como niveles óptimos los de 13 t ha⁻¹ para la gallinácea; 16.6 t ha⁻¹ para estiércol caprino y 24 t ha⁻¹ para estiércol bovino. La fertilidad del suelo ha sido relacionada con altos rendimientos en el cultivo del frijol (Carnicelli *et al.* 2000; Peixoto *et al.* 2002; Souza *et al.* 2003; 2006). En el sistema de rotación maíz-frijol-maíz se obtuvieron los más altos rendimientos para el frijol. Cuando el nivel de MO en suelo fue el más alto, al incorporar al suelo como abono verde el frijol precedente al maíz, se elevó el rendimiento del maíz y al cosechar el frijol en la segunda etapa, en esa misma área, también se obtuvo un alto rendimiento (Dueñas *et al.* 2002).

En lo referente a huertos establecidos en suelos Fluvisoles del estado de Tabasco (Figura 3), se obtuvieron altas producciones para el rábano, frijol de soya, cilantro, chile habanero, acelga, plantas medicinales, repollo y zanahoria. Los datos de

rendimientos se obtuvieron durante el primer corte del primer ciclo de los cultivos, en canteros de 10 metros de largo por un metro y 20 cm de ancho, alcanzando rendimientos totales entre 235 y 273 kg por áreas de canteros de 100 m² (1.6 a 3.3 t ha⁻¹). Estos rendimientos se triplicarían en un año, ya que en este tiempo se pueden obtener más de tres ciclos de cultivos. Todos estos resultados demuestran la rentabilidad de esta tecnología de producción para los pequeños productores de Tabasco, México.

Al evaluar los efectos positivos en los rendimientos e indicadores del crecimiento en ambos cultivos se concluye que con el método de cultivo biointensivo, para estas hortalizas, fertiliza al suelo de manera efectiva y de forma biointensiva, mejora sus características físicas y químicas, y permite que desde la primera cosecha se obtengan incrementos de los rendimientos. Al igual que el rábano, el frijol respondió a la fertilización orgánica lo cual indica el potencial de esta tecnología para incrementar los rendimientos de estos cultivos en las condiciones del productor rural.

LITERATURA CITADA

- Altieri MA (1999) Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo. 339 pp.
- Álvarez-Solís JD, Ferrera-Cerrato R, Zebrowski C (1992) Análisis de la microflora asociada al manejo ecológico en la recuperación de tepetates. Terra (número especial) 10: 419-424.
- Álvarez-Solís JD, Ferrera-Cerrato R, Etchevers-Barra JD (2000) Actividad microbiana en Tepetate con incorporación de residuos orgánicos. Agrociencia 34: 523-532
- Anónimo (1993) Manual de huertos escolares. TETRA PAK, DIF. D.F. 50 pp.
- Anónimo (1999) Agricultura Biointensiva pro-sustentable. Curso teórico práctico. Universidad Autónoma de Chapingo, AALTERMEX. Texcoco. 141 pp.
- Anónimo (2000) Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Edición del Ministerio de la Agricultura. La Habana. 145 pp.
- Anónimo (2001) Tabulador básico Tabasco. XII Censo General de Población y Viviendas 2000. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México.
- Anónimo (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 31 de diciembre, Diario Oficial, Segunda Sección. D.F. 78 pp.
- Anónimo (2004) Servicio de información y estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Agrícola por Municipio. Consulta de indicadores de frijol. SAGARPA, SIAP. 9 pp.
- Anónimo (2005) Sistema de información Agropecuaria de captura. Estadística agrícola. SAGARPA, SIAP. 4 pp.

- Astier M, Hollands J (2005) La evaluación de la sustentabilidad de experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Ediciones Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. GIRA A.C. Mundiprensa. D.F. 262 pp.
- Bernal MP, Navarro AF, Sánchez-Monedero MA, Roig A, Cegarra J (1998) The influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 30(3):305-313
- Carnicelli JH, Pereira PRG, Fontes PCR, Camargos MI (2000) Índices de nitrógeno da planta relacionados com a produção commercial de cenoura. *Horticultura Brasileira*, Brasília, Jul, Suplemento 18:808-810.
- Cody RP, Smith JK (1991) *Applied Statistics and the SAS Programming Language*. Prentice Hall. New York. 403 pp.
- Dueñas G, Muñiz O, Sánchez T, Gómez L, Álvarez H (2002) Reciclaje de nitrógeno en una sucesión frijol-maíz-frijol en suelo Ferralítico usando el método isotópico. *TERRA* 20(1):45-50
- Gliessman SR (2000) Agroecología. *Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. CATIE. Turrialba. 359 pp.
- Gómez-Álvarez R, Castañeda-Ceja R (2000) Tecnologías de producción orgánicas en las condiciones del trópico. ECOSUR-ISPROTAB, Gobierno del estado de Tabasco. Villahermosa. 91 pp.
- Gómez-Cruz MA, Schwentesius-Rindermann R, Gómez-Tovar L, Arce-Cordova I, Moran-Villa YD, Quiterio-Madel M (2001) *Agricultura orgánica de México. Datos básicos*. SAGARPA.- UACH - CUESTAAM. Texcoco. 46 pp.
- Gómez-Cruz MA, Schwentesius-Rindermann R, Meraz-Alvarado MR, Lobato-García AJ, Gómez-Tovar L (2005) *Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica en México (Situación-Retos-Tendencias)*. CO-NACYT, SAGARPA, CEDRSSA, UACH, CUESTAAM, PIAS. Texcoco. 69 pp.
- Gómez-Tovar L, Gómez-Cruz MA, Schwentesius-Rindermann R (1999) Producción y comercialización de las hortalizas orgánicas en México. En: *Horticultura de exportación en tiempos de Globalización (El caso de las hortalizas, frutas y flores)*. Universidad Nacional Autónoma de México, CUESTAAM, Edición Juan Pablos SA. D.F.: 121-158.
- Gómez-Tovar L, Gómez-Cruz MA, Schwentesius-Rindermann R (2003) *La agricultura orgánica en México. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en México*, Edición CUESTAAM-AUNA, UACH. Texcoco: 91-108 pp.
- Hernández M, Chávez A, Bourges H (1987) *Valor nutritivo de los alimentos Mexicanos. Tablas de uso práctico*. Publicaciones de la División de la Nutrición. 10a Edición. Instituto Nacional de la Nutrición. D.F. 35 pp.
- Jeavons J (1991) *Cultivo biointensivo de alimentos*. Ecology Action. Willits. 75 pp.
- León-Nájera JA, Gómez-Álvarez R, Hernández-Daumás S, Álvarez-Solís JD, Palma-López DJ (2006) Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos, en los altos de Chiapas, México. *Universidad y Ciencia* 22:163-174
- Lok RMA (1998) *Introducción a los Huertos Caseros Tradicionales Tropicales, Proyecto Agroforestal. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 3*. CATIE/GTZ. Turrialba 157 pp.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Larrinaga-Mayoral JA, García-Hernández JL (2002) El uso de las compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile. *Interciencia* 27:417- 421
- Peixoto N, Braz LT, Banzatto DA, Moraes EA, Moreira FM (2002) Resposta de feijão-vagem a diferentes níveis de fertilidade. *Horticultura Brasileira* 20:593-596.
- Pool-Novelo L, Trinidad-Santos A, Etchever-Barra JD, Pérez-Moreno J, Martínez-Garza A (2000) Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas. México. *Agrociencia* 34:251-259.

- Ramírez-Pisco R, Pérez-Arena MI (2006) Evaluación del potencial de los biosólidos procedente del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo del rábano rojo (*Raphanus sativus* L.). Revista de la Facultad Nacional de Agronomía 59(2):3543-355
- Salgado-García S, Palma-López DJ, Cisneros-Domínguez J (1999) Manual de procedimientos para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación en cultivos tropicales. ISPROTAB, Gobierno del estado de Tabasco, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Villahermosa. 76 pp.
- Sánchez JM, Ruíz JF, Cuautle F (1987) Comportamiento de dos tipos de Tepetates bajo la adición de abonos orgánicos y abonos verdes en condiciones de invernaderos. En: Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco: 50- 68.
- Santos G, Oliveira AP, Silva JAL, Alves EU, Costa CC (2001) Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. Horticulture Brasileira 19(1):30-35
- Serrano J, Goñi I (2004) Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población Guatemalteca. ALAN 54(1):1-21
- Souza AB, Andrade MJB, Muñoz JA (2003) Altura de plantas e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, e calagem. Ciência e Agrotecnologia, Lavras 27:1205-1213.
- Souza RF, Faquin V, Fernández LA, Ávila FW (2006) Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influencia da calagem e adubação orgânica. Ciência e Agrotecnologia, Lavras 30:656-664
- Valdrighi MM, Pera A, Agnolucci M, Frassinetti S, Lunardi D, Vallini G (1996) Effects of compost- derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) - soil system: a comparative study. Agriculture, Ecosystems & Environment 58:133-144