

Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara

Growth and N-P-K removal in chicken manure fertilized bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in Quíbor, Lara State, Venezuela

A. Escalona y R. Pire

Postgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apartado 400. Barquisimeto-Lara

Resumen

El crecimiento de los cultivos depende en gran medida de una adecuada nutrición mineral, por lo que la extracción de nutrientes que ellos hacen es la base para establecer los programas de fertilización. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento, estado nutricional y los niveles de extracción de N, P y K en plantas de pimentón abonadas con dosis altas de estiércol de pollo. El ensayo se realizó en el campo experimental del INIA en Quíbor, estado Lara, utilizando el híbrido Enterprise, el cual se trasplantó a una distancia de 0,35 m entre plantas y 1,20 m entre hileras. Cada parcela estuvo constituida por 4 hileras de 11 plantas cada una. Las parcelas fueron repetidas seis veces. El crecimiento inicial, expresado como altura y peso seco de las plantas, fue lento y el mismo aumentó rápidamente a partir de los 45 días después de la siembra (dds) mostrando un comportamiento normal en este cultivo. Se detectó una tendencia general al incremento de la concentración de N y K en el tejido vegetal durante el ciclo de crecimiento. A los 90 dds la mayor concentración de N y K existió en las hojas (41,7 y 39,3 mg.g⁻¹), mientras que la mayor concentración de P se encontró en los frutos (3,7 mg.g⁻¹). Cada planta extrajo, en promedio, 1,749 g N, 0,137 g P y 1,725 g K, reflejando similares niveles de extracción para el nitrógeno y el potasio, pero mucho menores para el fósforo. La proporción de extracción fue de 12:1:12 para el N:P:K, respectivamente.

Palabras clave: Nutrición mineral, análisis de tejido, *Capsicum annuum*, abono orgánico, estiércol de pollo.

Abstract

Crops growth depends strongly on appropriate mineral nutrition, so plant nutrient removal creates the basis for many fertilization programs. The objective of this study was to evaluate growth, nutritional status, and N-P-K removal of bell pepper plants fertilized with high dose of chicken manure. The essay was carried out at the Experimental Station of INIA in Quíbor, Lara State, Venezuela, by using the Enterprise hybrid, which was transplanted at 0.35 m within and 1.20 m between rows. Six plots were conformed by four rows with 11 plants each. The initial growth, expressed as plant height and dry weight, was low but it increased rapidly since the mid cycle (45 DAS) following a normal trend for this crop. Overall trend of N and K tissue levels increased during the plant cycle. In 90-day old plants the highest N and K levels were found in leaves (41.7 and 39.3 mg.g⁻¹) while the highest P level was found in fruits (3.7 mg.g⁻¹). As an average, each plant removed from the soil 1.749 g N, 0.137 g P and 1.725 g K, showing similar values for nitrogen and potassium, but much lower for phosphorus. The nutrient removal ratio was 12:1:12 for N:P:K, respectively.

Key words: Mineral nutrition, plant tissue analysis, *Capsicum annuum*, organic manure, chicken manure.

Introducción

El crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos depende en gran medida de una adecuada nutrición mineral; en el caso del pimentón, es escasa la información sobre la nutrición mineral y extracción de nutrientes cuando las plantas son fertilizadas con abonos orgánicos.

La extracción de nutrientes corresponde a la remoción que realizan los diferentes órganos de la planta durante su ciclo productivo. El conocimiento de esta extracción es un requisito básico para establecer los programas de fertilización, especialmente cuando se aplica el criterio de la fertilización por restitución mediante el cual se trata de reponer al suelo los elementos removidos por el cultivo.

El uso de abonos orgánicos a nivel mundial aumentó considerable-

Introduction

The vegetative and reproductive growth of crops depends on a great extent of an adequate mineral nutrition; in case of bell pepper, the information about mineral nutrition and nutrient extraction when plants are fertilized with organic manures is scarce.

Nutrients extraction corresponds to the removal made by the different organs of plant during its productive cycle. Knowing about this extraction is a basic requirement for establishing the fertilization programs, especially when fertilization criterion is applied, that consist on the restitution to the soil of those elements removed by crop.

The use of organic manures at world level increased in a considerable way in the last decade in the

mente en la última década en los cultivos hortícolas (Delate, 1999). En la zona productora de pimentón en Quíbor, en el estado Lara, se ha venido incrementando el uso de estiércol de pollo compostado como una alternativa ante los costos crecientes de los fertilizantes químicos y los efectos de salinización originados por el uso irracional de éstos.

Al estudiar el efecto del abonado con estiércol de pollo sobre el crecimiento de plantas de pimentón, Delate (1999) no encontró diferencias entre plantas que fueron tratadas con compost de pollera comparado con la fertilización química convencional. Por su parte, Tamayo *et al.* (1997) y González *et al.*, (1997) encontraron resultados favorables al utilizar este tipo de abono en plantas de maíz, tomate y cebolla. La utilización de otras fuentes de abonos orgánicos como residuos de desechos líquidos o sólidos (como restos orgánicos municipales) también ha dado buenos resultados en el cultivo del pimentón (Madrid, 2000; Ozores and Bryan, 1993).

Los objetivos de este estudio consistieron en evaluar el crecimiento y niveles de acumulación y extracción de N, P y K en los diferentes órganos de plantas de pimentón abonadas con dosis altas de estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara, una importante zona productora de este cultivo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el campo experimental Quíbor, INIA-Lara, caserío Cerro Pelón, municipio Jiménez del estado Lara, situado a 9° 53' N, a una altitud de 670 msnm.

horticultural crops (Delate, 1999). In the producer area of bell pepper in Quíbor, in Lara state, the use of composted chicken manure has increased like an alternative caused by the growing increase of chemical fertilizers and the salt effects caused by irrational use of them.

When studying the fertilize effect of chicken manure on the bell pepper plants growing, Delate (1999) differences between plants untreated with chicken manure were not found compared with chemical fertilization conventional. Tamayo *et al.*, (1997) and Gonzalez *et al.*, (1997) found favorable results when using this type of manure in maize, tomato and onion plants. The use of other sources of organic manures like liquid or solid wastes (like municipal organic rests) also has given good results in the bell pepper cultivation (Madrid, 2000; Ozores and Brian, 1993).

The objectives of this study consisted on evaluating the growth and levels of accumulation and extraction of N, P and K in the different plant organs of bell pepper fertilized with high doses of chicken manure in Quíbor, Lara state, an important region producer of this crop.

Materials and methods

Essay was carried out in the experimental field Quíbor, INIA-Lara, Cerro Pelon, Jimenez municipality of Lara state, placed at 9° 53' N, latitude of 670 msnm.

Area shows a semi arid climate and with vegetation corresponding to tropical thorn mountain, with an

La zona presenta un clima semiárido y con vegetación correspondiente al monte espinoso tropical, con temperatura media anual de 27°C, precipitación que varía entre 300 y 500 mm, y evaporación mayor de 3000 mm, según registros de la estación climática ubicada en el sitio del ensayo. El análisis químico y textural del suelo se presenta en el cuadro 1.

Se cultivó pimentón híbrido 'Enterprise' y el trasplante se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 cm en el semillero, el cual fue preparado dentro de la misma área experimental. La fertilización se realizó mediante la adición al suelo de una dosis alta de abono orgánico consistente en 30 t.ha⁻¹ de estiércol de pollo compostado (Crespo y Fraga, 2005), similar al utilizado por los agricultores de la zona. Este abono fue incorporado manualmente al suelo 30

annual mean temperature of 27°C, rainfall that vary between 300 and 500 mm, and evaporation higher than 3000 mm, according to registrations of the climatic station located in the essay place. The chemical and textural analysis of soil is shown in table.

Bell pepper 'Enterprise' hybrid was cultivated and transplant was accomplished when plants reached a height of 20 cm in the seed bed, which was prepared inside of the same experimental area. Fertilization was made by the addition to soil of a high dose of organic manure consistent in 30 t.ha⁻¹ of composted chicken manure (Crespo and Fraga, 2005), similar to those used by agriculturist of region. This manure was manually added to soil 30 days before transplanting because the slow mineralization of elements from its organic shapes

Cuadro 1. Análisis químico y textural del suelo de la parcela experimental.

Table 1. Chemical and textural analysis of soil in the experimental plot.

Profundidad (cm)	0-20
Arena (%)	29
Limo (%)	29
Arcilla (%)	42
pH	6,4
Salinidad CE 1:2 (dS/m)	0,24
Materia Orgánica (%)	2,1
Fósforo (mg.kg ⁻¹)	19
Potasio (mg.kg ⁻¹)	116
Calcio (mg.kg ⁻¹)	1709
Magnesio (mg.kg ⁻¹)	192

Fuente: Laboratorio de Suelos, Decanato de Agronomía, UCLA.

días antes del trasplante dada la mineralización lenta de los elementos a partir de sus formas orgánicas (Oikeh y Siegbu, 1993). De acuerdo con el análisis químico del estiércol (cuadro 2), la incorporación total de macronutrientes fue de 420 kg N, 207 kg P y 183 kg K.

El trasplante se realizó a una distancia de 0,35 m entre plantas y 1,20 m entre hileras. Cada parcela estuvo constituida por 4 hileras de 11 plantas cada una, y las dos hileras centrales se utilizaron para medir el crecimiento y el estado nutricional. Las parcelas fueron repetidas seis veces en un diseño completamente al azar.

Se determinó el peso seco y la altura de la planta cada 15 días a partir del día 30 después del trasplante (ddt) hasta el día 90 para un total de cinco evaluaciones en el ciclo. El peso seco se midió mediante muestreos destructivos de tres plantas consecutivas en la hilera en los tres primeros muestreos y dos plantas en los últimos dos muestreos. Para esto, las plantas fueron separadas en raíz, tallo, hojas y frutos, y secadas en estufa con ventilación forzada a 75°C. En las mismas plantas se midió la altura desde el ras del suelo hasta la última hoja nueva.

(Oikeh and Siegbu, 1993). According to the chemical analysis of manure (table 2), the total incorporation of macronutrients was of 420 kg N, 207 kg P and 183 kg K.

Transplanting was accomplished on a distance of 0.35 m between plants and 1.20 m between rows. Each plot was constituted by 4 rows of 11 plants each and the two central rows were used for measuring the growth and the nutritional stage. Plots were repeated six times in a split plot design.

Dry weight and the plant height was determined each 15 days from day 30 after transplant (DAT) until day 90 for a total of five evaluations in cycle. The dry weight was measured by destructive samplings of three consecutive plants in row of three first samplings and two plants in the last two samplings. For this, plants were separated in root, stem, leaves and fruits and dried in oven with forced ventilation to 75°C. In the same plants, height from soil surface until the last new leaf was measured.

Roots were obtained when extracting the entire plant joint a cubic block of land of 30 cm by side. These roots were carefully washed

Cuadro 2. Análisis químico del estiércol de pollo.

Table 2. Chemical analysis of chicken manure.

pH	CE (dS/m)	N (mg.g ⁻¹)	P (mg.g ⁻¹)	K (mg.g ⁻¹)
7,10	2,50	14,0	6,9	6,1

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico, Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, UCLA.

Las raíces fueron obtenidas al extraer toda la planta junto a un bloque cúbico de tierra de 30 cm de lado. Estas raíces fueron lavadas cuidadosamente con agua para eliminar cualquier residuo del suelo.

Posteriormente, se tomaron submuestras representativas de las raíces, tallo, hojas y frutos, las cuales se trituraron utilizando un molino Wiley hasta 20 mallas, y se procedió a determinar la concentración de N-P-K en cada uno de los muestreos. Para determinar el contenido de N se utilizó el método de microkjeldahl. Simultáneamente se realizó una digestión nítrico-perclórica para determinar P a través de la espectrofotometría de luz visible y K por fotometría de llama (Jones, 2001).

Al final del ciclo del cultivo se determinó la extracción de N, P y K en cada uno de los órganos de la planta a partir del contenido de materia seca y la concentración de los nutrientes (Pire y Colmenarez, 1996). La extracción de los nutrientes en cada uno de los muestreos, se calculó mediante la siguiente relación:

$$\text{Extracción nutriente (g)} = \text{Concentración nutriente (mg.g}^{-1}\text{)} \times \text{Masa seca del órgano (g)} \times 1000^{-1}$$

La sumatoria de la extracción de los diferentes órganos representó la extracción total para la planta. Para una mejor interpretación, los resultados de las extracciones se presentaron en forma gráfica y la dispersión de la tendencia central se representó mediante barras de error. Las ecuaciones de regresión fueron obtenidas mediante el programa Statistix versión 8.0.

with water for eliminating any residue in soil.

After, representative subsamplings were taken from roots, stem, leaves and fruits, which were grinded by using a mill Wiley until 20 meshes, and the concentration of N-P-K in each of samplings. For determining N content the micro Kjeldahl method was used. Simultaneously, a nitric-perchloric digestion was accomplished for determining P through spectrometry of visible light and K through flame photometry (Jones, 2001).

At the end of crop cycle the extraction of N, P and K was determined in each plant organ from dry matter content and nutrients concentration (Pire and Colmenares, 1996). The extraction of nutrients in each of samplings was estimated by the following relationship:

$$\text{Nutrient extraction (g)} = \text{Nutrient concentration (mg.g}^{-1}\text{)} \times \text{Dry matter organ (g)} \times 1000^{-1}$$

Sum of different organs extraction represented the total extraction for plant. For a better interpretation, results of extractions were showed as graphic and dispersion of central tendency was represented by error bars. The regression equations were obtained by the Statistix program version 8.0.

Results and discussion

Height and dry weight of plant

The plant height showed a gradual increase with the time. The growing rate increased from 45-60

Resultados y discusión

Altura y peso seco de la planta

La altura de la planta mostró un incremento paulatino con el tiempo. La tasa de crecimiento aumentó a partir de los 45-60 ddt hasta alcanzar un máximo promedio de 40,0 cm en el día 90 (figura 1). El crecimiento inicial lento mientras ocurre el establecimiento definitivo de la planta en el campo y el aumento rápido de su altura a partir de aproximadamente la mitad del ciclo es una tendencia normal en este cultivo (Heige, 1987).

La altura final a los 90 ddt fue muy constante en las diferentes repeticiones, con bajos niveles de dispersión, alcanzando un valor de $40 \pm 0,38$ cm (figura 1). En condiciones habituales de manejo esta variable parece ser poco afectada por factores ambienta-

DAT until reaching a mean maximum of 40.0 cm in day 90 (figure 1). The slow initial growing whereas occurs the definitive establishment of plant in field and the rapid increase of its height from approximately the half of cycle is a normal tendency in this crop (Heige, 1987).

The final height at 90 DAT was very constant in the different replications, with low dispersion levels, by reaching a value of 40 ± 0.38 cm (figure 1). In habitual management conditions this variable seems to be little affected by environmental factors; Delate (1999) said that there is no differences in bell pepper plant height treated with organic compost based on chicken residues compared with equivalent applications of nitrogen in conventional chemical fertilization.

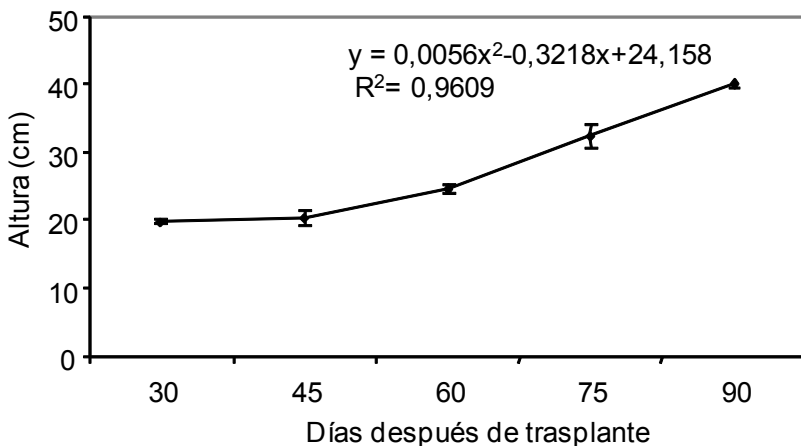


Figura 1. Altura promedio de las plantas de pimentón durante su ciclo de crecimiento. Las barras verticales indican el error estándar.

Figure 1. Mean height of pepper plants during its growing cycle. Vertical bars shows the standard error.

les ya que Delate (1999) no encontró diferencias en la altura de plantas de pimentón que fueron tratadas con compost orgánico basado en residuos de pollera comparado con aplicaciones equivalentes de nitrógeno en fertilización química convencional.

Los valores absolutos de la altura final de la planta obtenidos en este trabajo (ligeramente superior a 40 cm) lucen un poco bajos para si se comparan con los 52 cm reportados para el híbrido Enterprise (Shuler, 1999), lo cual sugiere que la planta pudo haber presentado problemas para alcanzar su completo desarrollo vegetativo. Un factor que pudo influir en este comportamiento podría ser el moderadamente alto contenido salino del estiércol de pollo (2,50 dS/m) utilizado en el ensayo (cuadro 1).

El peso seco aumentó en forma semejante al crecimiento en altura, con un incremento ligero a partir de los 45 ddt y un incremento fuerte a partir del día 60 (figura 2). No obstante, se observa que la curva del peso seco presenta un ascenso más pronunciado que el de la altura, lo cual se refleja en el mayor coeficiente del componente X^2 (0,0205 vs 0,0056). Esto podría atribuirse inicialmente al incremento en las ramificaciones del tallo, lo cual es importante para el incremento del peso seco pero aporta poco a la altura de la planta, y posteriormente al desarrollo y crecimiento de los frutos. Kläring (1999) encontró una respuesta similar al evaluar la elongación del tallo y la acumulación de peso seco en plantas de pimentón.

El período de mayor tasa de acumulación de peso seco encontrado es comparable al reportado por Locascio

The absolute values of the final height in this work (lightly superior to 40 cm) seem a little lows if they are compared with the 52 cm reported for the Enterprise hybrid (Shuler, 1999), which suggest that plant could has showed problems for reaching its entire vegetative development. A possible factor influencing on this behavior would be the high saline content of chicken manure (2.50 dS/m) used in the essay (table 1).

The dry weight increased in a similar way to the height growth, with a lightly increase from 45 DAT and a strong increase from day 60 (figure 2). However, it is observe that curve of dry weight shows a more pronounced augmentation than height, which is reflect in the mayor coefficient of component X^2 (0.0205 vs. 0.0056). This could be initially attributed to the increase in stem ramifications, which is important for increasing of dry weight but give a little contribution to the plant height, and after to development and growth of fruits. Kläring (1999) found a similar answer at the time of evaluating the stem elongation and the dry weight accumulation in bell pepper plants.

The period of high accumulation rate of dry weight found is comparable to those reported by Locascio *et al.*, (1985) who pointed out a maximum growth of weight between 35 and 77 days in plants that received mineral fertilization based on nitrogen. Also, Miller *et al.* (1979) says that the maximum growth rate in bell pepper happened between 56 and 70 days after transplant. According Heige (1987) the dry matter production is continues during the life

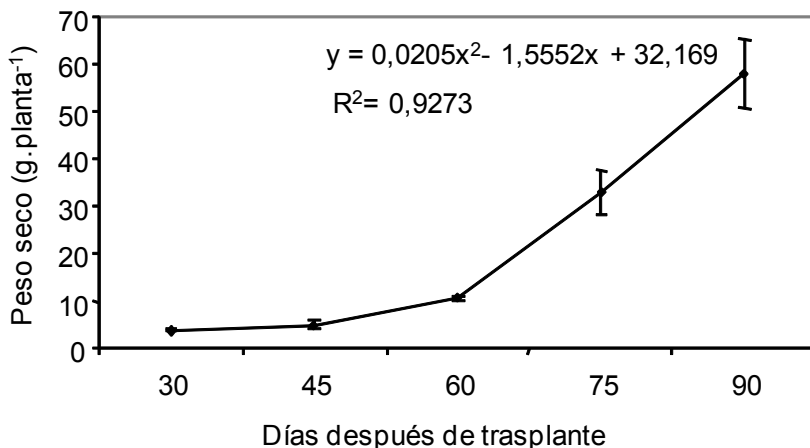


Figura 2. Peso seco promedio de las plantas de pimentón durante su ciclo de crecimiento. Las barras verticales indican el error estándar.

Figure 2. Mean dry weight of pepper plants during its growing cycle. Vertical bars shows the standard error.

et al. (1985) quienes señalan un máximo crecimiento del peso entre los 35 y 77 días en plantas que recibieron fertilización mineral a base de nitrógeno. También Miller *et al.* (1979) indican que la máxima tasa de crecimiento del pimentón ocurrió entre los 56 y 70 días después del trasplante. Según Heige (1987) la producción de la materia seca es continua durante el ciclo de vida de pimentón, siendo lenta hasta los 30 días, para luego producir unos picos entre 45 y 105 días y finalmente reducir la velocidad, principalmente debido a una reducción en la materia seca de la hoja por senescencia.

Azofeifa y Moreira (2005) reportan que la producción de materia seca o biomasa está ligada a la fenología de la planta, principalmente durante la floración y la fructificación. En es-

cycle of bell pepper, by being slow until 30 days, for after produce some peaks between 45 and 105 days and finally to reduce speed, principally because a reduction in dry matter of leave by senescence.

Azofeifa and Moreira (2005) said that dry matter production or biomass is relation to plant phenology, principally during flowering and fructification. In these phases, plant use high quantities of photo assimilates for fruit production and the vegetative part. Plant limits the vegetative growth in the fructification stage, especially in period in which fruits shows the higher growing rates.

At the end of essay, a mean dry weight of 57.97 ± 7.40 g.plant⁻¹ was reached (figure 2). This value is very superior to 35.0 g.plant⁻¹ reported by Pire and Colmenares (1996) in bell

tas fases, la planta invierte cantidades altas de fotoasimilados para la producción del fruto y la parte vegetativa. La planta limita el crecimiento vegetativo en la etapa de fructificación, especialmente en el período en que los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento.

Al final del ensayo se alcanzó un peso seco promedio de $57,97 \pm 7,40$ g.planta⁻¹ (figura 2). Este valor es muy superior al promedio de 35,0 g.planta⁻¹ reportado por Pire y Colmenarez (1996) en pimentón Keystone Resistant, lo cual es debido al alto vigor y mayor capacidad de crecimiento del híbrido 'Enterprise' utilizado en nuestro estudio.

Concentración de nutrientes

La concentración de los elementos N, P y K en las hojas mostró una disminución transitoria hacia los 45 y 90 ddt (figuras 3, 4 y 5), coincidiendo con períodos de fructificación, lo cual pudiera estar relacionado al movimiento de estos nutrientes hacia el fruto. Aparte de estas condiciones puntuales, hubo una tendencia general bien definida durante el ciclo de crecimiento para cada órgano de la planta.

La tendencia general observada durante el ciclo indica que la concentración de nitrógeno aumentó en las hojas y la raíz, pero permaneció estable en el tallo (figura 3). El nivel de fósforo en las hojas ascendió hasta aproximadamente los 60 ddt para luego descender moderadamente, mientras que en el tallo ascendió ligeramente y en la raíz no presentó variaciones importantes (figura 4). Por su parte, el nivel de potasio en las hojas aumentó, en la raíz tuvo poca modificación y en el tallo descendió progresivamente (figura 5).

pepper Keystone Resistant, which is caused by the high vigor and high growth capacity of 'Enterprise' hybrid used in this study.

Nutrients concentration

The concentration of elements N, P and K in leaves showed a transitory diminishing toward 45 and 90 DAT (figures 3, 4 and 5), coinciding with fructification periods, which could be related to movement of these nutrients toward fruit. Besides of these conditions, there was a well defined general tendency during the growth cycle for each plant organ.

The general tendency observed during the cycle shows that nitrogen concentration increased in leaves and root but kept stable in stem (figure 3). The phosphorus level in leaves decreased until approximately 60 DAT for after decreases in a moderate way, whereas in stem increased lightly and in root increased not showed important variations (figure 4). On its part, the potassium level in leaves increased; in root had a little modification and in stem decreased gradually (figure 5).

The increase tendency to the concentration of N and K in plant (especially in leaves) during its growing cycle could be attributed to the organic fertilization used, which is characterized by a slow and gradual liberation of nutrients (Havline *et al.*, 1999), that presumably would permit the absorption and accumulation of N and K during the growing cycle of bell pepper plants.

At 90 DAT the mean concentration of nitrogen in leaves, stem and root of plants was respectively, 41.7; 15.0 and 22.6 mg.g⁻¹. As observed, the nitrogen

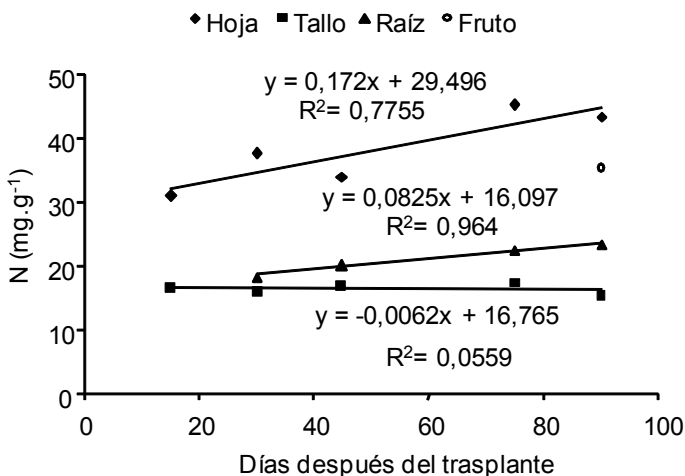


Figura 3. Concentración promedio de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta de pimentón durante su ciclo de crecimiento.

Figure 3. Mean concentration of nitrogen in the different organs of bell pepper plant during its growth cycle.

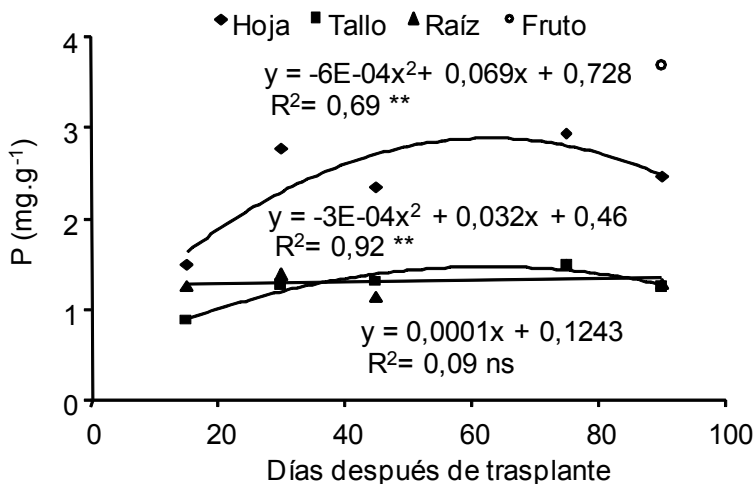


Figura 4. Concentración promedio de fósforo en los diferentes órganos de la planta de pimentón durante su ciclo de crecimiento.

Figure 4. Mean concentration of phosphorus in the different organs of bell pepper plant during its growth cycle.

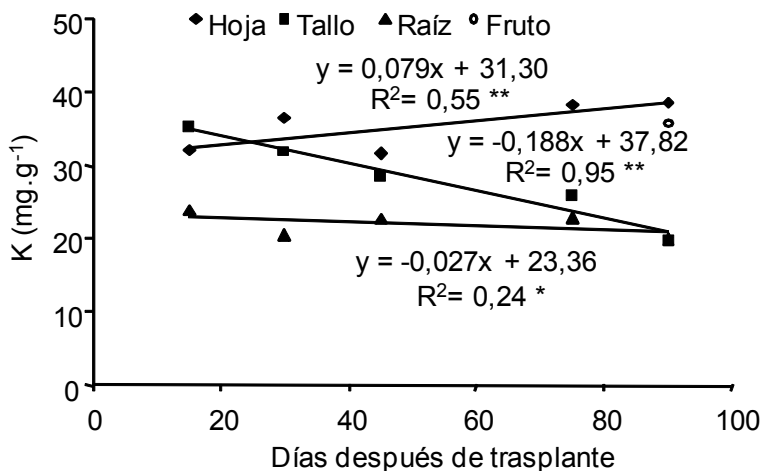


Figura 5. Concentración promedio de potasio en los diferentes órganos de la planta de pimentón durante su ciclo de crecimiento.

Figure 5. Mean concentration of potassium in the different organs of bell pepper plant during its growth cycle.

La tendencia al incremento de la concentración de N y K en la planta (especialmente en las hojas) durante su ciclo de crecimiento podría atribuirse a la fertilización orgánica utilizada, la cual se caracteriza por una liberación lenta y progresiva de los nutrientes (Havlin *et al.*, 1999), lo que presumiblemente habría permitido la absorción y acumulación de N y K durante el ciclo de crecimiento de las plantas de pimentón.

A los 90 ddt la concentración promedio de nitrógeno en las hojas, el tallo y la raíz de las plantas fue, respectivamente, 41,7; 15,0 y 22,6 mg.g⁻¹. Como se observa el porcentaje de nitrógeno en las hojas fue superior al encontrado en el resto de los órganos. Estos valores se asemejan a los reportados por Pire y Colmenarez (1996) quienes encontraron promedios de

percentage in leaves was superior to those found in the rest of organs. These values are similar to those reported by Pire and Colmenarez (1996) who found averages of 46.3; 20.6 and 21.9 mg.g⁻¹ of nitrogen in leaves, stem and root, respectively. Other authors found levels of 3.2 and 1.8% of nitrogen in leaves and root (Miller *et al.*, 1979) and of 42.4 mg.g⁻¹ in leaves (Locascio *et al.*; 1981). Thomas and Heilman (1964) determined that there was sufficiency levels in bell pepper plants when values higher to 40 mg.g⁻¹ were reached for element in leaves, which can indicate that in our essay would not existed nutritional deficiencies for nitrogen.

The mean phosphorus concentration was of 2.5; 1.4 and 1.3 mg.g⁻¹ in leaves, stem and root, whereas for potassium, the concentrations were of 39.3; 20.1 and

46,3; 20,6 y 21,9 mg.g⁻¹ de nitrógeno en hojas, tallo y raíz, respectivamente. Otros autores encontraron niveles de 3,2 y 1,8 % de nitrógeno para las hojas y la raíz (Miller *et al.*, 1979) y de 42,4 mg.g⁻¹ en las hojas (Locascio *et al.*, 1981). Thomas y Heilman (1964) determinaron que existían niveles de suficiencia en plantas de pimentón cuando se alcanzaban valores superiores a 40 mg.g⁻¹ del elemento en las hojas, lo que puede indicar que en nuestro ensayo no habrían existido deficiencias nutricionales para el nitrógeno.

La concentración promedio de fósforo fue de 2,5; 1,4 y 1,3 mg.g⁻¹ en hojas, tallo y raíz, mientras que para el potasio las concentraciones fueron de 39,3; 20,1 y 20,0 mg.g⁻¹, respectivamente. Roe *et al.* (1997) y Miller *et al.* (1979) reportaron valores comparativos de potasio pero superiores de fósforo en plantas bien fertilizadas de pimentón.

En los frutos organolépticamente maduros la concentración de nitrógeno fue 35,1 mg.g⁻¹, la de fósforo 3,7 mg.g⁻¹ y la de potasio 34,7 mg.g⁻¹. Los valores de nitrógeno superan al 25,3 mg.g⁻¹ encontrado por Pire y Colmenarez (1996) y al 24,0 mg.g⁻¹ encontrado por Miller *et al.* (1979). La concentración de fósforo es similar al 3,4 mg.g⁻¹ reportado por Miller *et al.* (1979) y los valores de potasio son mayores al 23,0 mg.g⁻¹ reportado por estos mismos autores.

Extracción de nutrientes

En las figuras 6, 7 y 8 se presentan la extracción acumulada de N, P y K por parte de los diferentes órganos de la planta de pimentón durante su ciclo productivo. Se observa que cada planta extrajo, en promedio,

20.0 mg.g⁻¹, respectively. Roe *et al.* (1967) and Miller *et al.* (1979) reported comparative values of potassium but superior of phosphorus in bell pepper plants well fertilized.

In fruit sensorial matures, the nitrogen concentration was 35.1 mg.g⁻¹, those of phosphorus 3.7 mg.g⁻¹ and those of potassium 34.7 mg.g⁻¹. The nitrogen values exceed to 25.3 mg.g⁻¹ found by Pire and Colmenarez (1996) and to 24.0 mg.g⁻¹ found by Miller *et al.* (1979). The phosphorus concentration is similar to 3.4 mg.g⁻¹ reported by Miller *et al.* (1979) and potassium values are higher to 23.0 mg.g⁻¹ reported by these authors.

Nutrients extraction

In figures 6, 7 and 8 the accumulate extraction of N, P and K by the different organs of bell pepper plant during its productive cycle is shown. It is observed that each plant extracted an average, 1.749 g of nitrogen, 0.137 g of phosphorus 1.725 g of potassium, by showing a similar extraction proportion for nitrogen and potassium, whereas the phosphorus extraction was approximately twelve times inferior (proportion 12:1:12 for N:P:K). Miller *et al.* (1979) found similar nitrogen and potassium extraction by bell pepper plants, even the phosphorus extraction only was eight times inferior.

The nitrogen and potassium extraction was approximately the same in leaves and in fruits (figures 6 and 8) despite its weight was considerably superior to those of leaves; this happened as a consequence of leaves showed higher concentrations of these elements and a superior dry matter proportion. Stem had a moderate extraction and roots showed

1,749 g de nitrógeno, 0,137 g de fósforo y 1,725 g de potasio, reflejando similar proporción de extracción para el nitrógeno y el potasio, mientras que la extracción de fósforo fue aproximadamente doce veces inferior (proporción 12:1:12 para N:P:K). Miller *et al.* (1979) encontraron similar extracción de nitrógeno y potasio por plantas de pimentón, aunque la extracción de fósforo sólo fue ocho veces inferior.

La extracción de nitrógeno y potasio fue aproximadamente igual en las hojas que en los frutos (figuras 6 y 8) a pesar de que el peso de éstos fue considerablemente mayor que el de las hojas; esto ocurrió como consecuencia de que las hojas mostraron mayores concentraciones de estos elementos y mayor proporción de materia seca. El tallo tuvo una extracción moderada y las raíces presentaron valores muy bajos. La extracción de nutrientes por parte de la raíz fue varias veces inferior a lo extraído por el tallo, lo cual se atribuye a que el método utilizado para la obtención de las raíces no habría permitido recuperar la totalidad de ellas en el suelo.

En el caso del fósforo la extracción del fruto fue notoriamente superior que la de las hojas (figura 7) en virtud de que éstas presentaron una concentración del elemento mucho menor que los frutos.

En el cuadro 3 se presenta la extracción total de nutrientes estimada por superficie de terreno, en función de la densidad de plantación utilizada en el ensayo (población de 23.809 plantas por hectárea). La estimación indica que hubo extracciones superiores a 40 kg.ha⁻¹ para el nitrógeno y potasio, y superiores a 3 kg.ha⁻¹ para el fósforo.

very low. The nutrients extraction by root was several times inferior to those extracted from stem, which is attributed to the method used for the root obtaining, would not permit the recovery of its totality in soil.

In case of phosphorus the extraction of fruit was notably superior to leaves (figure 7) because this shows a concentration of element inferior to fruits.

In table 3 the total extraction of nutrients estimated by land surface as a function of planting density used in the essay (population of 23.809 plants per hectare). Estimation shows that there was extractions superior to 40 kg.ha⁻¹ for nitrogen and potassium, and superior to 3 kg.ha⁻¹ for phosphorus.

Conclusions

The growth rate of plants was low in the first 45 DAT for after showing an important increase. At the end of essay these plants reached a medium height of 40 cm and a dry weight closed to 58 g.plant⁻¹.

The concentration of elements N, P and K in leaves showed a transitory diminishing toward 45 DAT coinciding with a period of fructification. Likewise, a general increase on N and K concentration in leaves during its growth cycle was observed.

The nitrogen percentage in leaves was higher to those found in the rest of organs.

Plant extracted similar proportions of nitrogen and potassium and very little quantities of phosphorus. As an average, plant

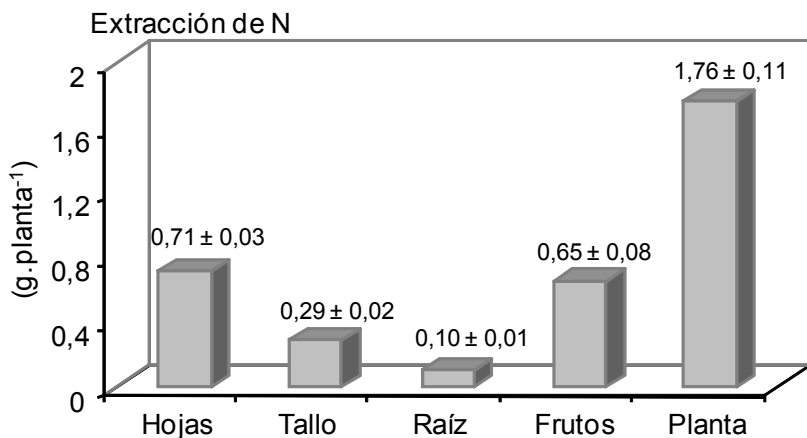


Figura 6. Extracción de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta durante el ciclo de cultivo del pimentón.

Figure 6. Nitrogen extraction in the different plant organs during growth cycle of pepper.

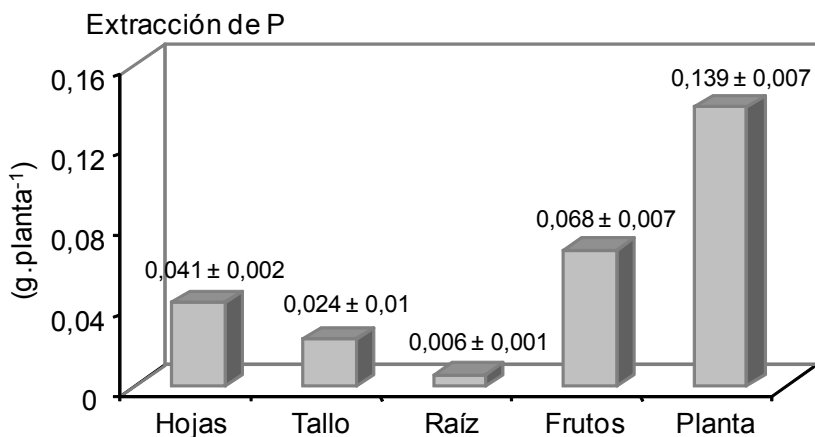


Figura 7. Extracción de fósforo en los diferentes órganos de la planta durante el ciclo de cultivo del pimentón.

Figure 7. Phosphorus extraction in the different organs of plant during the cultivation cycle of bell pepper.

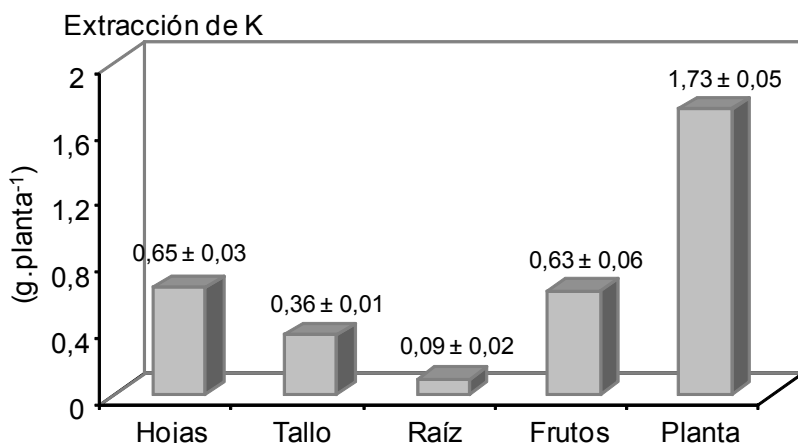


Figura 8. Extracción de potasio en los diferentes órganos de la planta durante el ciclo de cultivo del pimentón.

Figure 8. Potassium extraction in the different plant organs during the cultivation cycle of bell pepper.

Cuadro 3. Extracción total de nutrientes por superficie de terreno durante el ciclo de cultivo de plantas de pimentón.

Table 3. Nutrients total extraction by land surface during the cultivation cycle of bell pepper plants.

Nutriente	Extracción (kg.ha ⁻¹)
Nitrógeno	41,64
Fósforo	3,26
Potasio	41,07

Conclusiones

La tasa de crecimiento de las plantas fue baja en los primeros 45 ddt para luego mostrar un incremento importante. Las mismas alcanzaron al final del ensayo una altura media de 40 cm y un peso seco cercano a 58 g.planta⁻¹.

extracted 1.749 g of N, 0.137 g of P and 1.725 g of K per plant.

End of english version

La concentración de los elementos N, P y K en las hojas mostró una disminución transitoria hacia los 45

ddt coincidiendo con un período de fructificación. Así mismo, se detectó un incremento general en la concentración de N y K en las hojas durante su ciclo de crecimiento.

El porcentaje de nitrógeno en las hojas fue superior al encontrado en el resto de los órganos.

La planta extrajo proporciones similares de nitrógeno y potasio, y cantidades muy bajas de fósforo. En promedio, extrajo 1,749 g de N, 0,137 g de P y 1,725 g de K por planta.

Literatura citada

- Azofeifa, A. y M.A. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* cv. ucr 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(1):77-84.
- Crespo, G. y S. Fraga. 2005. Efecto de la aplicación superficial de fertilizante mineral y abono orgánico en la recuperación de un campo forrajero de *Pennisetum purpureum* cv. King grass. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39, Número 3.
- Delate, K. 1999. Evaluation of soil amendments for certified organic pepper production. *Hortscience* 34 (3): 465.
- González, W., G. Hernández, R. Beltrán y M. Beart. 1997. Fertilización organomineral en tomate, cebolla y maíz. *Agrotecnia de Cuba* 27(1):151-153.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale y W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 499 p.
- Heige, D.M. 1987. Growth analysis of bell pepper (*Capsicum annum* L.) in relation to soil moisture and nitrogen fertilization. *Scientia Horticulturae* 33:179-187.
- Jones, J.B. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Kläring, H. 1999. Effects of non-destructive mechanical measurements on plant growth: a study with sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Scientia Horticulturae* 81:369-375.
- Locascio, S., J. Fiskell y G. Martín. 1981. Response of bell pepper to nitrogen sources. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106 (5):628-632.
- Locascio, S., J. Fiskell, D. Graetz y R. Hauck. 1985. Nitrogen accumulation by pepper as influenced by mulch and time of fertilizer application. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110 (3):325-328.
- Madrid, C. 2000. El compost como sustrato hortícola. VII Congreso Nacional de Hortalizas. Noviembre 20-24. Barquisimeto.
- Miller, C., R. McCollum y S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annum* L.) and accumulation during ontogeny in field environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (6):852-857.
- Oikeh, S., y A. Siegbu. 1993. Growth and yield responses of tomatoes to sources and rates of organic manures in ferralitic soils. *Bioresource Technology* 45 (1):21-25.
- Ozores, M. y H. Bryan. 1993. Effect of amending soil with municipal solid waste (MSW) compost on yield of bell pepper and eggplant. *HortScience* 28 (5):03.
- Pire R. y O. Colmenarez. 1996. Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamiento del elemento. *Agronomía Tropical* 46 (4):353-370.
- Roe, N., P. Stoffella y D. Graetz. 1997. Compost from various municipal solid waste feedstocks affects vegetable crops. II. Growth, yields

- and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122 (3):433-437.
- Shuler, K.D. 1999. Bell pepper variety trial results. Southwest Florida Research & Education Center. University of Florida. <http://www.imok.ufl.edu/LIV/groups/cultural/trial/pepper.htm> (consulta del 31/11/07).
- Tamayo, A., R. Muñoz y C. Díaz. 1997. Abonamiento orgánico del maíz en suelos aluviales de clima medio. *Actualidades Corpoica* 108:19-24.
- Thomas, J. y D. Heilman. 1964. Nitrogen and phosphorus tissue content in relation to sweet pepper yield. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85:419-425.