

Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual*

Extraction and macronutrient requirements in 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L.) with management of annual and biennial pruning

Vania Cruz-Barrón¹, Rubén Bugarín-Montoya², Gelacio Alejo-Santiago², Gregorio Luna-Esquivel² y Porfirio Juárez-López^{3§}

¹Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, km. 9. Xalisco, Nayarit. C. P. 63780. México. (vanya_c_b@hotmail.com). ²Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, km 9. Xalisco, Nayarit. C. P. 63780. México. (drbugarin@hotmail.com; gelacioalejo@hotmail.com; gollole@hotmail.com). ³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001. C. P. 62210. Cuernavaca, Morelos, México. [§]Autor para correspondencia: porfiriojlopez@yahoo.com.

Resumen

La determinación del requerimiento nutrimental en mango 'Ataulfo' es esencial para el manejo integral de su fertilización. El objetivo de esta investigación fue determinar la extracción y requerimiento de macronutrientes a partir de la concentración de N, P, K, Ca y Mg en biomasa podada y en frutos producidos en el cultivo de mango 'Ataulfo' en huertos manejados con poda anual y bianual. Los tratamientos evaluados fueron poda anual y poda bianual. La poda anual se realizó en agosto de 2007, 2008 y de 2009 mientras que la poda bianual se realizó en agosto de 2007 y agosto de 2009. Los resultados indican que la biomasa podada difirió significativamente entre tratamientos. Los árboles podados anualmente produjeron 18.2 kg de materia seca mientras que los que se podaron bianualmente acumularon 31.87 kg. Para calcular la demanda de macronutrientes en función del rendimiento, se proponen los siguientes factores en kg de nutriente por tonelada de fruta cosechada: N, 4.19; P, 0.79; K, 7.19; Ca, 3.67; y Mg, 0.93.

Palabras clave: fertilización, poda, requerimiento nutrimental, rendimiento, nutrición de cultivos.

Abstract

For determining, the nutritional requirement in mango 'Ataulfo' is essential for the comprehensive management of fertilization. The objective of this research was to determine the extraction and macronutrient requirements from the concentration of N, P, K, Ca and Mg in biomass pruned and fruit produced in growing 'Ataulfo' mango orchards managed with annual pruning biennially. The pruning treatments were annual and biennial pruning. Annual pruning is done in August 2007, 2008 and 2009 while the biennial pruning was performed in August 2007 and August 2009. The results indicated that, the pruned biomass differ significantly between treatments. Annually pruned trees produced 18.2 kg of dry matter while those pruned biennially accumulated 31.87 kg. To calculate the demand for performance-macronutrient, we propose the following factors in kg nutrient per ton of harvested fruit: N, 4.19, P, 0.79, K 7.19, Ca 3.67, and Mg, 0.93.

Key words: fertilization, pruning, nutritional requirement, yield, crop nutrition.

* Recibido: mayo de 2013
Aceptado: diciembre de 2013

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) ocupa el quinto lugar en el mundo en consumo y es el tercer fruto tropical con mayor producción (Galán-Sauco, 2013). México es el principal exportador a nivel mundial y el cuarto productor con una superficie establecida de 184 768 ha, superado por India, China y Tailandia (SAGARPA-SIAP, 2011). Nayarit es uno de los principales productores de mango en México, con una superficie de 24 514 ha, cuya producción asciende a 229 696 t, predominando entre ellos, los cultivares Ataulfo con 38%, Tommy Atkins 29%, Haden 9%, Kent 9% y Keitt con 7% (SAGARPA-SIAP, 2011). Actualmente, el manejo de los huertos modernos tiende a ser integral e incluye, entre otras prácticas, la poda manual o mecánica para reducir el porte de los árboles, fertirrigación, control de plagas y enfermedades, y manejo poscosecha (Galán-Sauco, 2013; Campbell y Wasielewski, 2000). En Nayarit, no existen estadísticas acerca de la superficie de mango que se maneja con poda; sin embargo, se estima que es de alrededor de 10% de la superficie cultivada, lo que equivale aproximadamente a 2 500 ha (Vázquez y Pérez, 2007).

La información acerca de los requerimientos nutrimentales en mango 'Ataulfo' es escasa. Para otros cultivares de mango, únicamente se reportan algunos índices nutrimentales foliares, útiles para el diagnóstico nutrimental (Hasan *et al.*, 2010).

El requerimiento nutrimental es la cantidad de nutrimento requerida por la planta para satisfacer sus necesidades metabólicas, y a su vez, alcanzar el rendimiento máximo en un sistema de producción (Silva y Rodríguez, 1995; Jones, 2012). Estos autores, señalan que para estimar el requerimiento nutrimental se requieren efectuar estudios sobre el crecimiento y distribución de la biomasa, y que es necesario un estudio mínimo de dos años para cuantificar el incremento de la biomasa anual de las estructuras permanentes, así como muestreos intermedios en el ciclo del crecimiento anual. Para el caso específico de mango, la dinámica de acumulación de biomasa aérea en huertos podados es cíclica, y ofrece la perspectiva de que mediante la cuantificación de ésta y la concentración nutrimental en el material de poda, es posible determinar la demanda nutrimental en forma más precisa. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la extracción y demanda de macronutrientes a partir de la concentración de N, P, K, Ca y Mg en biomasa podada y en frutos cosechados en el cultivo de mango de huertos manejados con poda anual y bianual.

Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.) ranks fifth in the world in consumption and is the third largest tropical fruit production (Galán-Elder, 2013). Mexico is the largest exporter in the world and the fourth largest with an area of 184 768 ha established, behind India, China and Thailand (SAGARPA-SIAP, 2011). Nayarit is one of the major mango producers in Mexico, with an area of 24 514 ha, whose production amounts to 229 696 t, predominantly including Athaulf cultivars with 38%, 29% Tommy Atkins, Haden 9%, Kent 9% and Keitt with 7% (SAGARPA-SIAP, 2011). Currently, the modern orchard management tends to be comprehensive and includes, among other practices, manual or mechanical pruning to reduce the tree shapes, fertigation, pest and diseases and post-harvest handling (Galán-Elder, 2013; Campbell and Wasielewski, 2000). In Nayarit, there are no statistics on the surface operated handle with pruning, however, is estimated to be around 10% of the cultivated area, which is roughly equivalent to 2500 ha (Vázquez and Pérez, 2007).

Information about nutritional requirements in mango 'Ataulfo' is scarce. For other cultivars of mango, only report some foliar nutritional indices, useful for nutritional diagnosis (Hasan *et al.*, 2010).

The nutritional requirement is the amount of nutrient required by the plant to satisfy their metabolic needs, and in turn, achieve maximum performance in a production system (Silva and Rodríguez, 1995; Jones, 2012). These authors noted that in order to estimate the nutritional requirements needed to conduct studies on growth and biomass partitioning, and the requires a minimum of two years study to quantify the annual biomass increment of permanent structures and intermediate sampling in the annual growth cycle. For handling the specific case, the dynamics of biomass accumulation in orchards pruned is cyclical, and offers the prospect that by quantifying it and the nutrient concentration in the pruning material, it is possible to determine the nutrient demand a more accurately. Therefore, the objective of this research was to determine the extraction and macronutrient demand from the concentration of N, P, K, Ca and Mg in biomass pruned and harvested fruits in growing mango orchards managed with annual and biennial pruning.

Materiales y métodos

Localización del experimento

El experimento se realizó en un huerto de mango 'Ataulfo' establecido en el ejido de Mecatán, municipio de San Blas, Nayarit, situado a 300 msnm, longitud 21 se encuentra entre los 21° 31' 44" y 21° 32' 28" de latitud norte; y entre los 105° 07' 32" y 105° 06' 45" de longitud; el sitio tiene clima cálido húmedo, con precipitación media anual de 1 316 mm y temperatura media anual de 25.6 °C.

Manejo del cultivo

Los tratamientos evaluados fueron poda anual y poda bianual. La poda anual se realizó en agosto de 2007, 2008 y de 2009 mientras que la poda bianual se realizó en agosto de 2007 y agosto de 2009. La edad de los árboles fue de 12 años, con densidad de plantación de 123 árboles por ha, establecidos en marco real de 9 x 9 m. El huerto seleccionado para el experimento se había manejado con poda bianual, esto permitió la selección de 10 árboles para la aplicación de poda anual y 10 árboles para poda bianual.

La dosis de fertilización que se empleó, se generó a través del método racional planteado por Silva y Rodríguez (1995), se consideró una meta de rendimiento de 20 t de fruto por hectárea. La demanda de nutrientes se fijó considerando sólo la). Los extracción por fruto en kg de nutriente por tonelada de fruto: N 7, P 0.8 y K 6.6 (Laborem *et al.*, 1979) valores de eficiencia de recuperación de fertilizante utilizados fueron: N 0.6, P 0.3 y K 0.9; se aplicó por árbol: 3.5 kg de urea, 1.5 kg de fosfato diamónico (18-46-00) y 2 kg de sulfato de potasio (00-00-52). La fertilización se realizó anualmente en todo el huerto después de la poda anual, fraccionando la dosis en dos aplicaciones: 1 día y 30 días después de la poda, respectivamente. El fertilizante se incorporó en un radio de un metro alrededor del tronco, y al mismo tiempo, también se fertilizaron los árboles con poda bianual.

Análisis de suelo

Un mes antes de la poda se colectaron submuestras de suelo a un metro de distancia del tronco de diez árboles distribuidos en todo el huerto, a una profundidad de 0 a 40 cm, de los cuatro puntos cardinales, utilizando una barrena, se mezclaron las sub muestras para obtener una muestra compuesta. Se determinó la textura por el método

Materials and methods

Experiment location

The experiment was conducted in a mango orchard 'Ataulfo' established in Mecatán, municipality of San Blas, Nayarit, located 300 m, 21° L, located between 21° 31' 44" and 21° 32' 28" north latitude and between 105° 07' 32" and 105° 06' 45" L, the site has warm humid climate with average annual rainfall of 1 316 mm and average annual temperature of 25.6 °C.

Crop management

The pruning treatments were annual and biannual pruning. Annual pruning is done in August 2007, 2008 and 2009 while the biannual pruning was performed in August 2007 and August 2009. The tree age was 12 years, with a planting density of 123 trees per ha, established in actual frame 9 x 9 m. The orchard selected for the experiment had been handled with biannual pruning; this allowed the selection of 10 trees for the implementation of annual pruning and 10 biannual pruning trees.

The fertilization rate was employed, was generated through rational method proposed by Silva and Rodríguez (1995), and was considered a target yield of 20 t of fruit per hectare. The extraction result in nutrient kg per tonne of fruit: N 7 P and K 0.8 6.6 (Laborens *et al.* 1979) values of recovery efficiency of fertilizer used were: N 0.6, P 0.3 and 0.9 K, was applied per tree: 3.5 kg urea, 1.5 kg of diammonium phosphate (18-46-00) and 2 kg of potassium sulfate (00-00-52). Fertilization was done annually around the garden after the annual pruning, splitting the dose in two applications: 1 days and 30 days after pruning, respectively. Fertilizer was added into a one-meter radius around the trunk, while also pruning trees fertilized biannually.

Soil analysis

A month before pruning soil subsamples were collected at one-meter distance from the trunk of ten trees scattered throughout the garden, at a depth of 0-40 cm from the four cardinal points, using an auger, mixed sub samples to obtain a composite sample. The texture was determined by the method of bouyoucus and the following chemical properties: pH, electrical conductivity, soil-water (1:4), organic matter, Walkey and Black, P-Olsen, colorimetry,

de bouyoucus y las siguientes propiedades químicas: pH, conductividad eléctrica relación suelo-agua (1:4), contenido de materia orgánica, Walkey and Black; P-Olsen, colorimetría; Ca^{2+} y Mg^{2+} por espectrofotometría y K^{+} , por flamometría, según norma oficial mexicana PROY-NOM-021-REC NAT-2000 (DOF, 2000).

Los resultados del análisis físico y químico de suelo, indican que el pH es de 6.62. El contenido de materia orgánica 4.35%; la conductividad eléctrica (0.1 dS m^{-1}), no refiere problemas de salinidad; K intercambiable (216 mg kg^{-1}); Ca intercambiable (4967 mg kg^{-1}); Mg intercambiable (661 mg kg^{-1}), la relación Ca/Mg fue menor de 10, por lo que no rebasó la concentración crítica con la cual existiría deficiencia de magnesio (Tisdale *et al.*, 1993). De acuerdo con estos resultados, el huerto presentó condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

Poda

Los tratamientos evaluados fueron poda anual y poda bianual. La poda mecanizada se realizó cinco días después de que se terminó la cosecha, según correspondió a cada tratamiento (anual o bianual), durante los dos años de investigación. Los árboles se podaron con una podadora mecánica de cinco discos tipo estrella, podando de manera lateral (1.8 a 2 m en cada lado) y horizontal (4.5 m de altura). Las podas se hicieron de la siguiente manera: poda anual (agosto 2007, agosto 2008 y agosto 2009); poda bianual (agosto 2007 y agosto 2009). Se podaron 10 árboles por cada tipo de poda y se consideró un árbol como una repetición. Los árboles fueron seleccionados por uniformidad en altura y vigor, en el huerto. En total se tuvieron 20 árboles podados.

Cuantificación de biomasa podada

La cuantificación de la biomasa podada, se realizó por árbol y por tratamiento. Primero se trituró el material podado, el cual consistió en hojas y tallos, con un molino de martillos con tracción mecánica. Posteriormente, el material triturado se depositó en costales de nylon, se pesó cada uno de éstos con una balanza electrónica (OHAUS®), y se registró el peso fresco en kg por árbol.

Obtención y preparación de muestras de biomasa podada

Se realizó una mezcla homogénea de la biomasa podada previamente triturada y se tomó una muestra de 1 kg de material vegetal, por cada árbol, se depositaron en bolsas de

Ca^{2+} and Mg^{2+} by spectrophotometry and K^{+} by flamometry, according to Mexican Official Standard NOM-021-PROJ-REC NAT-2000 (DOF, 2000).

The results of the physical and chemical analysis of soil indicated that the pH is 6.62. The organic matter content of 4.35%, the electrical conductivity (0.1 dS m^{-1}), refers no salinity problems, potassium (216 mg kg^{-1}), exchangeable Ca (4967 mg kg^{-1}) exchangeable Mg (661 mg kg^{-1}), the Ca/Mg was less than 10, so it did not exceed the critical concentration at which magnesium deficiency exist (Tisdale *et al.*, 1993). According to these results, the garden provided suitable conditions for crop development.

Pruning

Pruning treatments were annual and biannual. Mechanized pruning was performed five days after the harvest was completed, according corresponded to each treatment (annual or biennial), during the two years of research. The trees were pruned with a five-disc mechanical mower type star, so pruning lateral (1.8 to 2 m on each side) and horizontal (4.5 m high). Pruning is done as follows: annual pruning (August 2007, August 2008 and August 2009) biannual pruning (August 2007 and August 2009). Were pruned 10 trees for every type of pruning a tree and it was considered as a repetition. The trees were selected for uniformity in height and vigor, in the garden. A total of 20 trees were pruned.

Pruned biomass quantification

Quantification of biomass-pruned was performed by tree and treatment. First, we crushed the pruned material, which consisted of leaves and stems with a hammer mill with mechanical traction. Subsequently, the crushed material was deposited in nylon sacks, weighed each of these with an electronic balance (OHAUS®), and fresh weight was recorded in kg per tree.

Collection and preparation of pruned biomass samples

We performed a homogeneous mixture of crushed previously pruned biomass and took a sample of 1 kg of plant material, for each tree, were placed in brown paper bags and taken to the laboratory. Sample of 1 kg of each tree sub yielded a sample of 300 g, it is carefully washed, first with water and then with distilled water. The subsamples were placed in paper bags to dry at $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in a forced air oven (Lumistell®,

papel estraza y se trasladaron al laboratorio. De la muestra de 1 kg, de cada árbol, se obtuvo una sub muestra de 300 g, misma que se lavó cuidadosamente, primero con agua potable y enseguida con agua destilada. Las submuestras se depositaron en bolsas de papel para secarlas a 70 °C en una estufa de aire forzado (Lumistell®, modelo HTP-42). Una vez que presentaron peso constante, se calculó su contenido de materia seca partiendo de su valor de peso fresco de 300 g, luego se molieron utilizando un molino de acero inoxidable; se conservaron en frascos de plástico herméticamente cerrados aproximadamente durante un mes, y previo a su análisis químico se introdujeron durante dos horas a la estufa de secado para reducir la humedad en la muestra.

Producción de fruto por árbol

Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica y se pesó el volumen obtenido para conocer la producción por árbol en cada tratamiento (poda anual y bianual).

Preparación de muestras de fruto

Una vez que se cosecharon los frutos, se seleccionaron al azar dos frutos tamaño comercial por cada repetición (10 árboles), se determinó el peso fresco de cada fruto, luego se sometieron a secado para la cuantificación de peso seco. Para obtener el valor de materia seca, los frutos se lavaron con agua potable después con agua destilada, se cortaron en pequeños trozos y se depositaron en platos de aluminio para su posterior secado en estufa de aire forzado hasta alcanzar el peso seco constante a 70° C. Posteriormente, las muestras se molieron sin separar semilla, pulpa y cáscara para el análisis de determinación nutrimental.

Determinación nutrimental

La concentración nutrimental en material de poda y fruto, se determinó mediante digestión húmeda de las muestras con una mezcla de los ácidos perclórico y nítrico, para P, K, Ca y Mg, y ácido sulfúrico-salicílico para N total (Alcántar y Sandoval, 1999).

Extracción nutrimental en biomasa podada

La extracción nutrimental en la biomasa podada se obtuvo a partir de los datos de la materia seca y su concentración nutrimental. Con el propósito de poder utilizar el dato de extracción para obtener los valores de requerimiento nutrimental del cultivo, se calculó la cantidad de materia seca de biomasa podada que se requiere para la producción de una

HTP-42 model). Once presented constant weight, calculated dry matter content value based on its fresh weight of 300 g, then milled using a stainless steel mill, is retained in sealed plastic jars for about a month, and after for chemical analysis were introduced for two hours a drying oven to reduce moisture in the sample.

Production of fruit per tree

The fruits were harvested at physiological maturity and weighed for volume production obtained per tree in each treatment (annual and biennial pruning).

Fruit sample preparation

Once the fruits were harvested, we randomly selected two fruits per replication commercial size (10 trees) we determined the fresh weight of each fruit, then subjected to drying for quantification of dry weight. To get the value of dry matter, the fruits were washed with water then with distilled water, cut into small pieces and placed in aluminum dishes for subsequent drying in a forced air oven until reaching the constant dry weight at 70 °C. Subsequently, the samples were milled without separating seed, pulp and peel determination for nutritional analysis.

Nutritional determination

The nutrient concentration and fruit pruning material was determined by wet digestion of the samples with a mixture of nitric and perchloric acids, for P, K, Ca and Mg, and sulfuric-salicylic acid total N (Alcántar and Sandoval, 1999).

Nutritional extraction of pruned biomass

Nutritional extraction in the pruned biomass was obtained from the data of the dry matter and nutrient concentration. In order to use the data extraction to obtain the values of the crop nutrient requirement, we calculated the amount of pruned biomass dry matter required to produce a ton of fresh fruit. For this, we divided the amount of dry matter (kg) between biomass pruned fruit yield (kg) per tree. In this way was obtained the value of total dry matter (kg) of biomass pruned required per kg of fresh fruit, this figure was multiplied by 1 000 for extrapolation to a ton of fresh fruit. With nutrient concentration data and amount of dry matter, determined the amount of nutrient extracted.

tonelada de fruto fresco. Para esto, se dividió la cantidad de materia seca (kg) de biomasa podada entre el rendimiento de fruto (kg), por árbol. De esta manera se obtuvo el valor de cantidad de materia seca (kg) de biomasa podada, requerida por kg de fruto fresco, éste dato se multiplicó por 1 000 para su extrapolación a una tonelada de fruto fresco. Con los datos de concentración nutrimental y cantidad de materia seca, se determinó la cantidad de nutrimento extraído.

Extracción nutrimental por fruto

A partir del dato de peso de materia fresca y seca de fruto, se calculó la cantidad de materia seca que contiene una tonelada de fruto fresco. Conociendo la concentración nutrimental de este material, se cuantificó la cantidad de nutrimentos que extrae una tonelada de fruto.

Determinación del requerimiento nutrimental del cultivo

La demanda nutrimental del cultivo se estimó sumando la extracción nutrimental de biomasa podada y la extracción nutrimental del fruto.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos fueron la frecuencia de poda (anual y bianual), cada tratamiento tuvo 10 repeticiones y cada repetición correspondió a un árbol. Se realizaron análisis de varianza y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2009).

Resultados y discusión

Producción de biomasa podada

Los resultados sobre producción de biomasa podada difirieron significativamente entre tratamientos (Cuadro 1). En términos peso de materia seca, en poda bianual en el año 2007 fue de 63.75 kg por árbol, dicha cantidad de materia seca producida no difirió significativamente con la poda bianual del año 2009 (70.55 kg). En el caso de los árboles con poda anual, la producción promedio de materia seca por árbol fue de 18.2 kg. La poda estimula al crecimiento vegetativo y reproductivo en el cultivo de mango mientras que la permanencia de la biomasa en el árbol permite la acumulación de más tejido leñoso lo cual favorece mayor acumulación de

Nutritional extraction per fruit

From the weight data fresh and dry fruit, we calculated the amount of dry matter containing a ton of fresh fruit. Knowing the nutrient concentration of this material was quantified the amount of nutrients, which extracts a tonne of fruit.

Determination of the nutritional requirement of the crop

The crop nutrient demand was estimated by adding the pruned biomass nutrient extraction and nutrient extraction from the fruit.

Experimental design and statistical analysis

We used a completely randomized design where treatments were mowing frequency (annual and biennial), each treatment had 10 replicates and each repetition corresponded to a tree. Variance analysis was performed and Tukey test ($p \leq 0.05$) using the Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2009).

Results and discussion

Pruned biomass production

The results of pruned biomass production differed significantly among the treatments (Table 1). In terms of dry weight, in biannual pruning in 2007 was 63.75 kg per tree, that quantity of dry matter produced did not differ significantly with biannual pruning of 2009 (70.55 kg). For pruning trees with annual average production of dry matter per tree was 18.2 kg. Pruning stimulates vegetative and reproductive growth in mango crop while retention of biomass in the tree allows the accumulation of more woody tissue that promotes further accumulation of biomass. Studies by Avilán *et al.* (2000) on the behavior of the handle sprouts treated with different intensities pruning, and application of paclobutrazol and potassium nitrate, noted that the shoot growth had significant differences in respect to the pruned trees and unpruned whatever the treatment, being 2.6 in growing shoots and 1.55 pruned trees unpruned tree buds.

Avilán *et al.* (2007) found that biomass in pruned trees of mango 'Haden', 'Edward', 'Tommy Atkins' and 'Springfields', had an average weight of 64.25 kg fresh matter in 'Haden', 52.25 kg in 'Edward', 39.12 kg in 'Springfels' and 36.5 kg in 'Tommy Atkins'. In terms of dry matter, were 29.15 kg

biomasa. Estudios realizados por Avilán *et al.* (2000) sobre el comportamiento de los brotes de mango tratados con diferentes intensidades de poda, y aplicación de paclobutrazol y nitrato de potasio, señalaron que el crecimiento de los brotes tuvo diferencias significativas en árboles podados respecto a los no podados independientemente de los tratamientos, siendo 2.6 brotes en crecimiento en árboles podados y 1.55 brotes en árboles no podados.

Avilán *et al.* (2007) encontraron que la biomasa podada en árboles de mango 'Haden', 'Edward', 'Tommy Atkins' y 'Springfields', tuvieron un promedio de peso de materia fresca de 64.25 kg en 'Haden', 52.25 kg en 'Edward', 39.12 kg en 'Springfels' y 36.5 kg en 'Tommy Atkins'. En cuanto a peso de materia seca, obtuvieron 29.15 kg ('Haden'), 23.03 kg ('Edward'), 17.39 kg ('Springfels') y 16.21 kg ('Tommy Atkins'). La acumulación de materia seca en biomasa podada con frecuencia anual en esta investigación varió de 18.11 a 18.27 kg por árbol, valores que son aproximados a 'Springfels' y 'Tommy Atkins'.

Concentración nutricional en biomasa podada

La concentración nutricional en la biomasa podada presentó diferencias significativas (Cuadro 2). Para el caso de N, K y Ca. La biomasa de poda bianual tuvo mayor concentración de N, K y Ca en comparación la biomasa de poda anual, esto puede deberse a la edad del material de poda, puesto que el material que se retiró del árbol en poda bianual tiene mayor tiempo de permanencia en el árbol, por lo tanto, se favorece el tiempo de absorción y acumulación de nutrientes en los tejidos, en este sentido aun cuando los árboles son de la misma edad, la edad de los brotes y hojas presentes no fue igual debido a la frecuencia de poda. Los elementos evaluados y que presentaron diferencias estadísticas en concentración son N y K, mismos que están considerados como nutrientes móviles (Taiz y Zeiger, 2010). Se infiere también que el cultivo no tuvo deficiencias nutricionales que ocasionaran una translocación significativa de N y P de las hojas viejas a los brotes nuevos. Además, la translocación nutricional se presenta antes de la caída de las hojas, movilizándose hacia los tejidos de reserva (Silva y Rodríguez, 1995). Por lo tanto, otro factor que pudo haber influido en la mayor concentración de nutrientes es que aún no daba inicio la movilización de los mismos. En el caso de Ca, se infiere que se encontró mayor concentración en material de poda bianual (1.32%) debido a la escasa movilidad de este nutriente y al tiempo de permanencia, absorción y acumulación en la biomasa podada (Marschner, 2012) en comparación con poda anual (0.09%).

('Haden'), 23.03 kg ('Edward'), 17.39 kg ('Springfels') and 16.21 kg ('Tommy Atkins'). The dry matter accumulation in biomass pruned annual frequency in this study ranged from 18.11 to 18.27 kg per tree, values that are approximate to 'Springfels' and 'Tommy Atkins'.

Cuadro 1. Peso de materia fresca y seca de la biomasa podada, en árboles de mango 'Ataulfo', manejados con poda anual y bianual.

Table 1. Weight of fresh and dry matter of biomass pruned in 'Ataulfo' mango trees, managed with annual and biennial pruning.

Frecuencia de poda (años)	Materia fresca (kg árbol ⁻¹)	Materia seca (kg árbol ⁻¹)
PA 2007	41.16 b	18.27 b
PB 2007	139.92 a	63.75 a
PA 2008	39.44 b	18.11 b
PA 2009	43.99 b	18.21 b
PB 2009	142.6 a	70.55 a
CV (%)	19.67	17.4

PA= poda anual; PB= poda bianual; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Nutritional concentration in pruned biomass

Nutritional concentrations in biomass pruned significant differences (Table 2). For the case of N, K and Ca biannual pruning biomass had a higher concentration of N, K and Ca biomass compared annual pruning, this can be due to age pruning material, since the material that was removed biannual in pruning tree has more time in the shaft, therefore, favor the absorption time and nutrient accumulation in tissues, in this sense even when the trees are the same age, the age of the sprouts and leaves present was not just because of the frequency of pruning. The elements assessed and statistical differences in concentration are N and K, which are considered the same mobile nutrients (Taiz and Zeiger, 2010). We can also infer that, the crop had no nutrient deficiencies that would cause a significant translocation of N and P from older leaves to new growth. In addition, nutrient translocation occurs before the falling leaves, mobilizing reserve into tissues (Silva and Rodríguez, 1995). Therefore, another factor that may have influenced the higher concentration of nutrients is not yet home was mobilizing them. In the case of Ca, it follows that there was a higher concentration of biannual pruning material (1.32%) due to the low mobility of this nutrient and dwell time, uptake and accumulation in biomass pruned (Marschner, 2012) compared with annual pruning (0.09%).

Cuadro 2. Concentración de macronutrientes en peso de materia seca de biomasa de árboles de mango ‘Ataulfo’, manejados con poda anual y bianual.

Table 2. Macronutrient concentration in dry matter biomass of ‘Ataulfo’ mango trees, managed with annual and biennial pruning.

Tipo de poda	N	P	K	Ca	Mg
	------(%)-----				
PB	0.82 a	0.13 a	1.27 a	1.32 a	0.12 a
PA	0.66 b	0.15 a	1.01 b	0.09 b	0.14 a
CV (%)	18.93	17.71	12.36	12.93	32.67
Media	0.75	0.14	1.16	0.83	0.13

PB= poda bianual; PA= poda anual; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Producción de fruto por árbol

La producción de fruto se afectó significativamente por la frecuencia de poda, en poda bianual la producción por árbol fue de 95 kg mientras que la producción por árbol en poda anual se reduce a la mitad casi a la mitad (47 kg) (Cuadro 3). La poda anual merma la producción de fruto, se infiere que el tiempo que transcurre entre podas no es suficiente para la generación de suficientes brotes reproductivos (Vázquez y Pérez, 2007).

Concentración nutrimental en materia seca de frutos

La concentración nutrimental en materia seca de frutos no fue afectado por el tipo de poda, con excepción del Ca que se encontró mayor concentración en frutos provenientes de podas bianuales (Cuadro 4). Se infiere que se encontró mayor concentración de Ca en frutos con poda bianual debido a que los órganos de reserva (fuente) tuvieron mayor abastecimiento de Ca para proveer a los frutos (demanda) en comparación que los frutos derivados de poda anual (Taiz y Zeiger, 2010).

Production of fruit per tree

The fruit production was significantly affected by the frequency of pruning, in biennial pruning for tree production was 95 kg while production per tree annual pruning is reduced to half by almost half (47 kg) (Table 3). Annual pruning fruit production declined, considering that the time between prunings is not enough to generate sufficient reproductive shoots (Vázquez and Pérez, 2007).

Cuadro 3. Rendimiento, en mango ‘Ataulfo’, manejados con poda anual y bianual.

Table 3. Yield, in ‘Ataulfo’ mango, managed with annual and biennial pruning.

Tipo de poda	Producción de fruto (kg árbol ⁻¹)
PB	95.0 a
PA	47.0 b
CV (%)	15.45

PA= poda anual; PB= poda bianual; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Concentración de macronutrientes en materia seca de frutos de mango ‘Ataulfo’, manejados con poda anual y bianual.

Table 4. Macronutrient concentration in dry matter of ‘Ataulfo’ mango fruits, managed with annual and biennial pruning.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	------(%)-----				
PB	0.52 a	0.10 a	1.22 a	0.29 a	0.15 a
PA	0.60 a	0.12 a	1.10 a	0.18 b	0.21 a
Media	0.57	0.11	1.16	0.24	0.18
CV	23.11	32.20	26.23	24.65	41.19

PA= poda anual; PB= poda bianual; CV= coeficiente de variación. Medias con letras iguales en columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Extracción nutrimental por biomasa podada

Al dividir la cantidad de materia seca de biomasa podada entre la cantidad de fruto producido por árbol, se tiene que por cada kilo de fruto se produjo 0.39 kg de materia seca en poda anual y 0.35 kg en poda bianual, resultando un promedio de 0.37 kg de materia seca por kilo de fruto fresco. Como el requerimiento nutrimental de los cultivos está referido a toneladas de fruto o producto cosechado, entonces la necesidad de producción de materia seca, sólo por biomasa podada, es de 370 kg por tonelada de fruto fresco. En el Cuadro 5 se presenta la extracción nutrimental por biomasa podada necesaria para producir una tonelada de mango 'Ataulfo'.

Cuadro 5. Extracción nutrimental por biomasa podada necesaria para producir una tonelada de mango 'Ataulfo'.

Table 5. Nutritional extraction by pruned biomass needed to produce a ton of 'Ataulfo' mango.

N	P	K	Ca	Mg
----- kg -----				
2.77	0.52	4.29	3.07	0.48

Extracción nutrimental por fruto

La cantidad de materia seca necesaria para la producción de una tonelada de fruto fresco es de 250 kg, ya que la concentración de materia seca en fruto es de 25%. Ríos y Corella (1999), calcularon la extracción nutrimental en cultivares monoembriónicos como: 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Irwin' y 'Haden' con un rendimiento de 15 t ha⁻¹, lo que en kg por tonelada de fruto fresco representa: N(5.66), P(1.16), K(11.38), Ca(1.86) y Mg(1.14). El Cuadro 6 presenta la extracción nutrimental de una tonelada de fruto fresco de mango 'Ataulfo' que se obtuvo en la presente investigación.

Requerimiento nutrimental

El requerimiento nutrimental de los cultivos frutales se ha planteado a partir de la extracción nutrimental por tonelada de fruto fresco (Jones, 2012). Para obtener el requerimiento nutrimental se sumaron la extracción de nutrientes de la biomasa podada y la extracción nutrimental por producción de fruto (Cuadro 7).

Nutritional concentration in fruit dry matter

The nutritional concentration of fruit dry matter was not affected by the type of pruning, except that it was higher Ca concentration in fruits from biannual pruning (Table 4). It is inferred that there was a higher concentration of Ca in fruit with biannual pruning because the storage organs (source) had higher Ca supply to provide fruits (demand) compared to the benefits derived from annual pruning (Taiz and Zeiger 2010).

Nutritional extraction by pruned biomass

By dividing the number of pruned biomass dry matter between the amount of fruit produced per tree, we have that for every kilo of fruit is produced 0.39 kg dry matter annual pruning and 0.35 kg in biannual pruning, resulting in an average of 0.37 kg of dry matter per kilo of fresh fruit. As the crop nutrient requirement is referred to tons of fruit or harvested product, then the need for dry matter production, only pruned biomass, is 370 kg per tonne of fresh fruit. Table 5 presents the nutrient extraction pruned biomass needed to produce a ton of grip 'Ataulfo'.

Nutritional extraction by fruit

The amount of dry material necessary for the production of one ton of fresh fruit is 250 kg, since the dry matter concentration in fruit is 25%. Rivers and Corella (1999) calculated the nutrient extraction monoembryonic cultivars like 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Irwin' and 'Haden' with a yield of 15 t ha⁻¹, in kg per ton of fresh fruit that represents: N(5.66) P(1.16), K(11.38), Ca(1.86) and Mg(1.14). The Table 6 presents the nutrient extraction of a ton of fresh fruit mango 'Ataulfo' obtained in the present investigation.

Cuadro 6. Extracción nutrimental de una tonelada de fruto fresco de mango 'Ataulfo'.

Table 6. Nutritional extraction of a ton of fresh fruits of mango 'Ataulfo'.

N	P	K	Ca	Mg
----- kg -----				
1.42	0.27	2.90	0.60	0.45

Los valores que se han reportado en cuanto a extracción nutrimental del cultivo de mango presentan variaciones porque depende, entre otros factores, del cultivar (Ríos y Corella, 1999), es por ello la importancia de generar información para el mango 'Ataulfo'.

Con la finalidad de continuar precisando el manejo de nutrición balanceada en el cultivo, la información obtenida de extracción nutrimental por la biomasa podada es de suma importancia, ya que es un dato que permite determinar la necesidad de nutrimentos del cultivo, considerando el manejo con poda anual o bianual.

Conclusiones

La cantidad biomasa podada en mango 'Ataulfo' tuvo una relación estrecha con la frecuencia de poda. Se determinó que el árbol que se maneja con poda anual produjo en promedio 18.2 kg de materia seca anualmente mientras que los árboles manejados con poda bianual produjeron 33.57 kg.

La producción de fruto por árbol disminuyó significativamente cuando la poda se realizó anualmente (45 kg), en comparación con un manejo de poda bianual (95 kg).

El requerimiento de macronutrimentos en mango 'Ataulfo' manejado con poda anual o poda bianual, en kg de nutrimento por tonelada de fruta cosechada fue: N, 4.19; P, 0.79; K, 7.19; Ca, 3.67; y Mg, 0.93.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. Publicación especial 10. 155 p.
- Avilán, L.; Marín, C.; Rodríguez, M. y Ruíz, J. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol y nitrato de potasio. *Agron. Trop.* 50:347-360.
- Avilán, L.; Escalante, H.; Marín, R. C.; Soto, E.; Pérez, M.; Rodríguez, M. y Ruíz, J. 2007. Contenido estimado de NPK en el follaje removido por la poda en mango sembrado en alta densidad. *Agron. Trop.* 57:113-121.
- Campbell, R. J. and Wasielewski, J. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. *Acta Hort.* 509:641-652.

Nutritional requirement

The nutritional requirement of fruit crops has arisen from extraction of nutrient per ton fresh fruit (Jones, 2012). To get the nutritional requirement joined nutrient mining pruned biomass and nutrient extraction for fruit production (Table 7).

Cuadro 7. Requerimiento de macronutrimentos por tonelada de fruto fresco de mango 'Ataulfo', manejados con poda anual o bianual.

Table 7. Macronutrient requirement per ton of fresh fruits of mango 'Ataulfo', managed with annual or biannual pruning.

Nutriente	Kg
N	4.19
P	0.79
K	7.19
Ca	3.67
Mg	0.93

The values are reported in terms of extraction in mango crop nutrient that have variations because it depends, among other factors, on the cultivar (Rivers and Corella, 1999), which is why the importance of generating information for the handle of 'Ataulfo'.

In order to continue specifying the balanced nutrition management in the cultivation, nutrient extraction information obtained by the pruned biomass is of utmost importance as it is a factor, which can determine the need for crop nutrients, considering the management with annual or biennial pruning.

Conclusions

The amount of pruned biomass of mango 'Ataulfo' had a close relationship with the frequency of pruning. It was determined that the tree is handled with annual pruning occurred in average 18.2 kg of dry matter annually, while the biannual pruning trees were managed with 33.57 kg.

The production of fruit per tree decreased significantly when performed annually (45 kg), in comparison with a biannual operation (95 kg).

- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo DLXV-12:6-74.
- Galán-Saúco, V. 2013. Worldwide mango production and market: current situation and future prospects. *Acta Hort.* 992:37-48.
- Hasan, M. A.; Manna, M.; Dutta, P.; Bhattacharaya, K.; Mandal, S.; Banerjee, H.; Ray, S. K. and Jha, S. 2013. Integrated nutrient management in improving fruit quality of mango 'Himsagar'. *Acta Horticulturae.* 992:167-172.
- Jones, J. B. 2012. *Plant nutrition and soil fertility manual.* 2th Edition. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton, FL, USA. 282 p.
- Laborem, G. E.; Avilán, L. R. y Figueroa, M. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.) *Agron. Trop.* 29(1):3-15.
- Marschner, P. 2012. *Mineral nutrition of higher plants.* 3th edition. Elsevier Academic Press. San Diego, CA, USA. 651 p.
- Ríos, R. and Corella, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agroquímico/II Congreso Nacional de suelos. Conferencia 83: 277-289.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesa y Alimentación (SAGARPA). Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado mayo, 2013).

The requirement of macronutrients in mango 'Ataulfo' handled with annual or biannual pruning, in kg nutrient per ton of harvested fruit was: N, 4.19, P, 0.79, K 7.19, Ca 3.67, and Mg, 0.93.

End of the English version



- Silva, S. H. y Rodríguez, S. J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Alfabetas impresores. Santiago, Chile. 519 p.
- Stassen, P. C. J.; Hoffman, E. and Grove, H. G. 2000. The relationship between tree dimensions, yield and nutritional requirements of mango. *Acta Hort.* 509:347-357.
- Stassen, P. C. J.; Grove, H. G. and Davie, S. J. 2000. Uptake, distribution and requirements of macro elements in 'sensation' mango trees. *Acta Hort.* 509:365-373.
- Taiz, L. and Zeiger E. 2010. *Plant physiology.* 5th Edition. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA, USA. 782 p.
- Tisdale, S. L.; Nelson, W. L.; Beaton, J. D. and Havlin, J. H. 1993. *Soil fertility and fertilizers.* 5th Edition. MacMillan. New York. USA. 760 p.
- Vázquez, V. V. y Pérez, B. M. H. 2007. Tipos e intensidad de poda en mango 'Ataulfo' en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Folleto Técnico Núm. 97. 1 p.