

Nutrición orgánica del aguacate cv. “Hass” y efecto nutrimental y agronómico*

Organic nutrition of avocado cv. “Hass” and nutritional and agronomic effect

Luis Mario Tapia Vargas^{1§}, Antonio Larios Guzmán¹, Anselmo Hernández Pérez¹ y Héctor Guillén Andrade²

¹Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. México. Tel. (452) 5237392. Fax: (452) 524-4095. (anlarios@yahoo.com.mx). ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”. Av. Lázaro Cárdenas esq. Berlín. Uruapan, Mich. C. P. 60180. Tel-fax: (452)5236474. (hguillenandrade@prodigy.net.mx). [§]Autor para correspondencia: tapia.luismario@inifap.gob.mx.

Resumen

El aguacate orgánico de Michoacán alcanza ya unas 6 000 ha, es una alternativa al aguacate convencional debido a que puede ser de menor impacto ambiental sobre todo en el aspecto fitosanitario y nutricional. El objetivo de este trabajo fue evaluar la nutrición orgánica del aguacate y su efecto en algunas variables agronómicas del cultivo. El trabajo se desarrolló en la Huerta “El Rosario” ubicada en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, en árboles con ferti-riego de ocho años de edad. Se evaluaron productos orgánicos para nutrición agrupando por su origen. Los tratamientos fueron 1. Fermentos orgánicos (FO); 2. Derivados de pescado (DP); 3. Composta orgánica (CO); 4. Micro-organismos (MO); 5. Lombricomposta (LC); y 6. Testigo convencional (T). El diseño experimental fue bloques al azar con 8 repeticiones, fungiendo un árbol como unidad experimental. Las variables agronómicas evaluadas fueron: disponibilidad de nutrientes en solución del suelo, crecimiento del tronco y fruto, longitud de brote vegetativo, porcentaje de floración y amarre, rendimiento de fruto y contenido nutricional foliar. Los resultados indican en general, que la nutrición orgánica es una alternativa viable para obtener alta concentración nutricional en suelo y foliar, valores adecuados de amarre y crecimiento de fruto, tronco y brotes vegetativos, floración y rendimiento de fruto.

Abstract

Organic avocados from Michoacán and reaches about 6 000 ha, is an alternative to conventional avocado because it can be less environmental impact, especially in the phytosanitary and nutritional aspect. The aim of this study was to evaluate the organic avocado nutrition and its impact on some agronomic crop variables. The work was developed in the Huerta “El Rosario” located in the town of New Parangaricutiro, Michoacan, fertigation trees eight years old. Organic products were evaluated for nutrition according to their origin. Treatments were 1. Organic ferments (FO); 2. Fish-derived (PD); 3. Organic compost (CO); 4. Microorganisms (MO); 5. Vermicompost (LC); and 6. Conventional control (T). The experimental design was randomized blocks with 8 reps, serving a tree as the experimental unit. Agronomic traits evaluated were: availability of nutrients in soil solution, trunk and fruit growth, vegetative shoot length, percentage of flowering and jetty, fruit yield and leaf nutrient content. The overall results indicate that the organic nutrition is a viable nutrient for high concentration in soil and leaves, suitable values for mooring and fruit growth, trunk and vegetative buds, flowering and fruit yield alternative.

Keywords: *Persea americana*, development and growth of avocado, organic fertilization.

* Recibido: octubre de 2013
Aceptado: febrero de 2014

Palabras clave: *Persea americana*, desarrollo y crecimiento del aguacate, fertilización orgánica.

Introducción

El aguacate es el cultivo más importante de Michoacán económica y socialmente. Genera un ingreso de \$16 000 millones de pesos anuales (SAGARPA, 2012) y más de 250 mil empleos directos e indirectos permanentes (CONAPA, 2005). Las condiciones edafo-ambientales de la Sierra Purépecha, favorecen el desarrollo y la productividad del cultivo (Morales *et al.*, 2004); sin embargo, los rendimientos se han mantenido estables en más de 20 años con alrededor de 10 t ha⁻¹ de fruto (Torres, 2000), hasta la última cosecha de 2012 (SAGARPA, 2012), mientras que las condiciones del mercado reflejan incremento en el consumo del fruto (Giacinti, 2002).

Debido a éstos antecedentes, la expansión del cultivo en Michoacán ha continuado a una tasa anual de 4% COMA (2005), lo cual acarrea perjuicios ambientales y progresión del cultivo hacia áreas con mayores limitantes de clima y suelo Anguiano *et al.* (2006). El factor climático es no controlable por el hombre PROAGRO (2012), pero el suelo puede manejarse convenientemente para beneficio del cultivo y la producción agrícola Sullivan (2004). La endémica baja fertilidad de los suelos donde se produce aguacate con bajos contenidos de macro y micro-nutrientes, así como una muy baja capacidad de intercambio catiónico y de materia orgánica Alcalá *et al.* (2002), hace necesaria la aplicación de abonos y enmiendas para corregir estas deficiencias pedo-genéticas, ampliamente extendidas (Tapia *et al.*, 2007).

La solución más rápida para corregir la baja fertilidad de los suelos es la aplicación de fertilizantes químicos; sin embargo, esto a corto y mediano plazo atenta contra la sostenibilidad del suelo Larios *et al.* (2011) y el medio ambiente Woese *et al.* (1997). No obstante, el productor aguacatero es reacio a utilizar nutrición orgánica debido a que se asocia con menor nutrición, menor rendimiento y tamaño pequeño de fruto. La nutrición orgánica ha pasado de ser la aplicación simple de residuos estercolados y compostas, a productos con mayor eficiencia nutricional, con la ventaja de ser menos perjudicial al ambiente Navarro (2005). Más aún, contribuyen a la sostenibilidad a corto y largo plazo de la fertilidad del suelo y el incremento de la actividad microbiana y la materia orgánica del suelo Salinas *et al.* (2005).

Introduction

The avocado is the most important crop economically and socially Michoacán. Generates an income of \$ 16 000 million pesos annually (SAGARPA, 2012) and more than 250 thousand direct and indirect permanent jobs (CONAPA, 2005). The edapho-environmental conditions in Sierra Purepecha, favor the development and productivity of the crop (Morales *et al.*, 2004.); however, yields have remained stable over 20 years with about 10 t ha⁻¹ fruit (Torres, 2000) until the last harvest of 2012 (SAGARPA, 2012), while market conditions reflect increased consumption of fruit (Giacinti, 2002).

Because of these backgrounds, the expansion of cultivation in Michoacán has continued at an annual rate of 4% COMA (2005), resulting in environmental damage and progression of culture towards areas with higher limiting climate and soil (Anguiano *et al.* 2006). The climate factor is not controllable by man (PROAGRO, 2012), but the soil can be conveniently handled for the benefit of farming and agricultural production (Sullivan, 2004). Endemic low soil fertility where avocado is produced with low content of macro and micro-nutrients and a very low cation exchange capacity and organic matter (Alcalá *et al.*, 2002), requires the application of fertilizers and amendments to correct these deficiencies farm-genetic, widespread (Tapia *et al.*, 2007).

The quickest solution to correct low soil fertility is the application of chemical fertilizers; however, at short and medium term might be bad against the soil sustainability (Larios, *et al.*, 2011) and the environment as well (Woese *et al.*, 1997). However, the avocado producer is reluctant to use organic nutrition because nutrition is associated with lower, lower yield and smaller fruit size. The organic nutrition has evolved from the simple application of manures and composts waste products with greater nutritional efficiency, with the advantage of being less damaging to the environment Navarro (2005). Moreover, contributing to sustainability in the short and long-term soil fertility and increased microbial activity and soil organic matter (Salinas *et al.*, 2005).

Currently, the market availability of variety of biological and organic nutrients, expands the possibilities of a natural handling of avocado nutrition, however, is a lack of documented information regarding nutrition, growth and development of fruit, stem and branches, as well as

Actualmente, la disponibilidad en el mercado de diversidad de nutrientes biológicos y orgánicos, amplía las posibilidades de un manejo natural de la nutrición del aguacate, sin embargo, se carece de información documentada respecto a la nutrición, el desarrollo y crecimiento de fruto, tronco y ramas, así como en la floración y el amarre de fruto por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la nutrición orgánica del aguacate y su efecto en la disponibilidad de nutrientes y en la agronomía del cultivo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el huerto denominado "El Rosario" ubicado en Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, a 19° 25' 49.2" latitud norte y 102° 08' 35.6" longitud oeste, a una altura de 2 050 msnm, el clima es: C(w2)(w) templado subhúmedo con lluvias en verano; este clima es representativo de 26% de la superficie sembrada Salazar *et al.* (2011), la temperatura media anual es de 17.5 °C y una temporada de lluvias de junio a octubre con 1 100 mm en estos meses, lloviendo esporádicamente el resto del año; el suelo se clasifica como Andisol ústico (Alcalá *et al.*, 2002).

Los tratamientos evaluados durante tres años, desde 2010 hasta 2012, fueron: 1. Fermentos orgánicos (FO) de plantas y animales; 2. Derivados de pescado fermentados (DP); 3. Composta orgánica (CO); 4. Micro-organismos (MO), consistente de *Glomus* sp. y *Azospirillum* sp.; 5. Lixiviados de lombricomposta (LC); y 6. Testigo convencional (T). (1) (2) y (5) fue aplicado a una dosis de 4 L árbol⁻¹ al suelo al inicio y al final de las lluvias y 2 L ha⁻¹ foliar cada mes a partir de la floración de enero de cada año hasta madurez fisiológica del fruto 9 meses después. (3) y (4) se aplicaron al suelo al inicio y final del temporal a una dosis de 2.5 y 0.005 kg árbol⁻¹, respectivamente. (6) se aplicó la dosis 200-100-100 de N-P₂O₅-K₂O, el pentóxido de fósforo se aplicó 100% al inicio de las lluvias, mientras que el N y el K₂O, 1/3 al inicio y al final de las lluvias y el resto en marzo de cada año, como hace el productor de manera tradicional; en este caso utilizó como fuentes urea, superfosfato triple de calcio y nitrato de potasio.

El diseño experimental fue bloques al azar con 8 repeticiones, fungiendo un árbol como unidad experimental. Las variables agronómicas evaluadas fueron: disponibilidad de nutrientes (N, K, pH y conductividad eléctrica) en solución del suelo (ppm), extraída mensualmente, con tubo de succión a 60 KPa; crecimiento del tronco y fruto (cm), longitud de brote vegetativo (cm), porcentaje de floración y amarre (%),

flowering and fruit set so the aim of this study was to evaluate the organic avocado nutrition and its effect on nutrient availability and crop agronomy.

Materials and methods

The study was conducted in the garden called "El Rosario" located in New Parangaricutiro, Michoacán, 19° 25' 49.2" north latitude and 102° 08' 35.6" W, at an elevation of 2 050 masl, the climate is: C (w2)(w) temperate subhumid with summer rains, this climate is representative of 26% of the area planted (Salazar *et al.*, 2011), the average annual temperature is 17.5 °C and a rainy season from June to October to 1 100 mm in these months, sporadically raining the rest of the year, the soil is classified as ustic Andisol (Alcalá *et al.*, 2002).

The treatments for three years, from 2010 to 2012 were: 1. Organic ferments (FO) of plants and animals 2. Fermented fish derivatives (PD); 3. Organic compost (CO); 4. Micro-organisms (MO) consisting of *Glomus* sp. and *Azospirillum* sp.; 5. Vermicompost leachate (LC); and 6. Conventional control (T). (1) (2) and (5) was applied at a rate of 4 L tree⁻¹ soil at the beginning and end of the rains and 2 L ha⁻¹ foliar each month from January bloom each year physiological maturity of the fruit until nine months later. (3) and (4) were applied to the soil at the beginning and end of time at a dose of 2.5 and 0.005 kg tree⁻¹, respectively. (6) 200-100-100 dose of NP₂O₅-K₂O, phosphorus pentoxide 100% was applied at the onset of rain was applied, while the N and K₂O, 1/3 to beginning and end of the rains and the rest in March each year, as does the producer of traditional way, in this case used as sources urea, triple superphosphate, calcium and potassium nitrate.

The experimental design was randomized blocks with 8 reps, serving a tree as the experimental unit. Agronomic variables evaluated were: availability of nutrients (N, K, pH and electrical conductivity) in soil solution (ppm) taken monthly, with suction tube 60 kPa; trunk and fruit growth (cm), shoot length vegetative (cm), percentage of flowering and mooring (%), the latter three variables were assessed blindly marked four tree branches, from the beginning to the end of the experiment, fruit yield (kg/tree) and foliar nutrient content of N and K (%) in leaves from branches without fruit and buds 4 summer months, emphasis was given to these nutrients as the most important in terms of content in fruit (Tapia *et al.*, 2007).

éstas últimas tres variables se evaluaron en ramas ciegas marcadas cuatro por árbol, desde el inicio hasta el final del experimento, rendimiento de fruto (kg/árbol) y contenido nutricional foliar de N y K (%), en hojas procedentes de ramas sin fruto y de brotes de verano de 4 meses de edad, se otorgó énfasis a estos nutrimentos por ser los más importantes en cuanto a su contenido en fruto (Tapia *et al.*, 2007).

Las variables relacionadas con la solución del suelo se evaluaron como sigue: pH con potenciómetro Horiba B-213, salinidad con conductímetro Horiba B-173; N con digestión Kjeldall y colorimetría y K con turbidimetría y colorimetría. En las muestras foliares los métodos de análisis fueron: N digestión ácida con H₂SO₄ (98%) y catalizador; K con turbidimetría y colorimetría. Los análisis fueron efectuados en el laboratorio de suelo, agua y planta del INIFAP en Uruapan, Michoacán. Los análisis estadísticos se realizaron con SAS (Statistical Analysis System) versión 2007, para el diseño bloques al azar con 8 repeticiones. Se efectuó prueba de medias con Tukey 5% para las variables consideradas.

Resultados

La disponibilidad de N-NO₃ y el pH de la solución del suelo fueron afectados de manera significativa por el manejo nutricional. Las otras dos variables consideradas salinidad y K⁺ no hubo efecto significativo. En forma general, todos los productos tienden a elevar el pH de la solución del suelo, esto se explica porque elevan la concentración de nutrientes disponibles. Mientras que LC mantiene la más alta disponibilidad de N-NO₃ con 47.1 ppm, el resto de los productos se mantienen en buena concentración entre 25.3 ppm para MO y 42.3 en T, siendo DP el más bajo con sólo 21.4 ppm. Respecto al K⁺ todos los productos tienen igual valor estadístico con valores que fluctúan entre 21.4 para FO y 54.6 para LC.

Variables related to the soil solution were evaluated as follows: pH potentiometer Horiba B-213, salinity conductivity meter Horiba B-173; N Kjeldall with digestion and colorimetry and K with turbidimetry and colorimetry. In leaf samples analysis methods were: N acid digestion with H₂SO₄ (98%) and catalyst K with turbidimetry and colorimetry. Analyses were performed in the laboratory of soil, water and plant INIFAP in Uruapan, Michoacán. Statistical analyzes were performed with SAS (Statistical Analysis System) version 2007 for randomized block design with 8 replications. Mean test was performed with Tukey 5% for the variables considered.

Results

The nutritional management significantly affected the availability of N-NO₃ and the pH of the soil solution. The other two variables considered salinity and K⁺ had no significant effect. In general, all products tend to raise the pH of the soil solution, this is because elevated concentrations of nutrients available. LC while keeping the highest availability of N-NO₃ 47.1 ppm, the rest of the products are kept in good concentration between 25.3 and 42.3 ppm for MO T, being the lowest DP with only 21.4 ppm. Regarding the K⁺ all products have equal statistical value with values ranging from 21.4 to 54.6 for FO and LC.

The evaluation of the application of organic nutrients in the culture agronomy shown in Table 2. The average of three years of study, values indicate that the variables that influence the production of fruit, at first no effect of treatment, but once the fruit is studded (mooring and marble), no significant response ($p < 0.05$). The treatment which produces increased fruit set is FO (11.8% of the inflorescence), while the lower tether is MO (1.3%). The other variables considered having

Cuadro 1. Disponibilidad nutricional y propiedades químicas de la solución del suelo en aguacate orgánico y convencional.
Table 1. Nutrient availability and chemical properties of the soil solution in organic and conventional avocado.

Tratamiento	pH	Salinidad (µS/cm)	N-NO ₃ (ppm)	K ⁺ (ppm)
Fermento orgánico (FO)	7.8 b	223	40.4 ab	25.4
Derivado pescado (DP)	8.2 ab	231	21.4 b	30.8
Composta orgánica (CO)	8.1 ab	356	32.1 ab	24.4
Micro-organismos (MO)	8.3 a	317	25.3 ab	26.7
Lombricomposta (LC)	8.1 ab	246	47.1 a	54.6
Testigo convencional (T)	8.1 ab	391	42.3 ab	21.4
DMS (Tukey 5%)	0.4	277	25.1	52.8

Nota: valores con la misma letra o sin letra, iguales estadísticamente ($p \leq 0.05$).

La evaluación de la aplicación de nutrientes orgánicos en la agronomía del cultivo se muestra en el Cuadro 2. Los valores promedio de tres años de estudio, indican que las variables que inciden en la producción de fruto, al principio no hay efecto de tratamientos, pero en cuanto el fruto es cuajado (amarre y canica), hay respuesta significativa ($p < 0.05$). El tratamiento que produce mayor amarre de fruto es FO (11.8% de las inflorescencias), mientras que el de menor amarre es MO (1.3%). Las otras variables consideradas no tienen efecto significativo ya que ni el incremento de grosor del tronco ni el crecimiento vegetativo del brote terminal, es afectado por el tipo de nutrición (Cuadro 2). En este mismo Cuadro 2 se presenta el rendimiento de fruto el cual no tuvo efecto significativo, aun cuando se aprecia que FO presenta mayor producción con 160.1 kg árbol⁻¹ mientras que DP y CO produjeron aproximadamente 66 kg árbol⁻¹, no obstante estos valores, no existe diferencia significativa.

no significant effect since neither the increase in thickness of the trunk or the type of nutrition (Table 2) affects the vegetative growth of the terminal bud. In this same Figure 2 fruit yield which had no significant effect occurs even when it is appreciated that more output FO presents tree 160.1 kg⁻¹ while DP and CO produced approximately 66 kg tree⁻¹, however these values, no significant difference exists.

Growing fruit in nutritional treatments is shown in Figure 1 during the months of December to August three years of study. It is appreciated that the fruits have a uniform initial development, especially in the months of January and February with longitudinal dimensions of 3 to 4.5 cm in these months, but from May nutritional effect is starting to show, with significant July and August, with FO, DP, MO and LC, the largest 9.9 cm lengths, while CO and witness, have the lowest values with 8.7 cm, approximately.

Cuadro 2. Valores medios de variables agronómicas en el período 2010-2012 en aguacate con nutrición orgánica y convencional.

Table 2. Mean values of agronomic variables in the period 2010-2012 in avocado with organic and conventional nutrition.

Tratamiento	Floración (%)	Amarre de fruto (%)	Fruto canica (%)	Longitud brote (cm año ⁻¹)	Incremento grosor tronco (cm)	Rendimiento de fruto (kg árbol ⁻¹)
FO	100.0	34.6 a	11.8 a	43.5	3.0	160.1
DP	93.8	11.4 b	4.9 ab	30.1	2.4	66.6
CO	75.0	15.6 ab	3.3 ab	27.9	2.7	63.2
MO	87.5	0.9 b	1.3 b	30.9	3.6	107.3
LC	56.3	15.3 ab	3.3 ab	31.1	2.8	104.6
T	78.1	16.8 ab	6.0 ab	45.0	3.9	110.8
Tukey 5%	46.5	21.9	9.9	24.6	2.6	98.1

Nota: valores con la misma letra o sin letra, iguales estadísticamente ($p \leq 0.05$); FO, DP, CO, MO, LC, T, respectivamente, fermentos orgánicos, derivado pescado, composta, micro-organismos, lombricomposta y testigo convencional

El crecimiento de fruto en los tratamientos nutricionales se muestra en la Figura 1 durante los meses de diciembre a agosto de los tres años de estudio. Se aprecia que los frutos presentan un desarrollo inicial uniforme, sobre todo en los meses de enero y febrero con dimensiones longitudinales de 3 a 4.5 cm en éstos meses; sin embargo, a partir de mayo el efecto nutricional se empieza a notar, siendo significativo en julio y agosto, con FO, DP, MO y LC, las mayores longitudes con 9.9 cm, mientras que CO y Testigo, tienen los valores más bajos con 8.7 cm, aproximadamente.

The concentration of nutrients (N and K) leaf (%) showed increases over time in the concentration of both nutrients N and K, although in 2010 and 2011, there was a remarkable stability (Figure 2). In 2012 concentrations had significant effect on the witness and MO had lower values of 1.8 to 2%, while FO was highest with 2.4% of foliar N. In the same Figure 2 displays the result in Foliar K, where the trend is similar in N. The treatment has better nutritional level is 3.7% FO, MO and different DP with 2.4% at the end as in N, are the witness with 1.2% and LC with similar value.

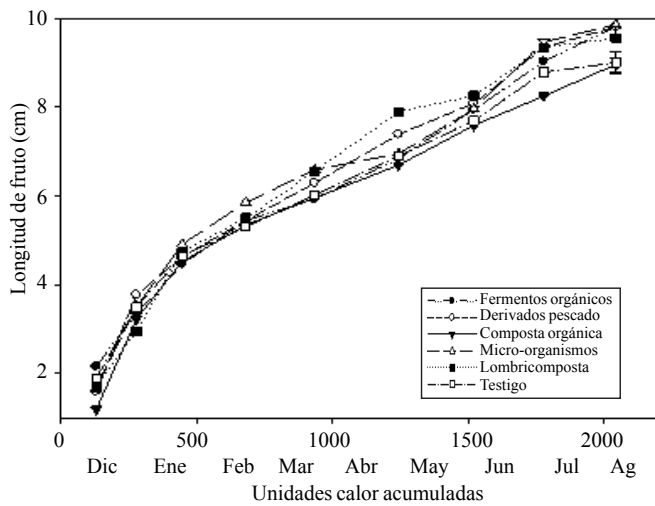


Figura 1. Crecimiento longitudinal del fruto en diferente manejo nutricional orgánico y convencional de aguacate en Michoacán. Las barras en la última fecha de medición indican el error estándar.

Figure 1. Longitudinal growth of the fruit in different organic and conventional nutritional management in Michoacán avocado. Rods in the last measurement date indicate standard error.

La concentración de nutrientes (N y K) foliar (%), mostró incrementos en el tiempo en la concentración de ambos nutrientes N y K, aun cuando en 2010 y 2011, hubo una estabilidad notable (Figura 2). En 2012 las concentraciones tuvieron efecto significativo en las que el testigo y MO presentaron valores más bajos de 1.8 a 2%, mientras que FO fue el más alto con 2.4% de N foliar. En la misma Figura 2 se muestra el resultado en K Foliar, donde la tendencia es similar que en N. El tratamiento que presenta mejor nivel nutricional es FO con 3.7%, diferente de MO y DP con 2.4%, al final igual que en N, se encuentran el testigo con 1.2% y LC con similar valor.

Discusión

El diferente manejo nutricional orgánico y convencional presentó claras diferencias en algunas variables, pero en otras fue imperceptible. La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo fue favorecido por la aplicación periódica de los productos (Cuadro 1), FO y LC presentaron altos valores significativos con 40.4 y 47.1 ppm de N-NO₃, respectivamente, de manera similar al testigo con 42.3 ppm, sin embargo, DP y MO tuvieron baja concentración con

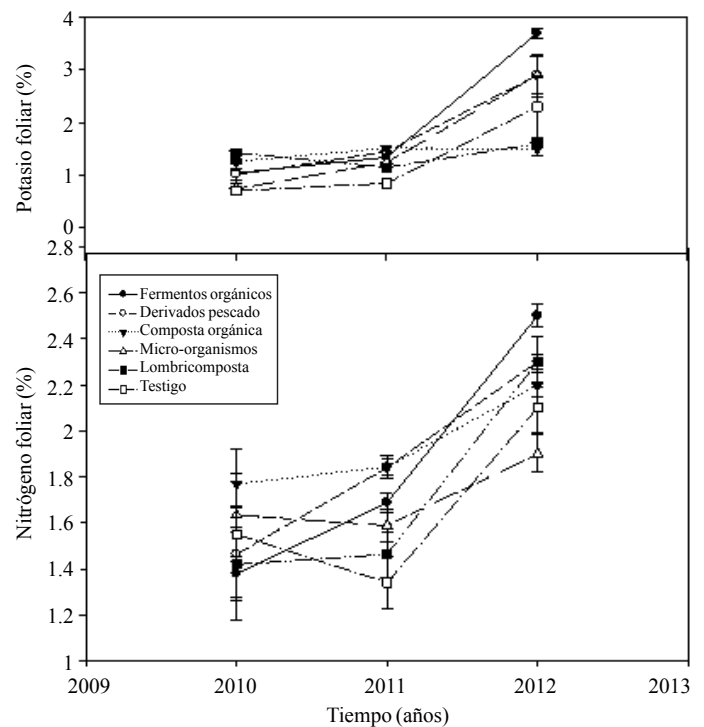


Figura 2. Nitrógeno y potasio foliar (%) en aguacate con manejo nutricional orgánico y convencional en tres años de estudio de Michoacán. Las barras indican el error estándar.

Figure 2. Foliar nitrogen and potassium (%) in avocado with organic and conventional nutritional management in three-year study of Michoacán. Bars indicate the standard error.

Discussion

The different organic and conventional nutritional management presented clear differences in some variables, but other was imperceptible. The availability of nutrients in the soil solution was favored by the periodic application of the products (Table 1), FO and LC showed high significant values with 40.4 and 47.1 ppm N-NO₃, respectively, similarly to the control with 42.3 ppm, however, PD and MO low concentration had less than 26 ppm, however, these lower values may be sufficient for the avocado (Mangiafico *et al.*, 2009) have reported that concentrations of N-NO₃ of 31 ppm are sufficient to avocado and higher concentrations can reach shallow aquifers of less than 1 m deep, also high concentrations of nitrogen and well aerated soils contribute to the release of N₂O, greenhouse gas (Mora *et al.*, 2005).

menos de 26 ppm, no obstante, estos valores bajos, pueden ser suficiente para el aguacate, Mangiafico *et al.* (2009), han reportado que concentraciones de N-NO₃ de 31 ppm, son suficientes para el aguacate y que concentraciones superiores pueden alcanzar acuíferos someros de menos de 1 m de profundidad, además, altas concentraciones de nitrógeno y suelos bien aireados contribuyen a la liberación de N₂O, un gas de efecto invernadero Mora *et al.* (2005).

González *et al.* (2011), reportaron en aguacate bajo manejo orgánico más de 60 ppm de N-NO₃, lo cual indica que los valores encontrados en este trabajo pueden no tener impacto ambiental y si proveer una buena nutrición, pues parece revelar que es mejor mantener niveles bajos más tiempo que picos de alto valor y el resto del tiempo reducirse a bajos niveles, como fue mostrado por Tapia *et al.* (2012), quienes encontraron que valores bajos entre 20-30 ppm de N-NO₃ sostenidos en el tiempo, producen mejor nutrición foliar y rendimiento de fruto que picos de valores máximos de hasta 260 ppm en la concentración nutricional de la solución del suelo.

Por otro lado, es notorio que las condiciones de pH de la solución del suelo, son ligeramente alcalinas en todos los tratamientos, esto indica que la solución puede tener más concentración de nutrimentos al elevarse el pH puede coadyuvar a hacer disponible elementos endémicamente deficitarios como el zinc, el calcio, el potasio y el boro, lo cual no ocurre cuando el pH presenta tendencia ácida (Joslin *et al.*, 1992).

El porcentaje de floración, longitud del brote, el grosor final del tronco y el rendimiento de fruto, no presentaron efecto significativo con el manejo nutricional (Cuadro 2), esto podría indicar que el aguacate, puede no presentar respuesta inmediata en algunos componentes, de hecho, más que la cantidad de nutrientes, es la época en que el árbol tiene nutrientes disponibles, por lo que el manejo nutricional orgánico puede por su misma naturaleza, hacer disponible los nutrientes en etapas clave, como el crecimiento de fruto y la brotación vegetativa y floral de invierno (Lovat, 2001).

El resto de las variables evaluadas como amarre de fruto y fruto canica, si presenta efecto significativo (Cuadro 2), en esta parte, se observa que FO muestra valores de 34.6 y 11.8%, respectivamente en ambas variables y que después se mostrará en mayor rendimiento. Estos indicadores, pueden de cierta forma vislumbrar una respuesta inicial del árbol

González *et al.* (2011) reported avocado under organic management in more than 60 ppm of N-NO₃, indicating that the values found in this study may not have environmental impact and provide good nutrition if, as seems to reveal that better keep down longer than peak high value and the rest of the time reduced to low levels, as was shown by Tapia *et al.* (2012), who found that low values of 20-30 ppm N-NO₃ sustained over time, produce better foliar nutrition and fruit yield peaks of maximum values up to 260 ppm in the nutrient concentration of the soil solution .

On the other hand, it is clear that the conditions of pH of the soil solution are slightly alkaline in all the treatments, indicating that the solution may be more nutrient concentration to rise the pH can help to make available as endemically deficient elements zinc, calcium, potassium and boron, which does not occur when the pH has a tendency acid (Joslin *et al.*, 1992).

The flowering percentage, shoot length, the final thickness of the trunk and fruit yield, showed no significant effect with nutritional management (Table 2), this could indicate that avocado, cannot provide immediate response in some components, Indeed, rather than the amount of nutrients, it is the time when the tree contains nutrients available, so that the organic nutritional management can by its very nature, make available nutrients at key stages, such as growing fruit and vegetative growth and winter floral (Lovat, 2001).

The rest of the variables evaluated as fruit set and fruit marbles, if you have significant effect (Table 2), in this part, it appears that displays values FO 34.6 and 11.8%, respectively in both variables and then show more yield. These indicators can envision some form of an initial tree response to nutritional availability, as demonstrated by Zicah *et al.* (1987), that both the vegetative growth and fruit set are related to the available nitrogen, among other compounds.

The growth of fruit had a clearer effect than previous variables (Figure 1) organic treatments generally outperformed the witness being FO, MO, DP and LC who with more than 9 cm reached significance. This is important as organic avocados in Michoacán, hardly able to overcome 7 cm long with weights less than 180 g while the fruit reaches 9 cm long easily exceeds 180 g of weight, giving better quality (Shmuel 1987). Meanwhile, Marques *et al.* (2009) mentioned that nutrition has an immediate effect on the quality of the fruit, while Lovatt (1999) notes that there is an increase in the final

a la disponibilidad nutricional, como fue demostrado por Zicah *et al.* (1987), que tanto la brotación vegetativa como el amarre de fruto tienen relación con el nitrógeno disponible, entre otros compuestos.

El crecimiento de fruto tuvo un efecto más claro que las variables anteriores (Figura 1); los tratamientos orgánicos en general, superaron al testigo siendo FO, MO, DP y LC quienes con más de 9 cm alcanzaron significancia. Esto es importante pues en Michoacán los aguacates orgánicos, difícilmente logran superar 7 cm de longitud con pesos inferiores a 180 g. mientras que el fruto que alcanza 9 cm de longitud rebasa fácilmente 180 g de peso, confiriéndole mayor calidad (Shmuel, 1987). Por su parte, Marques *et al.* (2009), mencionan que la nutrición tiene un efecto inmediato en la calidad del fruto, mientras que Lovatt (1999), señala que hay un incremento en el tamaño final del fruto, quedando pequeño el fruto en condiciones de nutrición deficiente, esto es lo que puede estar pasando en las huertas orgánicas que no alcanzan un buen tamaño de fruto (<8 cm de longitud).

La concentración de nutrientes en la hoja (Figura 2), también presenta diferencias significativas, tanto en nitrógeno como en potasio. Lo importante de este trabajo es que los niveles nutrimentales se mantienen e incluso se mejoran en el tiempo, FO alcanzó los mayores niveles nutricionales con 2.4% de N foliar y 3.3% de K foliar, superando significativamente al resto de tratamientos, en este aspecto LC también alcanza 2.2% de N foliar pero no tiene buena respuesta en K foliar. Los niveles nutricionales adecuados son señalados por Aguilera *et al.* (2005), quienes argumentan que para N foliar en aguacate de Michoacán, debe ser de 1-3.3% y de K de 0.6-1.5%, éstos valores se cumplen en este trabajo e incluso en el caso del K, son superados por FO, MO y DP.

Porcentajes nutricionales adecuados pueden tener relación con el desarrollo y el rendimiento comercial y mantener altos niveles de nutrición foliar, sin embargo, Lovatt (2001), no encontró relación entre los valores de nutrición foliar y el rendimiento de fruto, tampoco Salazar *et al.* (2007), tampoco encontraron relación entre la aplicación de nutrimentos al suelo y el contenido foliar, empero, los anteriores reportes no incluyeron productos orgánicos, en este sentido, Glinicki *et al.* (2010), mencionan que los biofertilizantes mejoran la absorción de nutrientes del suelo, como en este trabajo fue encontrado.

size of the fruit, leaving small fruit under poor nutrition, this is what which may be happening in the organic gardens do not reach a good fruit size (<8 cm in length).

The concentration of nutrients in the sheet (Figure 2) also shows significant differences in both nitrogen and potassium. The importance of this work is that nutrient levels are maintained and even improved over time, FO reached higher nutritional levels of foliar N 2.4% and 3.3% leaf K, significantly outperforming the other treatments, in this sense LC also reaches 2.2% of foliar N but no response in foliar K. Suitable nutritional levels are designated by Aguilera *et al.* (2005), who argue that foliar N in Michoacán avocado should be 1-3.3% and 0.6-1.5% K, these values are met in this work and even in the case of K, are overcome by FO, MO, and DP.

Adequate nutritional percentages may be related to the development and commercial yield and maintain high levels of foliar nutrition, but Lovatt (2001) found no relationship between the values of foliar nutrition and fruit yield, and neither did Salazar *et al.* (2007) also found no relationship between the application of nutrients to the soil and leaf content, however, previous reports did not include organic products, in this sense, Glinicki *et al.* (2010) mentioned that the bio-fertilizers improve the absorption of nutrients from the soil, as in this work was found.

Conclusions

The organic avocado nutritional management does meet the needs of the crop, presenting high levels of nutritional availability in the soil (> 20 ppm N-NO₃) and foliar nutrient concentration of N and K, similar or even superior to conventional management.

The organic foliar nutrition and soil allows for better fruit set, fruit growth and development than the control, with more than 8 cm long size, quality sufficient to meet export market (> 180 g fruit⁻¹).

Other agronomic traits such as flowering, stem growth, fruit yield, maintained similar levels than conventional nutrition, indicating high viability of adoption by the avocado producer.

End of the English version



Conclusiones

El manejo nutricional orgánico en aguacate satisface las necesidades del cultivo, presenta altos niveles de disponibilidad nutricional en suelo (> 20 ppm N-NO₃) y de concentración nutricional foliar de N y K, similares e incluso superiores al manejo convencional.

La nutrición orgánica vía foliar y al suelo permite un mejor cuajado, desarrollo y crecimiento del fruto que el testigo, con tamaño superior a 8 cm de largo, suficientes para alcanzar calidad del mercado de exportación (> 180 g fruto⁻¹).

Otras variables agronómicas como floración, crecimiento de tronco, rendimiento de fruto, mantuvieron similar nivel que la nutrición convencional, lo que indica alta viabilidad de adopción por el productor aguacatero.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento de este proyecto a la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán (APEAMA. C.) y de las empresas que facilitaron los productos orgánicos para realizar este trabajo en el período 2010-2012.

Literatura citada

- Aguilera, M. J. L.; Tapia, V. L. M.; Vidales, F. I. y Salazar, G. S. 2005. Contenido nutrimental en suelo y hojas de aguacate en huertos establecidos en Michoacán y comparación de métodos para interpretación de resultados. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Uruapan, Michoacán. Folleto técnico 2. 28 p.
- Alcalá J. M.; Ortiz S. C. A. y Gutiérrez C. M. C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19:227-239.
- Anguiano, C. J.; Alcántar, R. J. J.; Toledo, B. R.; Tapia, V. L. M.; Ruíz, C. J. A. y Rodríguez, C. Y. 2006. Caracterización edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán. 1ª. Edición. INIFAP-CIRPAC. Libro técnico Núm. 4. Uruapan, Michoacán, México. 175 p.
- Comisión Michoacana del Aguacate (COMA). 2005. Censo de aguacate en Michoacán. Plan Rector del Sistema Producto Aguacate. Uruapan, Michoacán. 115 p.
- Consejo Nacional de Productores de Aguacate (CONAPA). 2005. Plan Rector del Sistema Producto Aguacate. Uruapan, Michoacán, México. 132 p.
- Giacinti, M. A. 2002. Visión mundial del consumo de aguacate o palta. *Agroalimentaria* 8(14):43-50.
- Glinicki, R.; Sas, L. and Jadczyk, E. 2010. The effect of plant stimulant/fertilizer "resistim" on growth and development of strawberry plants. *J. Fruit and Ornamental Plant Res.* 18(1) 2010: 111-124
- González, R. S. L.; Santos, T. A.; Sánchez, G. P.; Galvis, S. A. y Santizo, R. J. A. 2011. Nitrógeno mineral en huertas de aguacate cv. Hass bajo manejo integrado y orgánico en el estado de Michoacán. *Ciencias Agrícolas Informa* 20(1):26-34.
- Joslin, J. D.; Kelly, J. M. and Miegroet, H. V. 1992. Soil chemistry and nutrition of North-American spruce fir stands: evidence for recent change. *J. Am. Environ. Qual.* 21(1):12-30.
- Larios, A.; Vidales, I.; Tapia, L. M.; Mendoza, M.; Guillen, H. y Hernández, A. 2011. Cultivo agroecológico del aguacate una opción sana y competitiva. Ed. Lap-Lambert. Alemania 1ª edición 270 p.
- Lovatt, C. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTech.* 9(4):607-612.
- Lovatt, C. 2001. Properly timed soil-applied nitrogen fertilizer increases yield and fruit size of "Hass" avocado. *J. Am. Soc. for Hort. Sci.* 126(5):555-559.
- Mangiafico, S. S.; Newman J.; Merhaut, D. J.; Gan, J.; Faber, B. and Wu, L. S. 2009. Nutrients and pesticides in stormwater runoff and soil water in production nurseries and citrus and avocado groves in California. *J. Hort. Technol.* 19:360-367.
- Marques, J. R.; Hoffman, P. J. and Wearing, A. C. 2009. Between-tree variation in fruit quality and fruit mineral concentrations of Hass avocados. *Aust. J. Exp. Agric.* 46(9):1195-2001.
- Mora, R. G. S.; Sandoval, V. M.; Gavi, R. F. y Sánchez, G. P. 2005. Emisión de N₂O con fertilización nitrogenada en fertirriego y fertilización convencional. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 21:23-29.
- Morales, G. L.; Mendoza, L. M. R.; Coria, A. V. y Aguilera, M. J. L. 2004. Tecnología produce aguacate en Michoacán. Fundación Produce Michoacán. Publicación Especial 5. Uruapan, Michoacán. 32 p.
- Navarro, G. 2005. Riqueza natural. *Día Siete.* 6(22):56-63.
- Protección Agropecuaria Compañía de Seguros, S. A. (PROAGRO) 2012. Seguro Agrícola. (consultado abril, 2012). www.proagroseguros.com.mx.
- Salinas, G. J.; Díaz, F. A.; Garza, C. E. y Garza, C. I. 2005. Efectos de la labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria.* 5(1):30-34.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Avance siembras y cosechas perennes. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (consultado mayo, 2012).
- Salazar, G. S.; González, D. J. L. y Tapia, V. L. M. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 17(2):183-194
- Salazar, G. S.; Cossio, V. L. E. y González, D. J. L. 2007. Corrección de la deficiencia crónica de zinc en aguacate "Hass". *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 14(2):153-159.
- Shmuel, Z. I. K. 1987. Growth kinetics and determination of shape and size of small and large avocado fruits cultivar Hass on the tree. *Scientia Horticulturae.* 32(3-4):195-202.
- Sullivan, P. 2004. Sustainable soil management. National Center for Appropriate Technology (NCAT). Pub. 40. Butte, MT, USA. 40 p.

- Tapia, V. L. M.; Marroquin, F.; Cortés, T. I.; Anguiano, C. J. y Castellanos, R. J. Z. 2007. Nutrición del Aguacate. *In: el aguacate y su manejo integrado*. 2ª. Ed. D. Téliz, A. Aguilera (Eds.). Mundi-Prensa México-Madrid-Barcelona. 87-107 pp.
- Tapia, V. L. M.; Larios, G. A.; Anguiano, C. J. I.; Vidales, F. I. and Barradas, M. V. 2012. Lixiviación de nitratos en dos sistemas de manejo nutricional y de agua en aguacate de Michoacán. *Rev. Int. Contam. Amb.* 3(28):251-258.
- Torres, C. J. 2000. Costo de producción del cultivo del aguacate en huerto con manejo integrado. *El Aguacatero* 3(12):6-8.
- Woese, K.; Lange, D.; Boess, C. and Bogl, K. W. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods- results of a review of the relevant literature. *J. Sci. Food Agric.* 74:281-293
- Zicah, S.; Klein, I. and Feigenbaum, S. 1987. Translocation of foliar-applied Urea 15N to reproductive and vegetative sinks of avocado and its effect on initial fruit set. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(6):1061-1065.