

Efecto a corto plazo de la fertilización de sitio específico en mangos 'Kent' y 'Tommy Atkins' cultivados sin riego*

Short term effect of site-specific fertilization in rainfed 'Kent' and 'Tommy Atkins' mangos

Samuel Salazar-García¹, Gregorio Santillán-Valladolid^{2§}, Edgardo Federico Hernández-Valdés³, Raúl Medina-Torres⁴, Martha Elva Ibarra-Estrada¹ y Roberto Gómez-Aguilar⁴

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. A. P. 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. (marthaibarraes@yahoo.com.mx). ²Ciencias Biológico Agropecuarias-Universidad Autónoma de Nayarit. A. P. 49, Xalisco, Nayarit 63780, México. (santillan_vg@hotmail.com). ³Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas esq. Berlín s/n, Col. Viveros. Uruapan, Michoacán, 60190, México. (efhvaldes@yahoo.com). ⁴Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. A. P. 49, Xalisco, Nayarit 63780, México. (raulmetorr@yahoo.com.mx; jroga2_10@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

Resumen

En el estado de Nayarit, México, no se han realizado ensayos sistemáticos de fertilización en mango. Esta investigación tuvo el objetivo de evaluar el efecto a corto plazo (2010-2012) de la fertilización de sitio específico (FSE) sobre el crecimiento de los árboles, producción y tamaño de fruto en mangos 'Kent' y 'Tommy Atkins' cultivados sin riego en Nayarit. Para cada cultivar se usaron dos huertos establecidos en suelos de diferente tipo y nivel de fertilidad. Los tratamientos de fertilización fueron determinados de manera independiente para cada huerto y fueron: 1) dosis normal, para un rendimiento de 20 t·ha⁻¹; 2) dosis alta, 1.5 veces la dosis normal; y 3) control, sin fertilización. En 2011 y 2012 se realizaron análisis nutrimentales foliares en hojas del flujo de verano ('Kent') y otoño ('Tommy Atkins'), así como de suelo (2010, 2011 y 2012). El calcio fue aplicado como yeso a cal, según el análisis de suelo. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con 20 repeticiones (árboles) por tratamiento y por huerto. La FSE no incrementó el crecimiento de los árboles. Los nutrientes aplicados (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B) sólo incrementaron las concentraciones foliares de S, Mn y B ('Kent') y de N, Fe, Zn y B ('Tommy Atkins'). En 'Kent' la mayor producción de fruto (138.2 kg·árbol⁻¹) fue obtenida con la dosis Normal, aplicando anualmente (según el huerto) por

Abstract

In the state of Nayarit, Mexico, there are no systematic fertilization studies on mango. This research aimed to evaluate the short-term effect (2010-2012) of site-specific fertilization (SSF) on tree growth yield and fruit size in rainfed 'Kent' and 'Tommy Atkins' mangos in Nayarit. For each cultivar two orchards were selected in soils of different type and fertility. The fertilization treatments were determined independently for each orchard and were: 1) normal dose for a 20 t ha⁻¹ yield; 2) high dose, 1.5 times the normal dose; and 3) control, non-fertilized. In 2011 and 2012 foliar nutrient analyses were performed in summer ('Kent') and fall ('Tommy Atkins') flush leaves and soil (2010, 2011 and 2012). Calcium was applied as gypsum or lime, according to the soil test. A completely randomized experimental design with 20 replicates (trees) per treatment and orchard was used. The SSF did not increase tree growth. The applied nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B) only increased foliar concentrations of S, Mn and B ('Kent') and N, Fe, Zn and B ('Tommy Atkins'). In 'Kent' the highest fruit yield (138.2 kg·tree⁻¹) was obtained with the normal dose applied annually (as per orchard) per tree: 678-794 g N, 243-270 g P₂O₅, 259-325 g K₂O, 37-66 g Mg, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn

* Recibido: agosto de 2013
Aceptado: marzo de 2014

árbol: 678-794 g N, 243-270 g P₂O₅, 259-325 g K₂O, 37-66 g Mg, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn y 9-17 g B. En 'Tommy Atkins' la máxima producción (186.9 kg·árbol⁻¹) correspondió a la dosis Alta: 548-604 g N, 219-328 g P₂O₅, 455-572 g K₂O, 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn y 27-47 g B por árbol.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., fertilidad del suelo, nutrición mineral, producción, tamaño de fruto.

Introducción

La nutrición de los huertos de mango es un aspecto importante para mantener su productividad. La aplicación de fertilizantes debe realizarse considerando las necesidades del árbol, las características físico-químicas del suelo, las condiciones de cultivo y la fenología del árbol. Esto implica que en cada región, cada huerto deba tener su programa de fertilización. El enfoque de fertilización de sitio específico (FSE) considera el tipo y cantidad de nutrientes necesarios en cada huerto por lo que su uso incrementa a corto plazo la producción y calidad del fruto, además de disminuir la contaminación ambiental por la excesiva aplicación de ciertos fertilizantes o abonos (Salazar-García, 2002).

Existe gran variación en los planes de fertilización en diversas regiones productoras de mango. En Costa Rica, el cv. Tommy Atkins produjo 15.0 t·ha⁻¹ con la aplicación anual por árbol de 1.5 kg N, 0.7 kg P₂O₅, 2.0 kg K₂O, 0.5 kg MgO, 0.5 kg CaO y 0.4 kg S (Ríos y Corella, 1999). Por su parte, Vega y Molina (1999) mencionaron para este mismo cultivar un incremento promedio en tres años de 3,423 kg·ha⁻¹ con la aplicación anual por árbol de 844 g N, 932 g P₂O₅ y 714 g K₂O.

En el caso de México, en la mayoría de las regiones productoras de mango para exportación se fertiliza principalmente con N-P-K. En el estado de Jalisco, en los cvs. Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins, se obtuvieron producciones promedio de 146, 127, 106 y 159 kg·árbol⁻¹, respectivamente, con la aplicación de 570 g N, 190 g P₂O₅ y 380 g K₂O (Ortega-Arreola *et al.*, 1993). En el estado de Michoacán, para 'Haden' y 'Tommy Atkins' recomiendan 4.3 kg sulfato de amonio, 0.75 kg de 18-46-00 y 1.8 kg sulfato de potasio por árbol (Chávez-Contreras *et al.*, 2001). En el estado de Campeche, Tucuch-Cauich *et al.* (2005) sugieren aplicar en diferentes cultivares de mango 1-1.4 kg N, 1.15-1.61 kg P₂O₅ y 1.21-1.81 g K₂O.

and 9-17 g B. In 'Tommy Atkins' maximum yield (186.9 kg·tree⁻¹) corresponded to high dose: 548-604 g N, 219-328 g P₂O₅, 455-572 g K₂O, 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn and 27-47 g B per tree.

Keywords: *Mangifera indica* L., soil fertility, mineral nutrition, yield, fruit size.

Introduction

The nutrition of mango orchards is an important aspect to maintain their productivity. Fertilizer application should be made considering needs of the tree, soil physicochemical characteristics, growing conditions and tree phenology. This implies that in every region, every orchard should have its fertilization program. The site-specific fertilization (SSF) approach considers the type and amount of nutrients needed in each orchard thus increasing yield and fruit quality in a short-term, in addition to reducing environmental pollution by excessive application of certain fertilizers (Salazar-García, 2002).

There is great variation in fertilization plans in various mango production regions. In Costa Rica, the cv. Tommy Atkins produced 15 t·ha⁻¹ with the annual application per tree of 1.5 kg N, 0.7 kg P₂O₅, 2.0 kg K₂O, 0.5 kg MgO, 0.5 kg CaO and 0.4 kg S (Ríos and Corella, 1999). Meanwhile, Vega and Molina (1999) reported for the same cultivar an average increase in three years of 3 423 kg·ha⁻¹ with the annual application per tree of 844 g N, 932 g P₂O₅ and 714 g K₂O.

In Mexico most mango production regions for export are fertilized mainly with N-P-K. In the state of Jalisco, the crop production of cvs. Haden, Keitt, Kent and Tommy Atkins, averaged 146, 127, 106 and 159 kg·tree⁻¹, respectively, with the application of 570 g N, 190 g P₂O₅ and 380 g K₂O (Ortega-Arreola *et al.*, 1993). In the state of Michoacán, for 'Haden' and 'Tommy Atkins' it is recommended 4.3 kg ammonium sulfate, 0.75 kg of 18-46-00 and 1.8 kg potassium sulfate per tree (Chávez-Contreras *et al.*, 2001). In the state of Campeche, Tucuch-Cauich *et al.* (2005) suggest applying in different mango cultivars 1-1.4 kg N, 1.15-1.61 kg P₂O₅ and 1.21-1.81 g K₂O.

En Nayarit no se dispone de información sobre fertilización para los cvs. Kent y Tommy Atkins. Como la FSE optimiza la aplicación de fertilizantes y maximiza la producción, tamaño y calidad del fruto se llevó a cabo esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto a corto plazo (dos años) de la fertilización de sitio específico sobre el crecimiento de los árboles, producción y tamaño de fruto en los mangos 'Kent' y 'Tommy Atkins' cultivados sin riego en Nayarit.

Materiales y métodos

Características de los huertos y árboles experimentales.

La investigación se realizó de 2009 a 2012 en huertos comerciales adultos de dos cultivares de mango establecidos a 10 x 10 m, en suelos de distinta fertilidad (INEGI, 1999) y cultivados sin riego (lluvia promedio anual de 1 300 a 1 450 mm) en clima cálido subhúmedo (García, 1998) de la costa Pacífico (altitud 18 a 193 m) del estado de Nayarit. Los huertos se ubicaron en las Zonas Norte [cv. Kent; Buenavista, municipio. Acaponeta; suelo (Be + Je + Zo /2). Cambisol éutrico + Fluvisol éutrico + Solonchak órtico], Centro [cvs. Kent y Tommy Atkins; Las Palmas, municipio. San Blas; suelo (Ah + Bc /3 P). Acrisol húmico + Cambisol crómico], y Sur [cv. Tommy Atkins; Chacala, municipio. Compostela; suelo (Hh + Re + Bc /2 L). Foezem háplico + Regosol éutrico + Cambisol] de Nayarit. Al final de la cosecha 2009 en cada huerto fueron seleccionados 60 árboles mantenidos mediante poda a una altura de 5-6 m y con producciones similares para asignarles los tratamientos de fertilización.

Muestreos de suelo y foliares. Para diseñar los tratamientos de fertilización, se realizaron muestreos de suelo antes (enero 2010) y después (abril 2011 y 2012) de los tratamientos de fertilización. En cada huerto se escogieron al azar tres árboles por tratamiento y de cada árbol se obtuvo una muestra compuesta por cuatro submuestras de la zona de goteo del árbol y 0-30 cm de profundidad. En cada huerto se realizaron muestreos foliares antes (2009) y después de la fertilización (2011 y 2012). En cada tratamiento se obtuvieron muestras independientes de cada uno de 10 árboles al azar. En cada árbol se colectaron 30 hojas maduras, sanas y completas (lámina + pecíolo) de la posición seis y siete basipétala de brotes terminales sin fructificar.

Para el cv. Kent, en febrero se colectaron hojas del flujo vegetativo de verano de 8 a 9 meses de edad; en el caso de 'Tommy Atkins', en mayo se tomaron hojas del flujo de otoño

In Nayarit no information is available on fertilization for the cvs. Kent and Tommy Atkins. As the SSF optimizes fertilizer application, maximizing yield, fruit size and quality, this research aimed to evaluate the short-term effect (two years) of site-specific fertilization on tree growth, yield and fruit size in rainfed 'Kent' and 'Tommy Atkins' mango in Nayarit.

Materials and methods

Characteristics of experimental orchards and trees.

Research was conducted from 2009 to 2012 in two mature commercial orchards from two mango cultivars established at 10 x 10 m, in soils of different fertility (INEGI, 1999), rainfed (annual average rainfall 1 300-1 450 mm) in warm subhumid climate (García, 1998) of the Pacific coast (altitude 18-193 m) of the state of Nayarit. The orchards were located in the Zones: North [cv. Kent; Buenavista, Acaponeta municipality; soil (Be + Je + Zo/2). Eutric Cambisol + Eutric Fluvisol + Ortic Solonchak], Center [cvs. Kent and Tommy Atkins, Las Palmas, San Blas municipality, soil (Ah + Bc/3P). Humic Acrisol + Chromic Cambisol] and South [cv. Tommy Atkins; Chacala, Compostela municipality, soil (Hh + Re + Bc/2 L). Haplic Phaeozem + Eutric Regosol + Cambisol] of Nayarit. At the end of the 2009 harvest 60 trees were selected from each orchard, kept to a 5-6 m height by pruning and with similar crop production records to assign the fertilization treatments.

Soil and leaves sampling. For fertilization treatments design, soil was sampled before (January 2010) and after (April 2011 and 2012) fertilization treatments. In each orchard, three trees per treatment were randomly selected and from every tree a sample was obtained, consisting of four subsamples from the tree drip zone and 0-30 cm deep. In each orchard leaf samples were taken before (2009) and after fertilization (2011 and 2012). In each treatment independent samples from each of the 10 trees were randomly obtained. From each tree, 30 healthy, mature, whole leaves (lamina + petiole) from basipetal position six and seven of non-fruiting terminal shoots were collected.

For the cv. Kent, in February, 8-9 months old summer vegetative flush leaves were collected; for 'Tommy Atkins', in May, 6-8 months old fall vegetative flush leaves

de 6 a 8 meses de edad, según lo establecido por Salazar-García *et al.* (2011). Las hojas fueron lavadas con agua corriente y destilada; posteriormente fueron secadas en un horno con aire forzado (Imperial V, Lab-Line) a 70°C durante 48 h, molidas en un molino de acero inoxidable (MF 10.1, IKA) y tamizadas en malla Núm. 40. Los análisis de suelo (físico-químicos) y foliares (macro- y micronutrientes) fueron realizados en un laboratorio comercial acreditado por la Soil Science Society of America (SSSA).

Tratamientos de fertilización. Fueron determinados de manera independiente para cada huerto. Durante el 2010, 2011 y 2012 fueron evaluados tres niveles de fertilización: 1) dosis normal para un rendimiento de 20 t·ha⁻¹; 2) dosis alta, 1.5 veces la dosis normal; y 3) control, sin fertilización (Cuadro 1).

were collected, as stated by Salazar-García *et al.* (2011). Leaves were washed with tap and distilled water, then were dried in a forced air oven (Imperial V, Lab-Line) at 70 °C for 48 h, ground in a stainless steel mill (MF 10.1, IKA) and sieved in No. 40 mesh. Soil (physical and chemical) and foliar (macro- and micronutrients) analyses were performed in a commercial laboratory accredited by the Soil Science Society of America (SSSA).

Fertilization treatments. They were determined independently for each orchard. During 2010, 2011 and 2012 were evaluated three levels of fertilization: 1) normal dose for a yield of 20 t·ha⁻¹; 2) high dose, 1.5 times the normal dose; and 3) non-fertilized control (Table 1).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización dosis Normal (g·árbol⁻¹) aplicados al suelo en los huertos experimentales de mango. Table 1. Normal dose fertilization treatments (g·tree⁻¹) applied to the soil in mango experimental orchards.

Fuentes de fertilizantes	'Kent', Las Palmas			'Kent', Buenavista			'Tommy Atkins', Las Palmas			'Tommy Atkins', Chacala			Fecha de aplicación
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
Fosfonitrato	-	1041	2188	-	973	2562	-	1740	1178	-	1109	1298	Jul. y Sep.
(NH ₄) ₂ SO ₄	1993	-	-	1859	-	-	-	-	-	1549	-	-	Jul. y Sep.
MAP	-	-	-	-	-	-	3631	-	-	-	-	-	Jul. y Sep.
SFCT	239	586	396	797	485	307	-	233	373	888	359	205	Jul.
KCl	304	558	432	493	618	542	1085	1104	635	342	626	505	Jul. y Sep.
Ca(OH) ₂	-	2424	2395	1763	-	-	-	-	6288	-	2493	470	Jun.
CaSO ₄	255	-	-	1063	10317	655	800	12185	-	503	-	-	Jun.
MgSO ₄	249	239	369	838	666	659	253	372	301	114	235	464	Jul.
FeSO ₄	48	72	249	73	70	64	122	97	202	130	52	117	Jul.
MnSO ₄	80	55	147	32	16	27	39	26	37	173	14	87	Jul.
ZnSO ₄	8	13	17	14	7	15	18	10	22	8	8	12	Jul.
Boronat	213	137	87	449	122	168	561	109	179	512	92	315	Jul.

Fosfonitrato (NH₄NO₃; 31% N, 4% P₂O₅). MAP (NH₄H₂PO₄; 11% N, 52% P₂O₅). SFCT [Ca (H₂PO₄)₂; 46% P₂O₅, 13% CaO]. Boronat (10% B).

Aplicación de los tratamientos. En cada huerto, cada tratamiento se aplicó a 20 árboles (repeticiones) previamente seleccionados. Los fertilizantes fueron distribuidos alrededor del árbol en una banda de 50 cm de ancho y 15-20 cm de profundidad; inicialmente a 1.5 m del tronco y posteriormente en cada aplicación dicha banda fue alejada del tronco. El programa de fertilización fue modificado cada año de acuerdo a los resultados de los análisis de suelo y foliares y la respuesta de los árboles.

Treatments application. In each orchard, each treatment was applied to 20 previously selected trees (repetitions). Fertilizers were distributed around the tree in a band 50 cm wide and 15-20 cm deep, initially at 1.5 m from the trunk and then farther from the trunk in each application. The fertilization program was modified every year according to soil and leaf analysis results and tree's response.

Aplicación de cal y/o yeso. De acuerdo a los resultados del análisis de suelo se determinaron las necesidades de hidróxido de calcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] y/o yeso (CaSO_4) (Cuadro 1). Los criterios para establecer la cantidad apropiada de cal fueron: acidez del suelo ($\text{pH} \leq 5.5$), punto de saturación de calcio, capacidad de intercambio catiónico, densidad aparente, profundidad del muestreo de suelo, área de goteo del árbol y aluminio intercambiable. Para el caso del yeso, se consideraron los mismos criterios que para la cal, difiriendo sólo en la acidez del suelo ($\text{pH} \geq 5.5$).

Crecimiento de los árboles y producción de fruto. La altura del árbol, diámetro del tronco y volumen de copa se midió cada año del estudio. Esta última variable se determinó con la fórmula: volumen de copa ($V_{\text{copa}} = \pi R^2 H$); donde: R= radio de la copa; H= altura de la planta.

La cosecha fue realizada en junio 2011 y 2012. El tamaño del fruto fue clasificado según EMEX (1998). El índice de alternancia productiva (IAP) fue calculado para cada árbol con la ecuación: $\text{IAP} = (\text{cosecha año 1} - \text{cosecha año 2}) / (\text{suma cosechas años 1 y 2})$, en donde la cosecha fueron los kilogramos de fruto por árbol. El IAP varía de 0 (no alternancia) a 1 (alternancia completa) (Pearce and Dobersek-Urbanc, 1967).

Aspecto estadístico. Para el análisis del incremento en el crecimiento de los árboles, producción y tamaño de fruto acumulado (2011+2012) se empleó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 3 (huertos x tratamientos). En el caso del contenido nutrimental foliar, producción y tamaño de fruto 2011 y 2012 se usó un arreglo factorial 2 x 3 (años x tratamientos). Para el incremento en el crecimiento de los árboles, producción y tamaño de fruto, fueron consideradas 20 repeticiones (árboles) por tratamiento y por huerto, y para el contenido nutrimental foliar 10 repeticiones. El área transversal del tronco medida en 2010 fue utilizada como covariable para el análisis de producción y tamaño de fruto. La comparación de medias se realizó con la prueba de Waller-Duncan ($p = 0.05$). Se empleó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

Resultados

Características químicas del suelo

'Kent'. Dos años después del inicio del estudio (2012) no hubo un efecto claro de la fertilización sobre el pH del suelo en los dos huertos experimentales (Las Palmas y Buenavista)

Application of lime and/or gypsum. The needs for calcium hydroxide [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] and/or gypsum (CaSO_4) (Table 1) were determined according to soil analysis. Criteria for a proper lime amount were: soil acidity ($\text{pH} \leq 5.5$), calcium saturation, cation exchange capacity, bulk density, soil sampling depth, tree drip area, and exchangeable aluminum. Same criteria were considered for gypsum, differing only in soil acidity ($\text{pH} \geq 5.5$).

Tree growth and fruit yield. Tree height, trunk diameter and canopy volume were measured each year of the study. The latter variable was determined by the formula: canopy volume ($V_{\text{canopy}} = \pi R^2 H$); where: R= canopy radius; H= tree height.

Harvest was conducted in June 2011 and 2012. Fruit size was classified according to EMEX (1998). Alternate Bearing Index (ABI) was calculated for each tree with the equation: $\text{ABI} = (\text{year 1 yield} - \text{year 2 yield}) / (\text{year 1 yield} + \text{year 2 yield})$, where yield was kilograms of fruit per tree. The ABI ranges from 0 (no alternate bearing) to 1 (complete alternate bearing) (Pearce and Dobersek-Urbanc, 1967).

Statistical analysis. Analysis of increment in tree growth, cumulative yield and fruit size (2011 + 2012) was based on a completely randomized design in a 2 x 3 factorial arrangement (orchards x treatments). For increment in tree growth, yield and fruit size, 20 repetitions (trees) per treatment and orchard were used and 10 repetitions for foliar nutrient content. Trunk cross-sectional area measured in 2010 was used as a covariate for yield and fruit size analysis. Comparison of means was performed with the Waller-Duncan test ($P = 0.05$) using the SAS statistical package (SAS Institute, 2002).

Results

Soil chemical properties

'Kent'. Two years after starting the study (2012) there was no clear effect of fertilization on soil pH in the two experimental orchards (Buenavista and Las Palmas) and its value ranged from 5.1 to 6.0. However, there was treatment effect on soil fertility. In Las Palmas orchard, the normal dose increased Mg, Zn, Mn and B; the high dose increased N, K, Ca, Fe, Zn, Mn and B. In

y su valor fluctuó de 5.1 a 6. Sin embargo, si hubo efecto de los tratamientos sobre la fertilidad del suelo. En el huerto Las Palmas, la dosis normal aumentó los niveles de Mg, Zn, Mn y B; la dosis alta incrementó los niveles de N, K, Ca, Fe, Zn, Mn y B. En el caso del huerto Buenavista, la dosis normal aumentó los niveles de Ca, Mg, Zn, Mn y B; en la dosis alta los incrementos fueron en P, K, Ca, Fe, Mn y B (Cuadro 2).

Buenavista orchard, the normal dose increased Ca, Mg, Zn, Mn and B; the high dose increased P, K, Ca, Fe, Mn and B (Table 2).

'Tommy Atkins'. Soil characteristics analyzed showed differences between orchards (Las Palmas and Chacala) and treatments. In both orchards soil pH was more acid

Cuadro 2. Características del suelo (0-30 cm) en abril 2012, posterior a la aplicación de los tratamientos de fertilización de verano 2010 y 2011. Promedio de las muestras de tres árboles por tratamiento.

Table 2. Soil characteristics (0-30 cm) in April 2012, after fertilization treatments in summer 2010 and 2011. Averages of three trees samples per treatment.

	'Kent', Las Palmas			'Kent', Buenavista			'Tommy Atkins', Las Palmas			'Tommy Atkins', Chacala		
	Testigo	Normal	Alta	Testigo	Normal	Alta	Testigo	Normal	Alta	Testigo	Normal	Alta
pH	6.0	5.1 Ac	5.6	5.4 Ac	5.8	5.3 Ac	6.1	5.0 Ac	4.7 Ac	6.5	5.7	5.7
1:2 H ₂ O	ModAc		ModAc		ModAc		ModAc			ModAc	ModAc	ModAc
MO (%)	2.4 B	2.1 B	2.6 MoB	1.0	0.8	0.7	3.1 MoB	2.5 B	2.7 MoB	3.4 MoB	3.2 MoB	3.5 MoB
CIC	10.9 B	9.0 B	12.8 B	2.8	3.7	3.5	10.0 B	7.6 B	7.8 B	12.9 B	10.6 B	10.8 B
meq/100 g				MuB	MuB	MuB						
	-----mg·kg ⁻¹ -----											
N-NO ₃	18.0 B	15.7 B	19.1	7.2	6.3	5.3	23.3	18.4	20.1	25.5	24.0	26.2
			MoB	MuB	MuB	MuB	MoB	MoB	MoB	MoB	MoB	MoB
P-Bray	10.7	2.60	6.2 B	5.0 B	4.8 B	23.4 M	1.7 MuB	1.1 MuB	101.7	10.6	10.4	30.3
	MoB	MuB							MuA	MoB	MoB	MoA
K	329	321	543	204 M	207 M	235 M	270 M	306 M	436	425 MoA	487	520 MoA
	MoA	MoA	MoA						MoA		MoA	
Ca	1707 M	1216	1968 M	300	462	383	1476	1050	922	1911 M	1556 M	1590 M
		MoB		MuB	MuB	MuB	MoB	MoB	MoB			
Mg	176	214 M	171	56 B	72 B	47 MuB	219 M	164	123	270 M	177	176 MoB
	MoB		MoB					MoB	MoB		MoB	
Na	15.0	14.4	19.2	18.5	10.4	11.3	15.1	13.5	16.3	12.1	15.5	14.8
	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB	MuB
Fe	17 MoB	8 MoB	20 M	24 M	23 M	29 M	16 MoB	11 MoB	19 MoB	32 M	35 M	45 MoA
Zn	0.4	1.7 B	1.9 MoB	0.4	1.2 B	0.4	0.7 B	0.4 MuB	1.6 MoB	1.7 MoB	2.8 MoB	7.7 M
	MuB			MuB		MuB						
Mn	26.4	49.8 A	84.6	1.2 M	12.1 M	12.8 M	70.5 A	25.6	43.9 A	62.2 A	76.3 A	98.6
	MoA		MuA					MoA				MuA
Cu	0.4	0.3 MuB	0.4 MuB	0.4	0.4	0.3	1.7 MoB	0.6 MuB	0.8 B	1.2 B	1.2 B	1.6 MoB
	MuB			MuB	MuB	MuB						
B	0.3	1.2 M	0.9 MoB	0.2	0.5 B	0.4 B	0.2 B	0.8 MoB	1.3 M	0.3 MuB	0.5 B	0.8 MoB
	MuB			MuB								
S	34 MoB	138 M	112 M	7 B	11 B	41 MoB	45 MoB	219	178 M	6 B	10 B	13 B
								MoA				
Al	0.8	14.4	16.9	32.2 B	19.0 B	30.1 B	4.5 MuB	17.3 B	84.2 M	0.0 MuB	0.0 MuB	0.0 MuB
	MuB	MuB	MuB									

Ac= ácido; ModAc= moderadamente ácido; MuA= muy alto; A= alto; MoA= moderadamente alto; M= mediano; MuB= muy bajo; B= bajo y MoB= moderadamente bajo.

'Tommy Atkins'. Las características del suelo analizadas mostraron diferencias entre huertos (Las Palmas y Chacala) y tratamientos. En ambos huertos el pH del suelo fue más ácido en los dos tratamientos de fertilización, respecto al testigo (Cuadro 2). En el huerto Las Palmas, la dosis normal incrementó los niveles de K y B, y la dosis alta mostró niveles más altos en P, K, Fe, Zn y B. Para el huerto de Chacala, la dosis normal tuvo los mayores niveles en K, Zn, Mn y B; por su parte, la dosis alta mostró mayores niveles de P, K, Fe, Zn, Mn y B.

Crecimiento de los árboles

'Kent'. Los huertos sólo mostraron diferencias en el incremento del volumen de copa y fue mayor (2.3 m³) en Las Palmas (Cuadro 3). Respecto a los tratamientos de fertilización, las dosis normal y alta presentaron menores incrementos en el área transversal del tronco (151.7 a 168 cm²), comparado con el Testigo (204.1 cm²).

Cuadro 3. Influencia del huerto y la fertilización sobre el incremento en el volumen de copa (ΔV_{copa}) y área transversal del tronco (ΔATT) en los cvs. Kent y Tommy Atkins. La fertilización se aplicó en verano 2010 y 2011. Mediciones obtenidas en otoño 2010 y 2012.

Table 3. Influence of orchard and fertilization on canopy volume increase (ΔV_{canopy}) and trunk cross-sectional area (ΔTCA) in cvs. Kent and Tommy Atkins. Fertilization in summer 2010 and 2011. Measurements in fall 2010 and 2012.

	'Kent'		'Tommy Atkins'	
	ΔV_{copa} (m ³) 2010-2012	ΔATT (cm ²) 2010-2012	ΔV_{copa} (m ³) 2010-2012	ΔATT (cm ²) 2010-2012
Huertos experimentales			Huertos experimentales	
Las Palmas	2.3 a ^z	187.3 a	Las Palmas	3.2 a ^z
Buenavista	1.3 b	161.9 a	Chacala	2.0 b
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0847	<i>Pr</i> > F	0.0001
Tratamientos de fertilización			Tratamientos de fertilización	
Normal	1.8 a	168.0 b	Normal	2.8 a
Alta	1.8 a	151.7 b	Alta	2.6 a
Testigo	1.8 a	204.1 a	Testigo	2.4 a
<i>Pr</i> > F	0.9393	0.0135	<i>Pr</i> > F	0.1472

^zPara cada cultivar de mango, medias con la misma literal en la columna, dentro de huertos o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

'Tommy Atkins'. Los incrementos en el crecimiento de este cultivar fueron afectados por el huerto. Los árboles de Las Palmas mostraron mayor crecimiento de la copa y del tronco que los de Chacala (Cuadro 3). Los tratamientos de fertilización no afectaron el crecimiento de los árboles.

in both fertilization treatments, compared to the control (Table 2). In Las Palmas orchard, the normal dose raised K and B, and the high dose showed higher P, K, Fe, Zn and B. In Chacala orchard, normal dose had the highest levels in K, Zn, Mn and B, while the high dose showed higher levels of P, K, Fe, Zn, Mn and B.

Tree growth

'Kent'. The orchards showed differences only in canopy volume increase and it was higher (2.3 m³) in Las Palmas (Table 3). Regarding fertilization treatments, normal and high doses showed lower increments in trunk cross sectional area (151.7 to 168 cm²), compared to the control (204.1 cm²).

'Tommy Atkins'. Growth increments in this cultivar were affected by the orchard. Las Palmas trees showed greater canopy and trunk growth than the Chacala ones (Table 3). Fertilization treatments did not affect tree growth.

Foliar nutrient content

'Kent'. Foliar nutrient concentration was affected by the evaluation year and applied fertilization. Except for N and Mg, most applied nutrients (P, K, Ca, S, Fe, Zn and

Contenido nutrimental foliar

'Kent'. La concentración foliar de nutrimentos fue afectada por el año de evaluación y la fertilización aplicada. A excepción de N y Mg, la mayoría de los nutrimentos que fueron aplicados (P, K, Ca, S, Fe, Zn y B) mostraron valores más altos en 2012 que en 2011 (Cuadro 4). Por su parte, los tratamientos de fertilización sólo incrementaron los niveles foliares de S (dosis alta), Mn (dosis normal) y B (dosis normal y alta).

B) showed higher values in 2012 than in 2011 (Table 4). Meanwhile, fertilization treatments only increased foliar S levels (high dose), Mn (normal dose) and B (normal and high dose).

'Tommy Atkins'. Sampled years showed no clear trends in foliar nutrient concentration. In 2011 there were higher foliar concentrations for K, Mg, and Zn, and in 2012 for P, S, and B (Table 5). Fertilization treatments had little

Cuadro 4. Influencia del año y la fertilización sobre el contenido nutrimental foliar en el cv. Kent. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. Hojas del flujo vegetativo de verano colectadas en febrero 2011 y 2012. Huertos Las Palmas y Buenavista.

Table 4. Influence of year and fertilization on foliar nutrient content in cv. Kent. Fertilization applied in summer 2010 and 2011. Summer vegetative flush leaves collected in February 2011 and 2012. Buenavista and Las Palmas Orchards.

	(g·100 g ⁻¹)						(mg·kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Años de evaluación											
2011	1.27 a ^z	0.11 b	0.60 b	2.61 b	0.25 a	0.08 b	63.13 b	5.49 b	755.69 a	12.16 b	28.71 b
2012	0.94 b	0.12 a	0.89 a	3.12 a	0.18 b	0.36 a	81.19 a	15.34 a	705.95 a	15.00 a	43.94 a
<i>Pr</i> >F	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0059	0.0001	0.5870	0.0001	0.0001
Tratamientos de fertilización (muestreo de 2012)											
Normal	0.90 a	0.12 a	0.86 a	3.20 a	0.18 a	0.35 b	73.47 a	15.25 a	1110.10 a	15.29 a	51.63 a
Alta	0.98 a	0.12 a	0.90 a	3.13 a	0.18 a	0.40 a	86.28 a	14.91 a	623.40 b	14.75 a	49.87 a
Testigo	0.93 a	0.12 a	0.91 a	3.03 a	0.18 a	0.34 b	83.81 a	15.86 a	384.30 b	14.95 a	30.32 b
<i>Pr</i> >F	0.1120	0.8351	0.3894	0.7879	0.9285	0.0271	0.5946	0.8311	0.0009	0.6289	0.0047

^zMedias con la misma literal en la columna, para años o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

'Tommy Atkins'. Los años de muestreo no mostraron tendencias claras respecto a la concentración de nutrimentos en las hojas. En 2011 hubo mayores concentraciones foliares de K, Mg, y Zn, y en 2012 lo fueron las de P, S, y B (Cuadro 5). Los tratamientos de fertilización tuvieron poco efecto sobre la concentración foliar de nutrimentos. La dosis normal mostró concentraciones más altas de N y Zn; la dosis alta fue mayor en Fe y B, aunque el Fe fue similar al testigo y el B a la dosis normal. El P en el testigo fue mayor que la dosis normal y alta. Sin embargo, la dosis normal y el testigo mostraron el mayor contenido foliar en Mg (Cuadro 5).

effect on foliar nutrient concentration. The normal dose showed higher concentrations of N and Zn, the high dose showed higher Fe and B, although Fe was similar to the control and B to the normal dose. P was higher in the control than in normal and high doses. However, the normal dose and the control showed the highest Mg foliar content (Table 5).

Yield and fruit size

Producción y tamaño de fruto

'Kent'. En 2011 se registró una mayor producción (136.5 kg·árbol⁻¹) y tamaño de fruto mediano C12 (135.0 kg·árbol⁻¹) que en 2012. Respecto a los tratamientos de fertilización,

'Kent'. Records were higher in 2011 than in 2012 for yield (136.5 kg·tree⁻¹) and C12 medium fruit size (135 kg·tree⁻¹). Regarding fertilization treatments, the normal dose showed higher total yield (138.2 kg·tree⁻¹) than control (115.3 kg·tree⁻¹) but similar to the high dose (125.3 kg·tree⁻¹). Concerning fruit size, normal and high doses led to higher yield of smaller fruit (C12 = 131.5

la dosis normal presentó mayor producción total (138.2 kg·árbol⁻¹) que el testigo (115.3 kg·árbol⁻¹) pero similar a la dosis alta (125.3 kg·árbol⁻¹). En cuanto al tamaño de fruto, la dosis normal y alta obtuvieron mayor producción de fruto de menor tamaño (C12= 131.5 y 123.8 kg·árbol⁻¹, respectivamente). El testigo produjo fruto más grande (C10= 33.5 kg·árbol⁻¹) que los fertilizados (Cuadro 6).

and 123.8 kg·tree⁻¹, respectively). The control produced larger fruit (C10 = 33.5 kg·tree⁻¹) than the fertilized ones (Table 6).

For the cumulative fruit yield variable (2011-2012), the Buenavista orchard showed the highest yield per tree (300 kg) and higher yields in C12 and C10 fruit (268.0 and

Cuadro 5. Influencia del año y la fertilización sobre el contenido nutrimental foliar en el cv. Tommy Atkins. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. Hojas del flujo vegetativo de otoño colectadas en mayo 2011 y 2012. Huertos Las Palmas y Chacala.

Table 5. Influence of year and fertilization on foliar nutrient content in the cv. Tommy Atkins. Fertilization applied in summer 2010 and 2011. Fall vegetative flush leaves collected in May 2011 and 2012. Las Palmas and Chacala Orchards.

	(g·100 g ⁻¹)						(mg·kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Años de evaluación											
2011	1.15 a ^z	0.07 b	0.86 a	2.48 a	0.26 a	0.09 b	102.01 a	5.47 b	552.54 a	28.65 a	17.74 b
2012	1.16 a	0.14 a	0.78 b	2.37 a	0.21 b	0.12 a	87.44 a	34.26 a	607.97 a	17.75 b	25.64 a
<i>Pr</i> >F	0.5800	0.0001	0.0001	0.1503	0.0001	0.0001	0.1087	0.0001	0.3827	0.0001	0.0001
Tratamientos de fertilización (muestreo de 2012)											
Normal	1.22 a	0.11 b	0.81 a	2.30 a	0.22 a	0.12 a	79.29 b	35.48 a	641.80 a	19.00 a	26.57 ab
Alta	1.13 b	0.13 b	0.75 a	2.54 a	0.19 b	0.12 a	94.98 a	35.94 a	679.40 a	17.41 b	29.60 a
Testigo	1.14 b	0.17 a	0.77 a	2.26 a	0.23 a	0.12 a	88.04 ab	31.37 a	502.70 a	16.85 b	20.76 b
<i>Pr</i> >F	0.0288	0.0016	0.0623	0.1538	0.0068	0.7991	0.0281	0.7686	0.2215	0.0095	0.0256

^zMedias con la misma literal en la columna, para años o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

Cuadro 6. Influencia del año y la fertilización sobre la producción y tamaño de fruto en el cv. Kent. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. Cosechas obtenidas en 2011 y 2012. Huertos Las Palmas y Buenavista. El área transversal del tronco 2010 fue usada como covariable.

Table 6. Influence of year and fertilization on yield and fruit size in the cv. Kent. Fertilization in summer 2010 and 2011. Harvests in 2011 and 2012. Buenavista and Las Palmas orchards. The 2010 trunk cross-sectional area was used as a covariate.

	Producción (kg·árbol ⁻¹)	Producción según el tamaño de fruto (kg·árbol ⁻¹)					
		C12 366-435 g	C10 436-515 g	C9 516-560 g	C8 561- 640 g	C7 641-700 g	C6 >701 g
Años de evaluación							
2011	136.5 a ^z	135.0 a	13.2 a	8.0 a	6.3 a	4.9 a	0.0
2012	115.0 b	105.0 b	23.6 a	9.9 a	6.9 a	5.2 a	0.0
<i>Pr</i> >F	0.0002	0.0001	0.0584	0.7502	0.8854	0.7882	
Tratamientos de fertilización							
Normal	138.2 a	131.5 a	17.4 b	6.2 a	5.5 a	5.2 a	0.0
Alta	125.3 ab	123.8 a	12.9 b	10.0 a	7.8 a	5.0 a	0.0
Testigo	115.3 b	106.3 b	33.5 a	13.4 a	8.9 a	5.0 a	0.0
<i>Pr</i> >F	0.0049	0.0005	0.0078	0.1404	0.3899	0.8583	

^zMedias con la misma literal en la columna, para años o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

Para la variable producción acumulada de fruto (2011-12), el huerto Buenavista tuvo la mayor producción por árbol (300 kg), así como las mayores producciones de fruto C12 y C10 (268.0 y 30.7 kg·árbol⁻¹, respectivamente), que las del huerto Las Palmas (179.1 y 5.9 kg·árbol⁻¹, respectivamente) (Cuadro 7). En cuanto al efecto de los tratamientos de fertilización, la dosis Normal mostró la mayor producción acumulada (262.6 kg·árbol⁻¹), seguido por la dosis alta y el testigo (241.3 y 216.2 kg·árbol⁻¹, respectivamente). Respecto al tamaño del fruto, las dos dosis de fertilización incrementaron la producción de fruto mediano C12 (366-435 g por fruto); por su parte, en el Testigo la producción de fruto con un peso mayor C10 (436-515 g por fruto) fue superior que en el resto de los tratamientos (Cuadro 7).

30.7 kg·tree⁻¹, respectively), than Las Palmas (179.1 and 5.9 kg·tree⁻¹, respectively) (Table 7). Regarding fertilization treatment effects, the normal dose showed the highest cumulative yield (262.6 kg·tree⁻¹), followed by high dose and control (241.3 and 216.2 kg·tree⁻¹, respectively). Regarding fruit size, the two fertilization doses increased yield of C12 medium fruit (366-435 g per fruit) while the control showed a higher yield of the C10 greater weight fruit (436-515 g per fruit) than the other treatments (Table 7).

The ABI of the 2011-2012 harvests showed no clear response between treatments. Its magnitude was 26%, 27% and 20% for normal, high and control doses respectively.

Cuadro 7. Influencia del huerto y la fertilización sobre la producción acumulada 2011 y 2012 y tamaño del fruto en el cv. Kent. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. El área transversal del tronco 2010 fue usada como covariable.
Table 7. Influence of Orchard and fertilization on the 2011 and 2012 cumulative yield and fruit size in the cv. Kent. Fertilization in summer 2010 and 2011. The 2010 trunk cross-sectional area was used as a covariate.

	Producción acumulada (kg·árbol ⁻¹)	Producción acumulada según el tamaño de fruto (kg·árbol ⁻¹)					
		C12 366-435 g	C10 436-515 g	C9 516-560 g	C8 561-640 g	C7 641-700 g	C6 >701 g
Huertos experimentales							
Las Palmas	180.1 b ^z	179.1 b	5.9 b	3.2 a	4.3 a	4.9 a	0.0
Buenavista	300.0 a	268.0 a	30.7 a	11.3 a	7.0 a	5.2 a	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0001	0.0003	0.1092	0.5110	0.7672	
Tratamientos de fertilización							
Normal	262.6 a	246.6 a	23.2 ab	7.6 a	5.5 a	5.2 a	0.0
Alta	241.3 b	229.1 a	16.2 b	10.0 a	7.8 a	0.0	0.0
Testigo	216.2 c	195.8 b	33.5 a	13.4 a	8.9 a	5.0 a	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0002	0.0003	0.0334	0.4063	0.4554	0.6480	

^zMedias con la misma literal en la columna, para huertos o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*= 0.05).

El IAP de las cosechas 2011-2012 no mostró una respuesta clara entre tratamientos. Su magnitud fue de 26%, 27% y 20% para las dosis normal, alta y testigo, respectivamente.

‘Tommy Atkins’. En 2011 se registró mayor producción total (188.8 kg·árbol⁻¹) y de tamaño de fruto mediano C12 (177.6 kg·árbol⁻¹) que en 2012 (86.5 kg·árbol⁻¹) (Cuadro 8). Sin embargo, en 2012 el tamaño del fruto fue mayor (C10= 33.3 kg·árbol⁻¹) que en 2011 (19.0 kg·árbol⁻¹). Respecto a los tratamientos de fertilización, la dosis Alta mostró la mayor producción total (186.9 kg·árbol⁻¹) y frutos de menor tamaño C12 (151.7 kg·árbol⁻¹); la dosis normal tuvo un comportamiento productivo similar al testigo.

‘Tommy Atkins’. In 2011 higher overall yield (188.8 kg·tree⁻¹) and C12 medium fruit size (177.6 kg·tree⁻¹) were recorded *versus* 2012 (86.5 kg·tree⁻¹) (Table 8). However, in 2012 fruit size was higher (C10= 33.3 kg·tree⁻¹) than in 2011 (19 kg·tree⁻¹). Regarding fertilization treatments, the high dose showed the highest overall yield (186.9 kg·tree⁻¹) and smaller C12 fruit (151.7 kg·tree⁻¹); the normal dose had a productive performance similar to the control.

Regarding cumulative fruit yield, Chacala orchard scored the highest yield (348.4 kg·tree⁻¹) and C12 (medium) and C8 (large) fruit size (308.0 and 22.8 kg·tree⁻¹, respectively)

Cuadro 8. Influencia del año y la fertilización sobre la producción y tamaño de fruto en el cv. Tommy Atkins. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. Cosechas obtenidas en 2011 y 2012. Huertos Las Palmas y Chacala. El área transversal del tronco 2010 fue usada como covariable.

Table 8. Influence of year and fertilization on yield and fruit size in the cv. Tommy Atkins. Fertilization in summer 2010 and 2011. Harvests in 2011 and 2012. Chacala and Las Palmas Orchards. The 2010 trunk cross-sectional area was used as a covariate.

	Producción (kg·árbol ⁻¹)	Producción según el tamaño de fruto (kg·árbol ⁻¹)					
		C12 366-435 g	C10 436-515 g	C9 516-560 g	C8 561- 640 g	C7 641-700 g	C6 >701 g
Años de evaluación							
2011	188.8 a ^z	177.6 a	19.0 b	9.3 a	0.0	0.0	0.0
2012	135.0 b	86.5 b	33.3 a	15.4 a	0.0	0.0	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0659			
Tratamientos de fertilización							
Normal	156.8 b	126.0 b	28.0 ab	11.5 a	0.0	0.0	0.0
Alta	186.9 a	151.7 a	34.7 a	18.8 a	0.0	0.0	0.0
Testigo	144.1 b	120.3 b	22.3 b	12.8 a	0.0	0.0	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0001	0.0039	0.1031			

^zMedias con la misma literal en la columna, para años o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

Con relación a la producción acumulada de fruto, el huerto Chacala obtuvo la mayor producción (348.4 kg·árbol⁻¹) y tamaño de fruto C12 (mediano) y C8 (grande) (308.0 y 22.8 kg·árbol⁻¹, respectivamente) (Cuadro 9). Por su parte, Las Palmas mostró mayor producción de fruto grande C10 (54.6 kg·árbol⁻¹) y C9 (19.7 kg·árbol⁻¹), comparado con el huerto de Chacala. El efecto de los tratamientos de fertilización fue observado como mayor producción acumulada (359.7 kg·árbol⁻¹) en la dosis Alta, así como mayor producción tanto de fruto mediano C12 (288.1 kg·árbol⁻¹), como de fruto grande C10 (52.0 kg·árbol⁻¹).

(Table 9). Meanwhile, Las Palmas showed higher yield of C10 large fruit (54.6 kg·tree⁻¹) and C9 (19.7 kg·tree⁻¹) compared to Chacala orchard. Fertilization treatment effect was observed as increased cumulative yield (359.7 kg·tree⁻¹) in the high dose, as well as increased yield of both C12 medium fruit (288.1 kg·tree⁻¹), and C10 large fruit (52 kg·tree⁻¹).

The ABI was 28%, 16% and 24% for normal, high and control dose respectively. However, it is still premature to define a clear trend.

Cuadro 9. Influencia del huerto y la fertilización sobre la producción acumulada 2011 y 2012 y tamaño del fruto en el cv. Tommy Atkins. Fertilización aplicada en verano 2010 y 2011. El área transversal del tronco 2010 fue usada como covariable.

Table 9. Influence of orchard and fertilization on the 2011 and 2012 cumulative yield and fruit size in the cv. Tommy Atkins. Fertilization in summer 2010 and 2011. The 2010 trunk cross-sectional area was used as a covariate.

	Producción acumulada (kg·árbol ⁻¹)	Producción acumulada según el tamaño de fruto (kg·árbol ⁻¹)					
		C12 366-435 g	C10 436-515 g	C9 516-560 g	C8 561- 640 g	C7 641-700 g	C6 >701 g
Huertos experimentales							
Las Palmas	290.0 b ^z	209.2 b	54.6 a	19.7 a	11.1 b	11.7 a	0.0
Chacala	348.4 a	308.0 a	28.2 b	12.2 b	22.8 a	15.6 a	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0313	0.0017	0.4846	
Tratamientos de fertilización							
Normal	309.7 b	248.7 b	42.0 ab	15.8 a	15.0 a	18.0 a	0.0
Alta	359.7 a	288.1 a	52.0 a	21.8 a	14.6 a	5.7 a	0.0
Testigo	288.2 b	237.5 b	30.7 b	14.2 a	11.7 a	13.1 a	0.0
<i>Pr</i> > F	0.0001	0.0012	0.0053	0.1632	0.5746	0.1713	

^zMedias con la misma literal en la columna, para huertos o tratamientos, son estadísticamente iguales (Waller-Duncan, *p*=0.05).

El IAP fue de 28%, 16% y 24% para las dosis normal, alta y testigo, respectivamente. Sin embargo, todavía es prematuro precisar una tendencia clara.

Discusión

El efecto de la fertilización sobre las características del suelo evaluadas no fue consistente. En los huertos de 'Kent' no se detectó efecto sobre el pH, mientras que en los de 'Tommy Atkins' incrementó la acidez. De acuerdo con lo señalado por Salazar-García (2002) el pH del suelo está influenciado por diversos factores entre los que destaca la precipitación pluvial. En la zona donde está establecido 'Tommy Atkins' (Chacala) las precipitaciones anuales suelen ser mayores (1,143 mm promedio 2010-2012) que en la región donde está ubicado 'Kent' (Buenavista), con 804.7 mm (SEMAG, 2013). La percolación del agua de lluvia a través del suelo arrastra (lixivia) nutrientes básicos como el Ca y Mg, los cuales son reemplazados por elementos ácidos como Al, H y Mn. Por lo tanto, los suelos de áreas lluviosas son en general más ácidos que los de zonas áridas.

En ambos huertos el pH varió de 4.7 a 6.5, el cual se ubica dentro de los límites en los que prospera el mango (Galán-Sauco, 1999; Castellanos *et al.*, 2000). Algo notorio fue el incremento en los niveles de nutrientes en el suelo debido a la fertilización, siendo mayor con la dosis alta. Algunos nutrientes se acumularon más que otros; posiblemente debido a las variaciones del muestreo, la probable fijación por el suelo y a que los árboles toman con mayor rapidez los nutrientes que más demandan. Resultó claro que la fertilización aumentó la disponibilidad de nutrientes en el suelo, contribuyendo a mejorar y/o mantener su fertilidad.

La fertilización de sitio específico no incrementó el volumen de copa ni el área transversal del tronco en los árboles de 'Tommy Atkins'. Esta respuesta puede ser debida a la práctica de poda en poscosecha, que mantiene al volumen de la copa bajo control, así como al hecho que inicialmente la mayoría de los nutrientes aplicados se encontraban deficientes en el suelo. Entonces, conforme se fueron aplicando los fertilizantes el árbol tomó los nutrientes y los transportó a los sitios de mayor demanda, como flores, ramas, frutos y raíces. En el caso de 'Kent' el testigo presentó mayor incremento en el área transversal del tronco, comparado con las dosis normal y alta. Esto pudo deberse a la mayor producción en el tratamiento de dosis alta; sin embargo, es necesario esperar más cosecha antes de llegar a una conclusión válida.

Discussion

The effect of fertilization on the evaluated soil characteristics was not consistent. In 'Kent' orchards no pH effect was detected, while in the 'Tommy Atkins' ones, acidity increased. According to Salazar-García (2002) soil pH is influenced by several factors among which rainfall stand out. In the 'Tommy Atkins' area (Chacala), annual rainfall is usually higher (1 143 mm 2010-2012 average) than in 'Kent' area (Buenavista), with 804.7 mm (SEMAG, 2013). Rainwater percolation through the soil leaches basic nutrients like Ca and Mg, which are replaced by acidic elements such as Al, H and Mn. Therefore, soils in rainy areas are more acidic than in the arid ones.

In both orchards the pH ranged from 4.7 to 6.5, within the limits in which mango thrives (Galán-Sauco, 1999; Castellanos *et al.*, 2000). Soil nutrient levels increased remarkably due to fertilization, being higher at the high dose. Some nutrients accumulated more than others, possibly by sampling variations, by fixation in the soil, and since trees quickly uptake those nutrients in greatest demand. It became clear that fertilization increased nutrients availability in the soil, helping to improve and/or maintain their fertility.

Site-specific fertilization neither increased canopy volume nor trunk cross sectional area in 'Tommy Atkins'. This response may be due to the post-harvest pruning practice, which controls canopy volume, and the fact that most of the initially applied nutrients were deficient in the soil. Then as the fertilizer was applied, nutrients were absorbed and translocated by the tree to sites of stronger demand, such as flowers, branches, fruits and roots. In 'Kent' the control showed greater increase in trunk cross-sectional area compared to normal and high doses. This could be due to increased yield in the high dose treatment, but it will take more harvests before reaching a definitive conclusion.

There was little information available on fertilization effects on mango tree growth. In the cv. Dusheri soil application of ZnSO₄ (0.5, 1, 2 kg·tree⁻¹) also did not increase trunk diameter or canopy volume relative to the control (Bahadur *et al.*, 1998). However, another

No se encontró mucha información sobre el efecto de la fertilización sobre el crecimiento de los árboles de mango. En el cv. Dusheri la aplicación al suelo de $ZnSO_4$ (0.5, 1.0, 2.0 kg·árbol⁻¹) tampoco incrementó el diámetro del tronco o el volumen de la copa, respecto al testigo (Bahadur *et al.*, 1998). Sin embargo, en otro estudio se encontró que la aplicación anual por árbol de 1 kg N, 2 kg P_2O_5 y 1 kg K_2O en mango 'Langra' incrementó la longitud de brotes y el número de hojas (Syamal y Mishra, 1988).

Dos años después de iniciada la presente investigación se detectó poco efecto de la fertilización sobre la concentración foliar de los nutrientes aplicados. En el caso de 'Kent' sólo se incrementaron los niveles foliares de S, Mn y B y en 'Tommy Atkins' los de N, Fe, Zn, B. La falta de respuesta rápida a la fertilización, juzgada por los concentraciones foliares de nutrimentos, parece ser común en frutales leñosos. Al evaluar el efecto de la fertilización al suelo con Zn o B en aguacate 'Hass', se encontraron cambios en las concentraciones foliares de estos nutrimentos a los tres y cuatro años después del inicio de su aplicación anual. Los autores mencionados indicaron que esta respuesta pudo ser debida a la deficiencia aguda en que se encontraban los árboles y en consecuencia los nutrientes pudieron haber sido transportados a sitios de demanda (flores, frutos y ramillas), así como los sitios de reserva (ramas, tronco y raíces). Una vez cubierto esto, los niveles foliares nutrimentales empezaron a reflejar el efecto de los niveles de los nutrientes aplicados.

Algunos trabajos han mostrado efectos de la fertilización sobre los niveles nutrimentales foliares al segundo año de su aplicación, como ocurrió con el mango 'Zihuaman' en alta densidad (855 plantas/ha), donde la fertilización con N, P, K, Mg y S incrementó los niveles foliares de K, Mg y S pero no los de N y P (Xiuchong *et al.*, 2001). Un estudio con el cv. Dusheri mostró que la aplicación de $ZnSO_4$ (0.5 a 2 kg·árbol⁻¹) incrementó la concentración foliar de Zn a los 60 días de la aplicación y se mantuvo por 300 días. A diferencia de los estudios mencionados los resultados de la presente investigación corresponden a huertos sin riego, en donde más de 80% de la lluvia anual ocurre de julio a septiembre; posteriormente, la humedad del suelo declina limitando no sólo el acceso de nutrientes a la raíz, sino el mismo crecimiento de la raíz (Salazar-García *et al.*, 1993). Los cambios en la concentración nutrimental foliar en aguacate 'Hass' sin riego también han sido encontrados hasta después de varios años (Salazar-García *et al.*, 2008; Cossio-Vargas *et al.*, 2009; Salazar-García *et al.*, 2009).

En los dos cultivares de mango la producción promedio de fruto fue mayor en 2011 que en 2012. Al calcular el IAP, éste fue similar para 'Kent' y 'Tommy Atkins', 24% y 23%,

study found that annual application per tree of 1 kg N, 2 kg P_2O_5 and 1 kg K_2O in 'Langra' mango increased shoot length and number of leaves (Syamal and Mishra, 1988).

Two years after starting our research, little fertilization effect was detected on foliar concentration of the applied nutrients. In 'Kent' only foliar levels of S, Mn and B increased and in 'Tommy Atkins' those of N, Fe, Zn and B. The lack of quick response to fertilization, judged by nutrients foliar concentrations, appears to be common in woody fruit trees. After soil fertilization with Zn or B in 'Hass' avocado (Salazar-García *et al.*, 2008; Cossio-Vargas *et al.*, 2009), changes were found in foliar concentrations of these nutrients, three and four years after starting the annual application. The above authors suggested that this response could be due to the acute deficiency in the trees and therefore nutrients may have been translocated to demand sites (flowers, fruits and shoots) and reservoir sites (branches, trunk and roots). Once demands were met, the foliar nutrient levels began to show the effect of the applied nutrients.

Some studies have shown fertilization effects on foliar nutrient levels in the second year of its implementation, as with the 'Zihuaman' mango at high density (855 plants·ha⁻¹), where fertilization with N, P, K, Mg and S increased foliar K, Mg and S but not N and P levels (Xiuchong *et al.*, 2001). A study with cv. Dusheri showed that $ZnSO_4$ application (0.5 to 2 kg·tree⁻¹) increased foliar Zn concentration 60 days after application and stayed for 300 days. Unlike the above studies, results from our research come from rainfed orchards, where over 80% annual rainfall occurs from July to September, after which soil moisture declines, limiting nutrients access to the root, and also root growth (Salazar-García *et al.*, 1993). Changes in foliar nutrient concentration in rainfed 'Hass' avocado have also been found until several years later (Salazar-García *et al.*, 2008; Cossio-Vargas *et al.*, 2009; Salazar-García *et al.*, 2009).

In both mango cultivars the average fruit yield was higher in 2011 than in 2012. The ABI values were similar for 'Kent' and 'Tommy Atkins', 24% and 23%, respectively. Fertilization treatments showed no effect on ABI. This confirms the need for more yield data as alternate bearing is a common phenomenon in mango (Chacko, 1986).

respectivamente. Los tratamientos de fertilización no han mostrado efecto sobre el IAP. Esto confirma la necesidad de más datos de producción ya que la alternancia productiva, es un fenómeno común en mango (Chacko, 1986).

De acuerdo con lo encontrado por Salazar-García *et al.* (2009) en aguacate y Xiuchong *et al.* (2001) en mango, en la presente investigación el enfoque de FSE resultó apropiado para mejorar la producción de mango en Nayarit. En el cv. Kent la mayor producción de fruto fue obtenida con la dosis Normal ($138.2 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) que consistió en la aplicación (según el huerto) anual por árbol de: 678-794 g N, 243-270 g P_2O_5 , 259-325 g K_2O , 37-66 g Mg, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn y 9-17 g B. Para el cv. Tommy Atkins la mayor producción se obtuvo con la dosis alta ($186.9 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) con la aplicación de: 548-604 g N, 219-328 g P_2O_5 , 455-572 g K_2O , 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn y 27-47 g B por árbol. En ambos casos, se adicionó cal o yeso según el análisis de suelo.

En Nayarit el rendimiento promedio para el 2011 en 'Kent' fue de $12.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y en 'Tommy Atkins' de $12.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SAGARPA-SIAP, 2013). No obstante que no se superó la meta de rendimiento empleada para el cálculo de los tratamientos de FSE ($20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), los rendimientos promedio fueron de $13.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ('Kent') y $18.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ('Tommy Atkins') los cuales fueron superiores a lo registrado para estos cultivares en Nayarit. Algo que merece más seguimiento es el efecto que tiene el incremento en la producción sobre el tamaño del fruto.

Conclusiones

La fertilización de sitio específico no incrementó el crecimiento (volumen de copa y área transversal del tronco) de los árboles. De los nutrientes aplicados, sólo se incrementaron los niveles foliares de S, Mn y B ('Kent') y los de N, Fe, Zn, B ('Tommy Atkins'). En 'Kent' la mayor producción de fruto fue obtenida con la dosis normal ($138.2 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) con la aplicación (según el huerto) anual por árbol de: 678-794 g N, 243-270 g P_2O_5 , 259-325 g K_2O , 37-66 g Mg, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn y 9-17 g B. En 'Tommy Atkins' correspondió a la dosis alta ($186.9 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) con la aplicación de: 548-604 g N, 219-328 g P_2O_5 , 455-572 g K_2O , 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn y 27-47 g B por árbol.

According to Salazar-García *et al.* (2009) findings in avocado and Xiuchong *et al.* (2001) in mango, in our research, SSF approach was appropriate for improving mango yield in Nayarit. In the cv. Kent the largest fruit yield ($138.2 \text{ kg} \cdot \text{tree}^{-1}$) was obtained for normal dose *i.e.* the annual application (as per orchard) per tree of: 678-794 g N, 243-270 g P_2O_5 , 259-325 g K_2O , Mg 37-66 g, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn and 9-17 g B. For the cv. Tommy Atkins the highest yield was obtained for high dose ($186.9 \text{ kg} \cdot \text{tree}^{-1}$) by applying: 548-604 g N, 219-328 g P_2O_5 , 455-572 g K_2O , 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn and 27-47 g B per tree. In both cases, lime or gypsum was added according to the soil analysis.

In Nayarit 'Kent' averaged $12.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in 2011 and 'Tommy Atkins' $12.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SAGARPA-SIAP, 2013). Although the yield goal used to calculate SSF treatments was not exceeded ($20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), average yields were $13.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ('Kent') and $18.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ('Tommy Atkins') which were higher than those reported for these cultivars in Nayarit. The effect of increased yield on fruit size requires further monitoring.

Conclusions

The site-specific fertilization did not increase growth of trees (canopy volume and trunk cross-sectional area). From the applied nutrients, only foliar levels of S, Mn and B ('Kent') and N, Fe, Zn and B ('Tommy Atkins') increased. In 'Kent' the highest fruit yield was obtained for normal dose ($138.2 \text{ kg} \cdot \text{tree}^{-1}$) *i.e.* annual application per tree (as per orchard): 678-794 g N, 243-270 g P_2O_5 , 259-325 g K_2O , 37-66 g Mg, 12-47 g Fe, 7-40 g Mn, 5-6 g Zn and 9-17 g B. In 'Tommy Atkins' this was accomplished by the high dose ($186.9 \text{ kg} \cdot \text{tree}^{-1}$) with the application of: 548-604 g N, 219-328 g P_2O_5 , 455-572 g K_2O , 45-70 g Mg, 33-58 g Fe, 15-35 g Mn, 6-12 g Zn, and 27-47 g B per tree.

End of the English version



Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del INIFAP, Fondo Mixto CONACYT- Gobierno del estado de Nayarit y CONACYT-FORDECYT, así como el apoyo técnico de José González-Valdivia, Sergio Álvarez-López y de los productores de mango Elías Montoya-Bugarín (Las Palmas), Obdulia Contreras-Estrada (Chacala) y Santos Ramos-Huerta (Buenavista) por facilitar sus huertos para esta investigación.

Literatura citada

- Bahadur, L.; Malhi, C. S. and Singh, Z. 1998. Effect of foliar and soil applications of zinc sulphate on zinc uptake, tree size, yield, and fruit quality of mango. *USA. J. Plant Nutr.* 21(3):589-600.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle-Bueno, J. X. y Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. Segunda Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. INCAPA. Estado de México. México. 226 p.
- Chacko, E. K. 1986. Physiology of vegetative and reproductive growth in mango (*Mangifera indica* L.) trees. *In: Proc. First Australian mango workshop group.* Queensland. CSFRO. Melbourne, Australia. 64 p.
- Chávez-Contreras, X.; Vega-Piña, A.; Tapia-Vargas, L. M. y Miranda-Salcedo, M. A. 2001. Mango, su manejo y producción en el trópico seco de México. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Libro técnico Núm. 1. Michoacán. México. 58 p.
- Cossio-Vargas, L. E.; Salazar-García, S. y González-Durán, J. L. 2009. Respuesta del aguacate 'Hass' a la fertilización con boro en huertos sin riego. *In: Memorias III Congreso Latinoamericano del Aguacate.* Medellín, Colombia. Colombia. 11-13 noviembre 2009. 4-17 pp.
- EMEX, A. C. 1998. Norma de calidad para mango fresco de exportación. Empacadoras de mango de exportación A. C., CIAD, A. C. Zapopan, Jalisco, México.
- Galán-Sauco, V. 1999. El cultivo del mango. (Eds.) Mundi-Prensa. Madrid. España. 191-194 pp.
- García, E. 1998. Clasificación de Köppen, modificado por García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 'climas'. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/clima1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc.html.xsl&_indent=no. (consultado noviembre, 2010).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1999. Carta Edafológica del estado de Nayarit. Dirección General de Geografía. 2ª (Ed.). Escala 1: 50 000. Aguascalientes, Aguascalientes. México.
- Ortega-Arreola, R.; Díaz-González, G. y Macías-González, J. L. 1993. Guía para producir mango en la Costa de Jalisco. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Costa de Jalisco. La Huerta, Jalisco. México. Folleto para productores Núm. 4. 23 p.
- Pearce, S. C. and Dobersek-Urbanc, S. 1967. The measurement of irregularity in growth and cropping. United Kingdom. *J. Hort. Sci.* 42:295-305.
- Ríos, R. y Corella, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. XI. *In: Congreso Nacional Agronómico-III Congreso Nacional de Suelos.* Costa Rica. 277-290 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Cierre de la producción agrícola 2011 por Estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=35. (consultado marzo, 2013).
- Salazar García, S.; Ramírez Murillo, P. E. y Gómez Aguilar, R. 1993. Desarrollo radical de portainjertos de mango en función del cultivar injertado, la edad del árbol y la textura del suelo. *Rev. Fitotec. Mex.* 16:12-20.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición de aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, Querétaro. México. 165 p.
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E. y González-Durán, I. J. L. 2008. Corrección de la deficiencia crónica de zinc en aguacate 'Hass'. México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14:153-159.
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E. y González-Durán, I. J. L. 2009. La Fertilización de sitio específico mejoró la productividad del aguacate 'Hass' en huertos sin riego. México. *Agric. Téc. Méx.* 35(4):439-448.
- Salazar-García, S.; González-Durán, I. J. L.; Álvarez-Bravo, A. y González-Valdivia, J. 2011. Sistema para el diagnóstico nutrimental foliar de los mangos 'Ataufo', 'Kent' y 'Tommy Atkins' en Nayarit, México. Programa de cómputo. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. <http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/nutricionmangonayarit.php>. (consultado octubre, 2011).
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2002. SAS user's guide. User's Guide, Version 9, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Int., Cary, N.C. USA.
- Sistema Estatal de Monitoreo Agro-Climático (SEMAC). 2013. (<http://www.climanayarit.gob.mx/>). (consultado agosto, 2013).
- Syamal, M. M. and Mishra, K. A. 1988. Effect of NPK on growth, flowering, fruiting and quality of mango. Belgium. *Acta Hort.* 231:276-281.
- Tucuch-Cauich, F. M.; Palacios-Pérez, A.; Ku-Naal, R. y Guzmán-Estrada, C. 2005. Manejo del cultivo de mango en el Estado de Campeche. INIFAP. CIR-Sureste. Campo Experimental Edzná. Folleto técnico S/N. Campeche, Campeche. México. 45 p.
- Vega, V. E. y Molina, E. 1999. Fertilización nitrogenada en el cultivo de mango var. Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica. *Costa Rica. Agronomía Costarricense.* 23(1):37-44.
- Xiuchong, B. Z.; Guojian, L.; Jianwu, Y.; Shaoying, A. and Lixian, Y. 2001. Balanced fertilization on mango in Southern China. USA. *Better Crops International* 15(2):16-20.