

# Potassium doses on fruit production and nutrition of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer

Dosis de potasio en la producción y nutrición de mango  
(*Mangifera indica* L.) cv. Palmer

Dose de potássio na produção e nutrição de manga  
(*Mangifera indica* L.) cv. Palmer

Italo Herbert Lucena Calvacante, Augusto Miguel Nascimento  
Lima, Marcio Alvas Carneiro, Marcos Sales Rodriguez y Roberto  
Lustosa Silva

Federal University of São Francisco Valley, Campus of Agricultural  
Sciences, Chair of Fruit Production, Petrolina, Pernambuco State, Brazil.

## Abstract

Mango (*Mangifera indica* L.) is an economically important crop for Brazil, especially grown in São Francisco River Valley, with high demand on potassium (K) for high fruit quality and yields, but an adequate fertilizing management for K has not been defined yet and accepted by researchers as a standard. Thus, an experiment was conducted from 2013 to 2014 to evaluate the fruit production and potassium foliar concentrations of mango cv. Palmer under fertigation with five potassium chloride doses in São Francisco Valley, Brazil. The experimental design consisted of randomized blocks with treatments defined as five potassium doses (150, 225, 281, 300 and 450 g·plant<sup>-1</sup> of KCl), with four replications of five plants in each parcel. The fruit production, fruit yield and number of commercial fruits, and leaf potassium concentrations of mango cv. Palmer were recorded. The fruit production and the potassium foliar concentration of mango cv. Palmer depended on potassium chloride dose applied through fertigation. Under the soil, climate and plant conditions of this study, 225 g·plant<sup>-1</sup> of KCl through fertigation could be recommended for the production of mango cv. Palmer.

**Key words:** *Mangifera indica*, fruit yield, potassium chloride, Brazil.

---

Recibido el 13-04-2016 • Aceptado el 03-10-2016

\*Autor de correspondencia e-mail: italo.cavalcante@univasf.edu.br

## Resumen

El mango (*Mangifera indica* L.) es un cultivo de importancia económica en Brasil, especialmente en el Valle de São Francisco, con alta demanda de potasio (K) para una alta calidad y producción de frutos, pero el manejo adecuado de este nutriente aun no alcanza un consenso en la comunidad científica. En este sentido, se realizó un experimento en 2013 y 2014 para evaluar la producción de frutos y la concentración foliar de potasio en plantaciones de mango cv. Palmer bajo fertirrigación, con cinco dosis de cloruro de potasio en el Valle de São Francisco, Brasil. El diseño experimental fue de bloques al azar con cinco tratamientos, que consistieron en diversas dosis de cloruro de potasio (150, 225, 281, 300 y 450 g-planta<sup>-1</sup> de KCl), con cuatro repeticiones y cinco plantas por parcela. Las variables evaluadas fueron la producción de frutos, el rendimiento por planta, el número de frutos comerciales y la concentración de potasio foliar en mango cv. Palmer. La producción de frutos y la concentración de potasio foliar en mango cv. Palmer fueron influenciados por los niveles de cloruro de potasio aplicados por fertirrigación. Bajo las condiciones del clima, el suelo y el genotipo en la que se realizó el estudio, se podría recomendar la fertirrigación con 225 g-planta<sup>-1</sup> de KCl para la producción de mango cv. Palmer.

**Palabras clave:** *Mangifera indica*, productividad, cloruro de potasio, Brasil.

## Resumo

Manga (*Mangifera indica* L.) é uma cultura importante economicamente no Brasil, especialmente crescendo no Vale do São Francisco, com alta demanda por potássio (K) de alta qualidade e produção de frutos, mas a gestão adequada deste nutriente ainda não chegou a um consenso na comunidade científica. Neste sentido, um experimento foi conduzido em 2013 e 2014 para avaliar a produção e concentração de potássio em frutas e folha na manga cv. Palmer, sob fertirrigação com cinco doses de cloreto de potássio no Vale do São Francisco, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos, que consistiram de várias doses de cloreto de potássio (150, 225, 281, 300 e 450 g-planta<sup>-1</sup> KCl), com quatro repetições e cinco plantas por parcela. As variáveis avaliadas foram a produção de frutos, produção por planta, a concentração de potássio em frutas e folhas comercial na manga cv. Palmer. A produção e concentração de potássio frutas e folhas em manga cv. Palmer foram influenciados pelos níveis de cloreto de potássio via fertirrigação. Sob as condições de clima, solo e do genótipo que se submeteram ao estudo poderia recomendar fertirrigação com 225 g-planta<sup>-1</sup> KCl para a produção de manga cv. Palmer.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica*, produtividade, cloreto de potássio, Brasil.

## Introduction

In São Francisco Valley 250,000 t of mangoes have been produced every year and 125,000 t exported for others countries, a statistics that contribute to Brazil be the main worldwide mango exporter country with almost 10% of mango fresh fruit world market (FAO, 2014).

Adversely, despite the economic importance of mango crop for São Francisco Valley and for Brazil, an adequate fertilizing management for potassium has not been defined yet and accepted by researchers as a standard for high fruit quality and yields (Genú and Pinto, 2002), especially for different mango cultivars, including cv. Palmer which cultivated area has been extended in São Francisco Valley during last years.

Potassium (K) has not structural function in plants, but it is crucial for photosynthesis, plant respiration and solute translocations (Marschner, 2012). Specifically for mango plant, potassium has been an important nutrient for initial fruit formation (Ganeshamurthy *et al.*, 2011). In addition, K has been recognized as a quality element which improves major quality parameters of mango fruits such as mesocarp (pulp) sweetness, the edible part size of mango fruit; it increased total soluble solids content and it decreased fruit titratable acidity (Römheld and Kirby, 2010).

In the scientific literature it is possible to find research articles around the world that studied the effects of potassium fertigation on mango crop (Sivakumar *et al.*, 2011,

## Introducción

En el Valle de São Francisco se producen cada año 250.000 t de mango y se han exportado 125.000 t a otros países, una estadística que convierte a Brasil como el principal país exportador de mango en todo el mundo, cubriendo casi el 10% del mercado mundial de mango (FAO, 2014).

Sin embargo, aun cuando la importancia económica que conlleva el cultivo de mango para el Valle de São Francisco y para Brasil, todavía no se ha definido un manejo adecuado de la fertilización de potasio aceptado por los investigadores como un estándar para la calidad del fruto y su rendimiento (Genú y Pinto, 2002), especialmente para los diferentes cultivares de mango, incluyendo el cv. Palmer, cuya área cultivada se ha extendido en el Valle de São Francisco durante los últimos años.

El potasio (K) no tiene ninguna función estructural en las plantas pero es crucial para la fotosíntesis, la respiración de la planta y la translocación de los solutos (Marschner, 2012). En las plantas de mango el potasio es fundamental para la formación inicial del fruto (Ganeshamurthy *et al.*, 2011). Además, el K ha sido reconocido como un elemento que interviene en la calidad, el cual mejora las variables de calidad importantes del mango como el dulzor del mesocarpio (pulpa), el tamaño de la parte comestible del fruto, incremento del contenido de sólidos solubles totales y disminución de la acidez del fruto (Römheld y Kirby, 2010).

Es posible encontrar artículos de investigación que han señalado los

Bhriuvanshi *et al.*, 2012). This huge difference between the K fertigation schedule, especially in Brazil, justify research projects, specifically for each mango cultivar aiming the mango production with adequate amounts of K fertilizer especially KCl, the most used K source among Brazilian mango farmers that could cause chloride toxic effects. Such research projects contribute for profitability and sustainability of mango crop.

Fertigation systems has been used for fertilizing management of some fruit crops (including mango), improving fertilizer use efficiency (Barbosa *et al.*, 2016). Several fertilizers can be provided through fertigation, including biofertilizers (Galbiatti *et al.*, 2011) that increases the availability and uptake of mineral nutrients for plants.

Hence, the present study aimed to evaluate the fruit production and potassium foliar concentrations of mango plants (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer under fertigation with five potassium chloride doses in São Francisco Valley, Brazil.

## Material and methods

### Plant material and growth conditions

Mango (*M. indica*) plants cv. Palmer with uniform size and vigor, that were 11 years old, were used in this study. The study was conducted from 2013 to 2014 in an experimental orchard located in Herculano Agrícola farm in Casa Nova County (09°11' S and 41°59' W; at an altitude of 400.3 masl), Bahia state, Brazil.

efectos del fertirriego con potasio en el cultivo de mango (Sivakumar *et al.*, 2011, Bhriuvanshi *et al.*, 2012). Esta enorme diferencia entre la programación de la fertirrigación de K, especialmente en Brasil, justifica los proyectos de investigación para cada cultivar de mango con el objetivo de la producción en cantidades adecuadas de K, especialmente de KCl, la fuente de K más usada entre los agricultores brasileños que cultivan mango y que podría causar efectos tóxicos por la presencia de cloruro. Tales proyectos de investigación contribuyen en la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de mango.

Los sistemas de fertirrigación se han utilizado para el manejo de la fertilización en algunos cultivos de fruta (como el mango) y para mejorar la eficiencia del uso del fertilizante (Barbosa *et al.*, 2016). Varios fertilizantes, incluyendo los biofertilizantes, pueden ser proporcionados a través de la fertirrigación (Galbiatti *et al.*, 2011) aumentando la disponibilidad y absorción de nutrientes minerales en las plantas.

Por lo tanto, el presente estudio evaluó la producción de frutos y la concentración foliar de potasio en plantas de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer bajo fertirrigación con cinco dosis de cloruro de potasio en el Valle de São Francisco, Brasil.

## Materiales y métodos

### Material vegetal y condiciones de crecimiento

En este estudio se utilizaron plantas de mango (*M. indica*) cv.

The chemical characteristics of the soil developed for the experiment are showed in Table 1. During the execution of the experiment the average air temperature and air humidity registered were 26.66 °C and 61.44%, respectively.

The plants, spaced with 7 m between the rows and 7 m between the plants, were daily irrigated (micro sprinkler) with one emitter per plant, for a flow of 60 L·h<sup>-1</sup>. All management practices such as pruning, control of weeds, pests and diseases, plant growth regulators for gibberellin inhibition (Cultar®) and break dormancy (calcium nitrate) were performed following the instructions of Genú and Pinto (2002). The nutrient management was performed through a fertigation system, according to soil analysis (table 1) and plant demand (Silva, 2009).

Palmer con tamaño uniforme, de 11 años de edad. El estudio se realizó durante el 2013 y 2014 en un huerto experimental en la Hacienda Agrícola Herculano, en el municipio Casa Nova (09°11' S y 41°59' O; a una altitud de 400,3 msnm), estado de Bahía, Brasil.

En el cuadro 1 se observan las características químicas del suelo. Durante el experimento la temperatura media y la humedad del aire registradas fueron de 26,66 °C y 61,44%; respectivamente.

Las plantas, espaciadas 7 m entre hileras y 7 m entre plantas, se regaron diariamente (micro aspersión) usando un emisor por planta para un flujo de 60 L·h<sup>-1</sup>. Todas las prácticas de manejo como poda, control de malezas, plagas y enfermedades, reguladores de crecimiento para la inhibición de la giberelina (Cultar®) y reguladores vegetativos (nitrato

**Table 1. Chemical characteristics of the soil (0-40 cm soil depth) where the experiment was carried out.**

**Cuadro 1. Características químicas del suelo (profundidad del suelo de 0-40 cm) donde se llevó cabo el experimento.**

EC <sub>se</sub>	OM	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
dS·m <sup>-1</sup>	g·kg <sup>-1</sup>		mg·dm <sup>-3</sup>		cmol·dm <sup>-3</sup>		
0.30	19.00	6.5	36.00	0.32	4.3	1.2	0.05
H+Al	CEC	Al <sup>3+</sup>	V	Cu	Fe	Mn	Zn
	cmol·dm <sup>-3</sup>		%		mg·dm <sup>-3</sup>		
0.96	6.83	0.00	86.00	0.60	3.10	33.00	49.80

EC<sub>se</sub>: Electrical conductivity of the saturation extract; P, K: Mehlich 1; H + Al: calcium acetate (extractor) 0.5 M, pH 7; Al, Ca, Mg: KCl 1 M extractor; CEC: cationic exchangeable capacity; OM: organic matter (Silva, 2009).

## Treatments and experimental design

The experimental design consisted of randomized blocks with treatments defined as five potassium doses (150, 225, 281, 300 and 450 g·plant<sup>-1</sup> of KCl), with four blocks and five plants in each parcel.

### Data gathered

According to recommendations of Silva (2009) leaf samples were collected in the middle part of the canopy in branches with flowers to perform the potassium nutritional analysis. Leaves were chemically analyzed after they were washed and rinsed with distilled water and dried at 65 °C until reach constant biomass following methodology described by Malavolta *et al.* (1997). The leaf potassium concentrations were determined by atomic absorption (Silva, 2009).

Commercial fruit production per plant was measured using a Filizola® CF15 brand precision scale (0.5 g of precision) and expressed in kilograms per plant (kg·plant<sup>-1</sup>). Commercial fruits were manually harvested in a single day when they reached the minimum size of 12 cm and harvest maturity which was characterized through pulp color (yellow cream), following the fruit selection parameter recommended by the Brazilian Program for Horticulture Modernization (2004) for commercial farms. After the registration of fruit production per plant the fruit yield (t·ha<sup>-1</sup>) was calculated. The number of commercial fruits (fruits·plant<sup>-1</sup>) was also recorded.

de calcio) se realizaron siguiendo las instrucciones de Genú y Pinto (2002). La administración de nutrientes se llevó a cabo a través de un sistema de fertirrigación, según el análisis del suelo (cuadro 1) y la exigencia de la planta (Silva, 2009).

### Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental consistió en bloques al azar con cinco tratamientos, correspondiente a cinco dosis de potasio definidos como cinco dosis de potasio (150, 225, 281, 300 y 450 g·planta<sup>-1</sup> de KCl) con bloques de cuatro y cinco plantas en cada parcela.

### Recolección de la información

Según las recomendaciones de Silva (2009) las muestras de las hojas se recolectaron de la parte media del dossel, en ramas con flores para realizar el análisis nutricional del potasio. Las hojas se analizaron químicamente, después se lavaron y enjuagaron con agua destilada y secadas a 65°C hasta alcanzar biomasa constante, siguiendo la metodología descrita por Malavolta *et al.* (1997). Las concentraciones de potasio foliar fueron determinadas por absorción atómica (Silva, 2009).

La producción de frutos comerciales por planta se midió usando una balanza de precisión marca Filizola® CF15 (0,5 g de precisión) y se expresó en kilogramos por planta (kg·planta<sup>-1</sup>). Los frutos comerciales se cosecharon manualmente en un solo día cuando alcanzaron el tamaño mínimo de 12 cm y madurez a cosecha, caracterizada por el color del mesocarpo (crema amarilla) y siguiendo los parámetros



### Statistical analysis

Statistical analyses included analysis of variance (ANOVA) and regression analysis of potassium doses using combined data from 2013 and 2014. All calculations were performed using the Sigmaplot 10.0 software, and terms were considered significant at  $P < 0.01$ .

## Results and discussion

### Fruit production

As observed in figure 1, the potassium chloride (KCl) levels significantly affected ( $P < 0.01$ ) the fruit production, fruit yield and number of commercial fruits of mango cv. Palmer. Fruit production ( $\text{kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ ) and fruit yield ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) presented a similar data distribution as a function of chloride potassium doses, as observed in a quadratic adjustment with a minimum fit of 0.96 for fruit production and fruit yield and at a peak at  $225 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$  of KCl (figures 1A and 1B, respectively). Accordingly, from  $150$  to  $225 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$  of KCl, an increase in fruit yield of nearly 28.00% was registered.

The line tendencies contained in the figures 1A and 1B could be explained by the irreplaceable role of potassium in a number of functions in plants. According to Römheld and Kirby (2010) K exerts crucial functions in plants such as it binds to the enzyme surface, changing the enzyme conformation and thus leading to enzyme activation; it was important for protein synthesis since specifically in polypeptide synthesis in the ribosomes and that process requires a high K concentration; ion absorption and

de selección de frutas recomendado por el Programa Brasileño para la Modernización de la Horticultura para Explotaciones Comerciales (2004). Después de realizar el registro de la producción de frutos por planta, se calculó el rendimiento ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). También se registró el número de frutos comerciales ( $\text{frutos} \cdot \text{planta}^{-1}$ ).

### Análisis estadístico

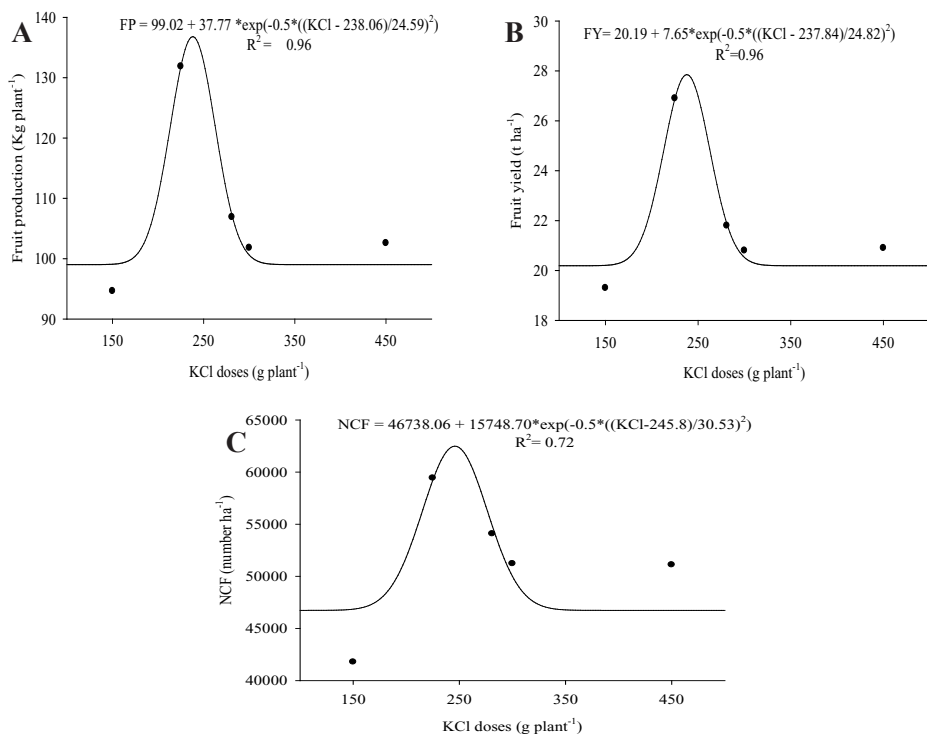
El análisis estadístico incluyó el análisis de varianza (ANOVA) y el análisis de regresión de las dosis de potasio, usando la información de los años 2013 y 2014. Todos los cálculos se realizaron con el software Sigmaplot 10.0 y los valores se consideraron significativos a  $P < 0,01$ .

## Resultados y discusión

### Producción de frutos

Como se observa en la figura 1, los niveles de cloruro de potasio (KCl) afectaron significativamente ( $P < 0,01$ ) la producción de frutos, el rendimiento de los frutos y el número de frutos comerciales de mango cv. Palmer. La producción de frutos ( $\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$ ) y el rendimiento de los frutos ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) tuvieron una distribución similar de la información en función de la dosis de cloruro potásico, se observó un ajuste cuadrático con un mínimo ajuste de 0,96 para la producción de frutos y el rendimiento de los frutos y un pico de  $225 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$  de KCl (figuras 1A y 1B, respectivamente). Por consiguiente, de  $150$  a  $225 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de KCl se registró un aumento en el rendimiento de los frutos de aproximadamente 28,00%.

Las tendencias de las líneas en las figuras 1A y 1B podrían explicarse por



**Figure 1. Fruit production (A), fruit yield (B) and number of commercial fruits - NCF (C) of mango cv. Palmer as a function of chloride potassium (KCl) doses in Brazil.**

**Figura 1. Producción de frutos (A), rendimiento de frutos (B) y número de frutos comerciales - NCF (C) de mango cv. Palmer en función de la dosis de cloruro potásico (KCl) en Brasil.**

transport, because plant membranes are relatively permeable to K due to various selective K channels across the membrane; osmotic function; long-distance transport and photosynthesis and respiration, because potassium ion transport across chloroplast and mitochondrial membranes was related closely to the energy status of plants through its favorable

el insustituible papel del potasio en las plantas. Según Römheld y Kirby (2010) el K ejerce funciones cruciales en las plantas, como por ejemplo, el potasio une la superficie de las enzimas, cambiando la conformación de las enzimas y conduciendo su activación; es importante para la síntesis de proteínas, específicamente en la síntesis del polipéptido de los



influence on photoreduction and photophosphorylation, essentiality for H<sup>+</sup> pumping by the envelope-located ATPase and its favorable effect on CO<sub>2</sub> assimilation. Specifically for fruit retention, Baiea *et al.* (2015) evaluated the effect of different forms of potassium on fruit set, yield as well as fruit quality of Hindi mango trees grown under sandy soil conditions and identified a positive relationship fruit retention percentage and leaf potassium levels, i.e., increasing leaf K concentrations promoted fruit set enhancement.

Although the unquestionable importance of K for plants only small amounts were required relative to the much larger quantities needed to fulfil its role as an osmotic regulator in all cells (Marschner, 2012) that could justify the second lower K dose applied (225 g·plant<sup>-1</sup>) has presented the highest fruit productions (figure 1A) and fruit yield (figure 1B). According to Zörb *et al.* (2014), K excess can promote an ionic stress on plant due to the phytotoxicity of the ions present in high concentrations in the soil solution.

In addition, according to Marschner (2012) a transition from deficiency to sufficiency occurs followed by a region known as luxury consumption in which internal concentration of potassium rises but yield does not rise. On the other hand, it is not a consensus in the scientific literature for K and it is highly affected by soil and climate conditions of the experiments, thus a reason for K fertilizers do not be used as widely as they should be in many

ribosomas, proceso que requiere una alta concentración de K; absorción de iones y el transporte, porque las membranas de las plantas son relativamente permeables a K debido a diversos canales selectivos de K a través de la membrana; función osmótica; transporte interurbano, la fotosíntesis y la respiración, porque el transporte de iones de potasio en el cloroplasto y las membranas mitocondriales se relacionan estrechamente al estado de la energía de las plantas, a través de su influencia favorable en la fotorreducción y fotofosforilación, esencial para el bombeo de H<sup>+</sup> por el envoltorio de la ATPasa y su efecto favorable en la asimilación de CO<sub>2</sub>. Específicamente para la retención de los frutos, Baiea *et al.* (2015) evaluó el efecto de las diferentes formas de potasio en los frutos, en el rendimiento y la calidad de los frutos de mango Hindi cultivados bajo condiciones de suelo arenoso, mencionando una relación positiva en el porcentaje de retención del fruto y los niveles de potasio en las hojas, es decir, el aumento de la concentración de K en la hoja promuevió la mejora del fruto.

Aunque la importancia del K en las plantas es incuestionable, solo se requieren pequeñas cantidades en comparación con las altas cantidades necesarias para cumplir su función como regulador osmótico en todas las células (Marschner, 2012) que podría justificar la segunda dosis inferior de K aplicada (225 g·planta<sup>-1</sup>) con la más alta producción de frutos (figura 1A) y el rendimiento del fruto (figura 1B). Según Zörb *et al.* (2014),

countries in the tropics and subtropics and suggesting that sufficient K has been available from soil reserves to meet the requirements of the crops grown. However, this process of soil mining cannot go on forever without seriously jeopardizing soil fertility and food security, especially for mango that removes at least 6.7 kg of  $K_2O \cdot t^{-1}$  of fruit harvested (Ganeshamurthy *et al.*, 2011).

Independently of the KCl dose applied, the average yield values registered in the present study were higher than Brazilian average official data of 16 t·ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014). Whether compared to the values quoted in the scientific literature all averages contained in figure 1B were higher than 10.5 t·ha<sup>-1</sup> of Pleguezuelo *et al.* (2012) in Spain and 6.40 t·ha<sup>-1</sup> of Silva *et al.* (2014) in Brazil, both is studies with Palmer mango cultivar.

Independently of treatment all averages contained in figure 1A for fruit production (kg·plant<sup>-1</sup>) were significantly higher than 38.8-80.0 kg·plant<sup>-1</sup> recorded by Wahdan *et al.* (2011) in Egypt, 82.71-88.86 kg·plant<sup>-1</sup> reported by Yeshitela *et al.* (2005) in South Africa, and compatible to results of Quijada *et al.* (2009) in Venezuela and Saran and Kumar (2011) in India.

It was important to infer that all measurements of fruit (fruit production, fruit yield and number of commercial fruits) were recorded for fruits with commercial characteristics defined according to the Brazilian Program for Horticulture Modernization (2004), i.e., fruits with a minimum size of 15 cm, physiological maturity which was characterized through mesocarp color (yellow cream), without symptoms

el exceso de K puede promover un estrés iónico en la planta debido a la fitotoxicidad de los iones presentes en altas concentraciones en la solución del suelo.

Según Marschner (2012) se produjo una transición de deficiencia a suficiencia seguida por un área conocida como el consumo de lujo en donde se eleva la concentración interna de potasio, pero sin aumento en el rendimiento. Sin embargo, ésta no es una reacción favorable mencionada en la literatura, aparte que es altamente afectada por las condiciones de suelo y clima de los experimentos; por esa razón, la fertilización con K no se utiliza tan ampliamente como debería ser en muchos países del trópico y subtropical, sugiriendo que la dosis de K se obtiene del suelo para satisfacer los requerimientos de los cultivos. Sin embargo, este proceso de extracción del suelo no puede continuar indefinidamente sin comprometer seriamente la fertilidad del suelo y la seguridad alimentaria, especialmente para mango que elimina por lo menos 6,7 kg de  $K_2O \cdot t^{-1}$  de fruto cosechado (Ganeshamurthy *et al.*, 2011).

Independientemente de la dosis aplicada de KCl, los valores promedio de los rendimientos registrados en el presente estudio fueron superiores a los datos oficiales promedio de Brasil de 16 t·ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014). En comparación con los valores citados en la literatura los promedios presentados en la figura 1B fueron superiores a 10,5 t·ha<sup>-1</sup> de Pleguezuelo *et al.* (2012) en España y 6,40 t·ha<sup>-1</sup> de Silva *et al.* (2014) en Brasil, ambos estudios en el cultivar de mango Palmer.

of pests and diseases attacks and clean epicarp. In contrast, all authors compared with measured the full fruit production and yield, therefore they also included the non-commercial fruits.

The number of commercial fruits per plant followed the same tendency of fruit yield with higher average value registered for plants fertilized with 225 g·plant<sup>-1</sup> of KCl (figure 1C). Indeed, plants fertigated with 225 g·plant<sup>-1</sup> of KCl produced 86% more than those which receiver 150 g·plant<sup>-1</sup> of KCl. Independently of the treatment, the averages presented in figure 1C are much higher than the 52-151 range reported by El-Wakeel (2005) in Egypt and compatible to 208-248 range registered by Yeshitela *et al.* (2005) in South Africa.

#### Potassium leaf concentration

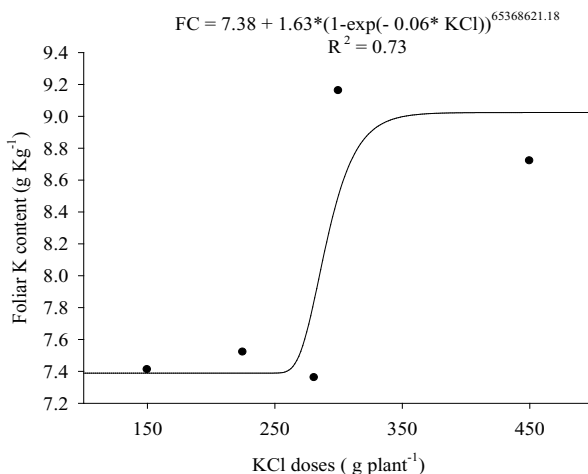
Increasing KCl dose applied the K leaf concentration was enhanced until reach a peak at 300 g·plant<sup>-1</sup> of KCl, and it was immediately followed by decay until the higher KCl dose applied (450 g·plant<sup>-1</sup> of KCl) (figure 2). According to Marschner (2012), this tendency could be explained by the basic theory which argues that there was a critical concentration of nutrient in a plant above which there was luxury consumption and below which there was poverty adjustment, which was proportional to the deficiency until a minimum percentage was reached.

The nutritional equilibrium, including potassium, along mango tree cycle was important to obtain high yields, but nonetheless no standardized foliar levels of nutrients

Todos los promedios observados en la figura 1A para la producción de los frutos (kg·planta<sup>-1</sup>) fueron significativamente mayores a 38,8-8,0 kg·planta<sup>-1</sup> registrados por Wahdan *et al.* (2011) en Egipto; 82,71-88,86 kg·planta<sup>-1</sup> reportado por Yeshitela *et al.* (2005) en Sudáfrica y compatible con los resultados de Quijada *et al.* (2009) en Venezuela, y Saran y Kumar (2011) en la India.

Es importante inferir que todas las variables referidas a los frutos (producción de frutos, rendimiento de los frutos y número de frutos comerciales) se registraron para frutos con características comerciales definidas según el Programa Brasileño para la Modernización de la Horticultura (2004), es decir, frutos con un tamaño mínimo de 15 cm, con madurez fisiológica caracterizada a través del color del mesocarpio (amarillo crema), sin síntomas de ataques de plagas y enfermedades y epicarpio limpio. En cambio, todos los autores realizaron la comparación midiendo la producción completa de los frutos y el rendimiento; por lo tanto, incluyeron los frutos no comerciales.

El número de frutos comerciales por planta tuvo la misma tendencia del rendimiento de los frutos con el mayor valor promedio registrado en plantas fertilizadas con 225 g·planta<sup>-1</sup> de KCl (figura 1C). De hecho, las plantas con 225 g·planta<sup>-1</sup> de KCl produjeron 86% más que aquellas que recibieron 150 g·planta<sup>-1</sup> of KCl, independientemente del tratamiento, los promedios presentados en la figura



**Figure 2. Foliar potassium concentrations (FC) of mango cv. Palmer as a function of chloride potassium (KCl) doses in Brazil.**

**Figura 2. Concentraciones de potasio foliar (FC) de mango Palmer como una función de las dosis de cloruro de potasio (KCl) en Brasil.**

have been established yet, despite Malavolta *et al.* (1997) and Jones *et al.* (1991) admit adequate ranges for potassium.

Whether compared with Malavolta *et al.* (1997) range of supply (4.0-5.0 g·kg<sup>-1</sup>), it verifies that plants of all treatments presented higher averages. Adversely, following that range of supply reported by Jones *et al.* (1991), i.e. 0.4-0.9% (or 4-9 g·kg<sup>-1</sup>), all treatments reached the optimum supply. This large difference make clear the need for specific studies in relation to cultivar and crop production systems, because most part of the mango trees cultivated in São Francisco Valley (Brazil), where the experiment was performed,

1C fueron mayores al rango de 52-151 frutos, expresado por El-Wakeel (2005) en Egipto y compatible con 208-248 frutos registrados por Yeshitela *et al.* (2005) en Sudáfrica.

#### **Concentración de potasio en las hojas**

El aumento de la dosis de KCl mejoró la concentración foliar de K hasta alcanzar un pico de 300 g·planta<sup>-1</sup> de KCl, seguido inmediatamente por una disminución hasta que se aplicó la dosis más alta de KCl (450 g·planta<sup>-1</sup> de KCl) (figura 2). Según Marschner (2012), esta tendencia podría explicarse por la teoría básica que sostiene que hubo una importante concentración de nutrientes en una planta en donde hubo consumo de lujo

were irrigated and their fertilizing management was realized through fertigation, but, the ranges of supply were proposed not considering these important characteristics. Comparatively, the average foliar potassium values presented in figure 2 were higher than those recorded by Nafees *et al.* (2013) who studied 12 year old mango plants grown in uniform sub-tropical agro-climatic conditions in Pakistan.

In a general form it is important to consider that potassium chloride is preferred among most Brazilian mango farmers because it is cheaper than potassium sulfate, provided that the crop is not chlorotic which includes mango. Indeed, the most commercially cultivated mango cultivars in Brazil such as Tommy Atkins, Palmer, Espada, Haden, Kent and Keitt are not sensitive to chloride and should therefore be fertilized with potassium chloride.

## Conclusion

Thus, the results of this study indicate that the fruit production and the potassium foliar concentration of mango cv. Palmer depend on potassium chloride potassium dose applied; and under the soil, climate and plant conditions of this study, 225 g plant<sup>-1</sup> of KCl through could be recommended for the production of mango cv. Palmer.

*End of English version*

---

---

y no se realizó un ajuste de la pobreza, proporcional a la deficiencia hasta que se llegó a un porcentaje mínimo.

Es importante conocer el equilibrio nutricional y de potasio a lo largo del ciclo del mango para obtener altos rendimientos; sin embargo, aun no se han establecidos los niveles foliares de los nutrientes aun cuando Malavolta *et al.* (1997) y Jones *et al.* (1991) indicaron los rangos adecuados de potasio.

Si los niveles de potasio se compararon con aquellos de Malavolta *et al.* (1997) (4,0-5,0 g·kg<sup>-1</sup>), se comprobó que las plantas de todos los tratamientos presentaron promedios más altos. Por el contrario, siguiendo los niveles de Jones *et al.* (1991), de 0,4-0,9% (o 4-9 g·kg<sup>-1</sup>), todos los tratamientos alcanzaron el suministro óptimo. Esta gran diferencia aclara la necesidad de llevar a cabo estudios específicos en relación al cultivar y los sistemas de producción de cultivos, porque la mayor parte de las plantas de mango cultivadas en el Valle de São Francisco (Brasil), donde se llevó a cabo este estudio, se regaron y su manejo de la fertilización se realizó a través de la fertirrigación, pero, los rangos de alimentación fueron propuestos sin tener en cuenta estas características importantes. Comparativamente, los valores promedios de potasio foliar presentados en la figura 2 fueron superiores a los registrados por Nafees *et al.* (2013) quienes

estudiaron plantas de mango de 12 años de edad cultivadas en condiciones agroclimáticas sub-tropicales en Pakistán.

En forma general es importante considerar que hay mayor preferencia por parte de los agricultores de mangos a usar cloruro de potasio porque es más barato que el sulfato de potasio, siempre que el cultivo no sea clorótico. De hecho, las variedades más comerciales de mango cultivadas en Brasil como Tommy Atkins, Palmer, Espada, Haden, Kent y Keitt no son sensibles al cloruro y por lo tanto deben ser fertilizadas con cloruro de potasio.

## Conclusión

Los resultados de este estudio indican que la producción de frutos y la concentración foliar de potasio en mango cv. Palmer dependen de la dosis aplicada de cloruro de potasio; y tomando en cuenta las condiciones de suelo y clima donde se llevó a cabo el estudio, se recomiendan 225 g-planta<sup>-1</sup> de KCl para la producción de mango cv. Palmer.

## Literature cited

Baiea, M.H.M., T.F. El-Charony, A.A. Eman and El-M. Abd. 2015. Effect of different forms of potassium on growth, yield and fruit quality of mango cv. Hindi. *International Journal of Chem.Tech. Research* 8(4):1582-1587.

Barbosa, L.F.S., Í.H.L. Cavalcante e A.M.N. Lima. 2016. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 38(1):1-9.

Bhriugvanshi, S.R., T.A Dak, K. Kumar, V.K. Singh, A. Singh and V.K. Singh. 2012. Impact of fertigation regimes on yield and water use efficiency of mango (*Mangifera indica* L.) under subtropical condition. *Indian Journal of Soil Conservation* 40(1):252-256.

Brazilian Program for Horticulture Modernization. 2004. Standards classification of mango. Quality Center on Horticulture (CEAGESP). São Paulo, Brazil. 5 p.

El-Wakeel, H.F. 2005. Preliminary studies on fertilization of mango trees under U.A.E. conditions: II-Response of Amrapali mango trees to nitrogen and potassium fertilization. *Annals of Agricultural Science* 50(2):563-572

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. FAOSTAT Database-Agricultural Production. Available in: <http://apps.fao.org> (Access 14-10-2015).

Galbiatti J.A., F.O. De Nobile, E. Fachini, Í.H.L. Cavalcante, M.Z.B. Cavalcante and T.C.T. Pissarra. 2011. Bovine biofertilizer and water regime effects on growth and bulb quality of garlic. *Biological Agriculture and Horticulture* 27(2):139-146.

Ganeshamurthy, A.N., G.C. Satisha and P. Patil. 2011. Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 24(1):29-38.

Genú, P.J. de C. e A.C. de Q. Pinto. 2002. A cultura da mangueira. First Edition. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, Brazil. 452 p.

IBGE. 2014. Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA. Available in: <http://www.ibge.gov.br> (Access in 12-10-2015).

Jones J.R., J.B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Athens, Greece. 213 p.

Marschner, H. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. Third Edition. Academic Press, New York, USA. 651 p.



- Malavolta, E., G.C. Vitti e S.S. Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Second Edition. Potafós. Piracicaba, Brazil. 319 p.
- Nafees, M., S. Ahmad, R. Anwar, I. Ahmad and H.R.R. Maryyam. 2013. Improved horticultural practices against leaf wilting, root rot and nutrient uptake in mango (*Mangifera indica* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences 50(3):393-398.
- Pleguezuelo, C.R.R., V.H.D. Zuazo, J.L.M. Fernández and D.F. Tarifa. 2012. Physico-chemical quality parameters of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in a mediterranean subtropical climate (SE Spain). Journal of Agricultural Science and Technology 14(2):365-374.
- Quijada, O., B. Herrero, R. González, A. Casanova y R. Camacho. 2009. Influencia de la poda y de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre el mango en Maracaibo, Venezuela. II. Producción e índices de eficiencia productiva. Agronomía Tropical 59(3):289-296.
- Römheld, V. and E.A. Kirby. 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. Plant and Soil 335(1-2):155-180.
- Saran, P.L. and R. Kumar. 2011. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica*): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. The Indian Journal of Agricultural Sciences 81(6):506-510.
- Silva, F.C. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Second Edition. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, Brazil. 627 p.
- Silva, A.C. da, A.P. de Souza, S. Leonel, M.E. de Souza, D.P. Ramos and A.A. Tanaka. 2014. Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. American Journal of Plant Sciences 5(3):393-402.
- Sivakumar, V., R.M.V. Kumar and K. Soorianathasundaram. 2011. Studies on the physiology of mango cv. Ratna as influenced by N and K through fertigation. Plant Archives 11(1):367-372.
- Wahdan, M.T., S.E. Habib, M.A. Bassal and E.M. Qaoud. 2011. Effect of some chemicals on growth, fruiting, yield and fruit quality of "Succary Abiad" mango cv. Journal of American Science 7(2): 651-658.
- Yeshitela, T., P.J. Robbertse and P.J.C. Stassen. 2005. Potassium nitrate and urea sprays affect flowering and yields of 'Tommy Atkins' (*Mangifera indica*) mango in Ethiopia. South African Journal of Plant and Soil 22(1):28-32.
- Zörb, C., M. Senbayram and E. Peiter. Potassium in agriculture – Status and perspectives. Journal of Plant Physiology 171(9):656-669.