

Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento*

Inorganic supplementation of organic fertilization in Pistachio: effect on foliar nutrient dynamics and yield

Rolando Hernández-Sigala¹, Esteban Sánchez Chávez^{2§}, Sergio Guerrero Morales¹, Bertha Alicia Rivas Lucero¹ y Álvaro Anchondo Najera¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua. Carretera Delicias-Rosales, km 2,5. 33000 Cd. Delicias Chihuahua. México. (roliz18@hotmail.com; sguerrer@uach.mx; brivas@uach.mx; janchond@uach.mx). ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Delicias. Av. 4 sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. C.P. 33089 Cd. Delicias Chihuahua. México. [§]Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de diferente dosis de fertilizante orgánico complementada con inorgánico sobre la dinámica nutricional foliar y el rendimiento en pistacho. El trabajo consistió en estudiar el efecto de 4 dosis de composta de ganado vacuno lechero como fuente de nitrógeno complementada con 11-52-00. Los tratamientos fueron: (T₀) testigo (sin aplicación); (T₁) 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ de 11-52-00; (T₂) 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00; (T₃) 15 t ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00; y (T₄) 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00. La fecha de aplicación del fertilizante fue el 16 de marzo de 2012 (en una sola aplicación), la aplicación fue en banda a una profundidad de 10 cm, estas dosis de aplicación fueron de acuerdo a los resultados de análisis de suelo de la huerta, en árboles de la variedad, Nazaret - Chico para machos y Sfax para hembra de 15 años de edad y en producción. Los resultados indican que la mejor dosis de fertilización fue 10 t ha⁻¹ de composta complementada con 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00, dando un rendimiento de 4 037.6 kg ha⁻¹, lo cual incrementó 63.16% más de producción en relación al testigo (sin aplicación). Éstos datos preliminares, se concluye que la fertilización orgánica complementada con inorgánica, pudiera ser una alternativa viable para mejorar el estado nutricional y la producción en pistacho.

Abstract

This study aimed to evaluate the response of different doses of inorganic supplemented organic fertilizer in pistachio foliar nutrition dynamics and yield. The effect of 4 doses of dairy cattle compost as nitrogen source supplemented with 11-52-00 was studied. The treatments were: (T₀) control (non- application), (T₁) 5 t ha⁻¹ compost plus 480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00; (T₂) 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00; (T₃) 15 t ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00, and (T₄) 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00. The fertilizer application date was March 16th, 2012 (single application), band application, 10 cm deep, these application doses were based on garden soil analysis, in trees of the Nazareth - Chico variety for males, and Sfax for females, 15 years old and in production. Results indicate that the best fertilization dose was 10 t ha⁻¹ compost supplemented with 436 kg ha⁻¹ 11-52-00, with 4 037.6 kg ha⁻¹ yield, which increased production 63.16% over control (non-application). These preliminary data suggest that inorganic supplementation of organic fertilization, could be a viable alternative for improving the pistachio nutritional status and production.

Keywords: *Pistacia vera* L., nutrients, yield.

* Recibido: mayo de 2013
Aceptado: enero de 2014

Palabras clave: *Pistacia vera* L., nutrientes, rendimiento.

Introducción

El pistachero es una de las especies frutales que actualmente inicia su explotación a nivel comercial en México; además, por ser una especie altamente rentable y de un alto índice de eficiencia en el uso del agua, se considera que tiene grandes posibilidades de éxito a corto plazo en las zonas áridas y semiáridas del país. Asimismo, el pistacho tiene excelentes cualidades organolépticas y nutritivas tales como el aporte de hierro, potasio y vitamina A, ausencia de colesterol y escaso contenido en grasas saturadas (Guerrero *et al.*, 2008).

La agricultura orgánica en México en cultivos hortofrutícolas se ha venido incrementando año con año. Lo anterior principalmente a que este tipo de agricultura es un sistema de producción con restricciones; es decir, se busca evitar al máximo el uso de insumos que pueden de alguna manera contaminar el medio ambiente donde se esté llevando a cabo; que la producción se mantenga estable o se incremente con la obtención de productos lo más inocuo posible para un consumidor(a) que en la actualidad exige alimentos de alta calidad nutritiva y libre de patógenos o productos contaminantes (Demirkiran y Cengiz, 2010).

La producción orgánica depende del aprovechamiento sistemático del suelo y la planta. En la agricultura orgánica, las soluciones están basadas en el conocimiento racional, experimental y ecológico (Lammerts *et al.*, 2004).

El manejo de la fertilización en huertas de pistacho ampliamente ha ignorado la demanda de minerales y la capacidad del árbol para la absorción de nutrientes (Weinbaum *et al.*, 1994; Brown, 1995). Aunque la fertilización inorgánica ha jugado un papel importante en la producción de pistacho, hoy en día se requiere ir incorporando la fertilización orgánica complementada con inorgánica (Brown, 1995) con el propósito de mejorar las propiedades físico-químicas del suelo, y por otro lado, tener un efecto menos negativo al medio ambiente.

Varios fertilizantes orgánicos han sido utilizados en la agricultura para compensar la deficiencia de nutrientes en el suelo. Recientemente, la variedad de fertilizantes usados en la agricultura orgánica se ha incrementado y la adición de materiales orgánicos tales como composta, ácidos húmicos y fúlvicos y leonardita, éstos contienen diferentes

Introduction

Pistachio is one of the fruit species that is now entering commercial exploitation in Mexico, also for being a highly profitable species with high efficiency in water use, is considered to have great potential for success in the short term in arid and semi-arid areas. Also, pistachio has excellent organoleptic and nutritional qualities such as iron, potassium and vitamin A contribution, no cholesterol and low in saturated fat (Guerrero *et al.*, 2008).

Organic farming in horticultural crops in Mexico has been increasing year by year. This is because this farming type is a restricted production system, *i.e.*, minimizes inputs preventing environmental contamination in the area, stabilizes or increases production obtaining products as safe as possible for consumers that currently require high quality nutritive food, pathogen- and contaminant-free (Demirkiran and Cengiz, 2010).

Organic production depends on the systematic use of soil and plant. In organic agriculture, solutions are based on rational, experimental and ecological knowledge (Lammerts *et al.*, 2004).

Fertilization management in pistachio orchards widely ignored demands for minerals and the tree ability to absorb nutrients (Weinbaum *et al.*, 1994; Brown, 1995). Although inorganic fertilization has played an important role in pistachio production, today requires incorporation of inorganic supplementation of organic fertilization (Brown, 1995) for improving soil physicochemical properties, and secondly, decrease adverse effect on the environment.

Various organic fertilizers have been used in agriculture to compensate for nutrient deficiency in the soil. Recently, the variety of fertilizers used in organic farming has increased and the addition of organic materials such as compost, humic and fulvic acids and leonardite, they contain different microorganisms, enzymes, and many extracts have been initially marketed. However, studies on pistachio nutritional management with organic and inorganic fertilizers are very limited worldwide (Aaliabadi, 2006). Therefore, this study aimed to evaluate the dose response of different inorganic supplemented organic fertilizers on pistachio foliar nutritional dynamic and yield.

microorganismos, enzimas y muchos extractos han sido inicialmente comercializados. Sin embargo, estudios sobre el manejo nutricional del pistacho con fertilizantes orgánicos e inorgánicos son muy limitados a nivel mundial (Aaliabadi, 2006). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de diferente dosis de fertilizante orgánico complementada con inorgánico sobre la dinámica nutricional foliar y el rendimiento en pistacho.

Materiales y métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Meoqui, Chihuahua, en la huerta del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario Núm. 147, durante el ciclo de producción 2012. Para lo cual se utilizaron árboles de pistachero de la variedad Sfax para hembras y en machos dos variedades Chico y Nazaret, con un patrón de injerto Integérrima y Atlántica, de una edad de 15 años y en producción, con una distancia de plantación de 6 x 5 m. El suelo de la huerta se caracterizó por tener 0.30% de materia orgánica, pH de 8.02, 70% de arena, 12.40% de limo, 17.60% de arcilla, conductividad eléctrica de 0.595 dS m⁻¹, porcentaje de saturación 30%, capacidad de intercambio catiónico 31.88 meq/100g de suelo, nitrógeno total 4.15 ppm, fósforo 2.40 ppm, potasio 890.8 ppm, calcio 5 221 ppm, magnesio 307.8 ppm, hierro 5.09 ppm, sodio 233.8 ppm, manganeso 5.46 ppm, zinc 0.60 ppm y cobre 2.48 ppm. Por otro lado, el análisis de la composta se caracterizó por tener 1.56 % de nitrógeno total, fósforo 1.6 %, potasio 2.7%, hierro 10.27 ppm, cobre 3.49 ppm, manganeso 62.12 ppm, zinc 40.28 ppm, pH en pasta 9.12 y conductividad eléctrica de 10.77 mmhos/cm.

Para el desarrollo de trabajo de campo se consideró un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y tres árboles por tratamiento. Las dosis evaluadas fueron: Los tratamientos fueron: (T₀) testigo (sin aplicación); (T₁) 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ de 11-52-00; (T₂) 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00; (T₃) 15 t ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00; y (T₄) 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00.

La fertilización se realizó el 16 de marzo de 2012 (en una sola aplicación), esta se realizó en banda a una profundidad de 10 cm, estas dosis de aplicación fueron de acuerdo a los resultados de análisis de suelo de la huerta.

Materials and methods

Crop management and experimental design

The research was conducted at the Meoqui municipality, Chihuahua, in the garden of Agricultural Technology Center School No. 147, during the 2012 production cycle. Pistachio female trees of the Sfax variety and males of two varieties, Chico and Nazareth were used, with a *P. integerrima* and *P. atlantica* pattern of graft, 15 years old and in production, with a planting spacing of 6 x 5 m. The orchard soil was characterized by 0.30% organic matter, pH 8.02, 70% sand, 12.40% silt, 17.60% clay, 0.595 dS m⁻¹ electrical conductivity, 30% saturation percentage, cation exchange capacity 31.88 meq/100g, 4.15 ppm total nitrogen, 2.40 ppm phosphorus, 890.8 ppm potassium, 5 221 ppm calcium, 307.8 ppm magnesium, 5.09 ppm iron, 233.8 ppm sodium, 5.46 ppm manganese, 0.60 ppm zinc and 2.48 ppm copper. Furthermore, compost analysis was characterized by 1.56% total nitrogen, 1.6% phosphorus, 2.7% potassium, 10.27 ppm iron, 3.49 ppm copper, 6212 ppm manganese, 40.28 ppm zinc, paste pH 9.12 and 10.77 mmhos / cm electrical conductivity.

Fieldwork experimental design was a randomized complete block with four replications and three trees per treatment. The doses tested were: the treatments were: (T₀) control (non-application), (T₁) 5 t ha⁻¹ compost plus 480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00; (T₂) 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00; (T₃) 15 t ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00, and (T₄) 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00.

Fertilization took place on March 16th, 2012 (single application), banded, 10 cm deep, these application doses were based on garden soil analysis.

Sampling and foliar nutrient analysis

Leaf sampling was carried out during the epicarp growth stage, starting on May 15th the endocarp lignification stage, May 31st the epicarp growth-start stage, June 14th the fruit growth-start stage, June 28th the mesocarp growth stage, July 16th fruit growth, August 9th endocarp opening, and the last sampling was performed on August 27th in the full harvest stage.

Eighty one year-bud leaves from the middle part of the tree were selected per experimental unit, once sampled leaves were placed in plastic bags, in a cooler with gels, to maintain

Muestreo y análisis nutricional foliar

El muestreo de hojas se realizó durante la etapa de crecimiento del epicarpio, iniciando en la fecha 15 de mayo etapa de lignificación del endocarpio, 31 de mayo etapa donde empieza el crecimiento del epicarpio, 14 de junio etapa donde empieza el crecimiento del fruto, 28 de junio etapa del crecimiento del mesocarpio, 16 de julio crecimiento del fruto, 9 de agosto apertura del endocarpio y el último muestreo se realizó el 27 de agosto en la etapa de plena cosecha.

Se seleccionaron 80 hojas del brote del año de la parte media del árbol por unidad experimental, una vez muestreadas las hojas se pusieron en bolsas de plástico para colocarlas en una hielera con geles, esto se realizó para que no perdiera las hojas sus propiedades. Posteriormente, se analizó cada muestra en el Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Delicias, Chihuahua.

Se realizaron las determinaciones nutricionales en hojas de crecimiento vegetativo de cada muestreo (7 muestreos) una vez muestreadas las hojas fueron llevadas al Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del CIAD- Delicias.

Las muestras primeramente se lavaron con agua de la llave, se sumergieron en una solución de HCl 4N, después nuevamente se lavaron con agua de la llave y finalmente se enjuagaron en agua destilada.

Se pusieron a secar a temperatura ambiente y a la sombra, posteriormente se llevaron a la estufa para eliminar la humedad a una temperatura de 60 °C, luego se molieron en un molino Wiley con cámara de acero inoxidable malla número 20, se dispusieron para la determinación de los nutrientes minerales: N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu y Zn, fueron mineralizados por medio de una digestión triácida. Posteriormente se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica para todos los nutrientes minerales (Uvalle-Bueno, 1995).

Para el análisis químico de la composta, se realizó considerándola como tejido vegetal, por tal motivo que es estiércol procesado. Se puso a secar a temperatura ambiente y a la sombra, posteriormente se dispuso para la determinación de los nutrientes minerales: N, P, K, Fe, Cu, Mn y Zn, fueron mineralizados por una digestión triácida. Siguiendo a esto se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica para todos los nutrientes correspondientes (Uvalle Bueno, 1995).

leaf properties. Subsequently, each sample was analyzed at the Plant Physiology and Nutrition Laboratory, Nutrition and Development Research Center A. C. Delicias Unit, Chihuahua.

Nutritional tests were done on leaves at vegetative growth from each sampling (7 samples), once sampled, leaves were taken to the Plant Physiology and Nutrition Laboratory, Delicias CIAD.

Samples were washed first in tap water, immersed in a 4N HCl solution, then washed again in tap water and finally rinsed in distilled water.

Samples were dried at room temperature in the shade, moisture was removed on stove at 60 °C, then ground in a Wiley mill with stainless steel chamber mesh number 20, and mineral nutrients were measured: N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu and Zn were mineralized via a three acid digestion. Later readings for all mineral nutrients were made in the atomic absorption spectrophotometer (Uvalle- Good, 1995).

Compost chemical analysis was performed, assuming compost as plant tissue, as it is processed manure. Dried at room temperature in the shade, then mineral nutrients were measured: N, P, K, Fe, Cu, Mn and Zn were mineralized by three acid digestion. Then readings for all relevant nutrients were made on the atomic absorption spectrophotometer (Uvalle Good, 1995).

Variables evaluated

Research evaluation was conducted based on foliar nutrient content and yield parameters.

Foliar nutrient content

Total N was quantified by the micro-Kjeldahl method (APHA, 1992), N-NO₃ by Brucine method and UV-visible spectrophotometry (APHA, 1992), Ca, Mg, K, Na, Cu, ions Fe, Mn, Zn and Ni by three acid digestion (nitric, sulfuric and hydrochloric acid) and atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 100 Aanalyst, New Jersey, USA), total-P by the method of ammonium vanadate-molybdenum and UV - visible spectrophotometry analysis.

Variables evaluadas

La evaluación de la investigación se realizó en base a los parámetros del contenido nutricional foliar y rendimiento.

Contenido nutricional foliar

El N-total se cuantificó por el método Micro-Kjeldahl (APHA, 1992), el N-NO₃ por el método de Brucina y espectrofotometría UV-visible (APHA, 1992), los iones Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn y Ni mediante digestión triácida (ácido nítrico, sulfúrico y clorhídrico) y espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer Analyst 100, New Jersey, USA), P-total mediante el método del vanadato-molibdeno de amonio y análisis mediante espectrofotometría UV-visible.

Producción

En cosecha se cuantificó la producción por árbol. Se expresó en kg producidos de fruto por árbol, esta se multiplicó por el número de árboles por hectárea (515 árboles ha⁻¹) para calcular la producción total ha⁻¹.

Análisis de estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD al 95% (SAS, 1987).

Resultados y discusión

Contenido nutricional foliar

El análisis nutricional foliar es el método más adecuado para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y evaluar la disponibilidad de reservas de la planta (Legaz *et al.*, 1995). En nuestra investigación, se encontraron diferencias significativas en el análisis nutricional foliar por efecto de aplicación de las diferentes dosis de composta complementada con el fertilizante inorgánico 11-52-00, tanto para macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na), como para micronutrientes (Cu, Fe, Mn, y Zn) (Figura 1 y 2).

Dinámica nutricional de nitrógeno (N)

El nitrógeno (N) es el elemento mineral que las plantas requieren en grandes cantidades y es considerado el nutriente limitante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos

Production

In harvest, production per tree was quantified, expressed in kg fruit per tree, and multiplied by the number of trees per hectare (515 trees ha⁻¹) to calculate the total production ha⁻¹.

Statistical analysis

Data were subjected to analysis of variance. LSD test at 95% (SAS, 1987) was used to test for differences among treatment means.

Results and discussion

Foliar nutrient content

Foliar nutrient analysis is the best suited method to diagnose crop nutritional status and assess the availability of plant reserves (Legaz *et al.*, 1995). In our study, significant differences were found in the foliar nutritional analysis by effect of foliar application of different compost doses supplemented with 11-52-00 inorganic fertilizer for both macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and Na), and micronutrients (Cu, Fe, Mn, and Zn) (Figure 1 and 2).

Nitrogen (N) nutritional dynamics

Plants require large nitrogen (N) quantities, considered the limiting nutrient for crop growth and yield (Antal *et al.*, 2010). In this study, N showed the highest concentration for all treatments in the first sampling (May 15th) in the phenological stage of endocarp lignification, probably because it was the period of greatest nitrogen demand, however, N concentration dropped over time in all doses, expressing an increase for all doses on August 27th after harvest (Figure 1A).

Furthermore, our experimental N values were low compared to Mills and Jones (1991) reference, as the sufficiency range was 2.3 - 2.7%.

Phosphorus (P) nutritional dynamics

Phosphorus is an essential element for higher plants, required in higher concentrations in the tissues and is particularly essential during vegetative growth (Jeschke *et al.*, 1996). In

(Antal *et al.*, 2010). En este estudio, el N presentó la mayor concentración para todos los tratamientos en el primer muestreo (15 mayo) que correspondió a la etapa fenológica de lignificación del endocarpio, debido probablemente a que fue la etapa de mayor demanda de nitrógeno, no obstante, existió una disminución en la concentración de N para todas las dosis, a medida que transcurrió el tiempo presentando un incremento para todas las dosis el 27 de agosto después de la cosecha (Figura 1A).

our study, a decrease was observed in the P dynamics during first sampling (May 15th) until July 16th in all treatments tested, probably due to fruit growth, while on August 9th 10 t ha⁻¹, the dose containing compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 excelled (Figure 1B).

Furthermore, it was observed a sufficiency range below that reported by Mills and Jones (1991), who stated 0.14 to 0.17% for P, having the 5 t ha⁻¹ compost plus

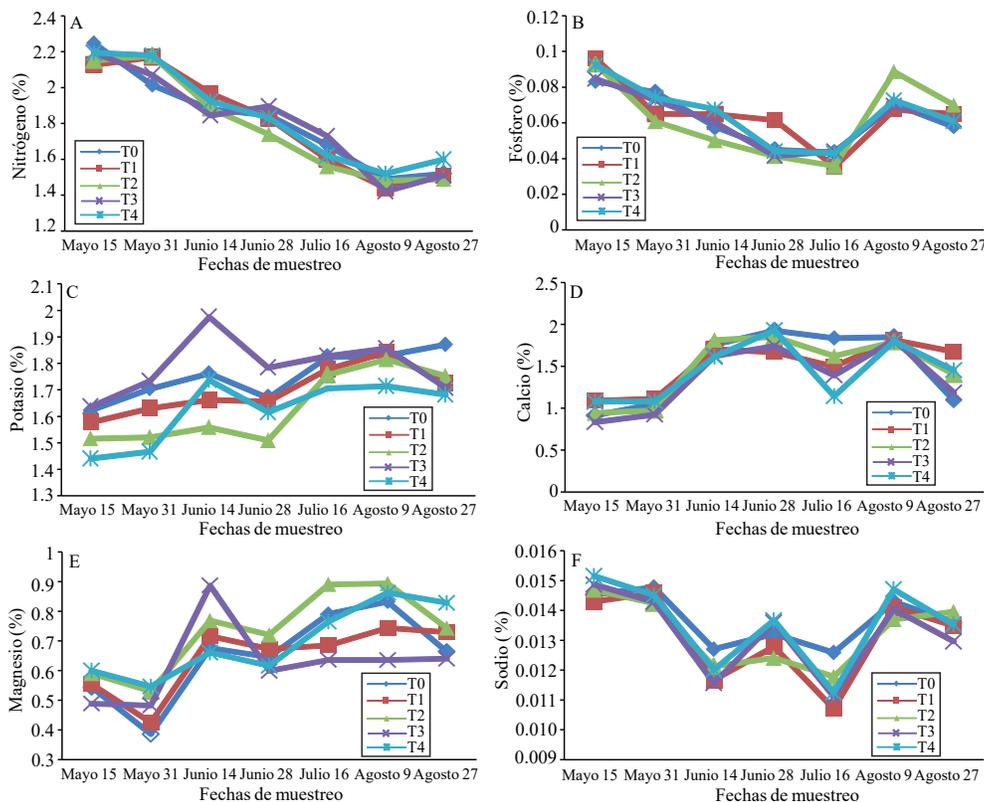


Figura 1. Efecto de las dosis de fertilización orgánica complementada con inorgánica sobre la dinámica nutricional foliar de macronutrientes en pistachio A) nitrógeno; B) fósforo; C) potasio; D) calcio; E) magnesio; y F) sodio. T₀= testigo; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ de composta más 480 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00.

Figure 1. Effect of inorganic supplemented organic fertilizer dose on foliar nutrient dynamics of macronutrients in pistachio. A) nitrogen; B) phosphorus; C) potassium; D) calcium; E) magnesium; and F) sodium. T₀= control; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ compost plus 480 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00.

Además, se observó que los valores obtenidos de N con respecto a los valores de referencia por Mills y Jones (1991), indican que los niveles de N obtenidos se ubican en la categoría de bajo, ya que el rango de suficiencia fue de 2.3- 2.7%.

480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, the highest concentration of 0.096% and the 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, the lowest concentration (0.057%). However, P dynamics in inorganic supplementation of organic fertilization indicates that soil was deficient

Dinámica nutricional de fósforo (P)

El P es un elemento esencial para las plantas superiores, se requiere en concentraciones mayores en los tejidos y es particularmente indispensable durante el crecimiento vegetativo (Jeschke *et al.*, 1996). En nuestro estudio, se observó una disminución en la dinámica del P durante el primer muestreo (15 de mayo) hasta el 16 de julio en todos los tratamientos evaluados, debido probablemente al crecimiento del fruto; mientras que en la fecha de 9 de agosto sobresalió la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00 (Figura 1B).

Por otro lado, se observó que su rango de suficiencia está por debajo de lo reportado por Mills y Jones (1991), quien mencionan que para P es de 0.14- 0.17%, teniendo para la dosis de 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ de 11-52-00, la concentración más alta de 0.096% y para la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00, la concentración más baja (0.057%). Sin embargo, la dinámica que presentó P en la fertilización orgánica complementada con inorgánica indica que el suelo se encontraba deficiente de este elemento, lo cual motivo, que se fertilizara con 11-52-00, para incrementar el déficit del suelo con ayuda de la composta. El pistacho demanda altas concentraciones de P, en la etapa de crecimiento del fruto.

Dinámica nutricional de potasio (K)

El K es un macronutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994; Marschner, 1995). Para un buen crecimiento del cultivo, el rango de suficiencia de K, se sitúa de 1-2% (Mills y Jones 1991). La concentración de K en nuestro trabajo para todas las dosis evaluadas se encontraron dentro del rango de suficiencia (Figura 1C), lo que se considera que este elemento no fue un factor limitante en el rendimiento obtenido en pistacho.

No obstante, la dinámica que presentó K fue estable para todas las fechas de muestreo, sin embargo, después de la época de cosecha (27 de agosto), presentó una disminución, esto coincide con Rosecrance *et al.* (1998), quien menciona que la concentración de K disminuye después de la cosecha, se trasloca a otras partes del árbol por ejemplo, el tronco, donde almacena cantidades significativas de K para el siguiente año.

in this element, which is why compost is supplemented with 11-52-00 to compensate soil P deficit. Pistachio demands high P concentrations in the fruit growth stage.

Potassium (K) nutritional dynamics

Potassium is an essential macronutrient required in large amounts for plant growth and development. Some major plant functions where K play a role: osmoregulation, starch synthesis, enzymes activation, protein synthesis, stomatal movement and ionic charge balance (Maathuis and Sanders, 1994; Marschner, 1995). Adequate plant growth requires a 1-2% range of K sufficiency (Mills and Jones 1991). K concentrations in this study were within the sufficiency range for all tested doses (Figure 1C) therefore this element was not considered a limiting factor for pistachio yield.

However, K dynamics was stable for all sampling dates, except for a decrease after harvest season (August 27th) consistent with Rosecrance *et al.* (1998), who mentions that K concentration decreases after harvest, K is translocated to other parts of the tree, for example, the trunk, where significant amounts of K are stored for next year. Also, pistachio trees exhibit very dynamic seasonal fluctuations of K, like many other perennial tree crops (Marschner, 1995).

Calcium (Ca) nutritional dynamics

Calcium is an essential nutrient for plants. As divalent cation is required for structural functions of cell wall and membranes, acts as a counter cation for inorganic and organic anions in the vacuole (Marschner, 1995). Foliar analysis for this element did not express significance for doses tested, since all doses behaved similarly in nutritional dynamics.

On July 16th, in the fruit growth stage, difference for all doses was noted, decreasing the concentration for all doses tested, however, in the endocarp lignification stage (May 15th to May 31st) showed lower concentrations, however, Mills and Jones (1991) reported that the optimum range for Ca oscillate between 1.3 -4%, presenting an optimal range for Ca from the step of epicarp and mesocarp formation and fruit growth. Importantly, at all doses, Ca content increased in the fruit filling stage (Figure 1D). This is reasonable since Ca is a stationary element which concentrates in the leaf over time.

Asimismo, los árboles de pistacho presentan fluctuaciones estacionales muy dinámicos para K, al igual que muchos otros cultivos de árboles perennes (Marschner, 1995).

Dinámica nutricional calcio (Ca)

El Ca es un nutriente esencial para las plantas. Como catión divalente, es requeridos para las funciones estructurales de la pared celular y las membranas, como un contra-catión de aniones inorgánicos y orgánicos en la vacuola (Marschner, 1995). El análisis foliar para este elemento no presentó significancia para las dosis evaluadas, ya que todas las dosis se comportaron similares en la dinámica nutricional.

En la fecha del 16 de julio, que correspondió a la etapa del crecimiento del fruto, presentaron una diferencia para todas las dosis disminuyendo la concentración para todas las dosis evaluadas, sin embargo, en la etapa de lignificación del endocarpio (mayo 15 y mayo 31), las concentraciones se presentaron bajas, no obstante, Mills y Jones (1991) reportan que el rango óptimo para Ca oscilan en 1.3- 4%, reflejando un rango óptimo para Ca a partir de la etapa de formación del epicarpio, mesocarpio y crecimiento del fruto. Es importante resaltar que en todas las dosis, el contenido de Ca aumentó en la etapa de llenado de fruto (Figura 1D). Lo anterior es entendible dado que el Ca es un elemento inmóvil por lo que se concentra en las hojas a través del tiempo.

Dinámica nutricional de magnesio (Mg)

El papel más conocido del magnesio (Mg) en las plantas es su presencia en el centro de la molécula de clorofila y por esto es esencial para la fotosíntesis, también está involucrado en el metabolismo de proteínas (Mengel y Kirkby, 2001). El análisis nutricional de Mg en nuestro estudio, indica para la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ reflejó una dinámica nutricional mayor a las demás dosis evaluadas, siendo para la dosis de 15 t ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00, fue la que reflejó la menor concentración en la etapa de crecimiento del fruto y en la apertura del endocarpio (28 de junio, 16 de julio, 9 de agosto y 27 de agosto); no obstante, la dinámica que presentó Mg (Figura 1E). Asimismo, el análisis de suelo, no presentó limitante alguno, por lo que se encontró un nivel ligeramente alto a medida de los niveles de referencia que es de 250 ppm, reflejando el resultado para Mg de 307.8 ppm. Sin embargo, los niveles de referencia foliar para Mg se encontró en el nivel óptimo (Mills y Jones, 1991). Estos autores reportan que para un crecimiento óptimo los niveles de referencia se encuentran entre 0.5-1.25%.

Magnesium (Mg) nutritional dynamics

The best known magnesium (Mg) role in plants is its presence in the center of the chlorophyll molecule which is essential for photosynthesis, Mg is also involved in protein metabolism (Mengel and Kirkby, 2001). Mg nutritional analysis in our study indicates that the 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose reflected the highest nutritional dynamics, while the 15 t ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, had the lowest concentration in the fruit growth and endocarp opening stages (June 28th, July 16th, August 9th and August 27th); despite the Mg dynamics (Figure 1E). Also, soil analysis presented no limitations, so a slightly higher Mg level was found (307.8 ppm) compared to reference (250 ppm). However, foliar Mg level was optimum compared to reference (Mills and Jones, 1991). These authors report 0.5-1.25% reference level for optimal growth.

Sodium (Na) nutritional dynamics

Na stimulates growth through cell elongation and can replace potassium as an osmotically active solute (Gil- Martínez, 1994). In our experiment, the highest concentration for all doses, was found in the first sampling on May 15th, appearing stable on May 31st, decreasing in the epicarp growth stage (June 14th), a great Na demand period for all doses, then increased in the mesocarp formation stage (June 28th), but on July 16th (fruit development stage), revealed the highest demand for this nutrient, indicating that fruit influences plant Na absorption. However, Na has very dynamic seasons in pistachio trees (Figure 1F). Na levels obtained are placed in the high category, as the sufficiency range is 0002-0007% as reported by Maranton and Crane 1988.

Copper (Cu) nutritional dynamics

Copper is a micronutrient that is present in various enzymes or proteins involved in oxidation and reduction (Raven *et al.*, 1999). In our experiment, the 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose on May 15th, showed an increase over other applied doses, however, from July 28th doses exhibited a stable level. Cu levels were low as the sufficiency range was 7.3-31.1 ppm as reported by Caruso *et al.* (2005). It should be noted that Cu prevails in endocarp (May 15th). Cuenca (2006) observed variations for all doses indicating increased concentration demand for the 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00

Dinámica nutricional de sodio (Na)

El Na estimula el crecimiento a través del alargamiento celular y puede sustituir al potasio como un soluto osmóticamente activo (Gil-Martínez, 1994). En nuestro experimento, para todas las dosis, reflejaron en el primer muestreo 15 de mayo, la mayor concentración, presentándose estable el 31 de mayo, presentando una disminución en la etapa de crecimiento del epicarpio (14 junio) etapa de gran demanda de Na para todas las dosis, posteriormente incrementó en la etapa de formación del mesocarpio (28 junio); sin embargo, el 16 de julio (etapa del desarrollo del fruto), presentó la mayor demanda de este nutriente, lo cual indica que el fruto influye en la absorción de Na por la planta. No obstante, Na presenta estaciones muy dinámicos para los árboles pistacheros (Figura 1F). Los niveles de Na obtenidos, se ubican en la categoría altas, ya que el rango de suficiencia es de 0.002-0.007% reportado por (Maranton y Crane 1988).

Dinámica nutricional de cobre (Cu)

El cobre es un micronutriente que se encuentra presente en diversas enzimas o proteínas implicadas en los procesos de oxidación y reducción (Raven *et al.*, 1999). En nuestro experimento, la dosis de 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00 en la fecha del 15 de mayo, presentó un incremento por encima de las demás dosis aplicadas, no obstante, a partir del 28 de julio las dosis presentaron una concentración estable. Los niveles de Cu obtenidos se encontraron bajos, ya que el rango de suficiencia fue de 7.3-31.1 ppm reportado por Caruso *et al.* (2005). Cabe resaltar, que el Cu predomina en el endocarpio (15 de mayo). Cuenca (2006) presentó variaciones para todas las dosis reflejando una mayor demanda de concentración para la dosis 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00, teniendo 7.58 ppm, seguida de la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00 con 6.38 ppm (Figura 2G), la dosis sin aplicación, se encuentra en la categoría de bajo con respecto a las demás dosis evaluadas.

Dinámica nutricional de hierro (Fe)

El Fe es un micronutriente para la mayoría de los organismos vivos, y es incorporado desde el suelo a la biosfera a través de las plantas (Theil y Briat, 2004). En el suelo, la cantidad de hierro puede llegar a ser hasta 10 000 veces mayor al de la vegetación que crece en el (Graham y Stangoulis, 2003). En nuestro estudio, la concentración para Fe mostró diferencias significativas en el efecto de la fertilización orgánica complementada con inorgánica. Por lo tanto, el Fe reflejó una

dose, with 7.58 ppm, followed by the 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose with 6.38 ppm (Figure 2G), the non-application dose falls in the low category compared to the other doses tested.

Iron (Fe) nutritional dynamics

Fe is a micronutrient for most living organisms, and is translocated from the ground to the biosphere through plants (Briat and Theil, 2004). In soil, iron amount of can be up to 10 000 times that of the vegetation growing there (Graham and Stangoulis, 2003). In our study, Fe concentration revealed significant differences in the effect of inorganic supplemented organic fertilizer. Therefore, Fe exhibited a high concentration in the non-application dose on June 14th, in the epicarp growth stage, followed by a 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, reflecting a decrease for all doses in the fruit growth stage (June 28th).

Furthermore, Fe concentration in soil analysis was 5.09 ppm, with 5 ppm reference, thus soil was not a factor in fruit growth and development, as Fe concentration was in the optimal range. Caruso *et al.* (2005) set 33-130 ppm as Fe sufficiency range, according to this, Fe values were within range in compost plus 11-52-00 fertilization (Figure 2H).

Manganese (Mn) nutritional dynamics

Mn is an essential micronutrient for chlorophyll synthesis, its primary function is related to enzyme activation including arginase and phosphotransferases (Romheld and Marschner, 1993). In our study, the 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, presented the lowest Mn (13.51 ppm, whereas the 20 t ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00 (Figure 2I), had the highest Mn (22.63 ppm). The values obtained, compared to the sufficiency range, indicate that all doses applied were above the optimal range reported by Caruso *et al.* (2005) who state 13.3-28.6 ppm as sufficiency range for normal growth. The 5 t ha⁻¹ compost plus 480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose reflected a higher concentration compared to the other doses.

Zinc (Zn) nutritional dynamics

Zinc is important in growth regulation, involved in activation of many enzymes such as carbonic anhydrase, and is involved in protein synthesis. Zn deficiency occurs in plant

alta concentración para la dosis sin aplicación en la fecha del 14 de junio que correspondió a la etapa del crecimiento del epicarpio, seguida de la dosis de 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00, reflejando una disminución para todas las dosis en la etapa de crecimiento de fruto (28 de junio).

new shoots growth for it is a stationary element (Favella *et al.*, 2000). Zn nutritional dynamics expressed a level lower than 12.73 ppm in the 15 t ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose in the endocarp opening stage, which corresponded to the sampling date of August 27th, and the

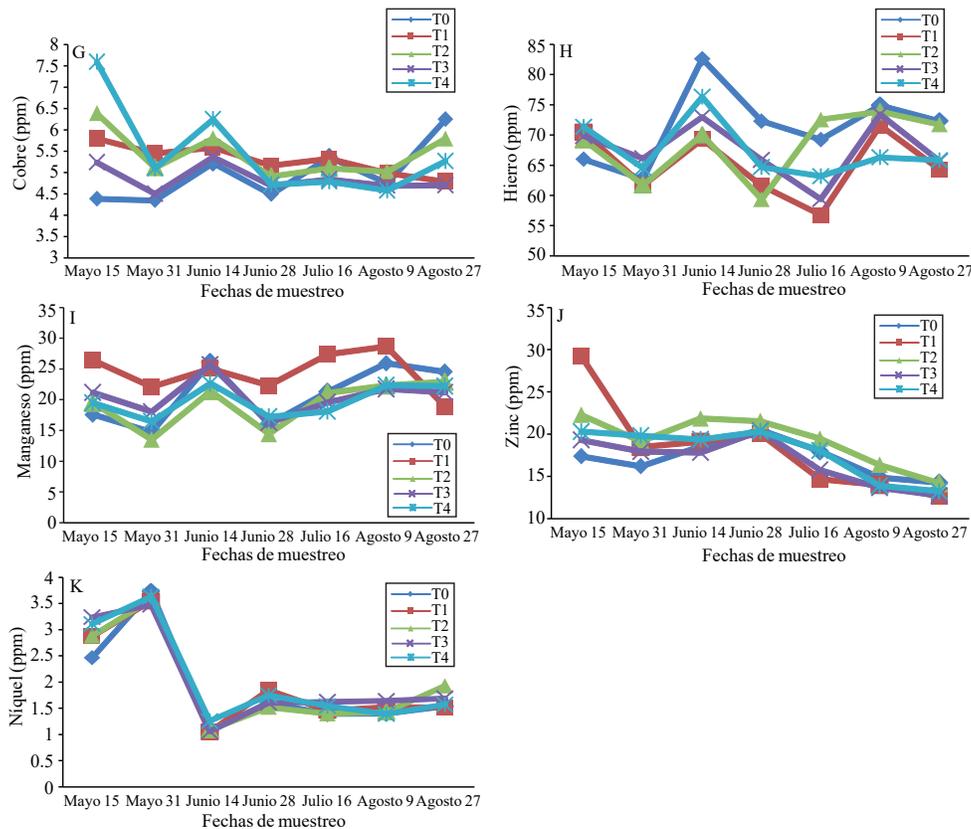


Figura 2. Efecto de las dosis de fertilización orgánica complementada con inorgánica sobre la dinámica nutricional foliar de micronutrientes en pistacho. G) cobre; H) Hierro I; manganeso; J) zinc. T₀= testigo; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ de composta más 480 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00.

Figure 2. Effect of inorganic supplemented organic fertilizer dose on foliar nutrient dynamics of micronutrients in pistachio. G) Copper; H) iron; I) manganese; and J) zinc. T₀= control; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ compost plus 480 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00.

Por otro lado, la concentración de Fe en el análisis de suelo presentó un nivel de 5.09 ppm, siendo el nivel de referencia de 5 ppm, muestra que el suelo no fue factor para el crecimiento y desarrollo del fruto, ya que la concentración de Fe se encontró en el rango óptimo. Caruso *et al.* (2005) describen que el rango de suficiencia para Fe, se encuentra entre 33-130 ppm, de acuerdo con lo anterior, los valores obtenidos de Fe con la fertilización de composta más 11-52-00, se encontraron dentro del rango de suficiencia (Figura 2H).

highest was 29.25 ppm in the 5 t ha⁻¹ compost plus 480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose in the endocarp lignification stage (May 15th).

Beede (1991) mentions that this nutrient foliar level drops drastically in August (7 ppm), however Zn levels were within the sufficiency range reported by Mills and Jones (1991), who found that 7-20 ppm nutrient concentration in leaves of pistachio trees corresponds to normal growth (Figure 2J), however, the 5 t ha⁻¹ compost plus

Dinámica nutricional de manganeso (Mn)

El Mn es un micronutriente esencial para la síntesis de clorofila, su función principal está relacionada con la activación de enzimas como la arginasa y fosfotransferasas (Romheld y Marschner, 1993). En nuestro estudio, la dosis de 10 ton ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00, presentó el menor nivel de Mn (13.51 ppm), mientras que en la dosis de 20 t ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00 (Figura 2I), presentó el mayor nivel de Mn (22.63 ppm). Los valores obtenidos, comparados con el rango de suficiencia, nos indica que todas las dosis aplicadas se encontraron por encima del rango óptimo reportado por Caruso *et al.* (2005) menciona que para un crecimiento normal el rango de suficiencia debe de ser de 13.3-28.6 ppm. La dosis de 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ de 11-52-00, reflejó una mayor concentración en comparación de las demás dosis.

Dinámica nutricional de zinc (Zn)

El Zn es importante en la regulación del crecimiento vegetal y participa como activador de numerosas enzimas como anhidrasa carbónica e interviene en la síntesis de proteínas. La deficiencia de Zn se presenta en brotes nuevos de las plantas por ser un elemento inmóvil (Favela *et al.*, 2000). La dinámica nutricional para Zn, reflejó un nivel más bajo de 12.73 ppm en la dosis de 15 t ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00, en la etapa de apertura del endocarpio, que correspondió a la fecha de muestreo del 27 de agosto y el nivel más alto fue 29.25 ppm en la dosis de 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00 en la etapa de lignificación del endocarpio (15 de mayo).

Beede (1991) menciona que a nivel foliar este nutriente disminuye drásticamente en agosto (7 ppm), sin embargo, los niveles de Zn estuvieron dentro del rango de suficiencia reportado por Mills y Jones (1991), quienes mencionan que la concentración de nutrientes en las hojas correspondiente a un crecimiento normal en árboles de pistacho se encontraron en 7-20 ppm (Figura 2J), no obstante, la dosis de 5 t ha⁻¹ de composta más 480.66 kg ha⁻¹ de 11-52-00, para el primer muestreo (15 de mayo) presentó un incremento de 29.25 ppm. El Zn está asociado con el polen, el desarrollo de la semilla y crecimiento de los frutos (Beede, 1991).

Dinámica nutricional de níquel (Ni)

El Ni es un micronutriente que está fuertemente relacionado con el metabolismo del N en las plantas (Bai *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en nuestro estudio, reflejan que el Ni se

480.66 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, for the first sampling (May 15th) represented an increase of 29.25 ppm. Zn is associated with pollen, seed development and fruit growth (Beede, 1991).

Nickel (Ni) nutritional dynamics

Ni is a micronutrient strongly related to N metabolism in plants (Bai *et al.*, 2007). Our results indicate that Ni behaved the same for all doses tested. However, Ni concentration was not a limiting factor in pistachio yield. Ni dynamics exhibits an increase in the endocarp development stage (May 31st), with the highest demand for this nutrient in all doses tested (Figure 2K).

Production

Crop yield is the major agronomic parameter indicating plant productivity (Schroeder *et al.*, 1997). We found significant differences, the 10 t ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00 dose, was the one with best yield 4 037.6 kg ha⁻¹ being 63.16% higher than control (non-application) (Figure 3). Furthermore, Quansah *et al.* (2000) reports higher crop yields under organic plus inorganic fertilization.

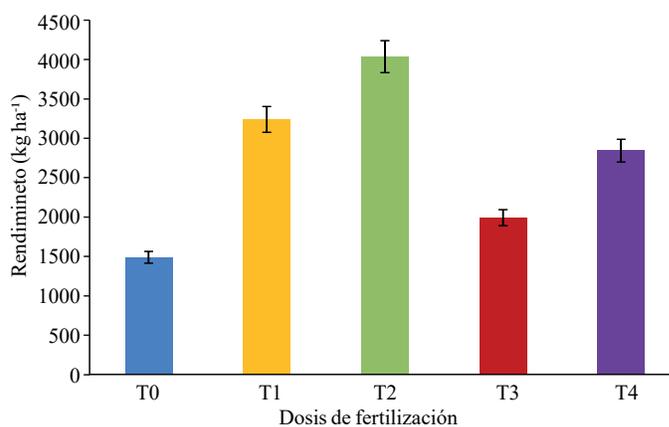


Figura 3. Efecto de las dosis de fertilización orgánica complementada con inorgánica sobre el rendimiento de pistacho. T₀= testigo; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ de composta más 480 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ de composta más 406 kg ha⁻¹ de 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ de composta más 377 kg ha⁻¹ de 11-52-00.

Figure 3. Effect of inorganic supplemented organic fertilizer dose on pistachio yield. T₀= control; T₁= 5 000 kg ha⁻¹ compost plus 480 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₂= 10 000 kg ha⁻¹ compost plus 436 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₃= 15 000 kg ha⁻¹ compost plus 406 kg ha⁻¹ 11-52-00; T₄= 20 000 kg ha⁻¹ compost plus 377 kg ha⁻¹ 11-52-00.

comportó igual para todas las dosis evaluadas. Sin embargo, la concentración que presentó Ni no fue factor limitante en el rendimiento del pistacho. La dinámica de Ni muestra un aumento en la etapa del desarrollo del endocarpio (31 de mayo), donde presentó la mayor demanda de este nutriente, para todas las dosis evaluadas (Figura 2K).

Producción

El rendimiento agrícola es el principal parámetro agronómico que indica la productividad de las plantas (Schroeder *et al.*, 1997). En nuestro estudio, encontramos diferencias significativas, siendo la dosis de 10 t ha⁻¹ de composta más 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00, fue la que presentó el máximo rendimiento con 4 037.6 kg ha⁻¹ reflejando un incremento de 63.16% en relación al testigo (sin aplicación) (Figura 3). Por otro lado, Quansah *et al.* (2000) reporta que los cultivos en donde se fertilizan orgánicos con inorgánicos mejora los rendimientos de los mismos.

Conclusiones

Los nutrientes potasio, magnesio, calcio, y hierro presentaron valores dentro del rango de suficiencia, por lo tanto, nitrógeno, fósforo, sodio reflejaron valores por debajo del rango de suficiencia. Sin embargo, el crecimiento, desarrollo del cultivo y producción de pistacho, no fueron limitados por estos elementos. La mejor dosis de fertilización fue 10 t ha⁻¹ de composta complementada con 436 kg ha⁻¹ de 11-52-00, dando un rendimiento de 4037.6 kg ha⁻¹, lo cual incrementó 63.16% más de producción en relación al testigo. Con estos datos preliminares, podemos concluir que la fertilización orgánica complementada con inorgánica, pudiera ser una alternativa viable para mejorar el estado nutricional y la producción en pistacho.

Agradecimientos

Al Centro de Bachillerato Tecnológico y Agropecuario N° 147 por permitirnos experimentar en su huerta de pistacho y por la buena colaboración que realizó. Al Ing. Rafael Flores por su disposición y atención que presentó para el muestreo foliar. Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Delicias, Chihuahua. Por abrir las puertas para realizar este proyecto. A la Doctora Celia Chávez por su valiosa participación en los resultados estadísticos. Al M. C Ezequiel Muñoz Márquez por su apoyo en el procesado de las muestras. Al I. Q. A. L. Alejandro Guevara Aguilar por su participación en el muestreo de hojas y colaboración en el proyecto.

Conclusions

Potassium, magnesium, calcium, and iron nutrients revealed values within the sufficiency range, therefore, nitrogen, phosphorus, sodium values were below the sufficiency range. However, pistachio growth, development and production, were not limited by these elements. The best fertilization dose was 10 t ha⁻¹ compost supplemented with 436 kg ha⁻¹ 11-52-00, giving a yield of 4037.6 kg ha⁻¹, which increased 63.16% more production than control. With these preliminary data, we conclude that inorganic supplementation of organic fertilization, could be a viable alternative for improving pistachio nutritional status and production.

End of the English version



Literatura citada

- Aaliabadi, H. M. 2006. Study on the effects of different of treatments on vegetative factors of *Pistacia vera* seedling. *Acta Hort.* 726: 205-207.
- Antal, T.; Mattila, H.; Hakala-Yatkin, M.; Tyystjärvi, T. and Tyystjärvi, E. 2010. Acclimation of photosynthesis to nitrogen deficiency in *Phaseolus vulgaris*. *Planta* 232:887-898.
- Bai, C.; Reilly, C. and Woo, B. 2007. Nickel deficiency affects nitrogenous fors and urease activity in spring xylem sap of pecan. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 132:302-309.
- Beede, R. 1991. Improving zinc nutrition in young pistachio trees *Ann. Rept. Crop. California Pistachio Industry.* 116-117.
- Brown, P. H. 1995. Diagnosing and correcting nutrient deficiencies. *In: pistachio production* Ferguson, L. (Ed.). University of California, Centre for Fruit and Nut Crop Research and Information, UC. Davis. 95-100 pp.
- Caruso, T.; Barone, E.; Marra, F.; Sottile, P.; La Mantia, F.; De Pasquale, C. 2005. Effect of rootstock on growth, yield and fruit characteristics in cv. Bianca pistachio (*Pistacia vera* L.) trees, XIII Grempa Meeting on Pistachios and Almond 1- 5 June 20 03/ Mirandela- Portugal. *Options Méditerranéennes.* 63:117-122.
- Cuenca, A. 2006. Formas alternativas de ocupación y formación continua en agricultura. El cultivo del pistachero. López, J. L. Madrid. *Project Agreement* 2004:27.
- Demirkiran, A. R. and Cengiz, M. C. 2010. Effects of different organic materials and chemical fertilizers on nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) in organic arboriculture. *African J. Biotechnol.* 9:6320-6328.
- Favela, C. H.; Cortes, G. G.; Alcántar, B. J.; Etchevers, C. A. and Rodríguez, A. J. 2000. Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. *Terra* 18:239-245.
- Gil-Martínez, F. 1994. Elementos de fisiología vegetal: relaciones hídricas nutrición mineral, transporte, metabolismo, editorial Mundi Prens. Madrid, España. 105.

- Grahan, R. D. and Stangoulis, J. C. R. 2003. Trace element uptake and distribution in plants. *J. Plant Nutr.* 133:1502-1505.
- Guerrero, J.; Lacasta, C.; Gijón, M. C.; Moriana, A.; Rivero, A. y Couceiro, J. F. 2008. El pistacho ecológico: oro verde para Castilla La Mancha y Andalucía. *La fertilidad de la tierra.* 22-29 pp.
- Jeschke, W. D.; Peuke, A.; Kirkby, E. A.; Pate, J. S. and Hartung, W. 1996. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O within intact plants of *Ricinus communis* L. *J. Exp. Bot.* 47:1737-1754.
- Lammerts, Van B. E. T. and Struik, P. C. 2004. The consequences of the concept of naturalness for organic plant breeding and propagation, NJAS, Netherlands *J. Agric. Sci.* 52:85-95.
- Legaz, F.; Serna, M. D.; Ferrer, P.; Cebolla, V. y Primo-Millo, E. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas de Divulgación Núm. 26.
- Maathuis, J. M. and Sanders, D. 1994. Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of *Arabidopsis thaliana*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91: 9272-9276.
- Maranton, J. and Crane, J. C. 1988. Pistachio production. California, University of California, leaflet 15:2279.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2th Ed. London. Academic Press: 889.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 849 pp.
- Mills, H. A. and Jones, B. J. 1991. Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Pub. 27- 257.
- Quansah, C.; Asare, E.; Ampontuah, E. O. and KyeiBalfour, N. 1997. Effect of mulching on soil loss, runoff, and crop yield. *In: proceedings of the workshop on erosion-induced soil loss in soil productivity (EILSP).* Sant' Anna, C. R. and Quansah, R. (Ed.). Accra, Ghana: FAO Regional Office for Africa. 75- 91.
- Raven, J. A.; Evans, M. C. and Corp, R. E. 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂ evolving organisms. *Photosynthesis Res.* 60:111-149.
- Romheld, E. and Marschner, H. 1993. Function of micronutrients in plant. Mortvedt, J. J.; Cox, F. J.; Shuman, L. M. and Welch, R. M. *In: micronutrients in agriculture.* 2th (Ed.). J. Amer. Soc Hort. Sci. Madison Wisconsin. 297-328.
- Rosecrance, R. C.; Weinbaum, S. A. and Brown, P. H. 1998. Alternate bearing affects nitrogen, phosphorus, potassium and starch storage pools in mature pistachio trees. *Ann. Bot.* 82:463-470.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2001. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Schroeder, P.; Brown, S.; Mo, J.; Birdsey, R. and Cieszewsky, C. 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the united stated using inventory data. *Forest Science.* 43(3):424- 434.
- Theil, E. C. and Briat, J. F. 2004. Plant ferritin and non-heme iron nutrition in humans. Harvest plus. Technical monograph series. 293 pp.
- Uvalle-Bueno, J. X. 1995. Fundamento fisiológico del diagnóstico diferencial integrado (DDI). Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas. 51 pp.
- Weinbaum, S. A.; Niederholzer, F. J. A.; Ponchner, S.; Rosecrance, R. C.; Carlson, R. M.; Whittlesey, A. C. and Muraoka, T. T. 1994. Nutrient uptake by cropping and defruited eld-grown 'French' prune trees. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 119:925-930.