

Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK*

Response of apple rootstocks to vigor, yield efficiency and leaf and fruit concentrations of NPK

Leticia Romero Domínguez¹, Rafael Ángel Parra Quezada^{1§}, Juan Luis Jacobo Cuellar², Damaris Leopoldina Ojeda Barrios³, Víctor Manuel Guerreño Prieto¹, Graciela Dolores Ávila Quezada⁴ y Teresita de Jesús Ruiz Anchondo³

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-Unidad Cuauhtémoc-Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Presa de la Amistad Núm. 2015. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP. 31510. ²Campo Experimental Sierra de Chihuahua-INIFAP. Av. Hidalgo Núm. 1213. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP. 31500. ³Universidad Autónoma de Chihuahua-Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Campus 1. Av. Universidad S/N, Chihuahua, Chihuahua, México. CP. 31110. ⁴Universidad Autónoma de Chihuahua-Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada km 1. Chihuahua, Chihuahua, México. CP. 31453. [§]Autor para correspondencia: raparra@uach.mx.

Resumen

El portainjerto en manzano controla características como vigor, precocidad, eficiencia en el transporte de nutrientes, tamaño y calidad de fruto del cultivar injertado. Actualmente existen nuevos portainjertos con potencial para ser utilizados en México, pero se desconoce su comportamiento; por lo tanto, los objetivos de este trabajo fue conocer el vigor, eficiencia de producción y la concentración de N, P y K en hoja y fruto. La plantación se estableció en 2003, en La Capilla de los Remedios, Chihuahua, para evaluar 11 portainjertos de manzano de diferentes orígenes, PiAu 56-83, PiAu 51-4, EMLA.26, G.935, G.41, G.16, B.10, J-TE-H, PAJAM2, M.9T337 y B.9, injertados con la variedad Golden Delicious. Los resultados obtenidos indican que los portainjertos con mejor eficiencia de producción fueron los más enanizantes como M.9T337, G.41, J-TE-H, G.935 y G.16. Los portainjertos más vigorosos fueron PiAu 56-83 y PiAu 51-4. El portainjerto G.16 presentó alta concentración de N, P y K en hoja y fruto, mientras que M.9T337 presentó alta concentración para N en hoja. Los portainjertos PiAu 56-83 y PiAu-51-4 presentaron alta concentración de K en hoja.

Abstract

The rootstock in apple tree controls characteristics such as vigor, precocity, nutrient transport efficiency, fruit size and quality of the grafted cultivar. Currently, there are new rootstocks with potential to be used in México, but their behavior is unknown; therefore, the objectives of this paper were to know the vigor, yield efficiency and the concentration of N, P and K in leaves and fruits. The plantation was established in 2003 at La Capilla de los Remedios, Chihuahua, in order to evaluate 11 apple rootstocks of different origins, PiAu 56-83, PiAu 51-4, EMLA.26, G.935, G.41, G.16, B.10, J-TE-H, PAJAM2, M.9T337 and B.9, grafted with the Golden Delicious variety. The results obtained indicate that the rootstocks with the best yield efficiency were the most dwarfed such as M.9T337, G.41, J-TE-H, G.935 and G.16. The most vigorous rootstocks were PiAu 56-83 and PiAu 51-4. The G.16 rootstock showed high concentration of N, P and K in leaf and fruit, whereas M.9T337 showed high concentration of N in leaf. The rootstocks PiAu 56-83 and PiAu-51-4 showed high concentration of K in leaf.

* Recibido: febrero de 2017
Aceptado: mayo de 2017

Palabras claves: eficiencia de producción, nutrientes, portainjerto, vigor.

Introducción

La producción de manzana (*Malus x sylvestris* (L.) var. Domestica (Borkh) Mansf.) en México es de 630 mil toneladas al año, con superficie plantada de 61 000 ha (SIAP, 2015). El estado de Chihuahua produce 74% de la manzana a nivel nacional, con rendimiento promedio de 18.9 t ha⁻¹. Los cultivares más comunes son Golden Delicious y Red Delicious con 58% y 25%, respectivamente (SIAP, 2015).

La mayoría de la manzana se vende como fruta fresca, por lo que ha aumentado el interés en mejorar la calidad de la fruta, como lo demuestran los diferentes programas de mejoramiento genético que en el mundo liberan nuevos materiales (Martínez, 2009; Brown y Maloney, 2013). Varios trabajos indican que el portainjerto afecta el desarrollo del árbol, fenología de floración, rendimiento y calidad del fruto en diferentes cultivares de manzano (Kucukyumuk y Erdal, 2011). Los portainjertos se clasifican por su origen en francos y clonales. Los francos provienen de semilla y por lo tanto son genéticamente diferentes, lo que conduce a variabilidad en crecimiento y comportamiento de la planta injertada, además son árboles vigorosos, tienen buen anclaje y se adaptan a diferentes tipos de suelo, se usan en bajas densidades de plantación por su vigor. Son susceptibles a pudrición de cuello (*Phytophthora cactorum*), agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*), pulgón lanígero (*Erisoma lanigerum*) y tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) (Parra y Guerrero 2005).

Los portainjertos clonales se obtienen mediante el mejoramiento genético y, una vez liberados, se multiplican asexualmente por acodos en vivero o por micro propagación. Son muy uniformes en vigor, presentan tolerancia a plagas y enfermedades, bajas temperaturas y sequía, bajo requerimiento de frío, control del vigor, adaptación a diferentes tipos de suelos y capacidad de absorber y trasladar nutrimentos (Robinson *et al.*, 2014).

El portainjerto afecta la concentración mineral de hojas y frutos en el cultivar injertado (Tagliavini *et al.*, 1992). Abdalla *et al.* (1982) reportó que el cv Red Delicious en portainjertos enanizantes presentó mayor eficiencia de producción y concentración de Mn en la hoja, pero menor

Keywords: nutrients, rootstock, vigor, yield efficiency.

Introduction

The production of apple (*Malus x sylvestris* (L.) var. Domestica (Borkh) Mansf.) in México is 630 thousand tons per year, with a planted area of 61 000 ha (SIAP, 2015). Chihuahua state produces 74% of apples nationwide, with an average yield of 18.9 t ha⁻¹. The most common cultivars are Golden Delicious and Red Delicious with 58% and 25%, respectively (SIAP, 2015).

Most of the apples are sold as fresh fruit, which has increased the interest in improving fruit quality, as evidenced by the different breeding programs that release new materials in the world (Martínez, 2009; Brown and Maloney, 2013). Several studies indicate that rootstock affects tree development, flowering phenology, yield and fruit quality in different apple cultivars (Kucukyumuk and Erdal, 2011). The rootstocks are classified by their origin in francs and clonals. Francs come from seeds and therefore are genetically different, which leads to variability in growth and behavior of the grafted plant, in addition they are vigorous trees, that show good anchoring and adaptation to different soil types, they are used in low planting densities due to its vigor. They are susceptible to neck rot (*Phytophthora cactorum*), crown gill (*Agrobacterium tumefaciens*), woolly aphid (*Erisoma lanigerum*) and fire blight (*Erwinia amylovora*) (Parra and Guerrero, 2005).

Clonal rootstocks are obtained by genetic improvement and, once released, are asexually multiply by plots in nursery or by micro propagation. They are very uniform in vigor, show tolerance to pests and diseases, low temperatures and drought, low cold requirement, vigor control, adaptation to different soils types and ability to absorb and transfer nutrients (Robinson *et al.*, 2014).

The rootstock affects the mineral concentration of leaves and fruits in the grafted cultivar (Tagliavini *et al.*, 1992). Abdalla *et al.* (1982) reported that cv Red Delicious in dwarfing rootstocks showed higher yield efficiency and Mn concentration in the leaf, but lower K concentration than the more vigorous rootstocks. Fallahi *et al.* (1984) observed in cv Starkspur Golden Delicious grafted on M.26, high concentrations of Mg on leaf. The ability of nutrient uptake and translocation varies between cultivars and rootstocks,

concentración de K que los portainjertos más vigorosos. Fallahi *et al.* (1984) observó en el cv Starkspur Golden Delicious injertado en M.26, altas concentraciones de Mg en la hoja. La habilidad de absorción y traslocación de nutrientes varía entre cultivares y portainjertos, y por lo tanto hay respuesta diferencial en crecimiento de la planta, rendimiento y calidad del fruto (Campeanu *et al.*, 2009). Para determinar cuál es la capacidad de absorción de nutrientes de la interacción portainjerto/cultivar, es necesario determinar la cantidad extraída o requerida para esa combinación en particular (Jimenez *et al.*, 2004).

El análisis foliar y del fruto se han utilizado ampliamente para evaluar el estado nutricional de la planta y la calidad del fruto, y poder determinar el impacto que tiene el portainjerto y el cultivar en ello (Nachtigall y Dechen, 2006). El análisis de flores también permite diagnosticar, en estado temprano de desarrollo del frutal, el estado nutricional del árbol y predecir posibles deficiencias. La concentración de nutrientes en hoja, a través del tiempo, también permite diagnosticar los requerimientos del cultivo en los diferentes estados de desarrollo del frutal (Nachtigall y Dechen, 2006; Hirzel y Best, 2009). Es conveniente conocer también, el síntoma que produce la deficiencia de cada elemento para corregirlo, llevar el nutriente a un nivel adecuado y evitar problemas en cuanto a vigor, desarrollo de la planta y calidad del producto cosechado. El objetivo del presente trabajo fue conocer el vigor, la eficiencia de producción y la concentración de N, P y K en hoja y fruto en el cv Golden Delicious injertado en once portainjertos clonales de manzano.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en un huerto establecido en 2003, en La Capilla de los Remedios, Chihuahua, México. El cv Golden Delicious fue injertado sobre 11 portainjertos clonales; B.9, B.10, M.9T337, EMLA26, Pajam2, G.16, G.935, G.41, J-TE-H, PiAu 56-83 y PiAu 51-4, con cuatro repeticiones distribuidas de manera aleatoria en el lote experimental. Los árboles fueron plantados a 2.5*4.5 m, se utilizó el sistema de conducción eje vertical, riego por goteo superficial con emisores cada 60 cm, con gasto de 1.78 L h⁻¹. Se estableció un soporte con alambre para evitar daños en la unión del injerto y asegurar un buen anclaje de los árboles. El sitio experimental presentó una textura de suelo franco arenosa, con 58.1 de arena, 25.28% de limo y 16.61% de arcilla, pH de 7, 1.7% de MO, 32.83%

and therefore there is a differential response in plant growth, yield and fruit quality (Campeanu *et al.*, 2009). In order to determine the nutrient uptake capacity of the rootstock/cultivar interaction, it is necessary to determine the extracted or required amount for that particular combination (Jimenez *et al.*, 2004).

Leaf and fruit analysis have been used extensively to evaluate the nutritional status of the plant and the fruit quality, and to be able to determine the impact that the rootstock and the cultivar have on it (Nachtigall and Dechen, 2006). The flowers analysis also allows the diagnosis on early fruit development stages the nutrient status of the tree and to predict potential deficiencies. The concentration of leaf nutrients, over time, also allows to diagnose the crop requirements in the different states of fruit development (Nachtigall and Dechen, 2006; Hirzel and Best, 2009). It is also convenient to know the symptom that produces the deficiency of each element to be able to correct it, to take the nutrient to an adequate level and to avoid problems in terms of vigor, plant development and quality of harvested product. The objective of this paper was to know the vigor, the yield efficiency and the concentration of N, P and K in leaves and fruits in the cv Golden Delicious grafted on eleven clonal apple tree rootstocks.

Materials and methods

The work was carried out in an orchard established in 2003, at the Capilla de los Remedios, Chihuahua, México. The cv Golden Delicious was grafted onto 11 clonal rootstocks; B.9, B.10, M.9T337, EMLA26, Pajam2, G.16, G.935, G.41, J-TE-H, PiAu 56-83 and PiAu 51-4, with four replicates randomly distributed in the experimental batch. Trees were planted at 2.5*4.5 m, the vertical shaft conduction system was used, surface drip irrigation with emitters every 60 cm, with an expenditure of 1.78 L h⁻¹. A wire support was established to avoid damages in the graft union and to assure a good anchorage of the trees. The experimental site showed a sandy loam texture with 58.1 sand, 25.28% silt and 16.61% clay, pH 7, 1.7% MO, 32.83% saturation, 0.615 mm cm⁻¹ CE, 8.52% CIC. The values of nutrients found in the soil were Ca (64.37%), Mg (16.95%), K (6.75%), Na (7.62%), 40 kg ha⁻¹ nitrates (NO₃), P (32.47 ppm), Fe (30.65 ppm), Zn (2.55 ppm), Mn (45.43 ppm), Cu (1.54 ppm), B (1.28 ppm) and sulfur (S-SO₄) 116.91 ppm.

de saturación, 0.615 mm cm⁻¹ de CE, 8.52% de CIC. Los valores de nutrientes encontrados en suelo fueron Ca (64.37%), Mg (16.95%), K (6.75%), Na (7.62%), 40 kg ha⁻¹ de nitratos (NO₃), P (32.47 ppm), Fe (30.65 ppm), Zn (2.55 ppm), Mn (45.43 ppm), Cu (1.54 ppm), B (1.28 ppm) y azufre (S-SO₄) 116.91 ppm.

El manejo del huerto se hizo de manera homogénea para todos los portainjertos. La fertilización se realizó a través del sistema de riego, aplicando 40, 20 y 60 kg de N, P y K por ha por año, distribuidos durante el ciclo del cultivo. Se controló maleza aplicando herbicida en la hilera y con desvaradora en la calle, para el control de plagas y enfermedades se siguió el monitoreo de palomilla de la manzana y se aplicó cuando el método lo determinó, de igual manera para cenicilla (*P. leucotricha*) y mancha de fuego (*E. amylovora*).

Se tomaron muestras de follaje en tres fechas, 16 de junio, 18 de julio y 22 de agosto del 2011, de la parte media del árbol, de la parte media de brotes de crecimiento del año, sin fruto, hojas sin daño y con peciolo. La determinación de N, P y K en fruto se realizó al momento de cosecha, tomaron la pulpa de frutos uniformes, sin daño y de tamaño medio. El N se determinó con la metodología Micro-kjeldhal, propuesta por Bremner (1965). El P y el K se determinaron con la metodología propuesta por Allan (1971). El área de la sección transversal del tronco (ASTT) se determinó midiendo la circunferencia de tronco a 20 cm arriba de la unión del injerto, utilizando la fórmula $ASTT=(C)^2/4\pi$.

Donde: ASTT= área de la sección transversal del tronco y C= circunferencia del troco. El volumen de copa se obtuvo aplicando la fórmula $V=\pi(a/2)*(b/2)*(h)*(0.75)$; donde V= volumen de copa, a= ancho de copa N-S, b= ancho de copa E-O, h= altura.

La eficiencia de producción se obtuvo dividiendo la producción total por árbol entre el ASTT, dada en kg de fruto producidos sobre los cm² de ASTT. La eficiencia de producción por hectárea se obtuvo al multiplicar la eficiencia de producción por árbol (kg cm⁻²), por el número de árboles por hectárea (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014).

En el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y un árbol como unidad experimental y comparación de medias por Tukey al 95% de confianza, utilizando el paquete SAS (1999).

Management of the orchard was performed homogeneously for all rootstocks. The fertilization was done through the irrigation system, applying 40, 20 and 60 kg of N, P and K per ha per year, distributed during the crop cycle. Weed control was carried out by applying herbicide to the row and with a machine in the street, for pests and diseases control the monitoring of apple moth was followed and applied when the method determined it, likewise for powdery mildew (*P. leucotricha*) and fire blight (*E. amylovora*).

Foliage samples were collected on three dates, June 16, July 18 and August 22, 2011, from the middle part of the tree, from the middle part of year growth shoots, without fruit, leaves without damage and with petiole. The determination of N, P and K in fruit was carried out at the time of harvest, pulp was taken from uniform fruits, without damage and medium size. The N was determined with the Micro-kjeldhal methodology, proposed by Bremner (1965). P and K were determined using the methodology proposed by Allan (1971). The trunk cross-sectional area (ASTT) was determined by measuring the trunk circumference at 20 cm above the graft union using the $ASTT=(C)^2/4\pi$ formula.

Where: ASTT= cross-sectional area of trunk and C= circumference of the trunk. The tree top volume was obtained by applying the $V=\pi(a/2)*(b/2)*(h)*(0.75)$ formula; where V= tree top volume, a= tree top width N-S, b= tree top width E-O, h= height.

The yield was obtained by dividing the total yield per tree between the ASTT, given in kg of fruit produced on cm² of ASTT. The yield efficiency per hectare was obtained by multiplying the yield efficiency per tree (kg cm⁻²), by the number of trees per ha (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014).

For statistical analysis, a completely randomized design was used, with four replicates and one tree as the experimental unit and Tukey's means comparison at 95% confidence, using the SAS (1999) package.

Results and discussion

Vigor

PiAu 56-83 and PiAu 51-4 rootstocks were the most vigorous with 130 and 87 cm² ASTT respectively, with statistically significant differences between them and the rest of the

Resultados y discusión

Vigor

Los portainjertos PiAu 56-83 y PiAu 51-4 fueron los más vigorosos con 130 y 87 cm² de ASTT respectivamente, con diferencias estadísticamente significativas entre ellos y el resto de los portainjertos. Estos materiales no se pueden utilizar para el diseño de huertos en altas densidades (Marini *et al.*, 2009; Marini *et al.*, 2014), por el vigor que le imprimen al cultivar injertado. Le siguieron en orden de vigor EMLA26, G.935 y G.41, con 43, 40 y 39 cm² de ASTT respectivamente, sin diferencias estadísticamente entre ellos. Estos materiales se sugiere utilizarlos en altas y medianas densidades de plantación, dependiendo del cultivar injertado, el sistema de conducción utilizado y la fertilidad del suelo, factores que influyen en el vigor final del árbol.

Los portainjertos G.16 y B.10, son semienanos y presentaron valores de 34 y 33 cm² de ASTT y no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero si con el resto de los portainjertos a excepción del J-TE-H con 27 cm² que fue diferente al G.16 pero igual que B.10. Los portainjertos menos vigorosos o enanizantes fueron Pajam2, M.9T337 y B.9 con 25, 16 y 12 cm² respectivamente, con diferencias significativas entre ellos y el resto de portainjertos (Figura 1).

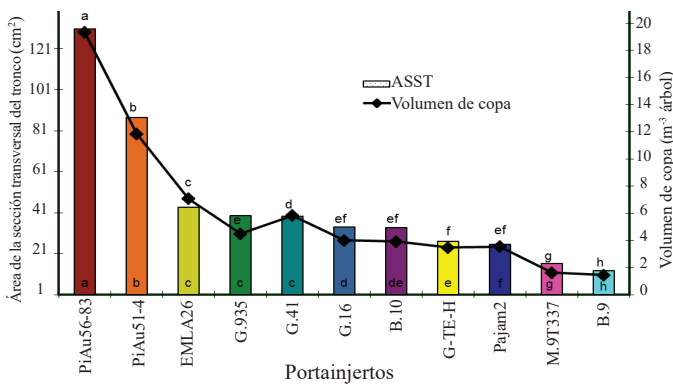


Figura 1. Área de la sección transversal del tronco (cm²) con barras y letras de diferencias significativas en la parte inferior. Volumen de copa (m³) con línea y diferencias significativas con letras en la parte superior. Medias con misma letra son iguales entre sí.

Figure 1. Cross-sectional area of the trunk (cm²) with bars and letters of significant differences at the bottom. Crown volume (m³) with lines and significant differences with letters at the top. Means with the same letter are statistically equal to each other.

rootstocks. These materials can not be used for the design of high densities orchards (Marini *et al.*, 2009; Marini *et al.*, 2014) for the vigor that they give to the grafted cultivar. They were followed in order of vigor by EMLA 26, G.935 and G.41, with 43, 40 and 39 cm² of ASTT respectively, with no statistical differences between them. These materials are suggested to be used in high and medium planting densities, depending on the grafted cultivar, the conduction system used and the soil fertility, factors that influence the final vigor of the tree.

G.16 and B.10 rootstocks were reported as semi-dwarfs and showed values of 34 and 33 cm² of ASTT and did not show statistically differences between them, but with the rest of the rootstocks except for J-TE-H with 27 cm² that was different from G.16 but statistically equal to B.10. Less vigorous or dwarfing rootstocks were Pajam2, M.9T337 and B.9 with 25, 16 and 12 cm² respectively, with statistically significant differences between them and the rest of the rootstocks (Figure 1).

The results obtained agree with Autio *et al.* (2008) and Marini *et al.* (2014) by indicating that there are rootstocks that control the vigor of the aerial part and allow the design of orchards in medium and high planting densities, but also the new materials are tolerant to pests and diseases, such as the rootstocks of Geneva series (G) that show tolerance to fire blight, neck rot and woolly aphid (Robinson *et al.*, 2011), indicating that they can also be used in organic gardens, where pesticide use is restricted. The rootstocks PiAu 56-83 and PiAu 51-4 were those with the highest crown volume with 19 and 11 m³ respectively, with significant differences between them and the rest of the rootstocks.

They were followed in order of crown volume EMLA 26, G.41 and G.935 with 7, 5, 4.5 m³ respectively; then G.16, B.10, Pajam2, J-TE-H with 4, 3.9, 3.5 and 3.4 m³ respectively, with no significant differences between them. While the rootstocks with less crown volume were M.9T337 and B.9 with 1.6 and 1.4 m³ respectively, with significant differences between them and the rest of the rootstocks (Figure 1). A 95% correlation was found between the trunk cross-sectional area (ASTT) and crown volume. This indicates that in order to determine tree vigor it is easier and more precise to do so by taking ASTT, since this variable is not affected by pruning, while the crown volume is affected (Robinson *et al.*, 2014).

Los resultados obtenidos concuerdan con Autio *et al.* (2008); Marini *et al.* (2014) al indicar que existen portainjertos que controlan el vigor de la parte aérea y permiten el diseño de huertos en medianas y altas densidades de plantación, pero además los nuevos materiales son tolerantes a plagas y enfermedades, tal es el caso de los portainjertos de la serie Geneva (G) que presentan tolerancia a mancha de fuego, pudrición de cuello y pulgón lanígero (Robinson *et al.*, 2011), lo que indica que también se pueden utilizar en huertos orgánicos, donde el uso de pesticidas es restringido. Los portainjertos PiAu 56-83 y PiAu 51-4 fueron los de mayor volumen de copa con 19 y 11 m³ respectivamente, con diferencias significativas entre ellos y el resto de los portainjertos.

Le siguieron en orden de volumen de copa EMLA26, G.41 y G.935 con 7, 5, 4.5 m³ respectivamente; luego el G.16, B.10, Pajam2, J-TE-H con 4, 3.9, 3.5 y 3.4 m³ respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Mientras que los portainjertos con menos volumen de copa fueron M.9T337 y B.9 con 1.6 y 1.4 m³ respectivamente, con diferencias significativas entre ellos y el resto de portainjertos (Figura 1). Se encontró una correlación de 95% entre las variables área de la sección transversal del tronco (ASTT) y Volumen de copa. Lo anterior indica que para determinar vigor del árbol es más fácil y preciso hacerlo tomando el ASTT, ya que esta variable no se afecta con la poda, mientras que el volumen de copa si es afectado (Robinson *et al.*, 2014).

Densidad de plantación

La densidad de plantación se estima con base en el desarrollo del árbol durante los primeros 10 años (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014), tiempo suficiente para que el árbol manifieste su potencial de desarrollo considerando ASTT o volumen de copa como indicadores de vigor. Se sugiere plantar los portainjertos vigorosos, como PiAu 56-83 y PiAu 51-4 a 4.5*3 m, para 740 árboles por ha. Pero si el productor requiere plantar 1 250 árboles por ha, se sugieren portainjertos considerados como semienanos. Sin embargo el futuro de las nuevas plantaciones, en manzano, a nivel mundial es utilizar altas densidades, con portainjertos enanizantes, precoces, altamente eficientes para producción y con fruto de buena calidad (Cuadro 1). Una de las limitantes para iniciar huertos en altas densidades, es el número de árboles por ha, debido a que la inversión inicial es elevada; por lo tanto, algunos productores no compran los árboles en el vivero, sino que los hacen ellos mismos, y abaratan el costo inicial del huerto. Sin embargo una desventaja es que se pierde un año en el inicio de producción.

Plantation density

Planting density is estimated based on the development of the tree during the first 10 years (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014), sufficient time for the tree to show its development potential considering ASTT or crown volume as vigor indicators. It is suggested to plant vigorous rootstocks, such as PiAu 56-83 and PiAu 51-4 at 4.5*3 m, for 740 trees per ha. But if the producer requires planting 1 250 trees per ha, semi-dwarfs rootstocks are suggested. However, the future of new plantations in apple tree, worldwide is to use high densities, with early, dwarfing rootstocks, highly efficient for yield and good quality fruit (Table 1). One of the constraints to starting orchards in high densities is the number of trees per ha, because there is a high initial investment; therefore, some producers do not buy the trees in the nursery, but they make them themselves, therefore they lower the initial cost of the orchard. However as a disadvantage, one year at the beginning of production is lost.

Cuadro 1. Distancia y densidad de plantación estimada para árboles de 10 años de edad, de acuerdo con el vigor que el portainjerto trasmite al cv Golden Delicious.

Table 1. Estimated planting distance and density for trees of 10 years of age, according to the vigor that the rootstock transmits to the cv Golden Delicious.

Portainjerto	Distancia entre hilera (m)	Distancia entre árbol (m)	Árboles por hectárea
PiAu 56-83	4.5	3	740
PiAu 51-4	4.5	3	740
EMLA26	4	2	1 250
B.10	3	1.2	2 777
G.41	3	1.2	2 777
G.16	3	1.2	2 777
G.935	3	1.2	2 777
J-TE-H	3	1.2	2 777
Pajam2	3	1	3 333
M.9T337	3	1	3 333
B.9	3	0.8	4 166

Yield efficiency

The most productive rootstocks were M.9T337 and G.41 with 1 126 and 952 kg cm⁻² ha⁻¹ respectively, without showing significant differences between them. Meanwhile, the

Eficiencia de producción

Los portainjertos con mayor eficiencia de producción fueron M.9T337 y G.41 con 1 126 y 952 kg cm⁻² ha⁻¹, respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre ellos. Mientras que, los portainjertos de menor eficiencia de producción fueron los más vigorosos, como PiAu 56-83 y PiAu 51-4 con 343 y 203 kg cm⁻² ha⁻¹, este último significativamente diferente a M.9T337 y G.41 (Figura 2). Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Marini *et al.* (2009) y Parra y Guerrero (2005), quienes indican que la eficiencia de producción es afectada por el vigor del portainjerto, y a medida que el portainjerto es más vigoroso, la eficiencia de producción disminuye. Robinson *et al.* (2003) mencionan que árboles vigorosos producen más kilos de fruta que los de menor porte, pero los árboles enanizantes permiten aumentar la densidad de plantación, incrementando el rendimiento por unidad de superficie y la eficiencia de producción.

Nitrógeno

De acuerdo con los resultados obtenidos de los muestreos en tejido foliar realizados en pre cosecha, se encontró disminución de N de Junio a Julio para todos los portainjertos a excepción del B.9 que presentó tendencia ascendente a través del tiempo. La mayoría de los portainjertos mantuvieron tendencia descendente hasta agosto, a excepción del EMLA 26 y M.9T337 los cuales aumentaron ligeramente de julio a agosto (Figura 3). Esta tendencia descendente de N coincidió con lo señalado por Cheng y Raba (2009), quienes mencionaron que este elemento disminuyó de floración a cosecha. Casierra *et al.* (2003), encontró un incremento en el contenido de N en hojas entre 16 y 46 días después de plena floración (ddpf), debido posiblemente al transporte del elemento desde los órganos de reserva hacia los nuevos órganos en crecimiento.

Para Faby y Naumann (1987), la concentración de N fue mayor una semana después de plena floración que la cantidad de N requerido para la nueva brotación. Sin embargo, Halbrendt (2013) indica que todos los portainjertos se encuentran dentro de los rangos normales, 1.8 a 2.8%, del contenido de este elemento en base a materia seca foliar. Hoying *et al.* (2004) mencionan que los rangos óptimos de contenido de N para manzano Golden Delicious es entre 2.4 y 2.6%. No obstante, Puertas (1997) señaló que los rangos para la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, en agosto fueron de 1.9 a 2.25%.

lowest yielding rootstocks were the most vigorous, such as PiAu 56-83 and PiAu 51-4 with 343 and 203 kg cm⁻² ha⁻¹, the latter being significantly different from M.9T337 and G.41 (Figure 2). These results agree with studies carried out by Marini *et al.* (2009) and Parra and Guerrero (2005), who indicate that yield efficiency is affected by the rootstock vigor, and as the rootstock is more vigorous, the yield efficiency. Robinson *et al.* (2003) mention that vigorous trees produce more kilograms of fruit than smaller ones, but the dwarfing trees increase planting density, increasing yield per unit area and yield efficiency.

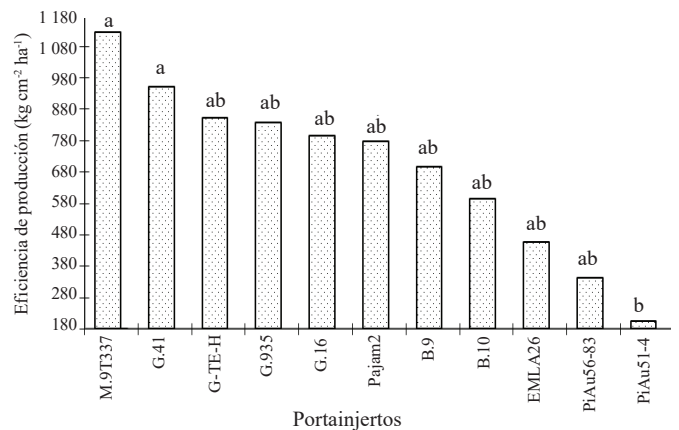


Figura 2. Eficiencia de producción por hectárea (kg cm⁻² ha⁻¹) de manzano Golden Delicious con diferentes portainjertos durante 2011. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figure 2. Yield efficiency per hectare (kg cm⁻² ha⁻¹) of Golden Delicious apple trees with different rootstocks during 2011. Bars with the same letter are statistically the same.

Nitrogen

According to the results obtained from the foliar tissue sampling performed in pre harvest, a decrease in N from June to July for all rootstocks was found, except for B.9, which showed upward trend over time. Most rootstocks maintained a downward trend until August, with the exception of EMLA 26 and M.9T337, which increased slightly from July to August (Figure 3). This downward trend of N coincided with that reported by Cheng and Raba (2009), who mentioned that this element decreased from flowering to harvest. Casierra *et al.* (2003), found an increase in the N content in leaves between 16 and 46 days after full bloom (ddpf), possibly due to the transport of the element from the reserve organs to the new growing organs.

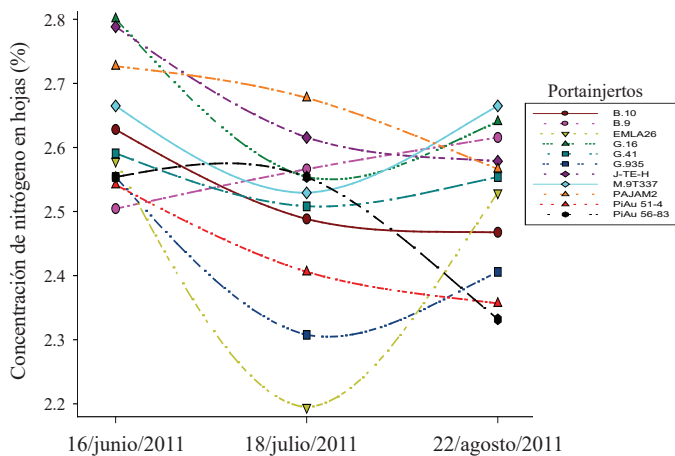


Figura 3. Concentración de N (%) en hojas a través del tiempo en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Figure 3. Concentration of N (%) in leaves over time in Golden Delicious apple grafted to different rootstocks.

Los resultados obtenidos de N en este trabajo fluctuaron entre 2.33% a 2.66% donde el portainjerto PiAu 56-83 fue el de menor concentración y el M.9T337 el del mayor valor, sin tener diferencias significativas entre ellos, con lo que se puede deducir que en las condiciones del oeste del estado de Chihuahua en las que desarrollaron, todos los portainjertos presentaron la misma capacidad para absorber y traslocar N de la raíz a las hojas, sin presentar deficiencias de este elemento en el periodo evaluado.

En las Figuras 3 y 4 se observa que los portainjertos M.9 y G.16 fueron los de mayor concentración de este elemento en la hoja para agosto, con valores de 2.66 y 2.64% respectivamente. Sin embargo, los frutos obtenidos en las plantas injertadas en el portainjerto G.41 fue en el que detectó la concentración más alta de este elemento con 49.2 mg 100 g⁻¹ de peso fresco, seguido de G.16, M.9T337 y G.935 con valores de 49, 45, 44 mg 100 g⁻¹ respectivamente. Los portainjertos PiAu 51-4 y PiAu 56-83 fueron los de más baja concentración de N en hoja con 2.35 y 2.33%, respectivamente y en fruto 38.5 y 37.5 mg 100 g⁻¹ de peso fresco, respectivamente.

Lo antes señalado permite indicar que los portainjertos más enanos presentaron mayor concentración de N que los vigorosos (Figura 5), debido tal vez a que los portainjertos vigorosos demandan más N para el crecimiento vegetativo que los enanzantes (Parra y Becerril, 1999).

For Faby and Naumann (1987), the N concentration was greater one week after full bloom than the amount of N required for the new sprout. However, Halbrendt (2013) indicates that all rootstocks are within the normal ranges, 1.8 to 2.8%, of this element content based on leaf dry matter. Hoying *et al.* (2004) mention that the optimum N content ranges for Golden Delicious apple is between 2.4 and 2.6%. However, Puertas (1997) pointed out that the ranges for the Cuauhtémoc region, Chihuahua, in August were 1.90 to 2.25%.

The results obtained from N in this paper fluctuated between 2.33% and 2.66%, where the PiAu 56-83 rootstock showed the lowest concentration and the M.9T337 showed the highest value, without significant differences between them, which can be deduced that in western conditions of Chihuahua state in which they developed, all rootstocks had the same capacity to absorb and transfer N from the root to the leaves, without showing deficiencies of this element in the evaluated period.

In Figures 3 and 4 it is shown that the M.9 and G.16 rootstocks were the ones with the highest leaf concentration of this element for August, with values of 2.66 and 2.64%, respectively. However, fruits obtained from the plants grafted on the G.41 rootstock were the ones that showed the highest concentration of this element with 49.2 mg 100 g⁻¹ fresh weight, followed by G.16, M.9T337 and G.935 with values of 49, 45, 44 mg 100 g⁻¹ respectively. The rootstocks PiAu 51-4 and PiAu 56-83 showed the lowest leaf concentration of N with 2.35 and 2.33%, respectively and in fruit 38.5 and 37.5 mg 100 g⁻¹ of fresh weight, respectively.

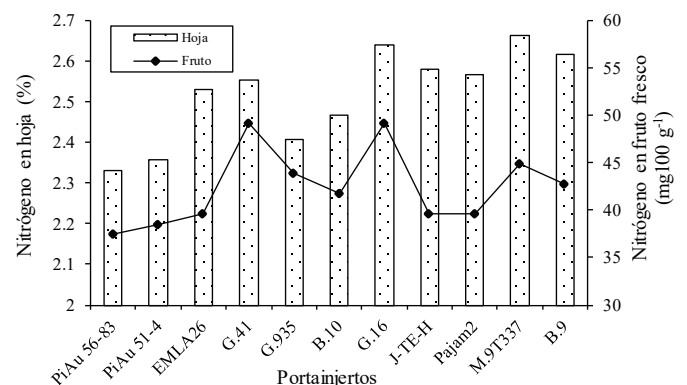


Figura 4. Concentración de N (%) en hoja y fruto (mg 100 g⁻¹ de peso fresco) en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Figure 4. Concentration of N (%) in leaf and fruit (mg 100 g⁻¹ fresh weight) in Golden Delicious apple grafted to different rootstocks.

Fósforo

Se encontró variabilidad en las concentraciones de P en las hojas. Los portainjertos M.9T337, J-TE-H, PiAu 51-4, G.16, Pajam2 y PiAu 56-83 presentaron incrementos en julio y posteriormente descendieron en agosto (Figura 6). Esta tendencia coincidió con el estudio de Casierra *et al.* (2003), en el cual la concentración de P en el tejido foliar presentó aumento de 0.9% entre 16 y 46 ddpf y luego se redujo a 0.2%, y se mantuvo alrededor de esta concentración hasta el momento de cosecha. En los portainjertos G.935, G.41, y B.10 se observó disminución ligera de P en julio y luego un ascenso en agosto. Los portainjertos EMLA26 y B.9 mantuvieron tendencia ascendente a través del tiempo, hasta llegar a agosto con valores de 0.197 y 0.188%. Esta variación puede adjudicarse a variabilidad genética entre portainjertos para absorber fósforo, según los estudios realizados por Sparks (1989). De igual manera, Parra y Becerril (1999) mencionaron que la concentración de P en la hoja puede ser afectada por el portainjerto, interacción cultivar/portainjerto y localidad. Cheng y Raba (2009) señalaron que este elemento disminuye de floración a cosecha. No obstante, de acuerdo con los rangos normales de P, citados por Hoying *et al.* (2004) y Puertas (1997), todos los portainjertos se encontraron dentro de los rangos normales (Cuadros 5 y 6) 0.15 a 0.3%, 0.13 a 0.33% y 0.165 a 0.295% respectivamente para el mes de agosto.

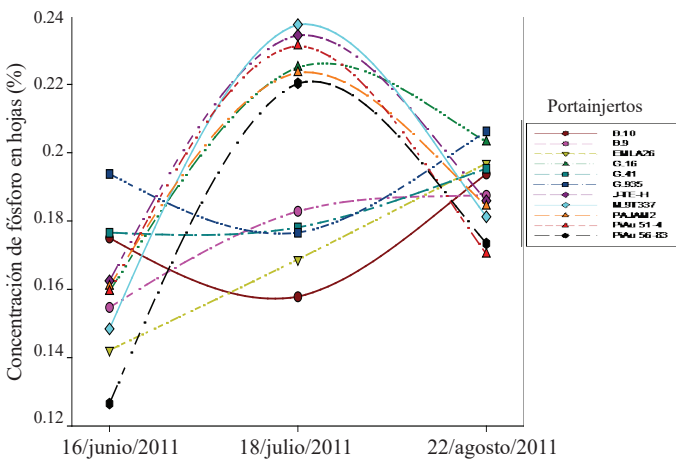


Figura 6. Concentración de P (%) en hojas a través del tiempo en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Figure 6. Concentration of P (%) in leaves over time in Golden Delicious Apple trees grafted to different rootstocks.

The above-mentioned data indicate that the more dwarf rootstocks presented higher N concentrations than vigorous ones (Figure 5), perhaps because vigorous rootstocks demand more N for vegetative growth than the dwarfs (Parra and Becerril, 1999).

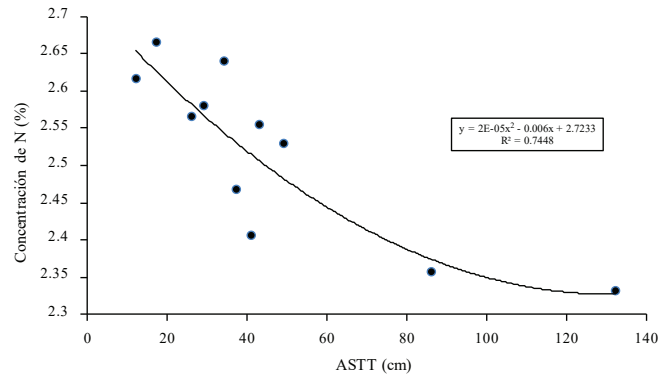


Figura 5. Relación entre vigor del portainjerto (ASTT) y concentración de N en la hoja en Golden Delicious.

Figure 5. Relationship between rootstock vigor (ASTT) and N concentration in Golden Delicious leaves.

Phosphorus

Variability was found in P concentrations in leaves. M.9T337, J-TE-H, PiAu 51-4, G.16, Pajam2 and PiAu 56-83 rootstocks showed increases in July and then decreased in August (Figure 6). This trend coincided with the study by Casierra *et al.* (2003), in which P concentration in the leaf tissue increased 0.9% between 16 and 46 ddpf and then reduced to 0.2%, and remained around this concentration until the time of harvest. In the G.935, G.41, and B.10 rootstocks, a slight decrease of P was found in July and then a rise in August. EMLA26 and B.9 rootstocks maintained an upward trend over time, until August with values of 0.197 and 0.188%. This variation can be attributed to genetic variability among rootstocks to absorb phosphorus, according to studies by Sparks (1989). Similarly, Parra and Becerril (1999) mentioned that P concentration in the leaves can be affected by the rootstock, cultivar/rootstock interaction and locality. Cheng and Raba (2009) indicated that this element decreases from flowering to harvest. However, according to the normal ranges of P, cited by Hoying *et al.* (2004) and Puertas (1997), all rootstocks were found within normal ranges (Tables 5 and 6) 0.15 to 0.3%, 0.13 to 0.33% and 0.165 to 0.295% respectively for August.

En la Figura 7 se puede observar que el portainjerto G.935, G.16, EMLA26 y G.41 fueron los de mayor concentración foliar de este elemento con valores de 0.206%, 0.203%, 0.197% y 0.195%, respectivamente. PiAu 51-4 tuvo la menor concentración tanto foliar (0.17%), como en fruto (11 mg 100 g⁻¹). El portainjerto G.16 fue el que alcanzó la mayor concentración en fruto con un valor de 16 mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Potasio

La concentración de K en la hoja fue mayor en junio y disminuyó a través del tiempo hasta agosto (Figura 8). Esta tendencia descendente se encontró en la mayoría de los portainjertos a excepción del Pajam 2, que aumentó en agosto pero no de manera significativa. Estos resultados concuerdan con Cheng y Raba, (2009), quienes encontraron una disminución de este elemento de floración a cosecha en el cv Gala/M.26. Casierra *et al.* (2003) encontraron valores constantes de K, pero por encima del rango reportado por Faust (1989), quien manifiesta que entre 1.5 y 1.8% del contenido de este elemento en materia seca, se considera adecuado para los procesos fisiológicos, donde el K está relacionado. Posiblemente los valores superiores a 1.8% de Potasio encontrados por Casierra *et al.* (2003), pudieron deberse a que el estudio fue realizado en el cv Anna/MM.106 y de acuerdo a Tagliavini *et al.* (1992), el portainjertos más vigorosos acumulan más K.

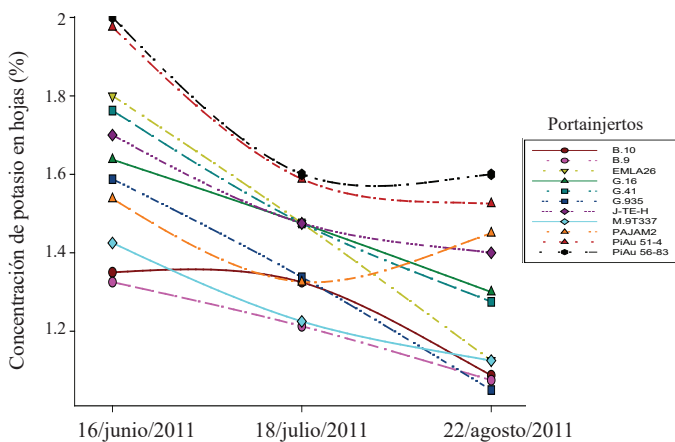


Figura 8. Concentración de K (%) en hojas a través del tiempo en manzano Golden Delicious injertado en diferentes portainjertos.

Figure 8. K concentration (%) in leaves over time in Golden Delicious apple trees grafted to different rootstocks.

Figure 7 shows that the G.935, G.16, EMLA 26 and G.41 rootstocks were the ones with the highest foliar concentration of this element with values of 0.206%, 0.203%, 0.197% and 0.195%, respectively. PiAu 51-4 had the lowest concentration of both foliar (0.17%) and in fruit (11 mg 100 g⁻¹). G.16 rootstock was the one that reached the highest concentration in fruit with a value of 16 mg 100 g⁻¹ of fresh weight.

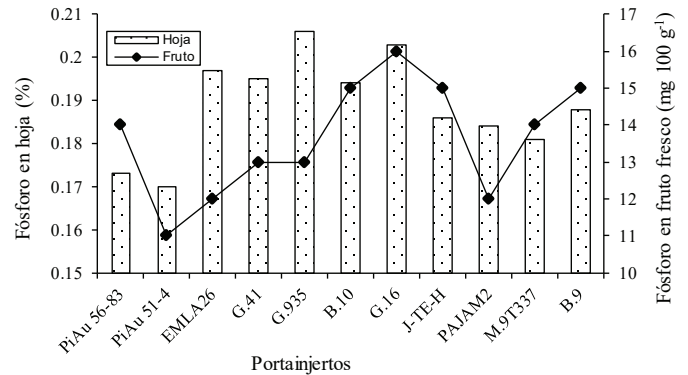


Figura 7. Concentración de P (%) en hoja, el 22 de agosto y en fruto a cosecha en diferentes portainjertos injertados con Golden Delicious.

Figure 7. Concentration of P (%) in leaf, on August 22 and in fruit to harvest in different grafted rootstocks with Golden Delicious.

Potassium

K concentration in the leaf was higher in June and decreased over time until August (Figure 8). This downward trend was found in most of the rootstocks except for Pajam 2, which increased in August but not significantly. These results agree with Cheng and Raba, (2009), who found a decrease of this element from flowering to harvest in the cv Gala/M.26. Casierra *et al.* (2003) found constant values of K, but above the range reported by Faust (1989), who states that between 1.5 and 1.8% of this element content of in dry matter, is considered adequate for physiological processes, where K is related. Possibly values greater than 1.8% of Potassium found by Casierra *et al.* (2003), might be due to the fact that the study was performed on cv Anna/MM.106 and according to Tagliavini *et al.* (1992), the more vigorous rootstocks accumulate more K.

In this research, most rootstocks were found within the ranges reported by Puertas (1997) as normal, with the PiAu 56-83 rootstock being at upper limit with values of 1.55%.

En este estudio, la mayoría de los portainjertos se encontraron dentro de los rangos reportados por Puertas (1997) como normales, destacando solamente por el límite superior el portainjerto PiAu 56-83 con valores de 1.55%. Por otro lado, de acuerdo con las tablas de Hoying *et al.* (2004), los portainjertos G.41, EMLA26, B.9, B.10, G.935 y M.9T337, con valores de 1.25, 1.15, 1.1, 1.075, 1.05, 1.05% respectivamente, se encontraron en niveles de deficiencia; información que coincidió con lo señalado por Parra y Becerril (1999), quienes en su estudio en Bachiniva, Chihuahua, encontraron bajos niveles de K en hoja para los portainjertos B.9 y EMLA26. No obstante, Abdalla *et al.* (1982) encontraron altas concentraciones de K en hojas del cv Delicious/M.26.

En la Figura 9 se observa que el portainjerto PiAu 56-83 fue el que tuvo mayor concentración de este elemento en la hoja para agosto; sin embargo, fue uno de los más bajos en trasladar el K al fruto. Caso contrario encontrado en el portainjerto M.9T337, donde presentó alta concentración de K en fruto, a pesar de que en la hoja tenía la concentración más baja.

Los portainjertos que obtuvieron mayor concentración de K en fruto fueron el J-TE-H, seguido del PiAu 51-4 y el M.9T337 con valores de 144, 141 y 136 mg 100 g⁻¹ de peso fresco respectivamente. La más baja concentración la obtuvo el G.16 con 120 mg 100 g⁻¹ de peso fresco. Con base en la información generada por Puertas (1997), todos los portainjertos se encontraron dentro del rango óptimo establecido para la región de Cuauhtémoc, Chihuahua con 197 mg 100 g⁻¹ de peso fresco.

Conclusiones

Los portainjerto que se pueden utilizar para el diseño de huertos en altas densidades de plantación son B.9, M.9T337, Pajam2, G.16, G.41, J-TE-H y B.10.

La mejor eficiencia de producción se obtuvo en M.9T337 y G.41.

Se encontró alta concentración de N en hoja y fruto en M.9T337, G.16 y B.9.

On the other hand, according to the tables of Hoying *et al.* (2004), the G.41, EMLA26, B.9, B.10, G.935 and M.9T337 rootstocks, with values of 1.25, 1.15, 1.1, 1.075, 1.05, 1.05% respectively, were found in deficiency levels; which coincided with that reported by Parra and Becerril (1999), who in their research in Bachiniva, Chihuahua, found low leaf K levels for B.9 and EMLA26 rootstocks. However, Abdalla *et al.* (1982) found high concentrations of K in leaves of cv Delicious/M.26.

Figure 9 shows that PiAu 56-83 rootstock had the highest concentration of this element in the leaves for August; however, it was one of the lowest in translocating the K to the fruit. Otherwise found in M.9T337 rootstock, where it showed a high concentration of K in fruit, although the leaf showed the lowest concentration.

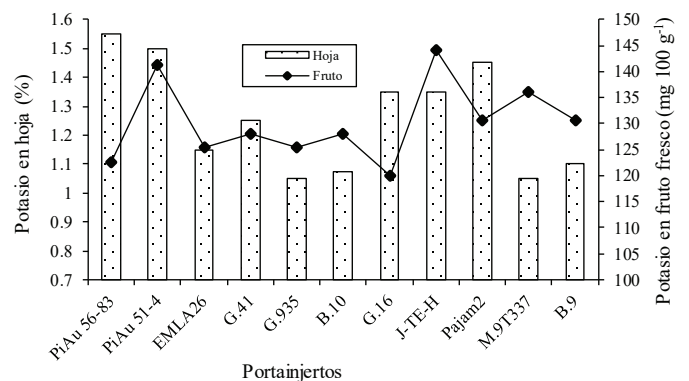


Figura 9. Concentración de K (%) en hoja del 22 de agosto y en fruto a cosecha en peso fresco en diferentes portainjertos ordenados por vigor e injertados con Golden Delicious.

Figure 9. K concentration (%) on leaf of August 22 and fruit at harvest in fresh weight in different rootstocks ordered by vigor and grafted with Golden Delicious.

The rootstocks that obtained the highest concentration of K in fruit were J-TE-H, followed by PiAu 51-4 and M.9T337 with values of 144, 141 and 136 mg 100 g⁻¹ fresh weight, respectively. The lowest concentration was obtained by G.16 with 120 mg 100 g⁻¹ fresh weight. Based on the information generated by Puertas (1997), all rootstocks were within the optimal range established for the Cuauhtémoc region, Chihuahua, with 197 mg 100 g⁻¹ fresh weight.

Se encontró alta concentración de P en hoja para G.41 y G.16; y alta concentración de P fruto para B.10.

El portainjerto G.16 presentó una alta concentración de N, P y K en hoja y N y P en fruto.

Los portainjertos PiAu 56-83 y PiAu 51-4 presentaron baja concentración de N y P en hoja, pero alta en K.

Literatura citada

- Abdalla, O. A.; Khatamian, H. and Miles, N. W. 1982. Effect of rootstocks and interstems on composition of "Delicious" apple leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(5):730-733.
- Allan, J. E. 1971. The preparation of agricultural samples for analysis by atomic absorption spectroscopy. Varian Techtron, Walnut Creek, California. 143 p.
- Autio, W.; Robinson, T.; Cowgill, W.; Hampson, C.; Kushad, M.; Parra, Q. R.; Perry, R. and Rom, C. 2008. Performance of 'Gala' apple trees on Supporter 4, P.14, and different strains of B.9, M.9 and M.26 rootstocks: A five-year report on the 2002 NC-140 apple rootstocks trial. *J. Amer. Pom. Soc.* 65(2):119-128.
- Autio, W.; Robinson, T.; Archibold, D.; Cowgill, W.; Hampson, Ch.; Parra, Q. R. and Wolfe, D. 2013. Gala apple trees on supporte 4, p.14, and different strains of b.9, m.9, and m.26 rootstocks: final 10-year report on the NC-140 apple rootstocks trial. *J. Amer. Pom. Soc.* 67:62-71.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. 1149-1178 pp.
- Brown, S. K. and Maloney, K. E. 2013. An update on apple cultivars, brands and club-marketing. *New York Fruit Quarterly.* 21(1):3-10.
- Casierra, P. F.; Cortés, L. F.; Ramírez, J. y Castro, F. H. 2003. Estado nutricional de árboles de manzano "Anna", durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos. *Contenido de elementos minerales. Agron. Colomb.* 21(1):5-82.
- Cheng, L. and Raba, R. 2009. Accumulation of macro and micronutrients and nitrogen demand-supply relationship of "Gala"/"Malling 26" apple trees grown in sand culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134(1):3-13.
- Campeanu, G.; Gabriela, N. and Darjanschi, G. 2009. Chemical composition of the fruits of several apple cultivars growth as biological crop. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 37(2):161-264.
- Faby, R. and Naumann, W. D. 1987. Die bedeutungder einlagerung von reservatoffen im herbs bei apfelbaumen, dargastellt und entblatterungsversuchen. *Erwerbsobstbau* 29 (2):57-60.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperature zone fruit trees. John Willey & Sons Publicaciones. Nueva York. 132 p.
- Fallahi, E.; Westwood, M. N.; Chaplin, M. H. and Richardson, D. G. 1984. Influence of Apple rootstocks, K and N fertilizers on leaf mineral composition and yield. *J. Plant Nutr.* 7:1161-1177.
- Jimenez, S.; Garin, A.; Betran, J. A.; Gogorcena, Y. and Moreno, M. A. 2004. Flower and leaf analysis for nutritional prognosis of sweet cherry tree, influence of different rootstocks. *J. Plant*

Conclusions

Rootstocks that can be used for the design of orchards at high planting densities are B.9, M.9T337, Pajam2, G.16, G.41, J-TE-H and B.10.

The best producyieldtion efficiency was obtained in M.9T337 and G.41.

A high concentration of N in leaf and fruit was found in M.9T337, G.16 and B.9.

High P concentration in leaf was found for G.41 and G.16; and high fruit P concentration for B.10.

The G.16 rootstock showed a high concentration of N, P and K in leaf and N and P in fruit.

The rootstocks PiAu 56-83 and PiAu 51-4 showed low concentration of N and P in leaf, but high in K.

End of the English version



- Halbrendt, J. M. 2013. Pennsylvania 2012-2013: tree fruit production guide. College of Agricultural Science, Pennsylvania State University. 340 p.
- Hirzel, J. F. and Best, S. 2009. Effect of two rootstock selections on the seasonal nutritional variability of Braeburn apple. *UC Davis: In: The proceedings of the international plant nutrition colloquium XVI.* Poster núm. 1375.
- Hoying, S. A.; Fargione, M. and Lungerman, K. 2004. Diagnosing apple tree nutritional status: leaf analysis interpretation and deficiency symptoms. *New York Fruit Quarterly.* 12(1):6-18.
- Kucukyumuk, Z. and Erdal, I. 2011. Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 17: 633-641
- Marini, R.P.; Black, B.; Crassweller, R. M.; Domoto, C. P. A.; Hampson, S.; Johnson, K.; Kosola, S.; McArtney, J.; Masabni, R. M.; Parra, Q. R.; Robinson, T. and Rom, C. R. 2009. Performace of Golden Delicious apple on 23 rootstocks at 12 locations: a five-year summary of the 2003 NC-140 dwarf rootstocks trial. *J. Amer. Pom. Soc.* 63 (3):115-127.
- Marini, R.P.; Black, B.; Crassweller R. M.; Domoto, C. P. A.; Hampson, R. M.; Robinson, T. Stasiak, M. and Wolfe, D. 2014. Performance of 'Golden Delicious' Apple on 23 Rootstocks at Eight Locations: A Ten-Year Summary of the 2003 NC-140 Dwarf Rootstock Trial. *J. Amer. Pom. Soc.* 68(2):54-68.

- Nutr. 27(4):701-712.
- Martínez, M. A. 2009. Comportamiento de 11 portainjertos clonales de manzano injertados con Golden Delicious en Cuauhtémoc, Chih. Tesis de Maestría en Ciencias de la productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua. 52 p.
- Nachtigall, G. R. and Dechen, A. R., 2006. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. *Sci. Agric (Piracicaba, Braz.)*. 63(5):493-501.
- Parra, Q. R. A. y Becerril, E.R. 1999. Efecto de portainjertos de manzano en la concentración nutrimental de la hoja en el cv. Starkspur Supreme Delicious. *Terra* 17(1):1-7.
- Parra, Q. R. A. y Guerrero, P. V. M. 2005. Descripción de portainjertos de manzano y diseño de plantaciones con portainjertos clonales. Folleto Técnico Núm. 13 INIFAP-Sierra de Chihuahua. 35 p.
- Puertas, R. J. L. 1997. Dinámica nutricional del manzano como antecedente para el establecimiento de sistemas de fertirrigación. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. 129 p.
- Robinson, T. L.; Hoying, S.; Fargione, M. and Lungerman, K. 2003. On-Farm Trial of the Cornell Geneva Apple Rootstocks in New York. *Compact Fruit Tree*. 36(3):70-73.
- Robinson, T. L.; Fazio, G.; Hoying, S.; Miranda, M. and Lungerman, K. 2011. Geneva apple rootstock performance in New York State and Progress in Commercialization. *Compact Fruit Tree*. 44(3):22-29.
- Robinson, T. L.; Fazio, G. and Aldwinckle, H. S. 2014. Characteristics and performance of four new apple rootstocks from the Cornell-USDA apple rootstock breeding program. *Acta Hort.* 1058:651-656.
- SAS Institute, Inc. 1999. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. Cary, NC.
- Sharma, D. D. and Shauhan, J. S. 1991. Effects of different rootstocks and training system on the mineral composition of "Delicious" apple leaves. *J. Hort. Sci.* 66:703-707.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.
- Sparks, D. 1989. Current recommendations for leaf P levels too low, study shows. *Pecan South*. 21(1):9-13.
- Tagliavini, M.; Scudellari, D.; Marangoni, B.; Bastianel, A.; Franzin, F. and Zamborlini M. 1992. Leaf mineral composition of apple tree: sampling date and effects of cultivar and rootstocks. *J. of Plant Nut.* 15:605-619.