

Combined effect of rootstocks and uniconazol-p application via irrigation on the canopy of 'Hass' avocado trees

Efecto combinado de portainjertos y aplicación de uniconazol-p vía riego, sobre el dosel de árboles de aguacates 'Hass'

Catalina Bórquez-Lillo^{1*}; Mónica Castro¹; Thomas Fichet²; Ricardo Cautín¹

¹Facultad de Ciencias Agronómicas y de los Alimentos, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Calle San Francisco s/n, La Palma, Quillota, CHILE. Correo-e: cata.macka@gmail.com (*Autor para correspondencia).

²Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola, Universidad de Chile. Santa Rosa 11.315, La Pintana, Santiago, CHILE.

Abstract

In Chile, avocado cultivation has incorporated the use of uniconazol-p via irrigation in plantations where rootstocks from seed predominate. This study suggested that the effectiveness of applying uniconazole-p to the soil base of 'Hass' avocado trees depends on the origin of the rootstock. Nine-month-old 'Hass' trees were used in Duke 7 clonal rootstock and Mexícola rootstock from seed, together with 0, 0.0035, 0.007 and 0.014 g·L⁻¹ uniconazol-p. Measurements were made in the canopy of the plants, at the level of vegetative growth, bud development and earliness in flowering. It was found that the differences among variables were at rootstock level; Duke 7 showed greater vigor and earlier flowering than trees with Mexícola. In addition, Duke 7 had no response to the application of uniconazol-p, contrary to what was presented by Mexícola, where the uniconazole-p concentration above 0.007 g·L⁻¹ showed no effect on either shoot length or the proportion of potential flower buds in relation to the total number of buds.

Keywords: *Persea americana* Mill., triazole, high density, Duke 7, Mexícola.

Resumen

En Chile, el cultivo de aguacate ha incorporado el uso de uniconazol-p vía riego en plantaciones donde predominan los portainjertos provenientes de semilla. El presente estudio planteó que la efectividad de la aplicación de uniconazol-p al suelo, en árboles de aguacate 'Hass', depende del origen del portainjerto. Se utilizaron árboles 'Hass' de nueve meses de edad en el portainjerto clonal Duke 7 y el proveniente de semilla Mexícola, junto con 0, 0.0035, 0.007 y 0.014 g·L⁻¹ de uniconazol-p. Se realizaron mediciones en el dosel de las plantas, a nivel de crecimiento vegetativo, desarrollo de yemas y precocidad en la floración. Se observó que las diferencias entre variables fueron a nivel de portainjerto; Duke 7 presentó mayor vigor y adelanto en la floración que los árboles con Mexícola. Además, Duke 7 no tuvo respuesta a la aplicación de uniconazol-p; caso contrario a lo presentado por Mexícola, donde la concentración de uniconazol-p mayor a 0.007 g·L⁻¹ no mostró efectos en el largo de brotes, ni en la proporción de yemas potencialmente florales con relación al total de yemas.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., triazol, alta densidad, Duke 7, Mexícola.



Introduction

In Chile, commercial avocado growing dates back to the 1960's (Gardiazabal & Rosenberg, 1991), initially with native varieties and later with imported varieties. Currently, rootstocks from seed are widely used. In addition, various technologies have been introduced to increase productivity, for example, the use of molecules to inhibit gibberellin biosynthesis.

At rootstock level, those from seed are the most used, accounting for 99.51 % by 2010 (Anuario Asociación Gremial de Viveros Frutales [AGVF], 2011). These rootstocks have high variability due to their heterozygosity, added to which they come from non-isolated parental orchards and soils that are highly non-uniform; the above results in heterogeneity in tree growth in the field (Ben-Ya'Acov & Michelson, 1995; Lemus et al., 2005). For their part, clonal rootstocks are plants identical to the mother plant (Lemus et al., 2005), and therefore present a high degree of uniformity (Mickelbart, Robinson, Witney, & Arpaia, 2012).

Within the gibberellin biosynthesis inhibitors are compounds with a heterocyclic ring with nitrogen (Rademacher, 2000). This group includes uniconazol-p, a triazole. Uniconazol-p inhibits endogenous biosynthesis of gibberellins (National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals, 2000), through interference in the activity of cytochrome P450. This process inhibits the activity of the enzyme ent-kaurene oxidase, which prevents oxidation of ent-kaurene to ent-kaurenoic acid (Azcon-Bieto & Talón, 2000; Rademacher, 2000; Saito et al., 2006; Sasaki et al., 2013; Tai-Ping, 2011).

By using gibberellin biosynthesis inhibitors, plant development, yield, carbohydrate content, foliage density and earliness in flowering, among other variables, are affected (Fletcher, Gilley, Sankhla, & Davis, 2010; Jiao, Wang, & Tsujita, 1991; Katz et al., 2003; Schneider, Goldway, Birger, & Stern, 2012; Zeller, Larsen, Higgins, & Curry, 1991). But there is no clarity with respect to the concentrations to use, since highly variable concentrations of uniconazol-p (as active ingredient) have been handled, ranging from 0.001, 0.003, 0.01, 0.1, 0.25, 0.5, up to 1 g·L⁻¹ (Jiao et al., 1991; Katz et al., 2003; Schneider et al., 2012; Stern, Raz, Applebaum, Meiri, & Goldway, 2009; Zeller et al., 1991). It is a factor of utmost importance, especially when dealing with applications via irrigation, as it is applied directly to the root zone and is transported acropetally via xylem (Davis, Steffens & Sankhla, 1988; Lever, 1986). Furthermore, as stated by Menzel and Le Lagadec (2014), these chemical products persist for a long time in the tree and soil, so the concentrations should be handled carefully to avoid delays in tree growth over the long term.

Introducción

En Chile, el cultivo comercial de aguacate data de la década de los sesenta (Gardiazabal & Rosenberg, 1991), cultivándose inicialmente con variedades criollas y finalmente con variedades importadas. En la actualidad, se utilizan masivamente portainjertos provenientes de semilla. Además, se han introducido diversas tecnologías para aumentar su productividad, por ejemplo, el uso de moléculas inhibidoras de la biosíntesis de giberelinas.

A nivel de portainjertos, los provenientes de semilla son los más utilizados, 99.51 % al 2010 (Anuario Asociación Gremial de Viveros Frutales [AGVF], 2011). Éstos presentan alta variabilidad por su heterocigosis, sumado a que provienen de huertos parentales no aislados y los suelos de cultivo son altamente desuniformes; lo anterior da como resultado la heterogeneidad en el crecimiento de los árboles en terreno (Ben-Ya'Acov & Michelson, 1995; Lemus et al., 2005). Por su parte, los portainjertos clonales corresponden a plantas idénticas a la planta madre (Lemus et al., 2005), y por lo tanto, presentan alto grado de uniformidad (Mickelbart, Robinson, Witney, & Arpaia, 2012).

Dentro de los inhibidores de la biosíntesis de giberelinas están los compuestos con un anillo heterocíclico con nitrógeno (Rademacher, 2000). En este grupo se encuentra el uniconazol-p, un triazol. El uniconazol-p inhibe la biosíntesis endógena de giberelinas (National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals, 2000), a través de la interferencia en la actividad del citocromo P450. Este proceso inhibe la actividad de la enzima ent-kaureno oxidasa, lo cual evita la oxidación del ent-kaureno en ácido ent-kaurenoico (Azcon-Bieto & Talón, 2000; Rademacher, 2000; Saito et al., 2006; Sasaki et al., 2013; Tai-Ping, 2011).

Al utilizar inhibidores de la biosíntesis de giberelinas, el desarrollo de la planta, rendimiento, contenido de carbohidratos, densidad de follaje y adelanto en la floración, entre otros, se ven afectados (Fletcher, Gilley, Sankhla, & Davis, 2010; Jiao, Wang, & Tsujita, 1991; Katz et al., 2003; Schneider, Goldway, Birger, & Stern, 2012; Zeller, Larsen, Higgins, & Curry, 1991). Pero, no existe claridad con respecto a las concentraciones a utilizar, ya que se han manejado concentraciones de uniconazol-p (como ingrediente activo) muy variables, que van de 0.001, 0.003, 0.01, 0.1, 0.25, 0.5, hasta 1 g·L⁻¹ (Jiao et al., 1991; Katz et al., 2003; Schneider et al., 2012; Stern, Raz, Applebaum, Meiri, & Goldway, 2009; Zeller et al., 1991). Factor de suma importancia, especialmente al tratarse de aplicaciones vía riego, ya que va directamente aplicado a la zona de raíces y se transporta de forma acropétala vía xilema (Davis, Steffens & Sankhla, 1988; Lever, 1986). Además, como indican Menzel y Le Lagadec (2014), estos productos

Considering the current conditions of avocado cultivation in Chile, where the vast majority of orchards are established on rootstocks from seed and there is no clarity on the uniconazol-p concentrations applied via irrigation to this species, it is appropriate to investigate the responses that the use of two rootstocks of different origins with different concentrations of p-uniconazol would have on the canopy of the trees.

It is hypothesized that the effectiveness of applying uniconazol-p to the soil base of Hass variety avocados depends on the type of rootstock. Based on this hypothesis, the aim of this study was to determine the effects of the combination of four concentrations of uniconazol-p applied via irrigation, and the use of clonal or seed-derived rootstock on the growth of the canopy of young Hass avocado trees.

Materials and methods

The trial took place at the La Palma Experimental Station, belonging to the Pontifical Catholic University of Valparaíso in Quillota, Chile (32° 53' 30.13" SL; 71° 12' 21.35" WL). The area has a temperate mesothermal estenothermic semiarid Mediterranean climate (Santibáñez & Uribe, 1990).

In September 2012, two-year-old avocado trees were established in 98-L plastic containers measuring 50 cm in diameter by 50 cm in height, filled with clay loam soil characteristic of the area. Hass avocado trees of similar vigor, grafted onto two types of rootstocks, namely Mexícola (from seed) and Duke 7 (clonal), both of Mexican race, were selected.

Two applications of commercial product Sunny® (5 % uniconazol-p), corresponding to 50 g·L⁻¹ active ingredient, were made to the soil at different concentrations (Table 1). The first application was carried out in the summer of 2013, ending the period of spring shoot growth. The second application was made in the autumn of that year, to cover the second period of growth. These applications were made according to current management practices, i.e. summer and fall applications to stimulate flowering and reduce tree vigor.

Measurements began to be made at nine months after establishing the trial. In total, 48 trees were used. In treatments with rootstock from Mexícola variety seed, eight replicates were used, while there were only four with Duke 7 rootstock. Treatments with Mexícola rootstock have more replicates since the rootstock comes from seed and therefore would have greater variability. A 4 x 2 factorial arrangement (two rootstocks and four concentrations of uniconazol-p) was used to determine the combined effect of the factors (Table 1). A completely randomized experimental design was used.

químicos tienen larga persistencia en el árbol y suelo, por lo que las concentraciones deben ser manejadas cuidadosamente para evitar retrasos en el crecimiento de los árboles a largo plazo.

Considerando las condiciones actuales del cultivo de aguacate en Chile, en donde la gran mayoría de los huertos se encuentran establecidos en portainjertos de semilla y no existe claridad sobre las concentraciones de uniconazol-p aplicado vía riego a esta especie, es pertinente investigar las respuestas que tendría el uso de dos portainjertos de distintos orígenes con diferentes concentraciones de uniconazol-p, sobre el dosel de los árboles.

Se plantea que la efectividad de la aplicación de uniconazol-p al suelo, en aguacates variedad Hass, depende del tipo de portainjerto. Con base en esta hipótesis, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la combinación de cuatro concentraciones de uniconazol-p aplicado vía riego, y el uso de portainjerto clonal o proveniente de semilla; ambos sobre el crecimiento del dosel de aguacates jóvenes de la variedad Hass.

Materiales y métodos

El ensayo se localizó en la estación experimental La Palma, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile (32° 53' 30.13" LS; 71° 12' 21.35" LO). En esta zona el clima es templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido (Santibáñez & Uribe, 1990).

En septiembre de 2012 se establecieron árboles de aguacate de dos años de edad en contenedores plásticos de 50 cm de diámetro por 50 cm de altura, con capacidad de 98 L, con suelo franco-arcilloso característico de la zona. Se escogieron árboles de aguacate de la variedad Hass, de similar vigor, injertados sobre los portainjertos: Mexícola (proveniente de semilla) y Duke 7 (clonal), ambos de raza mexicana.

Se efectuaron dos aplicaciones de producto comercial Sunny® (uniconazol-p al 5 %) al suelo, que correspondió a 50 g·L⁻¹ de ingrediente activo, con diferentes concentraciones (Cuadro 1). La primera aplicación se realizó en verano de 2013, terminando el periodo de crecimiento de brotes primaverales. La segunda aplicación se realizó en otoño del mismo año, para cubrir el segundo periodo de crecimiento. Estas aplicaciones fueron realizadas según los manejos actuales, es decir, aplicaciones de verano y otoño para estimular floración y reducir el vigor de los árboles.

Las mediciones se comenzaron a realizar a los nueve meses de establecimiento del ensayo. En total se utilizaron 48 árboles. En los tratamientos con portainjerto de semilla de la variedad Mexícola, se

Table 1. Array of trial treatments where the factors are: (i) application of different concentrations of uniconazol-p and (ii) use of clonal and seed-derived rootstock.

Cuadro 1. Matriz de tratamientos del ensayo, donde se enfrentan los factores: (i) aplicación de diferentes concentraciones de uniconazol-p y (ii) uso de un portainjerto clonal y otro proveniente de semilla.

Concentration of uniconazol-p (g·L ⁻¹) / Concentración de uniconazol (g·L ⁻¹)	Rootstock / Portainjerto	
	Mexícola (seed) / Mexícola (semilla)	Duke 7 (clonal)
0	T0MX	T0D7
0.0035	T1MX	T1D7
0.007	T2MX	T2D7
0.014	T3MX	T3D7

The active ingredient doses used were 0, 0.0035, 0.007 and 0.014 g·L⁻¹, corresponding to 0, 1, 2 and 4 L·ha⁻¹ of commercial product. Of the corresponding concentration, 10 L per tree were applied. The concentrations were calculated considering a plantation of 1,600 trees·ha⁻¹ (2.5 m x 2.5 m), since the use of uniconazol-p is recommended for high-density plantations.

Vegetative development

Tree height and trunk cross-sectional area

During the winter shutdown (June 2013), the total height of each tree was measured with a retractable tape measure. It was made from the neck of the tree to its apex. The results were expressed in centimeters.

In the same season, the trunk diameter of every tree was measured and then the radius was calculated by dividing by two. The measurement was made with a digital Vernier caliper (Decrescent® brand, PRC-7587-EDVC-V1 model), measuring 10 cm from the neck area of each tree. With this data the trunk cross-sectional area was calculated using the formula:

$$\text{Trunk cross-sectional area (cm}^2\text{)} = [\text{Trunk radius (cm)}]^2 \cdot \pi \quad (1)$$

Shoot number and length

The total number of shoots produced in two randomly-selected trees per treatment was counted. Subsequently, the length of the totality of shoots produced in the same trees was measured with a digital Vernier caliper (Decrescent® brand, PRC-7587-EDVC-V1 model). The measurement was made from the shoot base to its apex. The result was expressed in centimeters.

ensayaron ocho repeticiones; en tanto que aquellos con portainjerto Duke 7 fueron cuatro. Los tratamientos con portainjerto Mexícola tienen mayor número de repeticiones, ya que el portainjerto proviene de semilla, y por lo tanto presentarían mayor variabilidad. Se realizó un arreglo factorial 4 x 2 (dos portainjertos y cuatro concentraciones de uniconazol-p), para determinar el efecto combinado de los factores (Cuadro1). Se empleó un diseño experimental completamente al azar.

Las dosis del ingrediente activo empleadas fueron 0, 0.0035, 0.007 y 0.014 g·L⁻¹; lo que correspondió a 0, 1, 2 y 4 L·ha⁻¹ de producto comercial. De la concentración correspondiente se aplicó 10 L por árbol. El cálculo de las concentraciones se realizó considerando una plantación de 1,600 árboles·ha⁻¹ (2.5 m x 2.5 m), ya que el uso de uniconazol-p está recomendado para plantaciones de alta densidad.

Desarrollo vegetativo

Altura de árbol y área de sección transversal del tronco En parada invernal (junio de 2013) se midió la altura total de cada árbol con una huincha de medir extensible. Se realizó desde el cuello del árbol hasta el ápice del mismo. Los resultados se expresaron en centímetros.

En la misma época, se midió el diámetro del tronco de todos los árboles y luego se calculó el radio, dividiendo por dos. La medición se realizó con un pie de metro electrónico (marca Decrescent®, modelo PRC-7587-EDVC-V1), midiendo a 10 cm de la zona del cuello de cada árbol. Con este dato se calculó el área de sección transversal del tronco, a través de la fórmula:

$$\text{Área de sección transversal del tronco (cm}^2\text{)} = [\text{Radiodel tronco (cm)}]^2 \cdot \pi \quad (1)$$

Número y largo de brotes

En el mismo, se contabilizó el total de brotes de dos árboles de cada tratamiento al azar. Posteriormente, se midió el largo de la totalidad de brotes producidos en los mismos árboles, mediante un pie de metro electrónico (marca Decrescent®, modelo PRC-7587-EDVC-V1). La medición fue realizada desde la base del brote hasta el ápice del mismo. El resultado se expresó en centímetros.

Desarrollo de yemas

La totalidad de yemas producidas por cada árbol del ensayo fue determinada con la ayuda de un contador manual. Luego se procedió a determinar la cantidad de yemas potencialmente florales. Las reproductivas se vuelven esféricas mientras la inflorescencia se desarrolla dentro de la yema; en cambio, las yemas vegetativas permanecen alargadas (Alcaraz,

Bud development

The totality of buds produced by each tree in the trial was determined with the aid of a hand counter. Then the number of potential flower buds was determined. Reproductive buds become spherical while the inflorescence develops within the bud; by contrast, vegetative buds remain elongated (Alcaraz, Thorp & Hormaza, 2013). Finally, the proportion of potential flower buds of each tree was calculated using the formula:

$$\text{Proportion of buds} = \frac{\text{Total no. of potential flower buds per tree}}{\text{Total no. of buds per tree}} \quad (2)$$

Evolution of bud equatorial diameter

To establish the evolution in the development of potential flower and vegetative buds, the equatorial diameter of 10 % of the buds of each tree in the trial was measured with a digital Vernier caliper (Decrescent® brand, PRC-7587-EDVC-V1 model). Measurements were made in June, July and August 2013 (winter shutdown and beginning of the differentiation period). Measurement was halted in September, when buds reach state 513 on the BBCH scale for avocado, i.e. reproductive bud break (Alcaraz et al., 2013).

Earliness in flowering

An 80 % shade mesh was placed around the trunk of three trees per treatment. During the beginning of the flowering season, flowers were collected twice a week. Flowers were separated by week and dehydrated in an oven at 60 °C. A known sample was weighed and, from it, the number of flowers produced by the trees in the first two weeks of flowering (September) was estimated.

Statistical analysis

For each variable, ANOVA and Fisher's multiple comparison test ($\alpha \leq 0.05$) were performed for eight treatments using the Minitab 16 statistical package for Windows.

Results and discussion

Vegetative development

The variable final tree height showed no differences in relation to the factors rootstock and uniconazol-p concentration young trees nine months after establishment (Table 2).

The trunk cross-sectional area showed differences in relation to the rootstock used, regardless of the uniconazole-p concentration (Table 2). Trees grafted onto Duke 7 rootstock had a larger trunk cross-

Thorp, & Hormaza, 2013). Finalmente, se calculó la proporción de yemas potencialmente florales de cada árbol a través de la fórmula:

$$\text{Proporción de yemas} = \frac{\text{Núm. total de yemas de flores potenciales por árbol}}{\text{Núm. total de yemas por árbol}} \quad (2)$$

Evolución del diámetro ecuatorial de yemas

Para establecer la evolución en el desarrollo de las yemas potencialmente florales y vegetativas, se midió el diámetro ecuatorial del 10 % de las yemas de cada árbol del ensayo con un pie de metro electrónico (marca Decrescent®, modelo PRC-7587-EDVC-V1). Se hicieron mediciones en junio, julio y agosto de 2013 (parada invernal y comienzo del periodo de diferenciación). La medición se detuvo en septiembre, cuando las yemas alcanzan el estado 513 en escala BBCH para aguacate, es decir en brotación reproductiva (Alcaraz et al., 2013).

Precocidad en la floración

Se instaló una malla de 80 % de sombra alrededor del tronco de tres árboles por tratamiento. Durante el comienzo de la época de floración, se recolectaron flores dos veces por semana. Las flores fueron separadas por semana y deshidratadas en estufa a 60 °C. Se pesó una muestra conocida y se estimó, a partir de la muestra, la cantidad de flores que produjeron los árboles en las dos primeras semanas de floración (septiembre).

Análisis estadístico

Para cada variable, se realizó análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) para los ocho tratamientos, con el programa Minitab 16 para Windows.

Resultados y discusión

Desarrollo vegetativo

La variable altura final de árboles no presentó diferencias en relación con los factores portainjerto y concentración de uniconazol-p, en árboles jóvenes luego de nueve meses desde el establecimiento (Cuadro 2).

El área de sección transversal del tronco presentó diferencias en relación con el portainjerto utilizado, independiente a la concentración de uniconazol-p (Cuadro 2). Los árboles injertados sobre portainjerto Duke 7 presentaron mayor área de sección transversal del tronco que los árboles injertados sobre Mexícola. Reddy, Kurian, Ramachander, Singh, y Kohli (2003), al realizar estudios de correlación, indicaron que el área de sección transversal del tronco es buen indicador de vigor y rendimiento acumulativo de fruta durante los primeros 16 años en mango, en función de respuestas

Table 2. Final tree height (cm) and trunk cross-sectional area (cm²) in Hass avocado trees nine months after establishment in containers, grafted onto Duke 7 and Mexícola rootstocks, treated with different concentrations of uniconazol-p via irrigation.

Cuadro 2. Altura final de árbol (cm) y área de sección transversal del tronco (cm²), en árboles de aguacate variedad Hass de nueve meses de establecimiento en contenedores, injertados sobre portainjertos Duke 7 y Mexícola, aplicados con diferentes concentraciones de uniconazol-p vía riego.

	Final tree height (cm)/ Altura final de árbol (cm)	Trunk cross-sectional area (cm ²)/ Área de sección transversal del tronco (cm ²)
T0D7	138.00 ± 10.15 a	4.91 ± 0.92 a
T1D7	127.78 ± 4.76 a	3.86 ± 0.97 ab
T2D7	133.28 ± 6.78 a	4.63 ± 1.02 a
T3D7	136.50 ± 11.50 a	4.57 ± 1.07 a
T0MX	136.29 ± 11.25 a	3.39 ± 0.82 bc
T1MX	138.32 ± 13.10 a	3.32 ± 0.90 bc
T2MX	132.00 ± 10.23 a	3.21 ± 0.80 bc
T3MX	129.33 ± 16.77 a	2.76 ± 0.57 c

Different letters in the same column indicate significant differences between uniconazol-p concentration and rootstock, according to Fisher's test ($\alpha \leq 0.05$). Values represent the mean \pm standard deviation (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: Duke 7 rootstock, MX: Mexícola rootstock).
Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre concentración de uniconazol-p y portainjerto, de acuerdo al test de Fisher ($\alpha \leq 0.05$). Los valores representan la media \pm desviación estándar (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: portainjerto Duke 7, MX: portainjerto Mexícola).

sectional area than trees grafted onto Mexícola. Reddy, Kurian, Ramachander, Singh, and Kohli (2003), by performing correlation studies, found that trunk cross-sectional area is a good indicator of vigor and cumulative fruit yield during the first 16 years in mango; based on responses like this, greater vigor can be attributed to trees grafted onto Duke 7. In addition, the results obtained in the present study are consistent with those of other studies, where avocado trees grafted onto Mexícola rootstock had a smaller trunk cross-sectional area compared to other rootstocks, including the clonal type (Gregoriou, 1992). The reduction in trunk cross-sectional area could be explained by considering the results obtained in apple trees by Atkinson, Else, Taylor, and Webster (2001), who suggest that morphological and anatomical changes are produced at the point where the graft is performed, resulting in a discontinuity of vascular tissues. There could also be differences between rootstocks at root level, since, for example, Fassio, Heath, Arpaia and Castro (2009) determined that the roots of the Duke 7 rootstock develop wider xylem vessels and a larger conductive tissue area than Toro Canyon rootstock. Solari, Johnson, and Dejong (2006) suggest that the effect of the rootstock on vegetative growth in peach trees is associated with water balance relations, specifically in the hydraulic conductance of the rootstock vascular system. Thus, larger-diameter xylem vessels explain the greater vigor expressed as trunk cross-sectional area.

In the variable number of shoots per tree, it was found that while there is no clear relationship between the combined effect of rootstock and uniconazole-p dose, trees grafted onto Duke 7 rootstock developed a larger

como esta, se le atribuiría mayor vigor a árboles injertados sobre Duke 7. Además, los resultados obtenidos en este ensayo concuerdan con otros estudios, donde árboles de aguacate injertados sobre portainjerto Mexícola presentaron menor área de sección transversal del tronco al compararse con otros portainjertos, incluidos los del tipo clonal (Gregoriou, 1992). La reducción del área de sección transversal del tronco podría explicarse considerando los resultados de Atkinson, Else, Taylor, y Webster (2001) en manzanos, quienes sugieren que en el punto donde se realiza el injerto se producen cambios morfológicos y anatómicos, dando como resultado discontinuidad de los tejidos vasculares. También, podrían existir diferencias entre portainjertos a nivel radical; ya que, por ejemplo, Fassio, Heath, Arpaia, y Castro (2009) determinaron que las raíces del portainjerto Duke 7 desarrollan vasos xilemáticos más anchos y mayor superficie de tejido conductor que el portainjerto Toro Canyon. Solari, Johnson, y Dejong (2006), sugieren que el efecto del portainjerto en el crecimiento vegetativo de árboles de duraznero está asociado con las relaciones de balance de agua, específicamente en la conductancia hidráulica del sistema vascular del portainjerto. Así, vasos xilemáticos de mayor diámetro explicarían el mayor vigor expresado como área de sección transversal de tronco.

En la variable número de brotes por árbol se observó que, si bien no hay relación clara entre el efecto combinado de portainjerto y dosis de uniconazol-p, los árboles injertados sobre portainjerto Duke 7 desarrollaron mayor número de brotes que los

Table 3. Shoot number and length (cm) in Hass avocado trees nine months after establishment in containers, grafted onto Duke 7 and Mexícola rootstocks and treated with different uniconazol-p concentrations via irrigation.

Cuadro 3. Número y largo de brotes (cm), en árboles de aguacate variedad Hass de nueve meses de establecimiento en contenedores, injertados sobre portainjertos Duke 7 y Mexícola, aplicados con diferentes concentraciones de uniconazol-p vía riego.

	Number of shoots / Número de brotes	Shoot length (cm) / Largo de brotes (cm)
T0D7	56.50 ± 19.09 ab	3.95 ± 2.72 bc
T1D7	48.50 ± 7.78 abc	4.39 ± 2.45 b
T2D7	39.50 ± 6.36 bcd	3.94 ± 2.50 bc
T3D7	71.50 ± 19.08 a	4.27 ± 3.48 b
T0MX	27.50 ± 3.54 cd	6.20 ± 4.37 a
T1MX	32.00 ± 5.66 cd	4.21 ± 3.28 b
T2MX	29.50 ± 0.71 cd	3.20 ± 2.46 cd
T3MX	23.00 ± 0.54 d	2.38 ± 1.89 d

Different letters in the same column indicate significant differences between uniconazol-p concentration and rootstock, according to Fisher's test ($\alpha \leq 0.05$). Values represent the mean ± standard deviation (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: Duke 7 rootstock, MX: Mexícola rootstock).

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre concentración de uniconazol-p y portainjerto, de acuerdo al test de Fisher ($\alpha \leq 0.05$). Los valores representan la media ± desviación estándar (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: portainjerto Duke 7, MX: portainjerto Mexícola).

number of shoots than those grafted onto Mexícola (Table 3). Like the trunk cross-sectional area, they would be mainly determined by the anatomy of the rootstock and the vigor that it exerts on the tree.

Shoot length presented dissimilarities at rootstock level. According to Solari et al. (2006), inequalities in shoot growth rates seem to correspond to differences in water potential at trunk level between rootstocks.

On the other hand, the shoot length developed in trees grafted onto Duke 7 showed no differences among uniconazol-p concentration levels (Table 3). These results are similar to those of Zeller et al. (1991), who studied the effect of different rootstocks and a range of uniconazol-p concentrations greater than those used in this study (between 0.001 and 1 g·L⁻¹) on 'Golden Delicious' apple trees. They observed no statistical differences in percentage reductions in shoot length among the concentrations.

In trees grafted onto Mexícola, the tendency for shoot length to decrease as the uniconazol-p concentration increased was observed (Table 3). However, there was no difference in applying 0.007 or 0.014 g·L⁻¹ uniconazol-p (equivalent to 2 and 4 L·ha⁻¹ uniconazol-p at 5 %). This behavior would allow reducing the uniconazole-p concentration without altering the effect of restricting shoot length, targeted against the intense vegetative growth possessed by avocado (Whiley, Schaffer, & Wolstenholme, 2002).

Observing the vegetative growth responses as a whole, it appears that Duke 7 rootstock increases canopy vigor compared to Mexícola, resulting in trees of similar height

injertados sobre Mexícola (Cuadro 3). Al igual que el área de sección transversal del tronco, estarían principalmente determinados por la anatomía del portainjerto y el vigor que ejerce en el árbol.

El largo de brotes presentó disimilitudes a nivel de portainjerto. Según Solari et al. (2006), las desigualdades en las tasas de crecimiento de brotes parecen corresponder a diferencias en el potencial hídrico a nivel de tronco entre portainjertos.

Por otro lado, el largo de brotes desarrollado en los árboles injertados sobre Duke 7, no presentó diferencias entre niveles de concentración de uniconazol-p (Cuadro 3). Similares a los resultados de Zeller et al. (1991), quienes estudiaron el efecto de diferentes portainjertos y rango de concentraciones de uniconazol-p mayores a las utilizadas en este ensayo (entre 0.001 y 1 g·L⁻¹) en manzanos 'Golden Delicious'. Ellos no observaron diferencias estadísticas en el porcentaje de reducción del largo de brotes entre las concentraciones.

En árboles injertados sobre Mexícola, se observó la tendencia a disminuir el largo de brotes, conforme aumentó la concentración de uniconazol-p (Cuadro 3). Sin embargo, no existió diferencia al aplicar 0.007 o 0.014 g·L⁻¹ de uniconazol-p (equivalentes a 2 y 4 L·ha⁻¹ de uniconazol-p al 5 %). Este comportamiento permitiría disminuir la concentración de uniconazol-p sin alterar el efecto en la restricción del largo de brotes, como objetivo frente al intenso crecimiento vegetativo que posee el aguacate (Whiley, Schaffer, & Wolstenholme, 2002).

Al observar en conjunto las respuestas de desarrollo vegetativo, se constata que el portainjerto Duke 7

but with a larger trunk cross-sectional area and greater shoot number and length. In fact, almost all commercial rootstocks used in the world are vigorous, a trait that confers certain tolerance to root rot caused by the fungus *Phytophthora cinnamomi*. Duke 7 is the second most widely used commercial rootstock tolerant to *Phytophthora*, after the Dusa rootstock (Menzel & Le Lagadec, 2014).

Differences in vigor among rootstocks could be explained by considering the above-mentioned vascular development through the dissimilarity conferred by rootstocks on nitrogen mobilization and the amount of free amino acids, determined by the genetic potential of the rootstock Holzapfel & Treeby, 2007; Lee & Steenwerth, 2011; Sorgonà, Abenavoli, Gringeri, & Cacco, 2006; Treeby, Holzapfel, Waler, & Nicholas, 1998).

Bud development

In assessing the variables total number of buds and number of potential flower buds, there was a greater quantity in trees grafted onto Duke 7 rootstock than in trees grafted onto Mexícola (Table 4). Also, by establishing the relationship between the number of potential flower buds per tree and the total number of buds per tree, trees grafted onto Duke 7 had a higher proportion of potential flower buds than those grafted onto Mexícola (Table 4).

incrementa el vigor del dosel en comparación con el Mexícola; dando como resultado árboles de similar altura, pero con área de sección transversal del tronco más amplia, mayor número y largo de brotes. De hecho, casi todos los portainjertos comerciales utilizados en el mundo son vigorosos, un rasgo que confiere cierta tolerancia a la pudrición de raíz ocasionada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*. Duke 7 se encuentra en segundo lugar de los portainjertos comerciales más utilizados tolerantes a *Phytophthora*, luego del portainjerto Dusa (Menzel & Le Lagadec, 2014).

Las diferencias en vigor entre portainjertos se podría explicar, si se considera el desarrollo vascular anteriormente señalado, a través de la disimilitud que confieren los portainjertos en la movilización de nitrógeno y la cantidad de aminoácidos libres, determinados por el potencial genético del portainjerto (Holzapfel & Treeby, 2007; Lee & Steenwerth, 2011; Sorgonà, Abenavoli, Gringeri, & Cacco, 2006; Treeby, Holzapfel, Waler, & Nicholas, 1998).

Desarrollo de yemas

Al evaluar las variables, número total de yemas y número de yemas potencialmente florales, se obtuvo mayor cantidad en árboles injertados sobre portainjerto Duke 7, que en árboles injertados sobre Mexícola (Cuadro 4). Asimismo, al establecer la relación entre

Table 4. Total number of buds produced per tree, number of potential flower buds per tree and the relationship between the number of potential flower buds and the total number of buds per tree in Hass avocado trees nine months after establishment in containers, grafted onto Duke 7 and Mexícola rootstocks, and treated with different uniconazole-p concentrations via irrigation.

Cuadro 4. Número total de yemas producidas por árbol, número de yemas potencialmente florales por árbol y relación entre el número de yemas potencialmente florales y el total de yemas por árbol, en árboles de aguacate variedad Hass de nueve meses de establecimiento en contenedores, injertados sobre portainjertos Duke 7 y Mexícola, con aplicación de diferentes concentraciones de uniconazol-p vía riego.

	Total number of buds per tree / Número total de yemas por árbol	Number of potential flower buds per tree / Número de yemas potencialmente florales por árbol	Potential flower buds / Total number of buds Yemas potencialmente florales / Total de yemas
T0D7	239.25 ± 77.12 b	89.75 ± 41.59 c	0.39 ± 0.15 cd
T1D7	206.00 ± 52.42 bcd	156.00 ± 32.34 ab	0.77 ± 0.05 a
T2D7	223.00 ± 50.15 bc	141.75 ± 50.57 b	0.63 ± 0.09 ab
T3D7	322.50 ± 104.23 a	196.00 ± 34.18 a	0.63 ± 0.08 ab
T0MX	171.13 ± 48.08 cd	32.63 ± 24.07 d	0.20 ± 0.14 e
T1MX	185.63 ± 58.93 bcd	62.50 ± 29.86 cd	0.34 ± 0.15 d
T2MX	171.50 ± 26.89 cd	86.00 ± 36.28 c	0.50 ± 0.19 bc
T3MX	148.38 ± 32.24 d	78.63 ± 24.50 c	0.52 ± 0.06 bc

Different letters in the same column indicate significant differences between uniconazol-p concentration and rootstock, according to Fisher's test ($\alpha \leq 0.05$). Values represent the mean ± standard deviation (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: Duke 7 rootstock, MX: Mexícola rootstock). Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre concentración de uniconazol-p y portainjerto, de acuerdo al test de Fisher ($\alpha \leq 0.05$). Los valores representan la media ± desviación estándar (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹, D7: portainjerto Duke 7, MX: portainjerto Mexícola).

In another study, Kremer-Köhne and Köhne (1992) found that the combination of Duke 7 rootstock with Hass variety stood out compared to other combinations used in the study, in terms of productive precocity; i.e. increased production with younger trees (as in this study) and higher yield. Additionally, this behavior can be influenced by different capabilities possessed by rootstocks to absorb and transport nutrients to the aboveground part of the tree, as the rootstock and variety contribute to shoot growth and productivity (Herrera-González, Salazar-García, Gutiérrez-Martínez, & González-Durán, 2013; Zijlstra, Groot, & Jansen 1994).

It was determined that the number of potential floral buds, by comparing with the Duke 7 control treatment (0 g·L⁻¹ uniconazol-p), showed no differences with respect to trees grafted onto Mexícola where uniconazol-p (concentrations of 0.0035, 0.007 and 0.014 g·L⁻¹) was applied.

Regarding the relationship between the number of potential floral buds and the total number of buds, in both rootstocks applying uniconazole-p increased this ratio significantly. For Duke 7, the three doses used had the same effect without statistically differing, and because of that they had no differences either in shoot length; therefore, the lowest dose is recommended. However, with Mexícola the 0.007 and 0.014 g·L⁻¹ doses had the best results, both in the ratio of potential flower buds to total buds and in shoot length.

In the evolution of bud equatorial diameter, the transition from vegetative to reproductive meristems is found, that is, the floral differentiation phase, where buds are widened due to the formation of new structures (Kitsaki, Andreadis, & Bouranis, 2010; Mert, Baruk, & Ipek, 2013). However, in August, for control trees grafted onto Mexícola (without uniconazole-p application), no effect was seen in terms of bud widening (Figure 1). Therefore, Duke 7 rootstock exerts no response on the canopy after uniconazol-p application, but in trees grafted onto Mexícola, the treatment gave the same diameter as that accorded by Duke 7.

Earliness in flowering

Trees grafted onto Duke 7 flowered earlier than those grafted onto Mexícola. This is contrary to the findings reported by Mickelbart et al. (2012), who detected no differences in precocity or duration of flowering in trees with different rootstocks. However, Wang, Gould, and Patterson (1994) determined that in kiwi there are rootstocks that tend to favor flowering; these trees tend to develop a greater trunk cross-sectional area in the productive variety, giving them larger xylem vessels than rootstocks that do not promote flowering; this may have happened in this

el número de yemas potencialmente florales por árbol y el número total de yemas por árbol, los injertados sobre Duke 7 presentaron mayor proporción de yemas potencialmente florales que los árboles injertados sobre Mexícola (Cuadro 4).

En el estudio realizado por Kremer-Köhne y Köhne (1992) determinaron que la combinación de portainjerto Duke 7 con variedad Hass fue sobresaliente en comparación con otras combinaciones utilizadas en el estudio, en términos de precocidad productiva; es decir, mayor producción con árboles más jóvenes (como en este estudio) y mayor rendimiento. Además, este comportamiento puede verse influido por las distintas capacidades que poseen los portainjertos para absorber y transportar nutrimentos a la parte aérea del árbol; ya que el portainjerto y la variedad contribuyen al crecimiento y la productividad de los brotes (Herrera-González, Salazar-García, Gutiérrez-Martínez, & González-Durán, 2013; Zijlstra, Groot, & Jansen 1994).

Se determinó que el número de yemas potencialmente florales, al comparar el tratamiento control Duke 7 (0 g·L⁻¹ de uniconazol-p), no presentó diferencias con respecto a los árboles injertados sobre Mexícola donde se aplicó uniconazol-p (concentraciones de 0.0035, 0.007 y 0.014 g·L⁻¹).

Con respecto a la relación número de yemas potencialmente florales entre el total de yemas, en ambos portainjertos al aplicar uniconazol-p incrementó este cociente significativamente. En el caso de Duke 7, las tres dosis aplicadas tuvieron el mismo efecto sin diferir estadísticamente, y debido a que no tuvieron diferencias tampoco en la longitud de brote; basta la menor dosis como recomendación. Sin embargo, con Mexícola las dosis de 0.007 y 0.014 g·L⁻¹ tuvieron el mejor resultado, tanto en la relación de yemas potenciales entre yemas totales como en la longitud de brotes.

En la evolución del diámetro ecuatorial de yemas se constataría la transición de meristemos vegetativos en reproductivos, es decir, la fase de diferenciación floral, donde se ensanchan las yemas debido a la formación de nuevas estructuras (Kitsaki, Andreadis, & Bouranis, 2010; Mert, Baruk, & Ipek, 2013). Sin embargo, en agosto, para los árboles control injertados sobre Mexícola (sin aplicación de uniconazol-p), no se observó efecto en el ensanchamiento de yemas (Figura 1). Por lo tanto, el portainjerto Duke 7 no ejerce respuesta sobre el dosel tras la aplicación de uniconazol-p, pero en árboles injertados sobre Mexícola, el tratamiento otorgó el mismo diámetro que el otorgado por el Duke 7.

Precocidad en floración

Los árboles injertados sobre Duke 7 florecieron anticipadamente a los injertados sobre Mexícola.

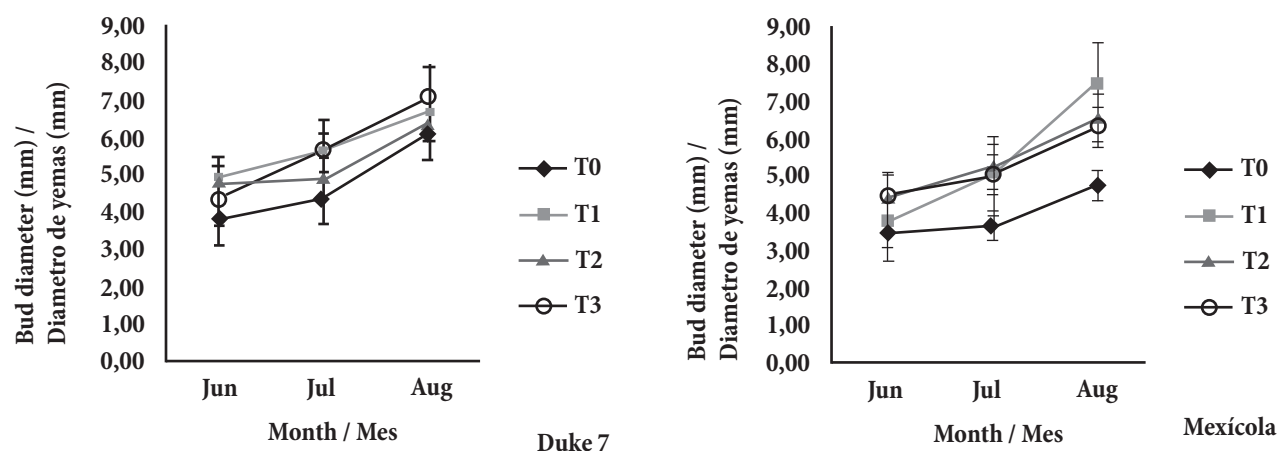


Figure 1. Evolution of bud equatorial diameter (mm) from the winter shutdown state to the cauliflower state in young Hass avocado trees grafted onto (a) Duke 7 and (b) Mexícola rootstock, applying uniconazol-p via irrigation in different concentrations. Bars indicate standard error: T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹.

Figura 1. Evolución del diámetro ecuatorial de yemas (mm) desde el estado de parada invernal al estado de coliflor en aguacates jóvenes variedad Hass, injertados sobre portainjerto (a) Duke 7 y (b) Mexícola, con aplicación de uniconazol-p vía riego en diferentes concentraciones. Barras indican error estándar (T0: control 0 g·L⁻¹, T1: 0.0035 g·L⁻¹, T2: 0.007 g·L⁻¹, T3: 0.014 g·L⁻¹).

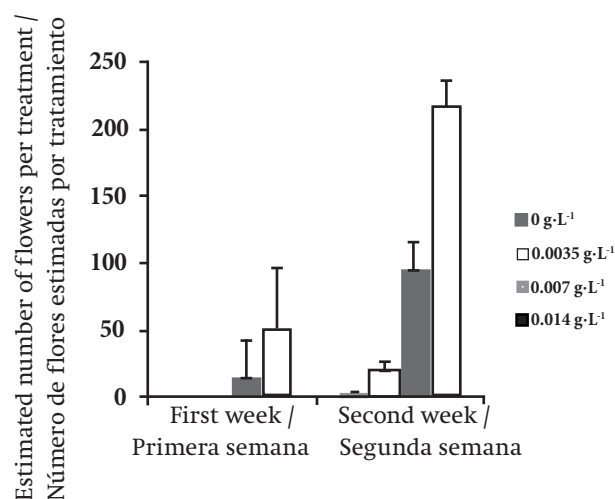


Figure 2. Estimated average number of flowers per treatment, per week, in Hass avocado trees nine months after establishment in containers and grafted onto Duke 7 rootstock, applied with different concentrations of uniconazol-p via watering. Bars indicate standard error.

Figura 2. Número promedio de flores estimadas por tratamiento, por semana, en árboles de aguacate variedad Hass de nueve meses de establecimiento en contenedores injertados sobre portainjerto Duke 7, aplicados con diferentes concentraciones de uniconazol-p vía riego. Barras indican error estándar.

Contrario a lo obtenido por Mickelbart et al. (2012), quienes no detectaron diferencias en la precocidad, ni en la duración de la floración de árboles con diferentes portainjertos. No obstante, Wang, Gould, y Patterson (1994), determinaron que en kiwi existen portainjertos que tienden a favorecer la floración; los cuales presentan tendencia a desarrollar mayor área de sección transversal del tronco en la variedad productiva, otorgándole vasos del xilema más grandes que portainjertos que no promueven la floración; lo anterior podría haber ocurrido en este ensayo, siendo Duke 7 el que otorgó mayor área de sección transversal del tronco a los árboles injertados sobre éste.

En el primer periodo de floración (primera semana), los árboles injertados sobre Duke 7, tratados con 0.007 y 0.014 g·L⁻¹ de uniconazol-p (dosis de 2 y 4 L·ha⁻¹ de uniconazol-p al 5 %) presentaron floración; mientras que el control y 0.0035 g·L⁻¹ (dosis de 0 y 1 L·ha⁻¹ de uniconazol-p al 5 %), no la tuvieron en la primera fecha de evaluación (Figura 2). En la segunda semana de medición, los árboles injertados sobre Mexícola no presentaron floración. Sin embargo, ésta comenzó en los árboles control y tratados con 0.0035 g·L⁻¹ injertados sobre Duke 7. En las concentraciones más altas (0.007 y 0.014 g·L⁻¹) se observó mayor intensidad de floración. Por el contrario, Stern et al. (2009), encontraron que la intensidad de floración en cerezos, es independiente de la concentración de uniconazol-p, al no encontrar diferencias significativas con respecto al control.

Katz et al. (2003), determinaron que al aplicar uniconazol-p se reduce la tasa de crecimiento vegetativo y se incrementa la disponibilidad de asimilados para

trial, since Duke 7 accorded a greater trunk cross-sectional area to the trees grafted onto it.

In the first flowering period (first week), trees grafted onto Duke 7 and treated with 0.007 and 0.014 g·L⁻¹ uniconazol-p (doses of 2 and 4 L·ha⁻¹ uniconazol-p at 5 %) flowered, while the control and 0.0035 g·L⁻¹ (doses of 0 and 1 L·ha⁻¹ uniconazol-p at 5 %) treatments did not flower in the same period (Figure 2). In the second week of measuring, trees grafted onto Mexícola did not flower. However, it began in the control trees and those treated with 0.0035 g·L⁻¹ grafted onto Duke 7. At the highest concentrations (0.007 and 0.014 g·L⁻¹), greater flowering intensity was observed. Conversely, Stern et al. (2009) reported that the intensity of flowering in cherry trees is independent of the uniconazol-p application, finding no significant differences with respect to the control.

Katz et al. (2003) determined that applying uniconazole-p reduces the rate of vegetative growth and increases the availability of assimilates for the developing reproductive apices, stimulating floral induction. In the aforementioned study conducted on *Globularia sarcophylla* (cut flower), plants with uniconazol-p application flowered 40 days earlier. Also, Abdel-Rahim, Elamin, and Bangerth (2011) established that the application of paclobutrazol in mango varieties that went through two unproductive years produced similar trends to the phytohormonal changes that occur in floral induction, by influencing the concentration of cytokinins, abscisic acid, gibberellins and auxins. The behavior of the trees in this trial that were treated with uniconazol-p could be linked to the same principles that produce the aforementioned response in mango.

Finally, the early response and precocity of flowering in trees after applying uniconazol-p should be taken into account, since flowering may be affected by late winter frosts, as occurred in this trial, and trees with a large number of flowers do not necessarily have a lot of full fruit. Similar yields have been observed with and without application of both paclobutrazol and uniconazol-p, with those that regulate vegetative growth being more effective (Blumenfeld & Gazit, 1974; Menzel & Le Lagadec, 2014; Stassen, Snijder, & Donkin, 1999).

Conclusions

The rootstock has a marked effect on tree vigor and earliness of flowering, with Duke 7 being more vigorous and precocious than Mexícola.

The use of uniconazol-p in young 'Hass' avocado trees grafted onto Duke 7 does not diminish vegetative vigor, as occurs with Mexícola. This treatment induces

los ápices reproductivos en desarrollo, estimulando la iniciación floral. En su estudio realizado en *Globularia sarcophylla* (flor de corte), las plantas con aplicación de uniconazol-p presentaron adelanto de 40 días en la floración. Así también, Abdel-Rahim, Elamin, y Bangerth (2011), establecieron que la aplicación de paclobutrazol, en variedades de mango que llevaban dos años improductivos, produjo tendencias similares a los cambios fitohormonales que ocurren en la inducción floral, al influir en la concentración de citoquininas, ácido abscísico, giberelinas y auxinas. El comportamiento de los árboles de este ensayo, tratados con uniconazol-p, se podría ajustar a los mismos principios que producen la respuesta en mango, anteriormente mencionados.

Finalmente, se debe tener en cuenta la respuesta temprana y precoz de la floración de los árboles tras la aplicación de uniconazol-p, ya que la floración se puede ver afectada por heladas tardías de invierno, como ocurrió en este ensayo, y árboles con gran cantidad de flores no presentarían necesariamente una gran cantidad de fruta cuajada. Se han observado rendimientos similares con y sin aplicación, tanto de paclobutrazol, como de uniconazol-p, siendo más efectivas las que regula el crecimiento vegetativo (Blumenfeld & Gazit, 1974; Menzel & Le Lagadec, 2014; Stassen, Snijder, & Donkin, 1999).

Conclusiones

El portainjerto ejerce un marcado efecto en el vigor del árbol y en la precocidad de la floración, siendo Duke 7 más vigoroso y precoz que Mexícola.

El uso de uniconazol-p, en aguacates 'Hass' jóvenes injertados sobre Duke 7, no disminuye el vigor vegetativo, como sí ocurre con Mexícola. Este tratamiento induce floración directamente proporcional a la concentración en aguacates 'Hass' sobre portainjerto Duke 7.

En árboles de aguacate 'Hass' jóvenes, injertados sobre portainjerto Mexícola, las concentraciones de uniconazol-p de 0.007 y 0.014 g·L⁻¹ (2 y 4 L·ha⁻¹ respectivamente) ejercen el mismo efecto sobre el largo de brotes y el porcentaje de yemas potencialmente florales.

Fin de la versión en español

flowering directly proportional to the concentration in 'Hass' avocado trees grafted onto Duke 7 rootstock.

In young 'Hass' avocado trees grafted onto Mexicola rootstock, uniconazol-p concentrations of 0.007 and 0.014 g·L⁻¹ (2 and 4 L·ha⁻¹ respectively) exert the same effect on shoot length and percentage of potential flower buds.

End of English version

References / Referencias

- Abdel-Rahim, A., Elamin, O., & Bangerth, F. (2011). Effects of paclobutrazol (PBZ) on floral induction and associated hormonal and metabolic changes of biennially bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during off year. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(2), 556-67. Recuperado de http://www.arpnjournals.com/jabs/research_papers/rp_2011/jabs_0211_245.pdf
- Alcaraz, M., Thorp, T., & Hormaza, J. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 164, 434-439. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.051>
- Asociación Gremial de Viveros Frutales de Chile (AGVF). (2011). *Anuario viveros 2011: Plantas frutales y vides comercializadas en Chile*. Santiago, Chile: Autor.
- Atkinson, C., Else, M., Taylor, I., & Webster, A. (2001). The rootstocks graft union: a contribution to the hydraulics of the worked fruit trees. *Acta Horticulturae*, 557, 1176-122. Recuperado de http://www.actahort.org/books/557/557_14.htm
- Azcon-Bieto, J., & Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, España: Editorial Mc Graw Hill Interamericana de España.
- Ben-Ya'Acov, A., & Michelson, E. (1995). Avocado rootstocks. *Horticultural Reviews*, 17, 381-429. Recuperado de <http://jatropha.pro/PDF%20bestanden/Avocado%20rootstocks.pdf>
- Blumenfeld, A., & Gazit, S. (1974). Development of seeded and seedless avocado fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99(6), 442-448. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/ASHS/ASHS_1974_99_PG_442-448.pdf
- Davis, T., Steffens, G., & Sankhla, N. (1988). Triazole plant growth regulators. *Horticultural Reviews*, 10, 63-105. doi: 10.1002/9781118060834.ch3
- Fassio, C., Heath, R., Arpaia, M., & Castro, M. (2009). Sap flow in 'Hass' avocado trees on two clonal rootstocks in relation to xylem anatomy. *Scientia Horticulturae*, 120, 8-13. doi: 10.1016/j.scienta.2008.09.012
- Fletcher, R., Gilley, A., Sankhla, N., & Davis, T. (2010). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, 24, 55-138. doi: 10.1002/9780470650776.ch3
- Gardiazabal, F., & Rosenberg, G. (1991). *Cultivo del palto*. Quillota, Chile: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía.
- Gregoriou, C. (1992). Yield growth and fruit quality of 'Fuerte' and 'Ettinger' cultivars of avocado on four rootstocks in Cyprus. *California Avocado Society Yearbook*, 76, 159-164. Recuperado de http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_76_1992/CAS_1992_PG_159-164.pdf
- Herrera-González, J., Salazar-García, S., Gutiérrez-Martínez, P., & González-Durán, I. (2013). El comportamiento poscosecha de frutos de aguacate 'Hass' es influenciado por el portainjerto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(1), 19-32. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263125750011>
- Holzappel, B., & Treeby, M. (2007). Effects of timing and rate of N supply on leaf nitrogen status, grape yield and juice composition from Shiraz grapevines grafted to one of the three different rootstocks. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, 14-22. doi: 10.1111/j.1755-0238.2007.tb00067.x
- Jiao, J., Wang, X., & Tsujita, M. (1991). Antagonistic effects of uniconazole and GA4 + 7 on shoot elongation and flower development in 'Nellie White' Easter lily. *Scientia Horticulturae*, 46, 323-331. doi: 10.1016/0304-4238(91)90055-4
- Katz, E., Ziv, O., Venkatachalam, R., Shlomo, E., Halevy, A., & Weiss, D. (2003). Promotion of *Globularia sarcophylla* flowering by uniconazole, an inhibitor of gibberellin biosynthesis. *Scientia Horticulturae*, 98, 423-431. doi: 10.1016/S0304-4238(03)00042-6
- Kitsaki, C., Andreadis, E., & Bouranis D. (2010). Developmental events in differentiating floral buds of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars during late winter to early spring. *Flora*, 205, 599-607. doi: 10.1016/j.flora.2009.07.001
- Kremer-Köhne, S., & Köhne, S. (1992). Yield and fruit quality of Fuerte and Hass on clonal rootstocks. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 15, 69. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/242687291_Yield_and_fruit_quality_of_Fuerte_and_Hass_on_clonal_rootstocks
- Lee, J., & Steenwerth, K. (2011). Rootstock and vineyard floor management influence on 'Cabernet Sauvignon' grape yeast assimilable nitrogen (YAN). *Food Chemistry*, 127, 926-933. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.060
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C., & Celedón-de Andraca, J. (2005). El cultivo del palto. La Cruz, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°129
- Lever, B. (1986). 'Cultar'-A technical overview. *Acta Horticulturae*, 178, 459-466. doi: 10.17660/ActaHortic.1986.179.71
- Menzel, C., & Le Lagadec, M. (2014). Increasing the productivity of avocado orchards using high-density plantings: A review. *Scientia Horticulturae*, 177, 21-36. doi: 10.1016/j.scienta.2014.07.013
- Mert, C., Barut, E., & Ipek, A. (2013). Variation in flower bud differentiation and progression of floral organs with respect to crop load in olive. *Notulae Botanicae*

- Horti Agrobotanici, 41(1), 79-85. Recuperado de <http://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/viewFile/8281/7584>
- Mickelbart, M., Robinson, P., Witney, G., & Arpaia, M. (2012). 'Hass' avocado tree growth on four rootstocks in California. I. Yield and flowering. *Scientia Horticulturae*, 143, 184-188. doi: 10.1016/j.scienta.2012.06.023
- National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals (2000). Public release summary on evaluation of the new active uniconazole-p in the product Sunny® plant growth regulator. Canberra, Australia. http://archive.apvma.gov.au/registration/assessment/docs/prs_uniconazole-p.pdf
- Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 501-531. doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.501
- Reddy, Y., Kurian, R., Ramachander, P., Singh, G., & Kohli, R. (2003). Long-term effects of rootstocks on growth and fruit yielding patterns of 'Alphonso' mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae*, 97, 95-108. doi: 10.1016/S0304-4238(02)00025-0
- Saito, S., Okamoto, M., Shinoda, S., Kushiro, T., Koshiba, T., Kamiya, Y., ... Mizutani, M. (2006). A plant growth retardant, uniconazole, is a potent inhibitor of ABA catabolism in *Arabidopsis*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(7), 1731-1739. doi: 10.1271/bbb.60077
- Santibáñez, F., & Uribe, J. (1990). *Atlas agroclimático de Chile: Regiones V y Metropolitana*. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de ciencias agrarias y forestales.
- Sasaki, E., Ogura, T., Takei, K., Kojima, M., Kitahata, N., Sakakibara, H., ... Shimada, Y. (2013). Uniconazole, a cytochrome P450 inhibitor, inhibits trans-zeatin biosynthesis in *Arabidopsis*. *Phytochemistry*, 87, 30-38. doi: 10.1016/j.phytochem.2012.11.023
- Schneider, D., Goldway, M., Birger, R., & Stern, R. (2012). Does alteration of 'Koroneiki' olive tree architecture by uniconazole affect productivity? *Scientia Horticulturae*, 139, 79-85. doi: 10.1016/j.scienta.2012.03.006
- Solari, L., Johnson, S., & Dejong, T. (2006). Relationship of water status to vegetative growth and leaf exchange of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks. *Tree Physiology*, 26, 1333-1341. doi: 10.1093/treephys/26.10.1333
- Sorgonà, A., Abenavoli, M., Gringeri, P., & Cacco, G. (2006). A comparison of nitrogen use efficiency definitions in *Citrus* rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 109, 389-393. doi: 10.1016/j.scienta.2006.06.001
- Stassen, P., Snijder, B., & Donkin, D. (1999). Results with spacing, tree training and orchard maintenance in young avocado orchards. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 159-164. Recuperado de http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p159.pdf
- Stern, R., Raz, A., Applebaum, S., Meiri, A., & Goldway, M. (2009). Uniconazole is an effective blossom thinner for 'Bing' cherry (*Prunus avium*). *Scientia Horticulturae*, 122, 417-420. doi: 10.1016/j.scienta.2009.06.015
- Tai-Ping, S. (2011). Review: The molecular mechanism and evolution of the GA-GID1-DELLA signaling module in plants. *Current Biology*, 21, 338-345. doi: 10.1016/j.cub.2011.02.036
- Treeby, M., Holzapfel, B., Waler, R., & Nicholas, P. (1998). Profiles of free amino acids in grapes of grafted Chardonnay grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 4, 121-126. doi: 10.1111/j.1755-0238.1998.tb00140.x
- Wang, Z., Gould, K., & Patterson, K. (1994). Comparative root anatomy of five actinidia species in relation to rootstock effects on kiwifruit flowering. *Annals of Botany*, 73, 403-413. doi: 0305-7364/94/040403
- Whiley, A., Schaffer, B., & Wolstenholme, B. (2002). *The avocado: botany, production and uses* (1st edition). Oxfordshire, United Kingdom. Cabi publishing.
- Zeller, J., Larsen, F., Higgins, S., & Curry, E. (1991). Rootstock effects on responses of potted 'Smoothie Golden Delicious' apple to soil-applied triazole growth inhibitors. I: Shoot and root growth. *Scientia Horticulturae*, 46, 61-74. doi: 10.1016/0304-4238(91)90093-E
- Zijlstra, S., Groot, S., & Jansen, J. (1994). Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. *Scientia Horticulturae*, 56, 185-196. doi: 10.1016/0304-4238(94)90001-9