

CALIDAD FLORAL DEL AGUACATE CV. EDRANOL SOMETIDO A AJUSTE DE CARGA E INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO CON EL USO DE UNICONAZOL-P

Quiroz, Rodrigo; Peñaloza, Patricia; **Cautín, Ricardo**

Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
Correo-e: ricardo.cautin@pucv.cl

Resumen

En Chile, el cultivar Edranol es utilizado como polinizante de la variedad Hass, siendo fundamental la calidad floral para producir mejor polen. La calidad potencial del tejido floral está directamente relacionada con el contenido de componentes energéticos, los que se ven afectados por competición del crecimiento vegetativo y la producción de frutos, procesos que ocurren simultáneamente. Se planteó un estudio en la Región de Valparaíso, Chile, durante el periodo inductivo (otoño) donde se eliminó la totalidad de la carga frutal en plantas del cultivar Edranol, junto con la aplicación de Uniconazol-p con el objetivo de modificar la calidad floral que se expresará 7 meses post tratamiento. En la evaluación se cuantificó en el tejido floral el contenido de almidón y sólidos solubles totales (STT), número de panículas producidas por metro cuadrado de copa, época e intensidad de floración. Los resultados evidencian que las plantas tratadas sin carga frutal alcanzaron el estado de plena flor dos semanas antes, no existiendo efecto del regulador de crecimiento. Por otro lado, individualmente la remoción de carga frutal y la aplicación de Uniconazol-p, aumentaron el número de panículas producidas por metro cuadrado. Se observó un aumento en SST al remover la carga frutal, pero no se presentaron diferencias en el contenido de almidón de las estructuras florales entre los distintos tratamientos. Este estudio refleja que la remoción total de la fruta causó aumento en los contenidos de SST, lo que implicaría una mayor calidad de flor y de polen.

Palabras clave: Cultivar polinizador, Calidad bioquímica de flor, Remoción de fruto, Flor, Sólidos solubles totales.

CV. EDRANOL AVOCADO FLORAL QUALITY SUBJECTED TO LOAD ADJUSTMENT AND INHIBITION OF GROWTH WITH THE USE OF UNICONAZOL-P

Abstract

In Chile, the cultivar Edranol is used as a pollinator of the variety Hass, the floral quality being essential to produce better pollen. The potential quality of the floral tissue is directly related to the content of energy components, which are affected by competition of vegetative growth and fruit production, processes that occur simultaneously. A study was proposed in the Valparaíso Region, Chile, during the inductive period (autumn) where the entire fruit load was eliminated in plants of the cultivar Edranol, together with the application of Uniconazol-p with the aim of modifying the floral quality that will be expressed 7 months after treatment. In the evaluation, the content of starch and total soluble solids (STT), number of panicles produced per square meter of canopy, time and intensity of flowering were quantified in the floral tissue. The results show that the treated plants without fruit load reached the state of full flower two weeks earlier, with no effect of the growth regulator. On the other hand, individually the removal of fruit load and the application of Uniconazol-p, increased the number of panicles produced per square meter. An increase in SST was observed when removing the fruit load, but there were no differences in the starch content of the floral structures between the different treatments. This study reflects that the total removal of the fruit caused an increase in TSS contents, which would imply a higher quality of flower and pollen.

Key words: Pollinator cultivar; Biochemical flower quality; Fruit removal; Flower; Total soluble sugars

Nota del Editor: Los autores utilizan el término polinizante para referirse al polinizador (donador de polen) y no confundir con el agente polinizante que en la mayoría de los casos son insectos que llevan polen a la flor.

Introducción

La biología reproductiva del aguacate presenta como alteración la existencia del fenómeno de dicogamia del tipo protoginia, con maduración a destiempo de los verticilos sexuales (Alcaraz et al., 2013). En producción comercial, este fenómeno hace necesaria la polinización cruzada entre flores y/o plantas (Arpaia y Hofshi, 2004; Alcaraz y Hormaza, 2009) que poseen hábito complementario en su comportamiento de dicogamia, clasificadas como plantas con comportamiento floral tipo A y B (Alcaraz y Hormaza, 2009). La sincronización de apertura de flores masculinas y femeninas está condicionada por factores ambientales, resultando en algunas zonas la obtención de producción sin la necesidad de utilizar plantas como variedades polinizantes (Sedgley y Grant, 1983; Alcaraz y Hormaza, 2009; Davenport, 2019). En contraposición, Gardiazabal y Gandolfo (1995) concluyen a través del análisis de embriones contenidos en las semillas, en la zona productiva de aguacate de Quillota (33° LS, 71° LW) Chile, sólo el 35.9 % de los frutos obtenidos en la variedad Hass, provienen de flores polinizadas con polen de esa misma variedad. A partir de sus resultados, se plantea que las variedades Zutano, Edranol y Bacon, serían los mejores cultivares polinizantes para el cultivar Hass. Se indica, además, que la mayor interacción se apreció en el tratamiento que utilizó la variedad Edranol como polinizante. Degani et al. (1990) señalaron que, en condiciones de aborto de fruto, la prioridad en amarre de frutos la tienen aquellos que se originan a través de polinización cruzada por sobre los frutos originados por polinización cercana entre plantas de este cultivar. Además, los frutos que se generan producto de polinización cruzada desarrollan mayor tamaño que los provenientes de polinización cercana, antecedentes que indican otros beneficios del uso de cultivares polinizantes.

Alcaraz (2009) investigó las fluctuaciones en las concentraciones de carbohidratos a lo largo de la temporada, concluyendo que estas reservas soportan el desarrollo de las panículas florales. Por otra parte, determinó que la concentración de almidón es uno de los factores determinantes en la calidad de la flor, ya que es un metabolito necesario para el desarrollo de los órganos reproductivos.

En base con los antecedentes señalados, y considerando que una variedad polinizante debiese enfocar su manejo agronómico en la producción de flores y no de frutos, de manera de concentrar la mayor cantidad de fotoasimilados en las flores y consecuentemente obtener polen de mejor calidad. El presente estudio plantea la eliminación total de la carga frutal y la aplicación en dosis comercial de uniconazol-p en plantas del cultivar Edranol, utilizado como cultivar polinizante para

la variedad Hass, en periodo inductivo (finales de marzo - principios de abril en el hemisferio sur), con el objetivo de modificar los contenidos en almidón y azúcares solubles totales en flores completas, como también su peso seco, además de evaluar el efecto de los tratamientos sobre variables vinculadas a la floración tales como fenología e intensidad de floración a través de la cuantificación del número de panículas producidas.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo desde marzo hasta noviembre de 2018 en un total de tres huertos comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass ubicados en la Región de Valparaíso de Chile, que utilizan como polinizante el cultivar Edranol.

Para este ensayo se utilizó un diseño completamente al azar, con 2 factores: carga frutal (0 y 100 %) y aplicación de Uniconazol-p (con y sin aplicación).

La aplicación de Uniconazol-p se realizó en el segundo flujo de crecimiento vegetativo, estado 225-229 según escala BBCH, en la concentración comercial (0.05 % de ingrediente activo) utilizando agua como solvente, aplicando con bomba espalda motorizada (marca Stihl®/ modelo SR450) procurando mojar la parte aérea del árbol uniformemente a punto de goteo. Por otro lado, la remoción de fruta se realizó en el mismo periodo que la aplicación del regulador de crecimiento, momento en el que la fruta presentaba aproximadamente el 50 % de su tamaño final.

En los campos ubicados en la localidad de Quillota, se seleccionó un total de 10 panículas por planta, 5 en la cara este y 5 en la cara oeste. Se identificaron y se observaron semanalmente (desde 30 de julio hasta 8 de noviembre), en cada evaluación se contabilizó el número de panículas en estado de plena flor, correspondiente al estado 619 según el código BBCH (Alcaraz et al., 2013).

Con la finalidad de analizar el efecto de los tratamientos sobre la cantidad de panículas por metro cuadrado de copa, en cada huerto, en el mes de octubre (7 meses post tratamientos), se cuantificó el número de panículas por metro cuadrado en 4 orientaciones cardinales y en un total de 5 repeticiones por tratamiento.

Se consideró a flores completas como material vegetal a utilizar para el análisis de contenido de almidón y azúcares solubles. La recolección de este material se realizó en el mes de octubre de

2018, momento de máxima floración para el cultivar Edranol (Rubiños, 2014). Para el análisis de carbohidratos y azúcares solubles a través de HPLC se colectó panículas en estado 619 según escala BBCH y distribuidas en todo el árbol. De la muestra colectada se extrajo una submuestra de 10 gramos de flores, las que fueron depositadas en un tanque de nitrógeno líquido a $-198\text{ }^{\circ}\text{C}$, se mantuvieron hasta su análisis a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La cuantificación de azúcares solubles y almidón se realizó mediante cromatografía líquida de alta eficiencia, siguiendo la metodología utilizada por Fuentealba et al. (2017) con modificaciones realizadas por Fernández et al. (2018).

Para cada variable se evaluó el efecto de la interacción entre los factores, removiéndola del modelo en caso de no ser significativa. Para determinar significancia de los factores (fijos o aleatorios) se utilizó un nivel alfa de 0.05. Por otro lado, para determinar diferencia entre los niveles de cada factor se compararon las medias a través de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico R (R Core Team, 2020).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestra el número promedio de panículas en plena flor de un total de 10, se observó que los árboles con remoción del 100 % de su carga frutal, poseen la totalidad de sus panículas en floración en la fecha 25 de octubre. En cuanto a los tratamientos en la que la fruta no fue removida, alcanzaron este estado el 8 de noviembre. Esto se explica, debido que al remover el total de los frutos no existe competición por fotosintatos al momento de inducción y diferenciación floral, por lo tanto, toda la energía que se genera en la planta está destinada hacia la producción de yemas florales (Ho, 1992; Wolstenholme, 1986). Sin embargo, no se observó efecto de la aplicación de regulador de crecimiento en periodo inductivo sobre el adelanto del estado de plena flor. Posiblemente debido a que el regulador de crecimiento tiene efecto un sobre la planta un periodo corto de tiempo (4 a 6 semanas) (Köhne y Kremer-Köhne, 1989), por lo que solo abarcaría el proceso de inducción y no tendría efecto en el proceso diferenciación floral.

Se realizó el análisis de la variable número de inflorescencias desarrolladas por área de copa expuesta solamente con los factores carga y regulador, resultando ambos significativos ($P>0.0001$), por lo tanto, ambos factores tienen efecto de manera independiente, ya que al aplicar

Uniconazol-p o al remover el 100 % de la carga se obtiene un aumento en el número de panículas por metro cuadrado de copa (Cuadro 2).

Cuadro1. Número de panículas de aguacate cv. Edranol que alcanzan el estado de plena flor, de un total de 50 inflorescencias por tratamiento evaluado en tres fechas secuenciales.

Nivel de Carga	Aplicación Regulador	Panículas en floración		
		18 de octubre	25 de octubre	8 de noviembre
100 %	No	1.5 Ab ^z	4.9 Ab	10
100 %	Si	2.5 Ab	5.4 Ab	10
0 %	No	6.6 Aa	10.0 Aa	

^z Letras diferentes en mayúsculas para un mismo nivel de carga representan diferencia significativa (alfa= 0.05) entre medias usando la prueba de Tukey.

^z Letras diferentes en minúsculas para un mismo nivel de regulador representan diferencia significativa (alfa= 0.05) entre medias usando la prueba de Tukey.

Se pudo observar, el aumento del número de panículas producidas en la floración siguiente al remover la fruta o al aplicar regulador de crecimiento, se evidencia un mayor aumento en los árboles con 0 % de carga frutal. Lo anterior posiblemente se explica porque el efecto de la remoción de carga es de mayor intensidad que la aplicación de regulador, debido a que este último inhibe la brotación, como proceso consumidor de energía, solo en un periodo de 4 a 6 semanas (Köhne y Kremer-Köhne,1989), a diferencia de la remoción de fruta que permite a la planta acumular reservas durante todo el periodo previo a la detención de la actividad metabólica durante el pleno invierno (Paz-Vega, 1997), incrementándose el número de panículas por metro cuadrado en la siguiente floración (Calabrese ,1992).

Cuadro 2. Número de panículas florales producidas por m² de copa, considerando la producción media en 4 orientaciones cardinales del árbol de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Edranol sometidos a remoción total de la fruta y a aplicación de Uniconazol-p en periodo inductivo.

Nivel de Carga	Aplicación Regulador	Inflorescencias por planta	Límite inferior	Límite superior
100 %	No	12.0 Bb ^z	10.6	13.5
100 %	Si	13.9 Aa	12.4	15.6
0 %	No	21.0 Ba	19.0	23.2
0 %	Si	24.4 Ab	22.2	26.8

^z Letras diferentes en mayúsculas para un mismo nivel de carga representan diferencia significativa (alfa= 0.05) entre medias usando la prueba de Tukey.

^z Letras diferentes en minúsculas para un mismo nivel de regulador representan diferencia significativa (alfa= 0.05) entre medias usando la prueba de Tukey.

Para la variable contenido de almidón en el tejido floral, se realizó el análisis solamente considerando los factores carga, regulador y localidad como bloque resultando ambos no significativos ($P=0.381$ y 0.477 , respectivamente), lo que indicó que la remoción total de los frutos y la aplicación del regulador de crecimiento en dosis de producto comercial al 0.05 % en período inductivo no tuvo efecto en el contenido de almidón en las flores analizadas (Cuadro 3).

El análisis de los sólidos solubles totales en el tejido floral se realizó solamente con los factores carga y regulador. El análisis de resultados (Cuadro 4) indicó que no se observó diferencias en el contenido de SST en el tejido floral (flores completas) en tratamientos con y sin aplicación de regulador y con el mismo nivel de carga frutal ($P=0.19$). Por el contrario, se apreció aumento en el contenido de sólidos solubles al remover el 100 % de la carga frutal en la misma época ($P>0.05$).

Cuadro 3. Contenido de almidón (mg g^{-1} peso seco) de flores provenientes de panículas florales del cultivar Edranol muestreadas en el estado 619 BBCH y sometidas a 4 tratamientos de acondicionamiento durante su periodo inductivo.

Nivel de Carga	Aplicación Regulador	Contenido de almidón	Límite inferior	Límite superior
100 %	No	0.961 Aa ^z	0.266	1.66
100 %	Si	0.938 Aa	0.247	1.63
0 %	No	0.989 Aa	0.301	1.68
0 %	Si	0.966 Aa	0.75	1.66

^z Letras diferentes en mayúsculas para un mismo nivel de carga representan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre medias usando la prueba de Tukey.

^z Letras diferentes en minúsculas para un mismo nivel de regulador representan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre medias usando la prueba de Tukey.

Cuadro 4. Contenido de sólidos solubles totales (mg g^{-1} peso seco) presentes en panículas florales del cultivar Edranol sometidas a 4 tratamientos de acondicionamiento pre floral tomadas en el estado 619 BBCH.

Nivel de Carga	Aplicación de Regulador	Contenido de SST	Límite inferior	Límite superior
100 %	No	2.47 Ab ^z	2.35	2.58
100 %	Si	2.56 Ab	2.44	2.69
0 %	No	2.68 Aa	2.55	2.82
0 %	Si	2.78 Aa	2.66	2.91

^z Letras diferentes en mayúsculas para un mismo nivel de carga representan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre medias usando la prueba de Tukey.

^z Letras diferentes en minúsculas para un mismo nivel de regulador representan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre medias usando la prueba de Tukey.

El objetivo de las aplicaciones de regulador de crecimiento realizadas en otoño está en promover la redirección de los fotoasimilados que se utilizan en el crecimiento de los brotes hacia sus las yemas en desarrollo, potenciando el proceso de inducción y posterior diferenciación floral, que se tradujo en el aumento de la cantidad de panículas florales en la siguiente temporada (Mena et al., 2003; Leonardi et al., 2001).

Por lo tanto, al existir una mayor cantidad de panículas florales (Cuadro 2) las reservas se repartirían en una mayor cantidad de puntos y en consecuencia desarrollarse flores de menor calidad, lo que no se observó en nuestros resultados. Los datos obtenidos sugieren que la aplicación de Uniconazol-p en periodo inductivo permitiría mayor cantidad de puntos de floración sin perjudicar su calidad fisiológica.

Estos resultados podrían ser coincidentes con los presentados por Bolding et al. (2016), quienes compararon el contenido de almidón y azúcares solubles en distintas condiciones edafoclimáticas, realizando cuantificación de estos parámetros en los pistilos de flores polinizadas manualmente en Nueva Zelanda y en España. Los autores concluyeron que los contenidos de SST y almidón fueron mayores en pistilos de flores que finalmente produjeron frutos, pero detallan que, en las condiciones de huerto ubicado en Nueva Zelanda, se obtuvo el mismo nivel de cuaja con menores niveles de almidón en el tejido floral, indicando que para este objetivo es de mayor importancia el presentar altos niveles de azúcares más que almidón.

Se observó que las plantas sometidas a tratamientos de desfrute cuando estos tenían el 50 % de su tamaño final aproximadamente, con o sin aplicación de regulador de crecimiento que inhibe la síntesis de giberelinas, alcanzaron el estado fenológico de plena flor dos semanas antes que los árboles de los tratamientos en que se mantuvo el 100 % de carga frutal.

Para la variable de producción de tejido floral, expresado como la población de panículas por unidad de superficie (m^2) de copa, la aplicación de Uniconazol-p en dosis comercial durante el periodo inductivo, promovió el aumento en la cantidad de panículas sólo en los tratamientos que mantuvieron el 100 % de la carga frutal.

El efecto de aplicación en periodo otoñal del regulador de crecimiento Uniconazol-p en dosis comercial, sobre la variable contenido de sólidos solubles totales (SST) en tejido floral colectado,

está influenciado por el factor carga frutal, ya que en esta condición este tejido logró obtener mayores reservas de SST.

A pesar de lo anterior, el estudio no reveló diferencias en el contenido de almidón en ninguno de los tratamientos aplicados, esto se puede explicar por el nivel de desarrollo que se encontraba el fruto al momento de la descarga.

Literatura Citada

- Alcaraz Arco, M. L. 2009. Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill.). Implicaciones para la optimización del cuajado. Tesis doctoral. Universidad de Málaga, Málaga, España. 263 p.
- Alcaraz Arco, M. L., and J. I. Hormaza. 2009. Selection of potential pollinizers for 'Hass' avocado based on flowering time and male–female overlapping. *Sci. Hortic.* 121(3):267-271.
- Alcaraz, M. L., J. I. Hormaza, and J. Rodrigo. 2013. Pistil starch reserves determine flower fate in avocado (*Persea americana*). *PLoS One* 8(10):e78467.
- Alcaraz, M. L., T. G. Thorp, and J. I. Hormaza. 2013. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.* 164:434-439.
- Arpaia M., and R. Hofshi. 2004. La flor del aguacate y el proceso polinización – cuaja: Ideas desde la perspectiva Californiana. Segundo Seminario Internacional de aguacates. Septiembre 29 - octubre 1. Quillota, Chile. pp. 1-22.
- Boldingh, H. L., M. L. Alcaraz, T. G. Thorp, P. E. H. Minchin, N. Gould, and J. I. Hormaza. 2016. Carbohydrate and boron content of styles of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) flowers at anthesis can affect final fruit set. *Sci. Hortic.* 198:125-131.
- Calabrese F, 1992. El Aguacate. Mundi Prensa Libros. Madrid, España. 246 p.
- Davenport, T. L. 2019. Cross-vs. self-pollination in 'Hass' avocados growing in coastal and inland orchards of Southern California. *Sci. Hortic.* 246:307-316.
- Degani, C., A. Goldring, I. Adato, R. El-Batsri, and S. Gazit. 1990. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield, and fruit characteristics of 'Fuerte' avocado. *HortScience* 25(4):471-473.
- Fernández, E., G. Baird, D. Farías, E. Oyanedel, J. A. Olaeta, P. Brown, S. Saa. 2018. Fruit load in almond spurs define starch and total soluble carbohydrate concentration and therefore their survival and bloom probabilities in the next season. *Sci. Hortic.* 237:269-276.
- Fuentealba, C., I. Hernández, S. Saa, L. Toledo, P. Burdiles, R. Chirinos, and R. Pedreschi. 2017. Colour and *in vitro* quality attributes of walnuts from different growing conditions correlate with key precursors of primary and secondary metabolism. *Food Chem.* 232:664-672.
- Gardiazabal, F. J., and S. Gandolfo. 1995. A study of self-pollination and cross-pollination in avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass of different varieties. *Proc III World Avocado Congress*. October 22-27. Tel Aviv, Israel. pp. 52-56.
- Ho, L. C. 1992. Fruit Growth and Sink Strength. pp. 101-124. In: C. Marshall and J. Grace (Eds.). *Fruit and Seed Production. Aspects of Development, Environmental Physiology and Ecology*. Society for Experimental Biology Seminar Series. Cambridge University. Cambridge, UK.



- Köhne, J., and S. Kremer-Köhne. 1989. Comparison of growth regulators paclobutrazol and uniconazole on avocado. *S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yearb.* 12:38-39.
- Leonardi, J., A. Whiley, P. Hofman, M. Stubbings, and J. Saranah. 2001. Management strategies for Sunny to increase fruit size and yield of avocados. Queensland Horticultural Institute. Department of Agriculture and Fisheries. Queensland, Australia.
- Mena, F., F. Gardiazabal, C. Magdahl, A. W. Whiley, T. Cantuarias, C. Wilhelmy, and F. González. 2003. Efecto del uniconazol-p (Sunny®) sobre el crecimiento y productividad de aguacates cv. Hass en Chile. *Proc. V World Avocado Congress, Oct 19 - 24. Granada – Málaga, España.* pp. 267-272.
- Paz-Vega, S. 1997. Alternate bearing in the avocado (*Persea americana* Mill.). *Calif. Avocado Soc. Yearb.* 81:117-148.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rubiños, Y. 2014. Uso de cultivares complementarios en aguacate *Persea americana* Miller var. 'Hass' en Chao, La Libertad. Tesis de Maestría. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 127 p.
- Sedgley, M., and W. Grant. 1983. Effect of low temperatures during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocados cultivars. *Sci. Hortic.* 18:207-213.
- Wolstenholme, B. N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Hortic.* 175:121-126.