

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) PARA PALTOS CV. HASS EN CHILE.

F. Gardiazabal, C. Magdahl, F. Mena, C. Wilhelmy.

**Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda., Casilla 476, Quillota, Chile.
Correo electrónico: gama@entelchile.net.**

RESUMEN

El creciente aumento de la superficie plantada con paltos en Chile registrado en la última década fuerza a los productores a optimizar los manejos tendientes a aumentar la producción y mejorar la calidad de la fruta cosechada, para lo cual la determinación de los requerimientos hídricos del palto es de fundamental importancia. Por esta razón se condujo un ensayo durante 2 años en un huerto comercial de paltos cv. Hass, en el que fueron evaluados los valores del coeficiente de cultivo (K_c) recomendados para paltos en California, en base a lo cual se determinó la evapotranspiración del cultivo (ET_c).

Se aplicaron volúmenes de agua correspondientes a 90%, 100%, 110% y 130% de la ET_c , determinada en base a los valores de K_c recomendados y a la evapotranspiración de referencia (ET_0), estimada por el método de Penman-Monteith modificado, utilizando mediciones de una estación meteorológica automatizada instalada en el predio. La frecuencia de riego se determinó por el agotamiento parcial del agua en el suelo, utilizando mediciones de tensiómetros a distintas profundidades del suelo. Se evaluó el efecto de distintos volúmenes de riego sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los árboles.

Cuando se utilizaron los valores de K_c determinados para la zona en la aplicación de los tratamientos regados con 90% y 100% de ET_c , se produjo un severo estrés hídrico a los árboles, el que se expresó en la reducción del crecimiento del perímetro del tronco y de las ramillas, en relación a los tratamientos regados con 110% y 130% de ET_c . Bajo las condiciones agroclimáticas probadas, el K_c del palto se aproxima más a los tratamientos regados con 110% y 130% de ET_c . En todos los tratamientos, las mediciones de tensión de agua en el suelo en otoño e invierno revelaron valores superiores al rango adecuado, de lo que se deduce que el K_c de esa época puede ser similar al de los meses de mayor demanda de agua. A partir de los resultados del ensayo, el valor del K_c propuesto para paltos en todos los meses del año es de 0.72.

El análisis económico de los rendimientos obtenidos indica que el tratamiento del 90% de ET_c es el que produce menos de fruta y de menor calibre, en relación a los demás tratamientos. Este

tratamiento produce 35% menos ingresos al productor comparado con el tratamiento de 100% de *ETc*, mientras que el tratamiento regado con 110% de *ETc* produce 13% más de ingresos para el productor.

Palabras Clave: coeficiente de cultivo, evapotranspiración del cultivo, evapotranspiración de referencia

INTRODUCCIÓN

En la última década la superficie plantada con paltos en Chile ha aumentado de 8.600 hectáreas plantadas en 1992, a más de 21.000 hectáreas en 2002, crecimiento que ha sido impulsado principalmente por la alta rentabilidad alcanzada por este cultivo. Este crecimiento en superficie ha llevado al aumento en la oferta de fruta, lo que coincide con exigencias de calidad cada vez mayores por parte de los mercados importadores de la fruta chilena. Para mantener la rentabilidad, los productores deben reducir sus costos de producción y aumentar la productividad por hectárea, utilizando manejos técnicos más eficientes, que permitan producir más fruta de mayor calibre (Magdahl, 1998).

El manejo del riego en los huertos de paltos es responsable directo del crecimiento de los árboles, así como de la productividad y calidad de la fruta cosechada (Vuthapanich et al., 1995; Lahav et al., 1992; Tomer, 1987). La determinación del coeficiente del cultivo (*Kc*) en las zonas productoras es crucial para satisfacer adecuadamente los requerimientos hídricos de los árboles. En un estudio conducido en California se determinaron valores de 0.35 a 0.55 para el coeficiente de cultivo del cultivar Hass (Meyer et al., 1990). Sin embargo, la aplicación de estos valores no ha sido evaluada en condiciones de campo en Chile. Por esta razón se condujo un ensayo durante 2 años en un huerto comercial de paltos cv. Hass, en el que fueron aplicados distintos volúmenes de riego, determinados en según el 90%, 100%, 110% y 130% de la evapotranspiración del cultivo (*ETc*), calculada en base a mediciones meteorológicas obtenidas en el huerto experimental y utilizando los valores de *Kc* anteriormente señalados. El efecto de los distintos volúmenes de riego sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los árboles fue evaluado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se condujo entre junio de 1998 y mayo de 2000 en un huerto de 1.8 hectáreas de paltos cv. Hass injertados sobre portainjerto Mexicola, plantados en 1990 sobre camellones, a 6x6 m. Se aplicaron 4 volúmenes de agua, correspondientes al 90%, 100%, 110% y 130% de la evapotranspiración del cultivo (*ETc*), determinada en base a la evapotranspiración de referencia (*ETo*) estimada por el método de Penman-Monteith y utilizando los valores de *Kc* recomendados por Meyer et al. (1990) para California. La frecuencia de riego se determinó por el agotamiento parcial del agua en el suelo, utilizando mediciones de tensiómetros instalados a 30, 60 y 90 cm de profundidad. El sistema de riego utilizado fue microaspersión, con un emisor por árbol, con un gasto de 48 L/h y diámetro de mojado de 5.5 m.

El experimento se condujo como un diseño de bloques completamente al azar, con 3 repeticiones por tratamiento. En cada repetición se midieron 16 árboles que fueron seleccionados según características de vigor, apariencia y estado sanitario similares. Las variables evaluadas en el ensayo fueron: estado hídrico del suelo, evaluados mediante los registros de tensiómetros; crecimiento de ramillas en cada ciclo de crecimiento, orientadas en las cuatro direcciones cardinales, en cada uno de 3 árboles por repetición; variación del perímetro del tronco, evaluado al comienzo y al final

del ensayo; producción de fruta de cada árbol y distribución de calibres de la fruta cosechada en cada tratamiento, mediante su clasificación en una línea de calibración comercial.

El coeficiente de cultivo (K_c) fue determinado mediante el cociente entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración de referencia (ET_o) estimada por el método de Penman-Monteith, según la ecuación:

$$K_c = ET_c / ET_o \quad [1]$$

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculó mediante la fórmula del balance hídrico:

$$ET_c = R + P - D - ES \pm \Delta H \quad [2]$$

Donde R es el riego, P son las precipitaciones pluviales, D corresponde al agua perdida por drenaje en profundidad, asumida como un 10% del riego, en base al análisis de calicatas hasta 1.3 m de profundidad; ES corresponde al escurrimiento superficial, inexistente en el riego por microaspersión utilizado en el ensayo, y ΔH es la variación en el contenido de humedad volumétrico del suelo, determinado mediante la curva de retención de humedad del suelo en estudio en base a las mediciones de tensiometría.

Los valores de K_c utilizados durante el ensayo fueron los recomendados por Meyer et al. (1990) para California, adaptados al hemisferio sur: Enero=0.55; Febrero=0.50; Marzo a Mayo=0.45; Junio=0.40; Julio=0.35; Agosto=0.40; Septiembre a Octubre=0.45; Noviembre=0.50; Diciembre=0.55.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores de tensión del agua en el suelo, medidos a 30, 60 y 90 cm de profundidad en los distintos tratamientos de riego, desde septiembre de 1998 a mayo del 2000. Los tratamientos regados según el 90% y 100% de ET_c son los que presentan mayores tensiones a lo largo de todo el período, lo que indica que están sometidos a mayor restricción hídrica en relación a los otros tratamientos. En general en ambos tratamientos la variación de tensiones muestra un comportamiento similar, aunque a los 60 y 90 cm se observan, en algunos meses, tensiones menores en el tratamiento regado según el 100% de ET_c . En los tratamientos regados según el 110% y 130% de ET_c , la variación de tensiones en el suelo es muy similar, y en ambos los valores son menores a los tratamientos del 90% y 100% de ET_c . En los meses de otoño e invierno se observa en todos los tratamientos un alza de las tensiones por sobre los 50 cb, situación que se mantiene hasta la llegada de las lluvias (junio), cuando bajan hasta niveles de 10-15 cb. Esto indicaría que en los meses de otoño e invierno el riego es deficitario en todos los tratamientos, por el uso de un valor de K_c demasiado bajo.

La Tabla 2 presenta los resultados del crecimiento de ramillas y del perímetro de tronco desde 1998 al 2000. En cada columna las letras distintas indican diferencias significativas al 0.05%. En la primavera del primer año no hubo diferencias en el crecimiento de ramillas entre los tratamientos. A partir del otoño de 1999 se observan diferencias, las que se mantienen en la siguiente temporada, cuando los tratamientos regados con el 90% y 100% de ET_c muestran el menor crecimiento de ramillas, mientras que en el tratamiento regado por el 130% de ET_c logra el mayor crecimiento. Esto resultados corroboran la existencia de déficit hídrico en los tratamientos regados según el 90% y 100% de ET_c , que causaría la reducción del crecimiento de ramillas. En los tratamientos regados según el 110% y 130% de ET_c hubo mayor crecimiento del tronco, en relación a los otros tratamientos. Nuevamente, el tratamiento regado según el 90% de ET_c es el de menor crecimiento del tronco.

La Tabla 3 presenta los resultados de kilos de fruta cosechada en cada tratamiento entre 1998 y 2000. En la primera cosecha, ocurrida 3 meses después de comenzado el ensayo, no se observaron diferencias entre los tratamientos, lo que permite afirmar que al comienzo del ensayo los tratamientos tenían un nivel productivo similar. La cosecha de 1999 fue baja, debido a la alternancia productiva característica del palto, y no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. En cambio en la cosecha del 2000, que fue más alta, se observan diferencias y el tratamiento regado según el 90% de la *ETc* es el de menor producción de fruta. Los otros tratamientos tuvieron un efecto similar sobre la productividad de los árboles. Estos resultados se mantienen al analizar el total cosechado en las temporadas 1999 y 2000.

En la Figura 1 se muestra la distribución porcentual de calibres obtenida en la temporada 2000. El tratamiento del 90% de la *ETc* fue el que presenta la peor distribución de calibres, con menor porcentaje de frutos de calibre grande (40 y 50, sobre 262 g/fruto) y mayor porcentaje de frutos pequeños, de los calibres 70 (138-168 g/fruto), 84 y precalibre (<123 g/fruto). Para cada tratamiento se calculó el ingreso del productor en base a los precios de mercado proyectados en 2000 para cada calibre, como se observa en la Tabla 4. Comparado con el tratamiento del 100% de *ETc*, el tratamiento regado con el 110% de *ETc* produce un 13% más de ingresos para el productor, mientras que el tratamiento del 90% de *ETc* produce un 35% menos de ingresos. Los tratamientos del 100% y 130% producen igual nivel de ingresos al productor.

Los resultados obtenidos indican que los valores de *Kc* utilizados en el tratamiento regado en base al 90% de la *ETc* impusieron un severo estrés hídrico a los árboles, que se reflejó en la reducción en el crecimiento vegetativo y menor productividad. Bajo las condiciones de este ensayo, el *Kc* del palto se acerca mucho más al utilizado en los tratamientos de 110 y 130% de *ETc*. Estos tratamientos corresponden a volúmenes de riego de 7000 a 9000 m³/ha/año, respectivamente, descontando las precipitaciones efectivas caídas en la zona de Quillota. En base a los valores de *Kc* obtenidos mediante la ecuación del balance hídrico y considerando la condición hídrica del suelo en los tratamientos analizados en este estudio, se propone un valor de *Kc* de 0.72 para todos los meses del año.

CONCLUSIONES

Cuando se utilizaron los valores de *Kc* determinados para la zona en la aplicación de los tratamientos regados con 90% y 100% de *ETc*, se produjo un severo estrés hídrico a los árboles, el que se expresó en la reducción del crecimiento del tronco y de las ramillas, en relación a los tratamientos regados con 110% y 130% de *ETc*. Bajo las condiciones agroclimáticas probadas, el *Kc* del palto se aproxima más a los tratamientos regados con 110% y 130% de *ETc*. Estos tratamientos corresponden a volúmenes de riego de 7000 a 9000 m³/ha/año, respectivamente, descontando las precipitaciones efectivas caídas en la zona de Quillota. En todos los tratamientos, las mediciones de tensión de agua en el suelo en otoño e invierno revelaron valores superiores al rango adecuado, de lo que se deduce que el *Kc* de esa época puede ser similar al de los meses de mayor demanda de agua. A partir de estos resultados el valor del *Kc* propuesto para paltos en todos los meses del año es de 0.72.

El análisis económico de los rendimientos obtenidos indica que el tratamiento del 90% de *ETc* es el que produce menos de fruta y de menor calibre, en relación a los demás tratamientos. Este tratamiento produce 35% menos ingresos al productor comparado con el tratamiento de 100% de *ETc*, mientras que el tratamiento regado con 110% de *ETc* produce 13% más de ingresos para el productor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAHAV E, STEINHARDT R, KALMAR D 1992. Water requirements and the effect of salinity in an avocado orchard on clay soil. Proc. of Second World Avocado Congress, pp 323-330.

MAGDAHL C 1998. La industria de la palta en Chile. Seminario Internacional de Paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Viña del Mar, 4-6 Noviembre 1998, pp 1-9.

MEYER JL, ARPAIA ML, YATES MV, TAKELE E, BENDER G, WITNEY G 1990. Irrigation and fertilization management of avocado. California Avocado Society Yearbook, 74: 71-83.

TOMER E 1987 Respuesta del aguacate al régimen de riego. Agricultural Research Organization. The Volcani Center, Bet-Dagan, Israel.

VUTHAPANICH S, HOFMAN P, WHILEY T, KLIEBER A, SIMONS D 1995. Effects of irrigation scheduling on yield and postharvest quality of 'Hass' avocado fruit. In: The Way Ahead. Australian Avocado Growers Federation Inc. Australia.

Tabla 1. Valores de tensión del agua en el suelo (cb) a distintas profundidades en cada tratamiento.

Tratamiento	Prof.(cm)	Sep-Nov 1998	Dic-Feb 1998/99	Mar-May 1999	Jun-Ago 1999	Sep-Nov 1999	Dic-Feb 1999/00	Mar-May 2000
90% ETc	30	70-90	80-95	75-95	10-75	8-30	10-30	65-88
100% ETc	30	60-85	65-70	70-95	10-90	10-50	10-30	60-85
110% ETc	30	15-42	20-30	30-80	10-90	8-50	8-35	40-82
130% ETc	30	20-30	22-38	20-68	8-95	8-60	8-40	40-70
90% ETc	60	18-75	78-90	72-90	20-75	12-15	12-35	70-85
100% ETc	60	35-60	60-90	65-95	15-45	10-28	10-30	60-85
110% ETc	60	12-32	22-50	40-80	10-80	10-12	10-15	15-75
130% ETc	60	15-30	22-38	19-65	10-62	9-15	9-10	15-60
90% ETc	90	8-65	50-80	55-90	20-95	12-15	12-35	70-85
100% ETc	90	8-38	18-70	55-95	25-95	15-18	12-35	62-82
110% ETc	90	9-20	18-50	30-62	15-60	12-15	12-15	15-60
130% ETc	90	8-30	25-38	15-55	12-55	10-15	12-15	20-58

Tabla 2. Crecimiento de ramillas de palto y variación del perímetro del tronco en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Longitud de ramillas (cm)				Perímetro del tronco (cm)		
	Primavera 1998	Otoño 1999	Primavera 1999	Otoño 2000	Año 1998	Año 2000	Dif. 2000-1998
90% ETc	13.81 a	13.40 a	8.00 a	5.52 a	72.02 a	77.89 a	5.87 a
100% ETc	15.07 a	14.62 a	9.83 b	6.75 a	75.67 a	85.03 b	9.36 b
110% ETc	14.82 a	17.44 b	12.15 c	13.37 b	73.79 a	85.73 b	11.94 c
130% ETc	13.52 a	19.08 b	17.42 d	15.45 c	73.34 a	84.86 b	11.52 c

Tabla 3. Kilos promedios de fruta cosechados entre 1998 y 2000 en los distintos tratamientos.

Tratamiento	1998	1999	2000	1999+2000
90% ETc	1938.7 a	11.2 a	1966.7 a	1977.9 a
100% ETc	2011.4 a	39.1 a	2460.8 b	2499.9 b
110% ETc	1835.7 a	78.9 a	2536.0 b	2614.9 b
130% ETc	1920.5 a	50.4 a	2422.7 b	2473.1 b

Tabla 4. Ingreso total proyectado al productor en base a la cosecha, distribución de calibres y precios de mercado proyectados para cada calibre en la temporada 2000.

Tratamiento				
	90% ETc	100% ETc	110% ETc	130% ETc
Ingreso Total (US\$/ha)	6.298,5	9.704,2	10.958,9	9.599,4
% en base al testigo	65%	100%	113%	99%

Figura 1. Distribución porcentual de calibres por tratamiento. Temporada 2000.

