

INVESTIGACIÓN

EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO DURANTE LA FASE II DE CRECIMIENTO DEL FRUTO DEL DURAZNERO cv. KAKAMAS EN EL RENDIMIENTO Y ESTADO HÍDRICO DE LAS PLANTAS¹

Effect of water stress during fruit growth phase II of peach trees
cv. Kakamas on yield and tree water status¹

Raúl Ferreyra E.^{2*}, Gabriel Sellés V.² y Gamalier Lemus S.²

ABSTRACT

Water is a scarce resource in the central zone of Chile, where the greatest peach (*Prunus persica* L. Bastsch) growing area is found, so it is necessary to possess information that permits the efficient use of water. In the last few years, using the characteristics of the peach fruit growth, it has been possible to decrease water consumption during phase II, without affecting fruit production and quality. The experiment was carried out between 1994 and 1996 on 90 plants in an orchard of high-density peaches cv. 'Kakamas' with a density of 1250 plants per hectare, planted in August of 1991, at the La Platina Experimental Center (33°34' S lat; 70°38' W long). Results showed that water supplied could be reduced by 36% ETC of crop evapotranspiration without significantly affecting fruit yield and size. As well, stem water potential, measured at noon (SWPn), is a good indicator of plant water status, and can be useful as a control of water stress on peach trees, during phase II of fruit growth. Stem water potential averages measured at noon (SWPn) over -1.0 MPa did not affect fruit size, and values of around -1.5 MPa only affected them by approximately 4%. However, this practice can affect tree vigor in the medium term, since water deficit in phase II was seen to diminish trunk diameter.

Key words: water relations, water deficit, regulated deficit irrigation.

RESUMEN

El agua es un recurso escaso en la zona central de Chile, donde se encuentra la mayor superficie plantada de durazno (*Prunus persica* L. Bastsch), por lo cual es necesario disponer de información que permita usar el agua eficientemente. En los últimos años, utilizando las características de crecimiento del fruto del durazno, ha sido posible disminuir el consumo de agua en la Fase II sin afectar significativamente la producción y calidad de la fruta. El ensayo fue ejecutado entre 1994 y 1996 en 90 plantas de un huerto de alta densidad de durazno cv. Kakamas, plantado en agosto de 1991, con una densidad de 1.250 plantas por hectárea, en el Centro Experimental La Platina (33°34' lat. Sur; 70°38' long. Oeste). Los resultados mostraron que se puede disminuir el agua aplicada en 36% sin afectar en forma significativa los rendimientos y el calibre de la fruta. Además, se pudo constatar que el potencial hídrico xilemático, medido a mediodía (SWPn), es un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas, y puede ser útil para controlar el estrés hídrico del duraznero durante la Fase II de crecimiento del fruto. Potenciales hídricos xilemáticos promedio de la Fase II medidos a mediodía (SWPn), sobre -1,0 MPa no afectaron el calibre de los frutos, y

¹Recepción de originales: 01 de abril de 2001.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Código postal 7083150, Santiago, Chile. E-mail: rferreyr@platina.inia.cl *Autor para correspondencia.

valores de alrededor de -1,5 MPa los afectan en aproximadamente un 4%. Sin embargo, esta práctica puede afectar el vigor de las plantas en el mediano plazo, ya que déficits hídricos en la Fase II disminuyen el diámetro de los troncos.

Palabras clave: relaciones hídricas, déficit hídrico, déficit hídrico controlado.

INTRODUCCIÓN

El duraznero (*Prunus persica* L. Bastsch), en Chile, es una de las tres especies frutales más importantes, junto con el manzano (*Malus domestica* Borkh) y la vid (*Vitis vinifera*). Se encuentra distribuido geográficamente desde la I a la XI Región, concentrándose en las regiones V, Metropolitana y VI.

En el duraznero se pueden diferenciar tres fases en el crecimiento del fruto. La fase I se inicia con el pleno desarrollo de la flor y culmina con el inicio del endurecimiento del carozo, y se caracteriza por corresponder a un período de intensa división celular. La fase II presenta un marcado desarrollo del embrión, lo que limita el desarrollo del fruto, y termina con el endurecimiento del carozo. La fase III se inicia una vez que se ha endurecido por completo el carozo, y se caracteriza por una marcada elongación celular. La mayor tasa de crecimiento de brotes se presenta en primavera, períodos que coinciden con las dos primeras fases de crecimiento del fruto (Chalmers *et al.*, 1985).

En los últimos años, utilizando las características de crecimiento del fruto del duraznero, ha sido posible disminuir el consumo de agua en la fase II sin afectar significativamente la producción y calidad de la fruta (Li *et al.*, 1989; Chalmers., 1990; Girona *et al.*, 1993). Esta práctica, según Girona *et al.* (1993), permite disminuir el agua aplicada en un 40%. Por otra parte, al producir el déficit en la fase III de la curva de crecimiento del fruto, disminuye el rendimiento, se obtiene fruta de menor calibre, se mejora la vida postcosecha, y el producto final presenta altos niveles de sólidos solubles y fenoles, al compararlos con frutos obtenidos de árboles en que el déficit hí-

drico se aplicó en las etapas I y II (Li *et al.*, 1989; Kubota y Kudo, 1992).

En la zona central, donde se encuentra la mayor superficie de durazneros en Chile, el agua es un recurso escaso, por lo cual es necesario disponer de información que permita usar este recurso eficientemente. En este trabajo se pretende obtener información respecto al efecto de diferentes magnitudes de déficit hídrico en la fase II del crecimiento del fruto sobre el rendimiento, e indicadores de estrés hídrico que permitan utilizar en forma práctica la información antes descrita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue ejecutado entre los años 1994 y 1996, en el Centro Regional de Investigación La Platina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (33°34' lat. Sur; 70°38' long. Oeste), en 90 plantas de un huerto de *Prunus persica* cv. Kakamas, plantado en agosto de 1991 con una densidad de 1.250 plantas por hectárea. El suelo era un Xerochrepts de origen aluvial, ligeramente profundo, de topografía plana (<2% de pendiente), bien drenado y con permeabilidad rápida. Se regó por medio de goteros con una descarga por emisor nominal de 4 L h⁻¹, con cuatro emisores por planta. El riego se programó de acuerdo a la evapotranspiración del cultivo (ETc).

La ETc se determinó a partir de la evaporación de bandeja (Eb) clase A, a través de la siguiente relación:

$$ETc = Eb Kp Kc$$

donde Kp = coeficiente de bandeja clase A; y Kc = coeficiente de cultivo. Los coeficientes de cul-

tivo utilizados son los informados por Allen *et al.* (1998).

El experimento fue diseñado en bloques al azar, en tres bloques y cuatro tratamientos de riego. El testigo (T1) consistió en reponer en su totalidad (100%) la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante toda la temporada. Los tratamientos deficitarios estuvieron basados en la restricción del volumen de agua aplicada en los períodos fenológicos conocidos como etapa I y II de crecimiento del fruto, en (T2) 75%; (T3) 50%; y (T4) 25% de la ETc, con el objeto de inducir estrés hídrico en la etapa II. Se comenzó disminuyendo el agua en la etapa I, ya que experiencias previas indicaban que para producir déficit en la etapa II es necesario comenzar a disminuir el agua aplicada temprano en la temporada, ya que el suelo almacena agua durante el invierno producto de las lluvias. Cada parcela estuvo formada por 5 árboles, y las mediciones se realizaron en las tres plantas centrales para evitar efectos de borde. Entre las hileras de plantas se hizo una zanja de 1 m de profundidad, recubriendo una de las paredes con polietileno, luego se tapó para evitar el entrecruzamiento de raíces.

Relaciones hídricas del árbol. Durante el período de crecimiento del árbol se realizaron mediciones del potencial hídrico xilemático en la madrugada, aproximadamente a las 05:30 h (SWPs) y/o a mediodía alrededor de las 14,00 h (SWPn), usando una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Modelo CHANGE C, Santa Bárbara, California, USA). Se midieron 9 hojas por tratamiento, las que fueron cubiertas por un film plástico y uno metálico al menos 2 h antes de realizar la medición, de forma de evaluar el potencial xilemático en el punto de inserción de la hoja con la ramilla que la sostiene (Meyer y Reickosky, 1985). El material elegido para realizar esta medición correspondió a hojas maduras del tercio medio de la planta. Se realizaron dos seguimientos del ciclo diario del potencial hídrico xilemático, con mediciones cada 3 h a partir de aproximadamente las 05:30. Estas mediciones

se realizaron en la etapa de restricción hídrica (Fase II de crecimiento del fruto) y posteriormente en la etapa de riego normal (Fase III de crecimiento del fruto).

También se evaluó la conductancia estomática (gs) de las hojas y la transpiración, por medio de un porómetro de flujo estable (Li-Cor modelo 1600, Lincoln, USA) a mediodía (aproximadamente 14:00 h) y/o en la madrugada (cercano a las 5,30 h). Se evaluaron 6 hojas por árbol en 3 árboles por tratamiento. Se seleccionaron hojas maduras del tercio medio y superior del árbol, expuestas al sol. Se realizaron dos seguimientos del ciclo diario de la conductancia estomática, en las mismas fechas en que se realizaron las mediciones de ciclo diario de potencial hídrico xilemático.

Crecimiento y producción del árbol. Se midió el diámetro del tronco a 20 cm sobre el nivel del suelo por medio de un pie de metro, tanto al inicio como al final de cada temporada de crecimiento, en 9 árboles por tratamiento. Se midió semanalmente el diámetro ecuatorial de los frutos. Se realizaron cuatro cosechas selectivas por color, y se evaluó diámetro ecuatorial y peso fresco de los frutos.

Las variables medidas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA) y para separar las medias se utilizó el test de diferencias mínimas significativas (DMS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos generales del déficit hídrico. La reducción del suministro hídrico al suelo durante las etapas I y II del crecimiento del fruto en proporciones que iban desde 75 a 25% de ETc resultó en un ahorro de agua total de 11 hasta 36% respecto al testigo (Cuadro 1). Este ahorro de agua se produjo entre fines de noviembre y principios de febrero (entre los 60 y 105 días después de plena flor), ya que el cv. Kakamas es un duraznero de cosecha tardía.

Cuadro 1. Volumen de agua aplicada ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) en cada tratamiento
Table 1. Volume of water applied ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$) for each treatment

Tratamiento	Temporada	Fase de crecimiento del fruto			Total $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Ahorro de agua (%)
		I	II	III y postcosecha		
T1 (100% ETc)	1994/95	756	1.343	2.516	4.615	0
	1995/96	460	1.587	2.198	4.245	0
T2 (75% ETc)	1994/95	567	1.007	2.516	4.091	11
	1995/96	345	1.190	2.198	3.733	12
T3 (50% ETc)	1994/95	378	671	2.516	3.565	23
	1995/96	230	793	2.198	3.221	24
T4 (25% ETc)	1994/95	189	335	2.516	3.041	34
	1995/96	115	397	2.198	2.710	36

ETc: evapotranspiración del cultivo.

Evolución del estado hídrico de las plantas.

La reducción del suministro hídrico afectó solamente el estado hídrico de las plantas durante la fase II (Cuadros 2 y 3). En la fase I, aunque se disminuyó la aplicación de agua, ésta no afectó el estado hídrico de las plantas, debido posiblemente a que la reserva de agua que se encuentra en el suelo después de las lluvias invernales fue suficiente para suplir la baja demanda hídrica en este período. Por lo tanto, para producir déficit en la fase II es necesario primero agotar las reservas de agua del suelo durante la fase I. En los Cuadros 2 y 3 se puede observar que hay una relación bastante estrecha entre el estado hídrico de las plantas y el volumen de agua aplicado.

Potenciales hídricos xilemáticos. Las mediciones realizadas en pleno déficit hídrico (fase II) presentaron diferencias entre tratamientos de hasta $-0,6 \text{ MPa}$, obteniéndose potenciales más negativos en aquellos más estresados (Cuadro 2). Esta tendencia se mantuvo durante todo el día, sin embargo, las diferencias en los potenciales se hicieron más marcadas entre tratamientos a la hora de mayor temperatura, radiación solar y déficit de presión de vapor (SWPn). Esto coincide con resultados presentados por Marsal y Girona (1997), quienes señalaron que los po-

tenciales hídricos xilemáticos medidos a mediodía caracterizan en mejor forma el estado hídrico de las plantas de duraznero. Los tratamientos con déficit hídrico en la fase II presentaron en general valores inferiores a -1 MPa a mediodía (Cuadro 2), valores a los cuales se produciría el cierre estomático (Garnier y Berger, 1987) y un aumento de los niveles de sorbitol y ácido abscísico (Kobashi *et al.*, 2000).

La diferencia de potenciales entre tratamientos disminuyó luego de la reposición del riego (fase III), para terminar presentando valores muy similares dos a tres semanas después de reestablecer los volúmenes normales de agua (125 días después de plena floración), haciéndose mínimas las diferencias ($0,2 - 0,3 \text{ MPa}$) entre tratamientos (Cuadro 3). Resultados similares se obtuvieron en el trabajo de Girona *et al.* (1993).

Los potenciales xilemáticos medidos a mediodía, en la fase III (Cuadro 3) fueron más bajos que en la fase II, lo que se debería exclusivamente a que en el mes de febrero (fase III) hay una mayor demanda por agua, asociada a las condiciones ambientales notoriamente más exigentes en esas fechas, a lo cual se sumaría una mayor demanda producto del rápido crecimiento de los frutos.

Cuadro 2. Estado hídrico de las plantas en la fase II de crecimiento del fruto
Table 2. Plants water status in phase II of fruit growth

Tratamiento	SWPs (MPa)		SWPn (MPa)		gs (cm s ⁻¹)	T (μg cm ⁻² s ⁻¹)
	1994/95	1995/96	1994/95	1995/96	1995/96	1995/96
T1 (100% ETc)	-0,75 a	-0,52 a	-1,19 a	-0,87 a	0,20 a	5,84 a
T2 (75% ETc)	-0,86 ab	-0,53 a	-1,46 ab	-0,86 a	0,22 a	4,83 a
T3 (50% ETc)	-0,83 ab	-0,64 ab	-1,57 b	-1,19 b	0,12 b	2,82 b
T4 (25% ETc)	-0,98 b	-0,71 b	-1,83 c	-1,37 c	0,11 b	2,41 b

ETc: evapotranspiración del cultivo.

Los promedios de cada columna con igual letra son estadísticamente iguales según la prueba DMS al 5%.

SWPs: potencial hídrico xilemático medido en la madrugada (aproximadamente 05:30 h).

SWPn: potencial hídrico xilemático medido a mediodía (aproximadamente 14:00 h).

gs: conductancia estomática.

T: transpiración foliar.

Cuadro 3. Estado hídrico de las plantas en la fase III de crecimiento del fruto
Table 3. Plants water status in phase III of fruit growth

Tratamiento	SWPs (MPa)		SWPn (MPa)		gs (cm s ⁻¹)	T (μg cm ⁻² s ⁻¹)
	1994/95	1995/96	1994/95	1995/96	1995/96	1995/96
T1 (100% ETc)	-0,87 a	-0,79 a	-1,29 a	-1,22 a	0,27 a	6,85
T2 (75% ETc)	-0,82 a	-0,79 a	-1,52 a	-1,33 a	0,24 a	6,17
T3 (50% ETc)	-0,68 a	-0,73 a	-1,41 a	-1,51 a	0,24 a	5,72
T4 (25% ETc)	-0,84 a	-0,68 a	-1,44 a	-1,27 a	0,21 a	5,52

ETc: evapotranspiración del cultivo.

Los promedios de cada columna con igual letra son estadísticamente iguales según la prueba DMS al 5%.

SWPs: potencial hídrico xilemático medido en la madrugada (aproximadamente 05:30 h).

SWPn: potencial hídrico xilemático medido a mediodía (aproximadamente 14:00 h).

gs: conductancia estomática.

T: transpiración foliar.

Conductancia estomática. Se apreció una relación entre los tratamientos de riego y la conductancia estomática (gs); ésta fue menor en los tratamientos con menos aporte de agua. Resultados obtenidos por Sellés y Berger (1990) mostraron valores de conductancia similares a los obtenidos en este trabajo y con la misma tendencia. En los tratamientos sin estrés hídrico estos valores fueron del orden de 0,27 a 0,20 cm s⁻¹, y en tratamientos con déficit hídrico alcanzaron valores entre 0,11 a 0,10 cm s⁻¹ (Cuadros 2 y 3).

En la época de mayor crecimiento de frutos (fase III), la conductancia estomática (gs) tendió a aumentar respecto a las fases anteriores, lo que podría atribuirse a una mayor demanda de asimilados por parte de los frutos, que estimularía una mayor conductancia estomática (gs).

Existe una relación entre el potencial hídrico xilemático y la conductancia estomática. En la Figura 1 se puede observar que hay un paso drástico de abertura a cierre estomático, el que se produciría cuando el potencial hídrico xile-

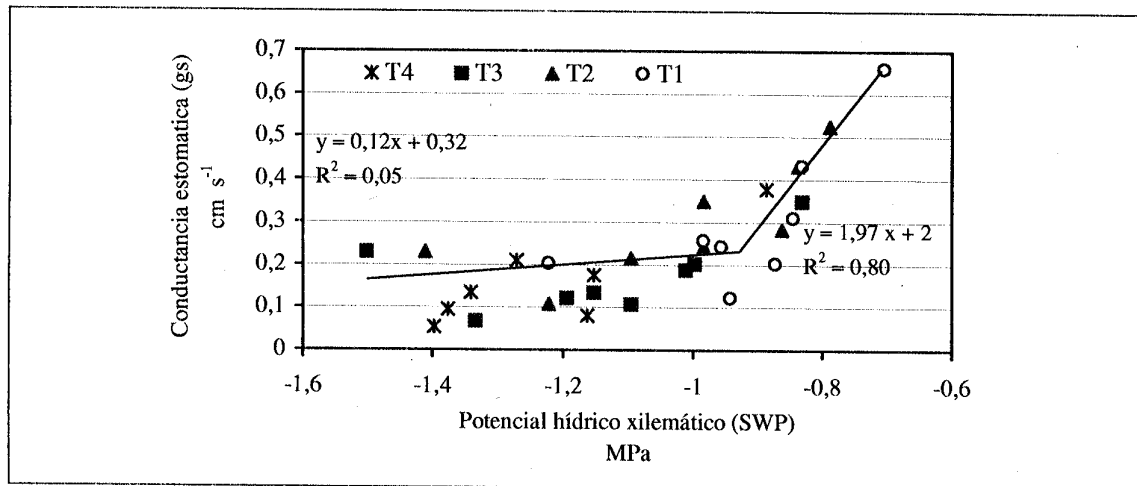


Figura 1. Relación entre la conductancia estomática (gs) y el potencial hídrico xilemático (SWP) en mediciones realizadas entre las 09:00 y 15:00 horas, durante el período de crecimiento de los frutos.

Figure 1. Relation between the stomatal conductance (gs) and stem water potential (SWP) in measurements carried out between hours 09:00 and 15:00 during the fruit growth period.

mático es del orden de -1,0 MPa. Esta relación indica que independiente de otros factores ambientales como el déficit de presión de vapor (DPV) o la temperatura, la apertura máxima de los estomas está controlada por el estado hídrico de la planta. Relaciones similares fueron obtenidas por Running (1980) en especies forestales.

Transpiración foliar. En los Cuadros 2 y 3 se presentan mediciones de transpiración foliar, donde se pueden apreciar valores mayores en los tratamientos T1 y T2, que en los tratamientos T3 y T4, básicamente debido a un mayor cierre estomático de estos últimos.

Una vez terminado el período de déficit, el comportamiento de la transpiración fue similar en los diferentes tratamientos. Sin embargo, los valores aumentaron considerablemente durante la fase III (5,8 mg cm⁻² s⁻¹ durante el período de déficit, y 8,44 mg cm⁻² s⁻¹ en la fase III). Resultados similares fueron obtenidos por Sellés y Berger (1990), quienes observaron que hay un aumento de la tasa transpiratoria en la tercera fase de crecimiento del fruto.

Crecimiento y producción del árbol. Los frutos de duraznero, crecieron en los diferentes tratamientos en promedio 59,62% durante la fase I; 8,47% durante la fase II y 31,91% durante la fase III (datos no presentados).

Los tratamientos de riego no disminuyeron significativamente el rendimiento de los árboles (Cuadro 4). Estos resultados fueron similares a los reportados por Li *et al.* (1989), Williamson y Coston (1990), Boland *et al.* (1993) y Girona *et al.* (1993), quienes concluyeron que un déficit hídrico en la fase II de crecimiento del fruto del duraznero no afecta significativamente los rendimientos.

El calibre de la fruta a la cosecha tampoco fue afectado por los déficit hídricos en forma significativa. Sin embargo, el déficit hídrico produjo una reducción de la velocidad de crecimiento de los frutos al compararlos con los testigos. En la Figura 2 se aprecia una disminución de la velocidad de crecimiento relativo de los frutos cuando los potenciales hídricos xilemáticos medidos a mediodía (aproximadamente 14:00 h) fueron inferiores a -1,0 MPa; esto concuerda con los

Cuadro 4. Efecto del estrés hídrico durante la fase II en el rendimiento e incrementos del diámetro de tronco (IDT)**Table 4. Effect of the water stress during phase II on the yield and increase in trunk diameter (IDT)**

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)		IDT (%)	
	1994/95	1995/96	1994/95	1995/96
T1 (100% ETc)	21,27 a	29,15 a	12,8 a	5,35 a
T2 (75% ETc)	28,82 a	28,11 a	9,9 ab	4,17 a
T3 (50% ETc)	25,67 a	28,14 a	8,7 b	4,32 a
T4 (25% ETc)	32,21 a	27,2 a	5,4 c	3,32 a

ETc: evapotranspiración del cultivo.

Los promedios de cada columna con igual letra son estadísticamente iguales según la prueba DMS al 5%.

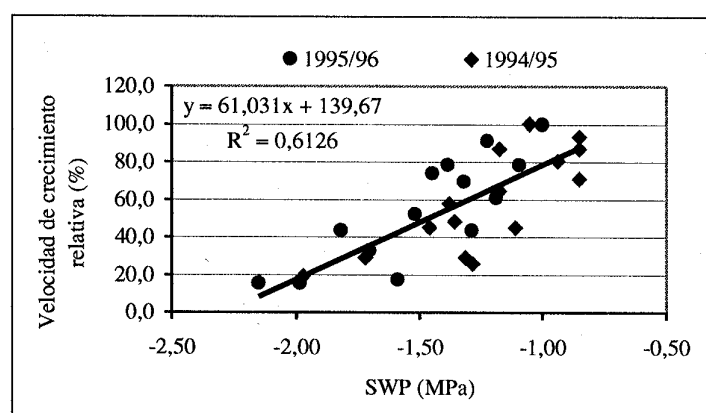


Figura 2. Efecto de los potenciales hídricos xilemáticos (SWPn) medidos a mediodía sobre la tasa de crecimiento del fruto.

Figure 2. Effect of the stem water potential measured at noon (SWnP) on fruit growth rate.

datos presentados en la Figura 1 donde se indica que a -1,0 MPa se produce cierre estomático. Con valores del orden de -1,2 MPa la velocidad de crecimiento de los frutos disminuyó aproximadamente en un 40%. El calibre final del fruto a la cosecha sólo se afecta en 4% aproximadamente, con valores de potenciales hídricos xilemáticos promedios durante la fase II cercanos a -1,5 MPa (Figura 3). Estos resultados concuerdan con los de Li *et al.* (1989) y Boland *et al.* (1993), quienes indicaron que niveles reducidos de agua en la fase II de desarrollo del fruto no afecta su tamaño final, presentando una recuperación en su tasa de crecimiento una vez repuesto

el régimen de riego normal (100% ETc). El crecimiento del fruto se ve afectado significativamente cuando los árboles son sometidos a un menor suministro hídrico durante la tercera fase de crecimiento del fruto (Li *et al.*, 1989).

En el Cuadro 4 se observa una disminución en el incremento del diámetro del tronco, que en la temporada 1994/95 fue significativa. Esta información nos indicaría que esta práctica, en el largo plazo, podría afectar el vigor de los árboles, por lo cual sería recomendable en períodos de escasez del recurso hídrico disminuir las aplicaciones de agua en la fase I y II.

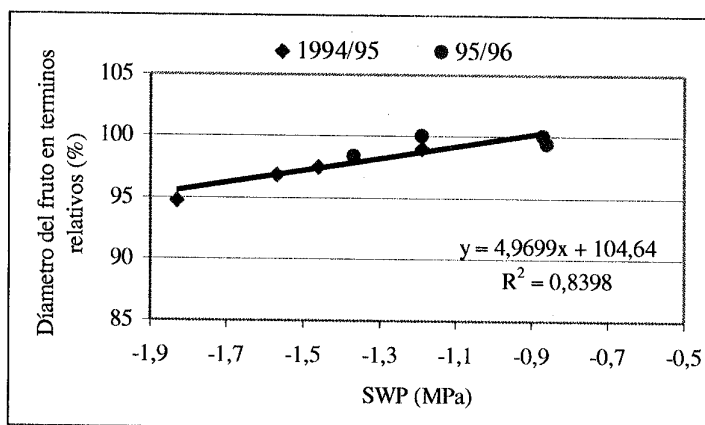


Figura 3. Efecto de los potenciales hídricos xilemáticos medidos a mediodía (SWPn) sobre el diámetro final de fruto, expresado en términos relativos (%).

Figure 3. Effect of the stem water potential measured at noon (SWPn) on the final fruit diameter, expressed in relative terms (%).

CONCLUSIONES

De este trabajo se desprende que se pudo disminuir la aplicación de agua durante la fase II en 75% sin afectar significativamente los rendimientos, el calibre de los frutos, el número de flores, la caída de frutos y el peso de poda, lo que significó un ahorro de 36% del agua aplicada total.

Por otra parte, se puede concluir que el potencial hídrico xilemático (SWP) es un indicador adecuado del estado hídrico de las plantas, y puede ser útil para controlar el estrés hídrico del duraznero durante la fase II de crecimiento del fruto, sobre todo en las mediciones realizadas a me-

diódía, ya que las diferencias en potenciales hídricos xilemáticos (SWP), entre plantas regadas adecuadamente y estresadas, son mayores en las mediciones realizadas alrededor de las 14:00 h (mediodía) (-0,6 MPa) que en la madrugada, aproximadamente a la 5:30 h (-0,3 MPa). El potencial hídrico xilemático promedio de la fase II, medido a mediodía (SWPn), sobre -1 MPa no afectó el calibre de los frutos, y valores de -1,5 MPa los afectaron en aproximadamente 4%.

Sin embargo, déficit hídricos aplicados en la fase II disminuyeron el crecimiento del tronco, pudiendo afectar el vigor de los árboles.

LITERATURA CITADA

- Allen, R., L. Pereira., D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. 300 p. Irrigation and Drainage Paper N° 56. FAO, Rome, Italy.
- Boland, A., P. Mitchell., and I. Goodwin. 1993. The effect of regulated deficit irrigation on tree water use and growth of peach. J. of Hort. Sci. 68:261-274.
- Chalmers, D., P. Mitchell, and P. Jerie. 1985. The relation between irrigation growth and productivity of peach trees. Acta Hort. 173:283-288.
- Chalmers, D.J. 1990. Irrigation des arbres fruitiers. Manipulation de la croissance de la plante par la regulation des deficits d'eau et la limitation de la zone d'humidification. Infos-Paris N° 66 p. 13-20.

- Garnier, E., and Berger, A. 1987. The influence of drought on stomatal conductance and water potential of peach trees growing in the field. *Scientia Horticulturae* 32:249-263.
- Girona, J., M. Mata, D. Goldhamer, R. Johnson, and T. DeJong. 1993. Patterns of soil and tree water status and leaf functioning during regulated deficit irrigation scheduling in peach. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118:580-586.
- Kubota, N., and S. Kudo. 1992. Effects of soil moisture tension on phenolic contents and astringency in peach fruits. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 61:31-37.
- Kobashi, K., H. Gemma, and S. Iwahori. 2000. Abscisic acid content and sugar metabolism of peaches grown under water stress. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 125:425-428.
- Li, S., J. Huguet, P. Schoch, and P. Orlando. 1989. Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stages of fruit development. *J. Hortic. Sci.* 64:541-552.
- Marsal, J., and J. Girona. 1997. Relationship between leaf water potential and gas exchange activity at different phenological stages and fruit loads in peach trees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 122:415-421.
- Meyer, W., and D. Reicosky. 1985. Enclosing leaves for water potential measurements and its effects on interpreting soil induced water stress. *Agric. Meteorol.* 35:187-192.
- Running, S. 1980. Environmental and physiological control of water flux through *Pinus contorta*. *J. of Can. For. Research* 10:82-91.
- Sellés, G., and A. Berger. 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Hortic.* 278:87-100.
- Williamson, J.G., and D.C. Coston. 1990. Planting method and irrigation rate influence vegetative and reproductive growth of peach planted at high density. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115:207-212.