

## Feasibility of using of the maximum daily trunk shrinkage and stem water potential reference lines for irrigation scheduling of early nectarine tree

J.M. de la Rosa, M.R. Conesa, R. Domingo, A. Pérez-Pastor

Dpto. Producción Vegetal, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Paseo Alfonso XIII, 52, CP: 30203, Cartagena, España. Josemdlrs@hotmail.com

### Resumen

Se realizó un estudio durante tres años en nectarinos extra tempranos (*Prunus persica* L. Batsch cv. Flanoba) con el objetivo de estudiar la dependencia de la máxima contracción de diámetro de tronco (MCD) y el potencial hídrico de tallo ( $\Psi_T$ ) con variables climáticas y evaluar la utilidad de las líneas de referencia (relaciones entre variables meteorológicas y los indicadores de estado hídrico de la planta) para su utilización en la programación del riego. Los árboles se regaron mediante riego localizado y bajo condiciones no limitantes de agua en el suelo. Las medidas de  $\Psi_T$  y MCD se relacionaron con variables meteorológicas. MCD presentó el mejor ajuste con temperatura y déficit de presión de vapor promedio del periodo comprendido entre las 11:00–15:00 hora solar, ya que una importante fracción de la contracción del tronco ocurría en dicho periodo, alcanzando el 74% de la MCD (promedio de los tres años de estudio), y a veces el 90%. A pesar del continuo crecimiento del tronco durante el periodo experimental y las ligeras diferencias de carga productiva, no se observaron diferencias interanuales entre las líneas de referencia estudiadas.  $\Psi_T$  mostró peores correlaciones con las variables meteorológicas.

**Palabras clave:** fluctuaciones de diámetro de tronco; líneas base; indicadores del estado hídrico de la planta

### Abstract

A three-year experiment on early nectarine (*Prunus persica* L. Batsch cv. Flanoba) trees was carried out with the aim of studying the impact of environmental variables on the maximum daily trunk shrinkage (MDS) and stem water potential at midday ( $\Psi_{stem}$ ) and the usefulness of the reference-lines derived from the relationship between different meteorological variables and plant water status indicators for sustainable irrigation scheduling. Plants were drip-irrigated and submitted to non-limiting soil water conditions. Measurements of  $\Psi_{stem}$  and MDS were related with meteorological variables. MDS presented the best fitting line-regressions with both the average air temperature and vapour pressure deficit during the period 11.00–15.00 h solar time, since an important fraction of trunk shrinkage occurred during that of time day, reaching 74% of MDS (on average over the three years), and sometimes 90%. Despite the continuous trunk growth of the trees during the experimental period and slight difference in crop load, inter-annual differences were not observed for the three reference lines obtained.  $\Psi_{stem}$  present worst correlations with meteorological variables.

**Keywords:** trunk diameter fluctuation; Base-lines; plant water status indicators

### 1. Introducción

En zonas áridas como la región de Murcia el agua de riego es el principal factor limitante para los cultivos de regadío. Altas necesidades hídricas junto con baja dotación de agua para los agricultores es un problema que sólo puede afrontarse mediante la optimización de los recursos hídricos.

Para poder llevar a cabo un uso eficiente del agua de riego es necesario realizar una buena programación del riego, es decir, determinar de forma precisa cuanto y cuando hay que regar. Si la programación del riego no es correcta el cultivo puede sufrir un estrés debido al déficit o

al exceso de agua, lo cual puede mermar la cantidad y calidad de la cosecha. Además, un exceso de riego lleva asociado mayores costes derivados del precio del agua y de la energía necesaria para su impulsión y genera pérdidas de nutrientes por lixiviación, lo que crea un coste ambiental en forma de contaminación de acuíferos subterráneos, junto con un empobrecimiento del suelo.

Todo lo anterior confirma la importancia de realizar una programación de riego precisa y segura. A pesar de los avances que se han realizado en los últimos años todavía no se han conseguido predictores precisos de los requerimientos hídricos del cultivo [1].

En la actualidad se utilizan principalmente dos enfoques para programar el riego, el balance hídrico, basado en la evapotranspiración de referencia y los coeficientes de cultivo [2] o el contenido y estado energético del agua en el suelo. Ambas metodologías han mejorado la eficiencia del uso del agua respecto a los métodos tradicionales, basados solamente en la experiencia del agricultor. Sin embargo, la incertidumbre que llevan asociados los coeficientes de cultivo y la variabilidad de las medidas de agua en el suelo invitan a estudiar nuevos métodos que no tienen estos inconvenientes.

En este sentido, la programación del riego en base al estado hídrico de la planta se postula como una herramienta prometedora para incrementar la eficiencia de uso del agua de riego ya que las medidas en planta integran factores climáticos, del estado hídrico del suelo y de la propia planta [3]. Esta metodología adquiere mayor importancia en condiciones de riego deficitario ya que posibilitan la utilización de valores umbrales de estrés hídrico en planta, lo que minimiza el riesgo que supone regar al cultivo por debajo de sus necesidades.

Los indicadores del estado hídrico de la planta no sólo se ven afectados por el contenido de agua útil en el suelo sino que también depende de la demanda atmosférica, entre otras variables. Por tanto, los valores absolutos de indicadores sin considerar la demanda evaporativa podrían resultar inútiles [4]. Por esta razón se suele utilizar el concepto de intensidad de señal (IS) para la programación del riego, normalizando los valores absolutos del indicador al relacionarlos con los valores obtenidos bajo condiciones no limitantes de agua en el suelo [5]. Los valores bajo condiciones no limitantes de agua en el suelo pueden obtenerse mediante la medida en árboles correctamente regados o a partir de ecuaciones de referencia que permitan predecir estos valores en base a alguna variable climática. El objetivo de este trabajo fue obtener las ecuaciones de referencia para el nectarino extratemprano y evaluar su utilidad en la programación del riego.

## 2. Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo entre 2009 y 2012 en una finca comercial situada en Murcia (38° 8' N; 1° 13' W). Se seleccionó una parcela experimental de 1 ha con nectarinos extratempranos (*Prunus persica* cv. 'Flanoba') injertados sobre patrón híbrido GF677 y distribuidos en un marco de plantación de 6 x 3.5

m. El sistema de riego localizado constaba de dos líneas portaemisores con goteros autocompensantes de 1.6 l·h<sup>-1</sup> colocados de forma continua cada 75 cm. El riego se programó semanalmente y se aplicó diariamente por la noche a lo largo de todo el periodo de estudio.

Se estableció un tratamiento control (T<sub>CTL</sub>), regado para satisfacer las necesidades hídricas totales del cultivo determinadas a partir de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>); coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) propuestos por el Sistema de Información Agraria de Murcia ([www.siam.es](http://www.siam.es)) y coeficiente de uniformidad de los emisores (C<sub>u</sub>). Los requerimientos de lavado (RL) fueron determinados en base a la conductividad eléctrica del agua de riego.

El diseño experimental consistió en tres repeticiones por tratamiento, distribuidas en bloques al azar. Cada repetición tenía tres filas de 15 árboles por fila. Las medidas se realizaron en la fila central, siendo las otras dos utilizadas como bordes.

Se midió semanalmente el contenido volumétrico de agua en el suelo en el perfil 0-100 cm con una sonda portátil FDR (Diviner 2000, Sentek Pty. Ltd., South Australia) en 3 tubos de acceso por tratamiento situados en el bulbo húmedo. Las medidas se realizaron entre las 10 y 12 h (hora solar).

La fluctuación de diámetro del tronco fue monitoreada en cada tratamiento con 6 sensores de desplazamiento lineal (LVDT; Solartron Metrology, Bognor Regis, UK, model DF ± 2.5 mm, precisión ± 10 µm) colocados en el tronco a 30 cm sobre el suelo y orientados al norte. Se utilizaron portasensores de invar (una aleación compuesta por 64% de Fe y 35% Ni que presenta coeficientes de dilatación térmica mínimos). Se determinó MCD como la diferencia entre el máximo (MXDT) y el mínimo diámetro de tronco (MNDT), que tuvieron lugar al alba y por la tarde, respectivamente.

Semanalmente, se midió el potencial de tallo (Ψ<sub>T</sub>) a mediodía solar, en hojas sanas, adultas, cercanas al tronco y envueltas con film de plástico y papel de aluminio al menos dos horas antes de su medida. Para las medidas se utilizó una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp. Model 3000) de acuerdo con el procedimiento descrito por [6].

## 3. Resultados y Discusión

El contenido volumétrico de agua en el suelo mostró continuamente valores en torno al 30 %,

próximos a capacidad de campo, lo que indica que el suelo estuvo bien hidratado durante todo el periodo de estudio.

La producción total en 2010 (53.9 kg· árbol<sup>-1</sup>) fue significativamente superior a la de los años 2009 (41.1 kg· árbol<sup>-1</sup>) y 2012 (43.5 kg·árbol<sup>-1</sup>).

$\Psi_T$  alcanzó valores mínimos (en torno a -1 MPa) entre julio y agosto y máximos (en torno a -0,5 MPa) en primavera y otoño. Estos valores son característicos de plantas bien regadas.

MDS presentó correlaciones significativas con todas las variables meteorológicas estudiadas. El déficit de presión de vapor al mediodía (DPV<sub>md</sub>) fue la variable que mejor explicó a MCD con coeficientes de determinación en torno a 0.75 (Tabla 1). El hecho de que las medidas al mediodía del DPV sean las que mejor explica a MCD puede deberse a que una importante fracción de la contracción del tronco ocurría en dicho periodo, alcanzando el 74% de la MCD (promedio de los tres años de estudio), y a veces hasta 90 %. En cambio, las correlaciones de MCD con ET<sub>0</sub> presentaron los peores ajustes.

Al comparar las líneas de regresión de diferentes años no se encontraron diferencias significativas ni en la pendiente ni en la ordenada de las rectas cuando se considera el periodo entero de crecimiento. Sin embargo, las líneas de referencia presentaron diferencias según el periodo fenológico considerado, las líneas de referencia durante el crecimiento del fruto tenían menor pendiente que las de la poscosecha. Las líneas de referencia de la poscosecha temprana y tardía eran paralelas entre sí pero tenían ordenadas en el origen diferentes, siendo menor el de la poscosecha tardía (Figura 1). En melocotonero temprano no se encontraron diferencias significativas entre regresiones lineales de diferentes periodos fenológicos.

Las regresiones lineales con  $\Psi_T$  presentaron menor grado de ajuste. Los mayores coeficientes de determinación (en torno a 0.50) se obtuvieron con la temperatura media diaria (Tabla 1).

#### 4. Conclusiones

Las líneas de referencia de la MDS han sido estables durante tres años a pesar de que el cultivo estuvo bajo diferentes cargas productivas

y en continuo crecimiento del tronco. Además, se han obtenido altos coeficientes de determinación cuando MCD se relacionaba con DPV<sub>md</sub>.

Por lo tanto, las ecuaciones obtenidas podrían ser utilizadas con fines de programación del riego.

#### 5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio Español de Ciencia e innovación (AGL2010-19201-C04-04) y por el proyecto europeo SIRRIMED (FP7-KBBE-2009-3-245159).

#### 6. Referencias bibliográficas

- [1] Naor, A., Cohen, S., 2003. The sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding of irrigation in field-grown trees. *Hortsc* 38, 547–551.
- [2] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, p. 300.
- [3] Jones, H.G., 1989. Water stress and stem conductivity. In: Cherry, J.H. (Ed.), *Environmental Stress in Plants*, vol. 19. Springer-Verlag, Berlín, pp. 17–24.
- [4] Galindo, A., Rodríguez, P., Mellisho, C.D., Torrecillas, E., Moriana, A., Cruz, Z.N., Cone-jero, W., Moreno, F., Torrecillas, A., 2013. Assessment of discretely measured indicators and maximum daily trunk shrinkage for detecting water stress in pomegranate trees. *Agric. For. Meteorol.* 180, 58–65.
- [5] Goldhamer, D.A., Fereres, E., 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrig. Sci.* 20, 115–125.
- [6] Hsiao, T.C., 1990. Measurements of plant water status. In: Steward, B.A., Nielsen, D.R. (Eds.), *Irrigation of Agricultural Crops*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, pp. 243–279.

**Tabla 1.-** Parámetros de las líneas de regresión ( $Y=a+bx$ ), coeficiente de determinación ( $r^2$ ), número de puntos ( $n$ ) y suma de cuadrados (MSE).

---

	a	b	r <sup>2</sup>	n	MSE	a	b	r <sup>2</sup>	n	MSE
<b>MCD vs ETo</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs ETo</b>				
todo	-22.18	41.77	0.373 ***	631	6569	-0.3295	-0.0685	0.168 ***	64	0.0428
09-10	-68.75	53.54 c	0.626 ***	195	4329	-0.1850	-0.1056	0.288 *	20	0.0378
10-11	33.97	29.05 a	0.197 ***	207	7801	-0.5693	-0.0202	0.014 ns	20	0.0629
11-12	-31.85	42.62 b	0.344 ***	229	6796	-0.1991	-0.0852	0.379 **	24	0.0272
<b>MCD vs VPDm</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs VPDm</b>				
todo	-24.21	163.08	0.617 ***	631	4004	-0.2021	-0.3601	0.431 ***	64	0.0293
09-10	-19.73	165.35	0.729 ***	195	3135	-0.1653	-0.4241	0.526 ***	20	0.0252
10-11	-11.02	150.58	0.503 ***	207	4806	-0.2211	-0.3514	0.340 **	20	0.0421
11-12	-40.95	172.75	0.617 ***	229	3965	-0.1998	-0.3259	0.503 ***	24	0.0218
<b>MCD vs VPDmx</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs VPDmx</b>				
todo	-43.99	79.12	0.740 ***	631	2722	-0.2021	-0.1545	0.388 ***	64	0.0315
09-10	-36.76	78.31	0.817 ***	195	2119	-0.1836	-0.1738	0.449 ***	20	0.0293
10-11	-39.52	78.11	0.646 ***	207	3424	-0.2278	-0.1512	0.271 *	20	0.0465
11-12	-56.29	81.41	0.751 ***	229	2577	-0.1818	-0.1450	0.507 ***	24	0.0216
<b>MCD vs VPDmd</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs VPDmd</b>				
todo	-35.93	87.49	0.747 ***	631	2650	-0.1985	-0.178	0.390 ***	64	0.0314
09-10	-29.27	86.70	0.835 ***	195	1902	-0.1285	-0.2164	0.521 ***	20	0.0254
10-11	-29.53	85.39	0.641 ***	207	3470	-0.2676	-0.1571	0.236 *	20	0.0487
11-12	-49.04	90.29	0.744 ***	229	2644	-0.1910	-0.1650	0.454 ***	24	0.0230
<b>MCD vs Tm</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs Tm</b>				
todo	-192.57	16.85	0.599 ***	631	4195	0.2914	-0.0417	0.517 ***	64	0.0249
09-10	-230.66	18.73 b	0.763 ***	195	2745	0.3805	-0.0463	0.484 ***	20	0.0274
10-11	-168.35	15.57 a	0.475 ***	207	5082	0.3367	-0.0440	0.464 ***	20	0.0342
11-12	-173.99	16.02 a	0.559 ***	229	4569	0.1977	-0.0365	0.598 ***	24	0.0176
<b>MCD vs Tmx</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs Tmx</b>				
todo	-285.52	15.91	0.706 ***	631	3073	0.4285	-0.0359	0.470 ***	64	0.0249
09-10	-299.22	16.51	0.824 ***	195	2030	0.5770	-0.0412	0.494 ***	20	0.0268
10-11	-274.07	15.47	0.613 ***	207	3741	0.5875	-0.0414	0.380 **	20	0.0395
11-12	-279.45	15.63	0.674 ***	229	3377	0.2735	-0.0299	0.559 ***	24	0.0193
<b>MCD vs Tmd</b>						<b>Ψ<sub>T</sub> vs Tmd</b>				
todo	-253.53	15.87	0.701 ***	631	3123	0.3665	-0.0362	0.466 ***	64	0.0275
09-10	-265.56	16.50	0.831 ***	195	1955	0.5232	-0.0422	0.473 ***	20	0.0279
10-11	-235.59	15.15	0.596 ***	207	3913	0.3662	-0.0365	0.329 **	20	0.0428
11-12	-248.15	15.58	0.663 ***	229	3462	0.2384	-0.0308	0.574 ***	24	0.0187

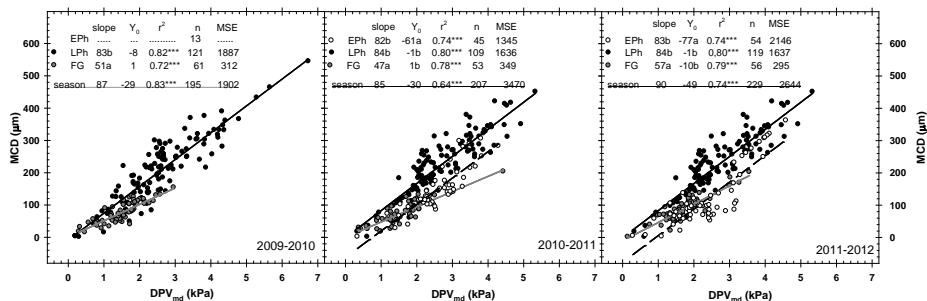


Figura 1.- Regresiones lineales de DPV<sub>md</sub> vs MCD diferenciando entre los periodos fenológicos de crecimiento del fruto (FG, gris), poscosecha temprana (Eph, blanco) y poscosecha tardía (LPh, negro) en los ciclos 2009-2010 (izquierda), 2010-2011 (centro) y 2011-2012 (derecha).