

## Assessment of plant water indicators for regulated deficit irrigation management in sweet cherry

## Evaluación de indicadores de estrés hídrico en planta para el manejo del riego deficitario controlado en cerezo

V. Blanco<sup>1\*</sup>, P.J. Blaya-Ros<sup>1</sup>, A. Pérez-Pastor<sup>1</sup>, R. Domingo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Producción Vegetal. ETSIA-UPCT, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena. España.

\*victor.blanco@upct.es

### Abstract

A two-year experiment with sweet cherry (*P. avium* L. cv “Prime Giant”) trees under regulated deficit irrigation conditions was carried out to ascertain which of the following commonly used plant water indicators is most effective for irrigation scheduling: discrete measures of  $\Psi_t$  (midday stem water potential) and  $g_s$  (stomatal conductance) or continuous measurements of the branch diameter fluctuations, MCD (maximum daily branch shrinkage). MCD first identified irrigation changes and showed high signal intensity. Moreover, a threshold of -1.3 MPa is proposed in cherry trees irrigation management according to MCD.

**Keywords:** Maximum Daily Shrinkage; Midday Stem Water Potential; *Prunus avium* (L.); Stomatal Conductance

### Resumen

Un experimento de dos años en cerezo (*P. avium* L. cv “Prime Giant”) sometido a riego deficitario fue realizado para determinar cuál de los indicadores hídricos comúnmente utilizados es más efectivo en la programación del riego: las medidas discretas de  $\Psi_t$  (potencial hídrico de tallo a mediodía) y  $g_s$  (conductancia estomática) o las medidas continuas de las fluctuaciones del diámetro de rama, MCD (máxima contracción diaria de rama). MCD fue el indicador que primero detectó los cambios en el riego y mostró una alta intensidad de señal. Además, se propone el umbral de -1,3 MPa como límite para el manejo del cerezo de acuerdo con la MCD.

**Palabras clave:** Conductancia Estomática; Máxima Contracción Diaria; Potencial Hídrico de Tallo a Mediodía; *Prunus avium* (L.)

## 1. INTRODUCCIÓN

El cerezo es un cultivo prometedor por sus buenos precios de mercado, por ser una alternativa interesante y poderse simultanear con otros frutales de la explotación; y además, por tener variedades extra-tempranas y tempranas con necesidades hídricas inferiores a las de otras especies del mismo género. Estas características hacen del cerezo un cultivo atractivo para zonas con infradotación hídrica. El riego deficitario controlado (RDC) es una alternativa muy interesante para maximizar la eficiencia del uso del agua, si bien su aplicación requiere de una correcta programación. Los sensores en suelo y planta son fundamentales para el manejo del riego en RDC. Diversos trabajos en frutales y vid [1] han demostrado que RDC es capaz de incrementar la productividad del agua sin penalizar el rendimiento ni la calidad de los frutos.

Con el objetivo de aplicar correctamente RDC es necesario disponer de indicadores del estrés hídrico sensibles y de rápida detección. De ahí el interés de realizar un estudio comparativo que permita conocer sus ventajas y limitaciones en el seguimiento del comportamiento hídrico y para la programación del riego del cerezo.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la respuesta fisiológica del cerezo bajo dos regímenes hídricos: un tratamiento control (CTL) y otro de RDC, e identificar el indicador de planta más útil para la programación de riegos entre los comúnmente utilizados.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante dos años consecutivos, 2015 y 2016, en una parcela experimental de 0,5 ha perteneciente a la finca comercial “Finca Toli”, localizada en Jumilla, Murcia (38° 8' N; 1° 22' W y 680 m de altitud). La plantación de cerezos (*Prunus avium* (L)) de 15 años de edad, variedad “Prime Giant” sobre SL 64, está dispuesta a marco de 5 m x 3 m y cuenta con polinizadores cv. “Brooks” y “Early Lory”. El sistema de riego por goteo constó de un único lateral por hilera de árboles y 3 goteros por árbol de 4 L h<sup>-1</sup>. El agua de riego es de pozo y de buena calidad (CE 0,8 dS m<sup>-1</sup>). El suelo es de textura franco-arenosa y medianamente pedregoso. Se aplicaron dos tratamientos de riego: i) control (CTL), regado al 110 % de la evapotranspiración potencial del cultivo (ET<sub>cg</sub>) con el objetivo de mantener condiciones no limitantes de agua en el suelo, y ii) riego deficitario controlado (RDC), programado al 100 % de ET<sub>cg</sub> durante precosecha y poscosecha inicial (diferenciación floral, Junio), y al 55 % de ET<sub>cg</sub> en la poscosecha restante (Julio - Noviembre). ET<sub>cg</sub> se determinó de acuerdo con la expresión propuesta por FAO:

$$ET_{cg} = ET_0 \times K_c \times K_r$$
 donde, ET<sub>0</sub> es la evapotranspiración de referencia, K<sub>c</sub> el coeficiente de cultivo [2] y K<sub>r</sub> un coeficiente corrector por localización [3].

El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento y 7 árboles por repetición, de los cuales se instrumentalizaron los 2 árboles centrales. El potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ<sub>t</sub>) se midió semanalmente en dos árboles por repetición, en hojas cercanas a la base del tronco y envueltas con plástico y papel de aluminio durante dos horas, utilizando cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Model 3005, Santa Barbara, CA, USA). En idénticos días y a la misma hora se midió la conductancia estomática (g<sub>s</sub>) en cuatro hojas adultas expuestas al sol por repetición, utilizando un equipo de intercambio gaseoso CIRAS-2 (PP Systems, Hitchin, Hertfordshire, UK). En cada repetición se instalaron 2 dendrómetros (LVDT, DF ± 2,5 mm, precisión 10 μm, Solatron Metrology, Bognor Regis, UK) en ramas principales de los árboles centrales. La máxima contracción diaria (MCD) se calculó como la diferencia entre el máximo y mínimo diámetro diario. Las contracciones de rama fueron registradas de manera continua a partir de una plataforma cableada dos repeticiones (datalogger más dos multiplexores - Campbell Scientific, Logan, USA) y las otras dos mediante una red de sensores inalámbrica (WSN, Widhoc SS, Fuente Álamo, España). Los datos meteorológicos fueron proporcionados por la red SIAR-Castilla-La Mancha (Ontur). El análisis de datos se realizó mediante ANOVA y regresiones lineales, el análisis de sensibilidad se calculó a partir del ratio entre la intensidad de señal (RDC/CTL) y el coeficiente de variación [4].

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones meteorológicas fueron similares en ambos años de estudio y típicas del clima mediterráneo con veranos secos y calurosos e inviernos suaves y húmedos. El DPV alcanzó valores máximos de 3,7 – 4,0 kPa y la ET<sub>0</sub> y lluvia acumuladas fueron de 1272 y 1220 y de 263 y 280 mm en 2015 y 2016, respectivamente.

$\Psi_t$  presentó un comportamiento similar en las dos campañas (Fig. 1), con los valores máximos al principio y final de temporada, cuando la demanda evaporativa es menor. CTL y RDC mostraron un comportamiento similar durante las precosechas de 2015 y 2016, sin diferencias significativas. Sin embargo, tras la aplicación del déficit hídrico en RDC, las diferencias aparecieron, con valores máximos ( $CTL_{\Psi_t} - RDC_{\Psi_t}$ ) de 0,53 y 0,56 MPa en 2015 y 2016, diferencias muy similares a las encontradas en cerezo variedad “Summit” [5]. Igual conducta a la observada en  $\Psi_t$  se encontró en  $g_s$ . Así, en precosecha, ambos tratamientos presentaron valores medios similares de  $g_s$ : 176 y 193  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en 2015 y 182 y 176  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en 2016 para CTL y RDC respectivamente. Contrariamente, en poscosecha, CTL mantuvo valores medios  $g_s$  superiores a los obtenidos en precosecha, 255 y 192  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mientras que el tratamiento RDC disminuyó a 155 y 139  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  en 2015 y 2016, respectivamente. Igualmente, MCD repitió el patrón de  $\Psi_t$  y  $g_s$  y se vio claramente influida por los cambios de riego. No hubo diferencias de MCD entre tratamientos durante precosecha y sí durante poscosecha, los valores medios de cada tratamiento fueron 197 y 180  $\mu\text{m}$  para CTL y 289 y 244  $\mu\text{m}$  para RDC, en 2015 y 2016, respectivamente. Una diferencia apreciada en MCD respecto al resto de indicadores fue la rápida detección del cambio de riego. Así, 10 días después de la aplicación del déficit hídrico a RDC, sus contracciones medias superaban en un tercio a las del tratamiento CTL; siendo el indicador de planta que primero detectó el estrés hídrico. Este rápido comportamiento identificador de estrés hídrico de MCD ya fue descrito en ciruelo [6].

Las correlaciones obtenidas entre los diferentes indicadores en planta fueron altas, especialmente entre  $\Psi_t$  y MCD y  $\Psi_t$  y  $g_s$ .  $\Psi_t$  y MCD presentaron una alta correlación para todo el periodo de estudio [ $\Psi_t = -0.0019\text{MCD} - 0.3003$ ;  $R^2 = 0.83$ ]. Este valor pasa a 0,88 si solo consideramos el periodo final precosecha y principio del poscosecha, épocas de crecimiento del fruto y diferenciación floral, y que están caracterizadas por su alta sensibilidad al déficit hídrico. La correlación  $\Psi_t$  vs MCD presenta sus limitaciones para valores  $\Psi_t$  inferiores a -1,3 MPa, ya que subsiguientes disminuciones de potencial de tallo no se traducen en aumentos de MCD, de ahí la mejor correlación para el periodo indicado.  $\Psi_t$  vs  $g_s$  presentó una buena correlación durante el periodo del año más demandante (DDA 205-239 en 2015 y 203-232 en 2016;  $\Psi_t = 0.003g_s - 1.5598$ ;  $R^2 = 0.80$ ) momento en el que se producen los mínimos valores anuales de ambas variables.

En general, los resultados de los indicadores recogidos en la tabla 1 presentan una intensidad de señal (IS) alta y similar para el conjunto de ellos. No obstante, en la poscosecha de 2016,  $g_s$  es el indicador con mayor IS, tras él se sitúa MCD y en último lugar  $\Psi_t$ . Sin embargo, al analizar el coeficiente de variación (CV) de cada medida,  $\Psi_t$  es claramente el indicador con menor variación, más estable y robusto [7], lo que origina que  $\Psi_t$  sea también el indicador con una mayor sensibilidad, por encima de los otros dos indicadores. Comparando los indicadores, todos tienen una buena IS, pero para conseguir una mayor sensibilidad  $g_s$  y MCD deberían presentar un menor CV y para ello se recomienda un mayor número de medidas por repetición.

#### 4. CONCLUSIONES

En general, los indicadores recogidos en la tabla 1 presentan una intensidad de señal (IS) alta y similar para el conjunto de ellos. No obstante, en la poscosecha de 2016,  $g_s$  fue el indicador con mayor IS, seguido por MCD y en tercer lugar  $\Psi_t$ . Sin embargo, al analizar el coeficiente de variación (CV) fue  $\Psi_t$  el indicador más estable al presentar el menor CV [10], este bajo CV dio lugar a que  $\Psi_t$  fuese además el indicador más sensible. Aunque los 3 indicadores estudiados tienen una buena IS, tanto  $g_s$  como MCD requieren de un mayor número de medidas para tener idéntica representatividad que  $\Psi_t$ .

## 5. AGRADECIMIENTOS

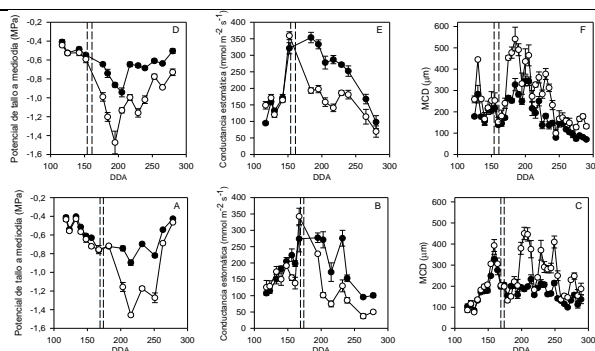
Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y por fondos FEADER. Referencia: AGL2013-49047-C2-1-R. Víctor Blanco agradece la beca de iniciación a la actividad investigadora recibida de la UPCT. Los autores agradecen a Pedro y Agustín Carrión-Guardiola, propietarios de “Finca Toli” todas las facilidades puestas a nuestro alcance para el correcto desarrollo de los ensayos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Ruiz-Sanchez, Domingo, M.C., Castel, R., Revisión, J.R., 2010. Riego deficitario en frutales y vid en España (Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain). Span. J. Agric. Res. 8, 5–20.
- [2] Marsal, J. FAO Irrigation and drainage paper 66. 2012. Crop yield response to water. Sweet cherry, 449-457 2012. FAO, Rome.
- [3] Fereres, E., Martinich, D.A., Aldrich, T.M., Castel, J.R., Holzapfel, E., Schulbach, H., 1982. Drip irrigation saves money in young almond orchards. Calif. Agric. 36, 12-13.
- [4] Fereres, E., Goldhamer, D.A., 2003. Suitability of stem diameter variations and water potential as indicators for irrigation scheduling of almond trees. J. Hortic. Sci. Biotech. 78, 139-144.
- [5] Marsal, J., López, G., del Campo, J., Mata, M., Arbones, A., Girona J., 2010. Postharvest regulated deficit irrigation in Summit sweet cherry: fruit yield and quality in the following season. Irrigation Sci. 28, 181-189.
- [6] Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2004. Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum. Irrigation Sci. 23, 93-102.
- [7] Girona, J., Marsal, J., Lopez, G., 2006. Establishment of stem water potential thresholds for the response of ‘O’Henry’ peach fruit growth to water stress during stage III of fruit development. Acta Hort. 713, 197-201.

**Tabla 1.** Análisis de sensibilidad de los indicadores de estrés hídrico en planta  $\Psi_t$ ,  $g_s$  y MCD para el tratamiento RDC durante el periodo poscosecha.

	$\Psi_t$		$g_s$		MCD	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
IS	1,52	1,46	1,63	2,09	1,62	1,52
CV	0,09	0,06	0,20	0,21	0,28	0,16
S	17,32	23,22	8,04	10,06	5,75	9,47



**Figura 1.** Evolución anual del potencial hídrico de tallo a mediodía, conductancia estomática y máxima contracción diaria de CTL y RDC.

A, B y C son datos de 2016 y D, E y F de 2015. Tratamiento CTL con símbolos negros y RDC con blancos. Las líneas verticales discontinuas indican las cosechas (DDA 154 y 161 en 2015 y DDA 169 y 174 en 2016).