

# Respuesta del cerezo var “Prime Giant” al riego deficitario. Primeros resultados

(Recibido: 06/05/2016; Aceptado: 20/07/2016)

Blanco Montoya, V.<sup>1</sup>; Domingo Miguel, R.<sup>1</sup>; Toledo Moreo, A.<sup>2</sup>; Pérez Pastor, A.<sup>1</sup>; Torres Sánchez, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena (ETSIA-UPCT).

<sup>2</sup>Dpto de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad Politécnica de Cartagena (ETSII-UPCT).

Teléfono: 666801748

Email: victor.blanco@upct.es

**Resumen.** El seguimiento del estado hídrico del suelo y del árbol de manera continuada y en tiempo real mediante el uso de redes de sensores permite la aplicación del riego deficitario controlado en cerezo de forma precisa. Durante el primer año de ensayo, los tratamientos de riego deficitario controlado (RDC<sub>100-55</sub>) y sostenido (RDS<sub>85</sub>) supusieron un ahorro de agua respecto al tratamiento control (CTL), regado al 110% de la ET<sub>cg</sub>, del 41% (2812 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>) y 23% (1612 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>) respectivamente. Este ahorro de agua no dio lugar a potenciales hídricos de tallo a mediodía inferiores a -0,7 y -1,5MPa en pre y poscosecha, respectivamente y no causó diferencias entre tratamientos ni en producción ni en el peso unitario de las cerezas.

**Palabras clave.** Cerezo; potencial de tallo; redes de sensores; riego deficitario controlado

**Abstract.** Monitoring soil and tree water status continuously and in real time using sensor networks allowed regulated deficit irrigation (RDI) management in sweet cherry trees. Two deficit treatments were imposed, regulated deficit irrigation RDC<sub>100-55</sub> and sustained deficit irrigation RDS<sub>85</sub>, they saved 41% (2812 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>) and 23% (1612 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>) of the water amount applied during the first year of work compared to control treatment, CTL, watered to 110% of the ET<sub>cg</sub>. These savings did not cause midday stem water potentials lower than -0.7 and -1.5MPa during pre and postharvest, respectively. Moreover, there were no differences in production or per cherry unitary weight between treatments.

**Keywords.** Regulated deficit irrigation; sensor networks; stem water potential; sweet cherry

## 1. Introducción

La permanente escasez de agua en la agricultura de zonas semiáridas ha propiciado el empleo de tecnologías de riego altamente eficientes. La agricultura de regadío ha sido y sigue siendo el principal consumidor de agua a nivel mundial y aunque la solución a situaciones de escasez de agua es muy compleja, una de las vías más prometedoras para mejorar la productividad del agua en determinadas especies vegetales es el empleo de estrategias de ‘riego deficitario controlado’ (RDC). Así, distintos estudios realizados en frutales y vid demuestran que algunas especies son capaces de tolerar déficits hídricos en determinados periodos del ciclo de cultivo sin mermas de producción ni de calidad, como es el caso de la uva de mesa (Conesa et al., 2014), nectarina (De la Rosa et al., 2015), etc.

Para poder aplicar con éxito estrategias de RDC es de gran utilidad conocer en continuo y en tiempo real las condiciones hídricas del suelo o/y de la planta. La utilización de las nuevas tecnologías en conjunción con el uso de sensores en suelo, planta y atmósfera son herramientas imprescindibles para alcanzar y reproducir resultados exitosos en el manejo de RDC.

Para este trabajo se eligió el cerezo [*Prunus avium* (L.)], un cultivo prometedor por sus elevados precios de mercado, y además, permitir simultanear su manejo con el de otros frutales en la explotación. El objetivo fue caracterizar y evaluar la influencia de la

estrategia de riego sobre las relaciones hídricas y producción del cerezo. En esta contribución se exponen los resultados del primer año de ensayo.

## 2. Materiales y métodos

El ensayo se realizó durante 2015 en una parcela de 0,5 ha perteneciente a la finca comercial "Finca Toli" en Jumilla, Murcia (38° 8' N; 1° 22' W). El suelo es de textura franco-arenosa y medianamente pedregoso, lo que le confiere unas propiedades de retención de agua medias. La plantación está constituida por cerezos de 15 años de edad, de la variedad "Prime Giant" sobre SL 64 y como polinizadores "Brooks" y "Early Lory". Los árboles están formados en vaso bajo, dispuestos a marco de 5 m x 3 m y poseen un área sombreada del 55% y diámetro de tronco de 16,3 cm. El diseño agronómico del sistema de riego por goteo es de un único lateral por hilera de árboles con 3 goteros de 4 L h<sup>-1</sup> por árbol. El agua de riego es de pozo y de buena calidad, su conductividad eléctrica es de 0,8 dS·m<sup>-1</sup>. La evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) acumulada en el periodo 85-300 DDA (día del año) fue 987,7 mm y la ET<sub>0</sub> media diaria fue en precosecha 4,7 mm y en poscosecha 4,5 mm. La precipitación total fue de 141,4 mm y la temperatura media diaria tuvo un valor promedio de 19,8°C. El déficit de presión de vapor (DPV) medio diario osciló entre 0,14 y 3,09 kPa.

El ensayo constó de 3 tratamientos de riego según un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones de 7

árboles cada una. Los tratamientos fueron: i) control, CTL, regado para satisfacer las necesidades hídricas máximas del cultivo ( $110\% ET_{cg}$ ), ii) riego deficitario controlado,  $RDC_{100-55}$ , programado al  $100\%$  de la  $ET_{cg}$  en precosecha y al  $55\%$  en poscosecha y iii) riego deficitario sostenido,  $RDS_{85}$ , programado al  $85\%$  de la  $ET_{cg}$  durante toda la estación de riegos, excepto los días comprendidos entre ambas cosechas en los que se regó como CTL. Las necesidades hídricas netas del cultivo ( $ET_{cg}$ ) se calcularon a partir de la expresión (1) propuesta por FAO:

$$ET_{cg} = ET_0 \times K_c \times K_r \quad (1)$$

donde,  $ET_0$  es la evapotranspiración de referencia,  $K_c$  el coeficiente de cultivo (Marsal 2012) y  $K_r$  un coeficiente corrector por localización dependiente de la superficie de suelo sombreada por las copas de los árboles (Ferreles y Castel 1981).

Para el registro de las fluctuaciones del diámetro de rama se instalaron 2 dendrómetros (sensores LVDT, modelo DF  $\pm 2.5$  mm, precisión  $\pm 10$   $\mu$ m, Solartron Metrology, Bognor Regis, UK) por repetición, cada uno de ellos en una rama principal de árboles distintos. El potencial matricial del agua en el suelo,  $\Psi_m$ , se obtuvo a partir de 2 sensores capacitivos de compensación térmica (MPS-6, Decagon devices, Inc., Pullman, WA 99163 - USA) por repetición, situados a 1,5 m del tronco y a 25 y 50 cm de profundidad. Así mismo y en idéntico árbol, se instaló un tubo de acceso con 3 sensores FDR para la medida del contenido volumétrico de agua en el suelo,  $\theta_v$ , (Enviroscan, Sentek Pty. Ltd., Adelaide, Australia) a 20, 40 y 70 cm de profundidad. Además, se controló el estado hídrico de la planta, a partir de medidas de potencial hídrico de tallo a mediodía ( $\Psi_t$ ) con cámara de presión Scholander, según la metodología propuesta por McCutchan y Shackel (1992) en 6 árboles por tratamiento.

En la madurez comercial de la fruta, se recogieron y pesaron los frutos provenientes de los 5 árboles centrales de cada repetición en las dos recolecciones realizadas los días del año (DDA) 154 y 161. De igual manera, se contaron los frutos existentes en muestras de 5 kg al objeto de conocer el peso unitario de la cereza.

El análisis de datos se realizó mediante ANOVA y regresiones lineales.

### 3. Resultados

Los volúmenes de riego aplicados en 2015 para los tratamientos CTL,  $RDS_{85}$  y  $RDC_{100-55}$ , fueron 6916, 5304 y 4104  $m^3 ha^{-1}$  respectivamente. La figura 1 muestra la evolución del agua aplicada. En precosecha, periodo de crecimiento del fruto, el tratamiento  $RDS_{85}$  es el que menos agua recibe (1628  $m^3 ha^{-1}$ ), aproximadamente un 18% menos que CTL y un 5% que  $RDC_{100-55}$ , mientras que en poscosecha fue  $RDC_{100-55}$  el que recibió menos agua un 52% y un 35% menos que CTL y  $RDS_{85}$  respectivamente. Además, de los volúmenes de riego, las lluvias

aportaron 39,1 mm en precosecha y 102,3 mm en poscosecha, destacando el DDA 212 con 51,3 mm.

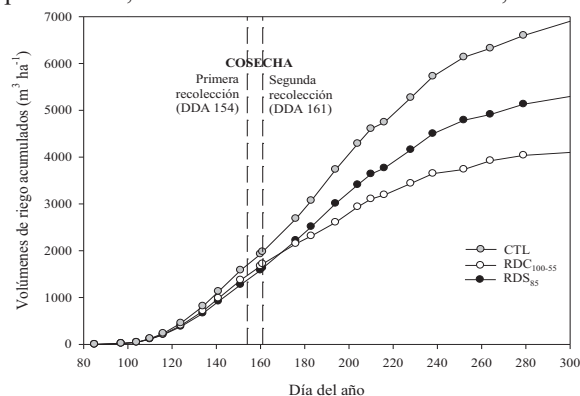


Fig. 1. Evolución de los volúmenes de riego aplicados en 2015.

El potencial matricial del agua del suelo ( $\Psi_m$ ) fue acorde con el régimen de riego. CTL presentó valores medios precosecha de -12 y -22 kPa y poscosecha de -33 y -53 kPa para 25 y 50 cm de profundidad, respectivamente. En precosecha, las mayores diferencias de  $\Psi_m$  en  $RDS_{85}$  fueron de 0,3 y 16 kPa a 25 y 50 cm de profundidad respecto a CTL. Esto indica que la primera capa de suelo mantuvo un adecuado nivel de disponibilidad de agua (Figura 2). Mientras que las lecturas de la segunda capa (50 cm) equivaldrían a un déficit hídrico ligero.  $RDC_{100-55}$  presentó valores  $\Psi_m$  precosecha similares a CTL. Sin embargo, en poscosecha  $RDC_{100-55}$  fue el tratamiento con mayores diferencias respecto a CTL. Los valores medios  $\Psi_m$  poscosecha fueron -371,4 y -407,0 kPa a 25 y 50 cm, respectivamente. Estos valores indican un déficit medio-severo en el perfil de suelo donde se concentra la mayor actividad radicular. Por otro lado, el déficit ligero del que venía  $RDS_{85}$  se vio acentuado en poscosecha, alcanzando diferencias  $\Psi_m$  de 91,0 y 192,6 kPa respecto a CTL a 25 y 50 cm de profundidad, respectivamente (Figura 2). Este nivel de déficit hídrico poscosecha en  $RDC_{100-55}$  y  $RDS_{85}$  a nivel de suelo puede ser indicativo de estrés hídrico en planta, (Domingo et al., 2005) especialmente si se tiene en cuenta que el porcentaje de suelo mojado en poscosecha fue inferior al 30% en ambos tratamientos.

Durante el periodo entre ambas cosechas,  $\Psi_m$  fue similar en los tres tratamientos al ser regados los deficitarios como CTL. El cambio de tendencia de  $\Psi_m$  en  $RDS_{85}$  y consiguiente recuperación a 25 cm ocurre tras las lluvias del DDA 212 (51,3 mm). Esta cantidad de lluvia fue insuficiente para alcanzar la recuperación de  $RDC_{100-55}$  debido a que partía de un mayor déficit hídrico (Figura 2).

Un error de programación (DDA 244) aumentó la dosis de riego asignada a  $RDC_{100-55}$ , invirtiendo la tendencia de caída de  $\Psi_m$ , hasta entonces de

comportamiento similar a RDS<sub>85</sub> (Figura 2).

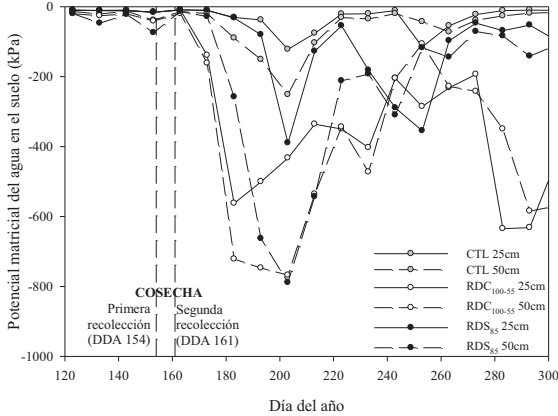


Fig. 2. Evolución del potencial matricial del agua en el suelo a 25 y 50 cm de profundidad para los tres tratamientos de riego. Cada punto representa el valor medio de periodos de 10 días.

La figura 3 representa la evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta_v$ ) respecto a capacidad de campo ( $\theta_{vCC}$ ), calculado a partir de la media de los valores a 20 y 40 cm de profundidad en los tres tratamientos. Durante precosecha, CTL mantuvo condiciones no limitantes de agua en el suelo con valores próximos al 90% de  $\theta_{vCC}$ . Estas condiciones no fueron tan claras en RDC<sub>100-55</sub> y RDS<sub>85</sub> cuyos valores promedio fueron 84% y 76% respectivamente. RDS<sub>85</sub> mostró el mayor agotamiento del agua en el suelo, el que pudiera afectar al desarrollo del fruto al tratarse de un periodo crítico.  $\theta_v$  fue inferior en pos que en precosecha. Así, CTL presentó dos momentos en los que  $\theta_v$  fue inferior al 80%, si bien el resto del periodo fue superior a este valor. RDC<sub>100-55</sub> y RDS<sub>85</sub> evidenciaron el recorte hídrico llegando a valores inferiores al 50% en una época de alta demanda evaporativa. La evolución de  $\theta_v$  muestra cierto paralelismo con la de  $\Psi_m$ , lo que era esperable en dos variables relacionadas aunque no unívocamente.

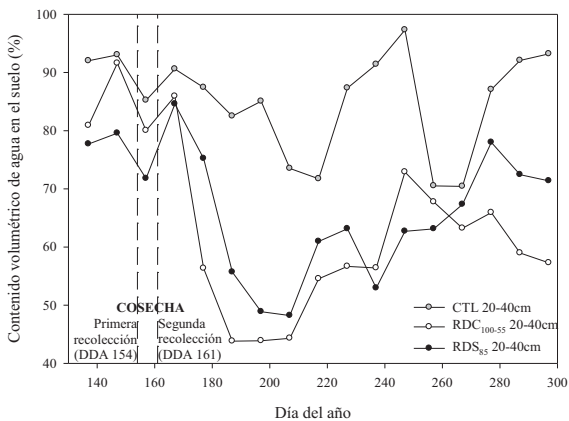


Fig. 3. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta_v$ ) en porcentaje de la capacidad de campo. Cada punto representa el valor medio de  $\theta_v$  en las profundidades 20 y 40 cm y es la media de periodos de 10 días.

A nivel de planta,  $\Psi_t$  fue sensible a los diferentes tratamientos de riego, tal como se aprecia en la figura 4. En precosecha presentó valores medios de -0,51 (CTL), -0,54 (RDC<sub>100-55</sub>) y -0,57 MPa (RDS<sub>85</sub>), sin diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere déficit hídrico ligero o inexistente en RDS<sub>85</sub>. Sin

embargo, en poscosecha, las diferencias entre tratamientos fueron significativas en todas las medidas a partir del DDA 177 (Figura 4) con valores medios de  $\Psi_t$  de -0,63 (CTL), -0,92 (RDC<sub>100-55</sub>) y -0,74 MPa (RDS<sub>85</sub>). Los valores mínimos alcanzados fueron -0,94, -1,47 y -1,05 MPa para CTL, RDC<sub>100-55</sub> y RDS<sub>85</sub> respectivamente.  $\Psi_t$  es considerado un indicador de referencia de estrés hídrico (Naor, 2000 y McCutchan y Shackel, 1992), de ahí el interés de su empleo en el manejo del riego del cerezo y para evaluar la utilidad de otros indicadores con registro continuo. En cerezos “Summit”, Marsal et al. (2010) fijaron un valor umbral -1,5 MPa en poscosecha de modo que una vez alcanzado aplicaban riego completo durante 7 días al objeto de recuperar el estado hídrico del árbol o mitigar el estrés hídrico alcanzado. En consideración a los resultados obtenidos por Marsal et al. (2010), el DDA 195 con valores  $\Psi_t$  próximos a -1.5 MPa en RDC<sub>100-55</sub> se inició una semana con dosis de riego similares a RDS<sub>85</sub>.

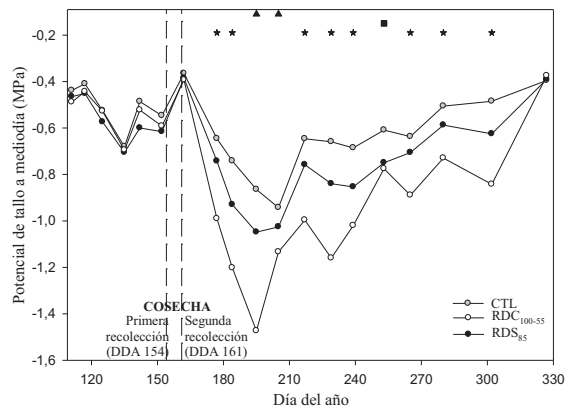


Fig. 4. Evolución del potencial de tallo a mediodía durante pre y poscosecha. Cada punto representa el valor medio de seis medidas. Las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo al test de Duncan ( $P < 0,05$ ) aparecen indicadas como: ■ diferencias entre CTL con RDC<sub>100-55</sub> y RDS<sub>85</sub>, ▲ diferencias entre RDC<sub>100-55</sub> con CTL y RDS<sub>85</sub> y ★ diferencias entre los 3 tratamientos.

A partir de las fluctuaciones diarias de diámetro de rama, obtenidas a partir de 8 dendrómetros por tratamiento, se determinó la máxima contracción diaria de diámetro de rama (MCD). Ésta fue muy dependiente de las condiciones de clima y humedad del suelo (Figura 5). Las diferencias entre tratamientos fueron más evidentes en poscosecha que en precosecha al igual que en  $\Psi_t$ . Estas diferencias se dieron generalmente entre el tratamiento más deficitario en poscosecha RDC<sub>100-55</sub> y los otros dos tratamientos CTL y RDS<sub>85</sub>, lo que refuerza la utilidad de MCD como indicador de estrés en el manejo del riego (Figura 5). En el periodo comprendido entre ambas recolecciones, así como los primeros días de poscosecha no se dieron diferencias entre tratamientos como consecuencia de la aplicación de similares dosis de riego. Es con el aumento de la demanda evaporativa de la atmósfera y el agotamiento paulatino del agua en el suelo en los tratamientos deficitarios cuando estas diferencias empiezan a ser significativas, DDA 183-238. RDC<sub>100-55</sub> redujo sus valores MCD durante el periodo

195-215 DDA en respuesta a la semana de riego con dosis similares a  $RDS_{85}$  al alcanzar valores  $\Psi_t$  de  $-1,5$  MPa y a las precipitaciones acaecidas. Tras este periodo el efecto del tratamiento vuelve a manifestarse con el aumento de MCD, con menor intensidad pero de igual modo,  $RDS_{85}$  vuelve a despegarse del tratamiento CTL. A partir del día 238, la conducta y valores MCD fueron muy similares en los tres tratamientos, lo que fue coincidente con el paulatino aumento del estado energético del agua en la planta y en cierta medida del suelo en los tres tratamientos, destacando la caída de  $RDC_{100-55}$  el día 244 debido al sobre-riego por error de programación. En los últimos días de estudio (DDA 260-300)  $RDC_{100-55}$  volvió a presentar diferencias significativas con los otros dos tratamientos (Fig. 5).

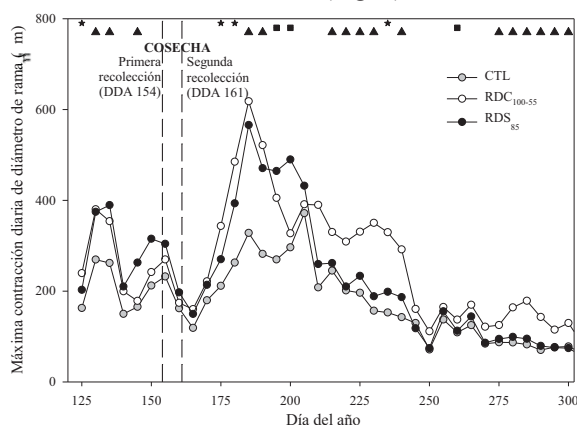


Fig. 5. Evolución de la máxima contracción diaria de diámetro de rama principal. Cada punto representa el valor medio de 5 días. Las diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo al test de Duncan ( $P < 0,05$ ) aparecen indicadas como: ■ diferencias entre un tratamiento y otro, ▲ diferencias entre un tratamiento y los otros dos y ★ diferencias entre los 3 tratamientos.

En la tabla 1 se recoge la producción comercial de cereza en cada una de las dos recolecciones, la total y el peso unitario del fruto. La producción comercial total fue de 15,58, 16,63 y 16,13  $t\ ha^{-1}$  para CTL,  $RDC_{100-55}$  y  $RDS_{85}$  respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos. Esta producción puede considerarse de media a alta si se tiene en cuenta que debiera haber sido superior en 1,5 - 2,0  $t\ ha^{-1}$  debido a los daños ocurridos por pedrisco 15 días antes de la primera recolección.

#### 4. Conclusiones

Aunque todos los indicadores de estrés hídrico de suelo y planta estudiados estuvieron en concordancia con la estrategia de riego, fueron el potencial de tallo a mediodía y MCD los que más se ajustaron al régimen de riego aplicado. Los resultados del primer año de ensayo, sugieren la posibilidad de alcanzar producciones similares a las obtenidas bajo riego completo con mínima o nula penalización en la producción y tamaño del fruto. Un segundo y tercer

año de experimentación serán necesarios para conocer si la estrategia de riego tiene o no efectos sobre la producción y tamaño del fruto.

Tabla 1. Producción y peso unitario del fruto por recolección.

Parámetro	CTL	$RDC_{100-55}$	$RDS_{85}$	
Recolecc I ( $t\ ha^{-1}$ )	8,86	8,23	10,43	n.s.
Recolecc II ( $t\ ha^{-1}$ )	6,72	8,40	5,71	n.s.
Cosecha Total				
I+II ( $t\ ha^{-1}$ )	15,58	16,63	16,13	n.s.
Peso ud. Rec. I ( $g\ f^{-1}$ )	11,07	10,63	10,62	n.s.
Peso ud. Rec. II ( $g\ f^{-1}$ )	11,60	11,01	12,31	n.s.

n.s. indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos de acuerdo al test de Duncan ( $P > 0,05$ ).

#### Agradecimientos

Trabajo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Ref. AGL2013-49047-C2-1R.

#### Referencias

- [1] Conesa, M.R., De la Rosa, J.M., Artés-Hernández, F., Dodd, I.C., Domingo, R., Pérez-Pastor, A. (2014). Long-term impact of deficit irrigation on the physical quality of berries in 'Crimson Seedless' table grapes. *J. Sci. Food Agric.* 95 (12), 2510-2520.
- [2] De la Rosa, J.M., Domingo, R., Gómez-Montiel, J., Pérez-Pastor, A. (2015). Implementing deficit irrigation scheduling through plant water stress indicators in early nectarine trees. *Agric. Water Manage.* 152, 207-216.
- [3] Domingo, R., Nortes, P.A., Egea, G., Torres, R., Pérez-Pastor, A. (2005). Utilización de sensores en planta para la programación del riego. *Vida rural.* 217, 42-46.
- [4] Fereres, E y Castel, J.R. (1981). Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 21259.
- [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] Marsal, J. (2012). Sweet Cherry. "Crop yield response to water. Fruit trees and vines." FAO Irrigation and drainage paper 66, 450-457.
- [7] McCutchan, H. y Shackel, K.A. (1992). Stem Water Potential as a Sensitive Indicator of Water Stress in Prune Trees (*Prunus domestica* L. Cv. French.). *JASHS* 117, 607-611.
- [8] Naor, A. (2000). Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Hort.* 537, 447-454.