

A new approach to ascertain the sensitivity to water stress of different plant water indicators

Un nuevo enfoque para determinar la sensibilidad al déficit hídrico de indicadores de estado hídrico de la planta

J.M. De la Rosa^{1*}, MR. Conesa-Saura¹, R. Domingo¹, C. Castillo¹, A. Temnani¹, A. Pérez-Pastor¹

¹Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT). Dpto. Producción Vegetal. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203. Cartagena (Murcia).

*josemdlrs@hotmail.com

Abstract

The sensitivity to water stress of different plant water indicators was evaluated during the late postharvest period of extra-early nectarine trees growing in a commercial orchard and submitted to two irrigation treatments: (i) a control (TC), irrigated at 120% of crop evapotranspiration to avoid any soil water limitations, and (ii) a water deficit treatment (TD), irrigated at 50% of TC. The plant indicator studied were: the maximum daily trunk shrinkage (MCD); trunk growth rate (TCD); midday stem water potential (Ψ_T); leaf conductance (Gs); and net photosynthesis (Pn). Although the highest signal intensity (SI) values -the ratio of deficit irrigation treatment values to control values- were reached by TGR, Gs and Pn (2.6, 3 and 2.9, respectively), the sensitivity (S) values- calculated as the ratio of SI to coefficient of variation ($SI \cdot CV - 1$)- were higher in Ψ_T and MDS (14 and 11.4, respectively), since their CV values were the lowest (11 and 14%, respectively). A new approach (S*) is proposed to calculate the sensitivity of the plant water indicators, since the standard method can result in high sensitivity values without identifying differences between irrigation treatments.

Keywords: Maximum daily trunk shrinkage; Midday stem water potential; Trunk growth rate; Water deficit.

Resumen

Se evaluó la sensibilidad al déficit hídrico de diferentes indicadores de estado hídrico del cultivo durante la poscosecha tardía de nectarinos extra-tempranos, en una finca comercial en la que se dispusieron dos tratamientos de riego: (i) Un control (TCTL), regado al 120 % de la evapotranspiración potencial de cultivo a fin de evitar condiciones limitantes de agua en el suelo y (II) un tratamiento de déficit hídrico (TD), regado al 50 % de TC. Los indicadores estudiados fueron: máxima contracción de tronco (MCD); tasa de crecimiento diario de tronco (TCD), potencial hídrico de tallo al mediodía (Ψ_T); conductancia estomática foliar (Gs); y fotosíntesis neta (Pn). Los mayores valores de intensidades de señal (SI) -ratio de los valores de TD y TCTL- se alcanzaron en TCD, Gs y Pn (2.6, 3, y 2.9, respectivamente), los valores de sensibilidad (S) -calculados como el ratio IS entre coeficiente de variación de las medidas ($IS \cdot CV - 1$)- fueron altos en Ψ_T y MCD (14 y 11.4, respectivamente), sin embargo sus coeficientes de variación fueron los menores (11 y 14 %, respectivamente). Se propone un nuevo enfoque (S*) para calcular la sensibilidad de los indicadores de estado hídrico de la planta, ya que el método tradicional puede generar altos valores de sensibilidad sin que se identifiquen diferencias entre tratamientos de riego.

Palabras clave: máximo contracción de diámetro de tronco; potencial hídrico de tallo al mediodía; tasa de crecimiento diaria; déficit hídrico.

1. INTRODUCCIÓN

La programación del riego en base al estado hídrico de la planta se postula como una herramienta útil para mejorar la eficiencia del uso del agua de riego ya que las medidas en planta integran factores climáticos y de estado hídrico del suelo. Algunas cualidades deseables que un indicador del estado hídrico de la planta debiera tener a fin de poderlo utilizar en la programación del riego son: i) Sensibilidad al déficit hídrico; ii) Posibilidad de automatizar las medidas; iii) rápida respuesta al déficit hídrico; iv) proporcionalidad de las medidas con el nivel de déficit aplicado. Para evaluar la sensibilidad al déficit hídrico de un indicador se utiliza la relación entre intensidad de señal y ruido [1]. Siendo el ruido el coeficiente de variación de las medidas del indicador en el tratamiento deficitario.

Los objetivos de este trabajo son: i) evaluar la utilidad de indicadores del estado hídrico de la planta (máxima contracción diaria de tronco (MCD), tasa de crecimiento diaria del tronco (TCD), potencial hídrico del tallo a mediodía (Ψ_T), conductancia estomática (Gs) y fotosíntesis neta (Pn)) para la programación del riego en nectarino extratemprano; ii) evaluar la idoneidad de un nuevo algoritmo para determinar la sensibilidad de indicadores al déficit hídrico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Condiciones experimentales

El estudio se llevó a cabo en 2012 durante la postcosecha del cultivo (entre los días del año 167 y 302) en una finca comercial situada en Murcia (38° 8' N; 1° 13' W). Se seleccionó una parcela experimental de 2 ha con nectarinos extratempranos (*Prunus persica* cv. 'Viowhite'), distribuidos en un marco de plantación de 6 x 3.5 m.

Se ensayaron dos tratamientos de riego: un control (T_{CTL}), regado para satisfacer las necesidades hídricas totales del cultivo y un deficitario (T_D) regado al 50% de T_{CTL} . El riego se programó semanalmente y se aplicó diariamente por la noche a lo largo de todo el periodo de estudio. 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.

2.2. Medidas realizadas

El contenido volumétrico de agua en el suelo se midió semanalmente en el perfil 0-100 cm con una sonda portátil FDR (Diviner 2000, Sentek Pty. Ltd., South Australia). 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 \pm 2.5 mm, precisión \pm 10 μ m). 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 y TCD como la diferencia de dos MXDT de días consecutivos.

Semanalmente, en los árboles con sensor, se midió el potencial hídrico de tallo (Ψ_T) 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 la cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp. Model 3000).

La conductancia estomática (Gs) y fotosíntesis neta (Pn) se midió los mismos días que θ_v y Ψ_T con ciras2 (PPSystem, Hitchin, Herfordshire, UK).

2.3. Intensidad de señal, coeficiente de variación y sensibilidad

A fin de poder comparar intensidades de señal, coeficientes de variación y sensibilidad de indicadores solamente se utilizaron los datos de los días en que se tenían medidas de todos los indicadores. Además, las medidas se realizaban siempre en los mismos árboles, una por árbol para

cada indicador. De esta forma fijamos las variables referidas al día de muestreo, tipo y tamaño de la muestra. La intensidad de señal se calculó para cada indicador como la relación entre los valores (V) de T_D y T_{CTL} . En el caso de MCD y Ψ_T : $Is=V_D/V_{CTL}$; y para TCD, Gs y Pn: $Is=V_{CTL}/V_D$. Para determinar el “ruido” se calculó el coeficiente de variación (CV) de las medidas de cada indicador.

La sensibilidad al estrés hídrico (S) se determinó mediante dos algoritmos:

- i) Tradicional (S). Propuesto por Goldhamer (2000), es un procedimiento comúnmente utilizado para determinar la sensibilidad de un indicador. Tiene el inconveniente de presentar valores altos de sensibilidad sin diferencias entre tratamientos cuando el coeficiente de variación es cercano a cero.
- ii) Corregido (S^*). Se define como la cantidad de veces que el ruido (CV) puede repetirse dentro del diferencia comprendida entre la intensidad de señal del tratamiento deficitario (IS) y la del control (1). La interpretación de los valores obtenidos es la siguiente:
 - a. $S^*>0$: sensibilidad al déficit hídrico, mayor cuanto mayor sea S^* ;
 - b. $S^*=0$: no sensible al déficit hídrico;
 - c. $S^*<0$: Comportamiento anómalo. Ocurre cuando T_D adquiere valores esperables en el T_{CTL} .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MCD fue significativamente superior en T_D a partir desde el día 175 hasta el día 272. Posteriormente T_{CTL} y T_D presentaron valores de MCD muy similares, sin diferencias significativas entre tratamientos. T_{CTL} mostró valores de TGR significativamente superiores a T_D desde el día 179 hasta el día 245. Además, T_{CTL} mostró valores de Ψ_T inferiores a los de T_D durante todo el periodo de déficit. Gs y Pn tardaron más en detectar el estrés hídrico, mostrando diferencias significativas a partir de la tercera semana de déficit.

Durante julio, agosto y septiembre todos los indicadores estudiados presentaron valores relativamente altos de IS, entre 1.4 y 2.9. Sin embargo, en octubre IS disminuyó sensiblemente, debido a la copiosa precipitación del día 272 y a la baja demanda climática. En octubre, la IS de MCD fue 1 frente a 1.2 de Ψ_T . En julio, TCD registró la mayor IS, coincidiendo con el periodo de rápido crecimiento del tronco. A partir de julio la IS en TCD fue disminuyendo progresivamente mostrando incluso valores inferiores a 1 en octubre lo que es achacable a un crecimiento compensatorio del tronco en T_D tras la precipitación del día 272. Gs y Pn mostraron los valores más elevados de IS, excepto en julio.

MCD y Ψ_T han sido los indicadores que presentaron menores CV (entre 0.10 y 0.16). En cambio, TCD, GS y Pn mostraron los valores más altos (entre 0.22 y 0.94).

Ψ_T ha sido el indicador que ha presentado los valores más altos de S durante julio, agosto y septiembre (entre 13.6 y 18.2). En cambio, en octubre MCD con 7.3 fue el indicador que presentó mayor S . TGR, Gs y Pn presentaron valores de S inferiores a 7 durante todo el periodo de déficit.

MDS y Ψ_T han sido los indicadores que presentaron menores CV (entre 0.10 y 0.16). En contrapartida, TCD, GS y Pn estos fueron más elevados (entre 0.22 y 0.94).

Según los resultados de todo el periodo Ψ_T mostró la mayor S (14.0), seguido de MCD (11.4), Gs (5.4), Pn (3.7) y TCD (2.9).

En cambio, en octubre MCD presentó un valor de S superior al de Ψ_T , a pesar de que no mostrase diferencias entre tratamientos (MCD media de 175 y 179 μm para T_D y T_{CTL} , respectivamente). Este resultado fue promovido por los bajos valores de CV, lo cual no es suficiente para poder considerar que un indicador es sensible al déficit hídrico. Una condición necesaria para considerar que un indicador es sensible es que éste muestre diferencias ($IS>1$)

cuando se aplica riego deficitario. Por esta razón S^* es 0 cuando $IS=1$. Así, en octubre MCD presenta una S^* de 0.2, inferior a la de Ψ_T (1.2).

En octubre Ψ_T tampoco es el indicador más sensible al déficit hídrico según S^* , ya que G_s y P_n presentan valores de S^* superiores a los de Ψ_T . Esto no ocurría con los registros de S . Además, en octubre TCD mostró valores negativos de S^* que se explican por un mayor crecimiento del tronco en TD debido al crecimiento compensatorio que tiene lugar tras la lluvia del día 272.

4. CONCLUSIONES

En general MCD y Ψ_T han presentado, como era de esperar, una elevada sensibilidad al déficit hídrico. MCD tiene un valor añadido como indicador, por ser fácilmente automatizable. El algoritmo tradicionalmente utilizado para determinar la sensibilidad de un indicador puede generar valores altos sin que existan diferencias entre tratamientos. Por esta razón se propone una corrección, de forma que indicadores que no presentan diferencias entre tratamientos tendrían una sensibilidad nula.

5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue subvencionado por el Ministerio Español de ciencia e innovación (AGL2010-19201-C04-04), y el proyecto europeo SIRRIMED (FP7-KBBE-2009-3-245159).

6. REFERENCIAS

[1] Goldhamer, D.A., Fereres, E., 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrig. Sci.* 20, 115–125.