

Utilidad de la medida de flujo de savia como indicador de la tasa de transpiración en plantas de pepino

Gregorio Egea, Pedro A. Nortés, Alain Baille, Bernardo Martín, María M. González-Real
 Área de Ingeniería Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
 Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia)
 Teléfono: 968 32 70 52 Fax: 968 32 7031
 E-mail: gregorio.egea@upct.es

Resumen. *El método del balance de calor para la determinación del flujo de savia es particularmente adecuado para especies vegetales con pequeños tallos. Sin embargo, se desconoce en que medida el flujo de savia medido en la base del tallo realmente reproduce los cambios rápidos de transpiración que se producen ante variaciones bruscas de las condiciones medioambientales. En este estudio, se compararon medidas de transpiración foliar obtenidas mediante un método no invasivo (balance de energía a nivel de la hoja) con medidas de flujo de savia determinadas mediante el método de balance de calor en plantas de pepino cultivadas bajo invernadero. Los resultados indicaron que la medida de flujo de savia permite estimar de forma precisa la tasa de transpiración a escala diaria, mientras que a escalas de tiempo inferiores (horaria o inferior) ambos flujos pueden diferir debido al papel que desempeñan las reservas de agua internas de la planta en el proceso de transpiración.*

1 Introducción

El conocimiento de las necesidades hídricas de las plantas es un requisito fundamental para una correcta programación del riego en cultivos bajo invernadero, especialmente cuando se utilizan sistemas de cultivo 'sin suelo' (*soilless culture*) que requieren altas frecuencias de riego. En estos sistemas, el limitado volumen de sustrato así como la baja capacidad de almacenamiento de agua de la mayoría de los sustratos artificiales, requieren que se disponga de métodos precisos de control de los aportes de agua al cultivo.

Para determinar las necesidades hídricas de la planta bajo condiciones de invernadero se han desarrollado algoritmos más o menos simplificados basados en diversos factores fisiológicos y ambientales (Baille et al., 1994). Sin embargo, las diferencias entre especies y variedades, la influencia de la ontogenia sobre las relaciones hídricas del cultivo, así como la variabilidad en la tipología de invernaderos y medios de cultivo dificultan la aplicabilidad de estos algoritmos a nivel comercial. Por lo tanto, las técnicas que permiten monitorizar en tiempo real el uso de agua por las plantas representan una herramienta valiosa aplicable a la optimización del riego y el control climático en invernadero.

La aplicación del método de balance de calor para determinar el flujo de savia que circula a través de un tallo (Sakuratani, 1981), es una técnica adecuada para estimar el uso de agua de plantas herbáceas con tallos pequeños. Varios autores han documentado la existencia de desfases temporales entre las tasas de transpiración y de flujo de savia en plantas leñosas (Zweifel et al., 2001), que pueden derivar en errores cuando la tasa de transpiración se estimada a partir de

medidas de flujo de savia. Estas diferencias indican que el proceso de transferencia de agua en la planta responde a condiciones de régimen no estacionario, como consecuencia de la contribución al proceso de transpiración de las reservas internas de agua de la planta.

El objetivo del presente estudio fue evaluar si las medidas de flujo de savia obtenidas en tallos de plantas de pepino en cultivo sin suelo y bajo invernadero ofrecen una estima precisa de la tasa de transpiración a corto plazo.

2 Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un invernadero de cristal ubicado en la Estación Experimental 'Tomás Ferro' (La Palma, Cartagena). El material vegetal utilizado fueron plantas de pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Anico) cultivadas en contenedores de poliestireno (37,6 cm x 17,6 cm x 12 m) rellenos con perlita. Las plantas se transplantaron a comienzos de abril con una densidad de plantación de 2 plantas por m² de suelo.

Las medidas se realizaron durante un período de 15 días (1 mayo-14 mayo). La tasa de flujo de savia (FS) se midió en la base del tallo mediante la técnica de balance de calor (Sakuratani, 1981), para lo que se utilizó un sensor comercial (modelo SGA-9, Dynagage®, Dynamax Inc., USA). Encima del sensor de flujo de savia se instaló un sensor LVDT (Solartron Metrology, UK) para determinar las variaciones diarias del diámetro del tallo. En la misma planta se monitorizó la tasa de transpiración foliar (E_f) mediante un método no invasivo basado en el balance de energía de la hoja (Bunce, 2006). Este método estima la conductancia a la transferencia de calor de la capa límite (g_{Ha}) a partir del balance de

energía de una réplica metálica (estaño) de hoja ubicada a la misma altura y orientación que una hoja real. Asumiendo que ambos tipos de hoja presentan la misma g_{Ha} , E_t puede calcularse como el término residual de la ecuación de balance de energía de la hoja. Las medidas requeridas para la aplicación del método son: temperatura y radiación neta de ambos tipos de hoja (real y réplica), temperatura del suelo, radiación solar encima de la planta, velocidad del viento a la altura de la planta y temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco del aire. Todas las medidas fueron registradas cada 10 min con 2 sistemas de adquisición de datos y multiplexores (Campbell Sci. Instr. USA).

Dado que la superficie foliar total de la planta (A_p) al final del período de estudio fue relativamente pequeña ($\approx 0,5 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$), y por lo tanto el sombreado mutuo entre hojas despreciable, la tasa de transpiración a escala de la planta (E_p) se estimó a partir de la relación:

$$E_p = E_t \times A_p \quad [\text{Ec. 1}]$$

donde A_p (m^2) representa la superficie foliar total de la planta. A_p fue determinada cada 2-3 días usando una relación de tipo alométrico.

Las variaciones en las reservas internas de agua de la planta fueron estimadas a partir de la ecuación:

$$\Delta Q = FS - E_p \quad [\text{Ec. 2}]$$

3 Resultados y Discusión

A escala diaria se observó una estrecha relación lineal entre los valores de FS y E_p (Fig. 1, $R^2 = 0,95$, pendiente = 0.89), lo que indica que los sensores de balance de calor proporcionaron estimas de la transpiración diaria comparables a las del método no invasivo.

Con el objetivo de analizar la dinámica a corto plazo de FS y E_p se han seleccionado dos días representativos del período de estudio (Figs. 2 y 3) en los que se observaron cambios rápidos y bruscos en las condiciones medioambientales. Durante estos días, los flujos FS y E_p presentaron fuertes fluctuaciones (Figs. 2a y 3a) en respuesta a las variaciones climáticas registradas, si bien no se apreció ningún desfase temporal entre ellos. A pesar de esta sincronización observada entre FS y E_p , la magnitud de ambos flujos difirió sensiblemente en ciertos momentos del día, generalmente coincidentes con cambios repentinos en las condiciones climáticas. Estas diferencias entre FS (oferta hídrica) y E_p (demanda hídrica), previamente observadas en plantas bien regadas (Zweifel et al., 2001), pueden ser explicadas por la contribución de las reservas hídricas internas de la planta al flujo de transpiración (Schulze et al., 1985).

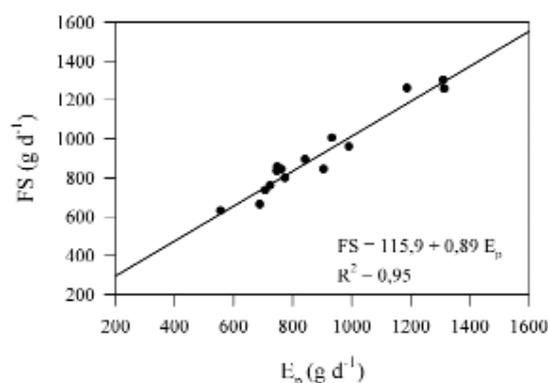


Figura 1. Relación entre la tasa diaria de flujo de savia (FS) y la tasa diaria de transpiración a escala de la planta (E_p).

Una forma de cuantificar las variaciones de agua almacenada en la planta en un momento determinado es a través de la ecuación 2, de manera que valores positivos o negativos de ΔQ representan, respectivamente, recarga o agotamiento de las reservas hídricas internas. La evolución diaria de los valores acumulados de ΔQ ($\sum(\Delta Q)$) permitió cuantificar la variación en contenido de agua que experimenta la planta a lo largo del día (Figs. 2b, 3b).

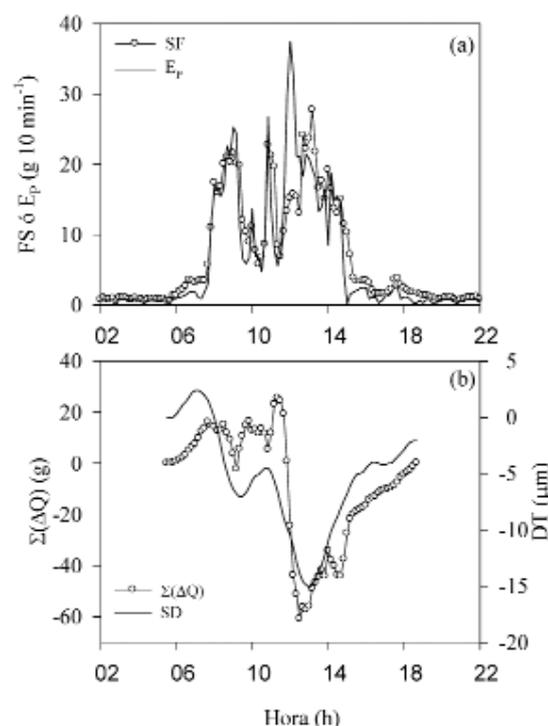


Figura 2. (a) Evolución diaria de las tasas de flujo de savia (FS) y transpiración a escala de la planta (E_p); (b) Variación acumulada de las reservas hídricas internas de la planta ($\sum(\Delta Q)$) y variación diaria del diámetro del tallo (DT). Día del año 131.

El paralelismo encontrado entre las tendencias diarias del diámetro de tallo (DT) y $\sum(\Delta Q)$ (Figs. 2b, 3b), confirmó la contribución de las reservas internas de

agua de los órganos de la planta (p.e. tallo, hojas, frutos, etc.) al proceso de transpiración. La contribución total de estas reservas al flujo diario de F_p varió en el rango 7-12% durante el periodo de estudio.

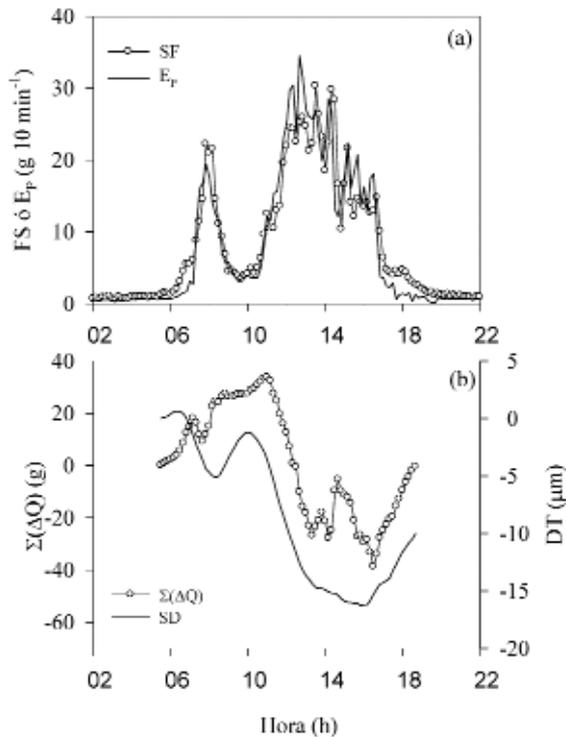


Figura 3. (a) Evolución diaria de las tasas de flujo de savia (FS) y transpiración a escala de la planta (E_p); (b) Variación acumulada de las reservas hídricas internas de la planta ($\Sigma(\Delta Q)$) y variación diaria del diámetro del tallo (DT). Día del año 132.

4 Conclusiones

El flujo de agua en la planta responde a condiciones de régimen no estacionario, lo que explica que la respuesta de FS a las variaciones de demanda atmosférica esté amortiguada con respecto a E_p . Estos resultados sugieren que la medida de FS debe ser interpretada con precaución cuando se utiliza como indicador de la tasa de transpiración a corto plazo (escala horaria o inferior), especialmente cuando se requieren medidas precisas de transpiración (p.e. cálculo de la conductancia estomática, calibración de modelos de transpiración ó manejo del riego en sistemas de cultivo sin suelo).

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida por la CICYT (proyecto AGL2005-06492-C03-02/AGR) para la realización del presente trabajo.

Referencias

- [1] Baille, M., Baille, A., Laury, J. C. 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs. climate factors and leaf area. *Sci. Hort.* 59:217-232.
- [2] Bunce, J.A. 2006. Use of a minimally invasive method of measuring leaf stomatal conductance to examine stomatal responses to water vapour pressure difference under field conditions. *Agric. Forest Meteorol.* 139:335-343.
- [3] Sakuratani, T. 1981. A heat balance method for measuring water flux in the stem of intact plants. *J. Agric. Meteorol.* 37:9-17.
- [4] Schulze, E.D., Cermák, J., Matyssek, R., Penka, M., Zimmermann, R., Vasicek, F., Gries W., Kučera, J. 1985. Canopy transpiration and water fluxes in the xylem of the trunk of *Larix* and *Picea* trees—a comparison of xylem flow, porometer and cuvette measurements. *Oecologia* 66:475–486.
- [5] Zweifel, R., Item, H., Häsler, R. 2001. Link between diurnal stem radius changes and tree water relations. *Tree physiol.* 21:869–877.