

## Evapotranspiration of lime trees in Mediterranean conditions

## Evapotranspiración de limeros jóvenes en condiciones mediterráneas

A.B. Mira-García\*, W. Conejero, J. Vera, M.R. Conesa, E. Nicolás, M.C. Ruiz-Sánchez

Departamento Riego, CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo, 25, Apartado 164, 30100 Espinardo, Murcia, Spain.

\*abmira@cebas.csic.es

### **Abstract**

**This study contributes to the knowledge of evapotranspiration of young lime trees under Mediterranean conditions. The novelty of the proposed methodology is that irrigation scheduling is carried out automatically based on the volumetric water content in the soil. In this sense, the main objective of this work was to calculate crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) using the general water balance equation. The plant material used was two-year-old lime trees (*Citrus latifolia* Tan. cv. Bearss) grown in 45 L pots, which were equipped with capacitance and matrix sensors. Irrigation, drainage, and pot weight were also continuously recorded. The irrigation schedule ensured an optimal water status of the plants during the experiment. ET<sub>c</sub> values varied between 0.25 and 2.56 L plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> in the winter and summer months respectively, with maximum values in July. In conclusion, pot weight served to validate/determine ET<sub>c</sub> when biomass changes were negligible. The results of this study allow to determine the evapotranspiration of lime trees and to make an irrigation management from an automatic approach.**

**Keywords:** lysimeters; precision irrigation, soil water sensors; water balance.

### **Resumen**

**Este estudio contribuye al conocimiento de la evapotranspiración de limeros jóvenes en condiciones mediterráneas. La novedad de la metodología propuesta es que la programación del riego se realiza de forma automática en base al contenido volumétrico de agua en el suelo. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo fue el de calcular la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) haciendo uso de la ecuación general del balance hídrico. El material vegetal utilizado fueron limeros de dos años de edad (*Citrus latifolia* Tan. cv. Bearss) cultivados en macetas de 45 L, que fueron equipadas con sensores de capacitancia y matriciales. El riego, el drenaje y el peso de la maceta también fueron registrados continuamente. La programación de riego aseguró un óptimo estado hídrico de las plantas durante el experimento. Los valores de la ET<sub>c</sub> variaron entre 0,25 y 2,56 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en los meses de invierno y verano respectivamente, con máximos valores en Julio. En conclusión, el peso de la maceta sirvió para validar/determinar la ET<sub>c</sub> cuando los cambios de biomasa fueron despreciables. Los resultados de este estudio permiten determinar la evapotranspiración de limeros y hacer un manejo del riego desde un enfoque automático**

**Palabras clave:** lisímetros; riego de precisión; sensores de estado hídrico del suelo; balance hídrico.

## 1. INTRODUCCIÓN

El limero (*Citrus latifolia* Tan.) normalmente crece en condiciones climáticas cálidas/húmedas cerca del ecuador y en zonas subtropicales de la cuenca mediterránea. En los próximos años, en estas áreas, como resultado del cambio climático, se prevé un aumento de la evapotranspiración potencial (1), así como una restricción de los recursos hídricos disponibles. Para un uso eficiente del riego, se hace necesario conocer las necesidades hídricas del cultivo, ligadas a su evapotranspiración (ET<sub>c</sub>). Existen diversos métodos para calcular la ET<sub>c</sub> (2,3), uno de ellos es el método del balance hídrico, que permite determinar con precisión la ET<sub>c</sub> a través de las entradas y salidas de agua en el suelo haciendo uso para ello de lisímetros de pesada o drenaje. En este sentido, el objetivo principal del presente trabajo es el de determinar la evapotranspiración de limeros jóvenes en condiciones mediterráneas, usando sensores de registro continuo para la medida de los parámetros de la ecuación general del balance hídrico. La novedad de la metodología propuesta es que la programación del riego se realiza en base a valores umbrales del contenido volumétrico de agua en el suelo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se lleva a cabo en una parcela experimental de limeros de 1 ha de superficie situada en Santomera, Murcia a 110 m s.n.m. El material vegetal utilizado fueron limeros (*Citrus latifolia* Tan.) de la variedad Bearss de 2 años de edad injertados sobre *Citrus macrophylla* L. Un total de 15 árboles fueron plantados en macetas de polietileno de 45 L. Cada árbol contaba con dos goteros autocompensantes de 2 L h<sup>-1</sup> y el suelo utilizado fue de textura arcillo-limosa.

La programación del riego se realizó en base al contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta_v$ ) para lo que se instalaron sondas de capacitancia en 4 macetas con un porte vegetativo similar. Cada sonda contenía 2 sensores instalados a 0,20 y 0,30 m de profundidad. Al inicio del experimento, los valores umbrales de  $\theta_v$  para programar el riego fueron testeados, fijando un valor del 30% del agotamiento permisible para iniciar riego y capacidad de campo (CC) para detenerlo.

Estas mismas macetas se equiparon con sensores matriciales que se instalaron a 0,3 m de profundidad. Ambos sensores, matricial y capacitivo estaban conectados a una unidad de radiotransmisión que lee valores cada 5 min y registra valores promedios cada 15 min.

La evapotranspiración de los limeros (ET<sub>c</sub>) fue calculada con la ecuación general del balance hídrico:

$$ET_c = R + P - E - D \pm \Delta S \quad [\text{Ec. 1}]$$

En donde, la ET<sub>c</sub> se produce a expensas de las variaciones del contenido de agua en el suelo ( $\Delta S$ ), la cual proviene del riego (R) y la lluvia (P), descontando la que se pierde por drenaje (D) y escorrentía (E). La escorrentía durante el período experimental fue 0 y se comprobó que la programación automática del riego de alta frecuencia generó valores despreciables de variación del contenido de agua del suelo.

En las macetas objeto de estudio, el riego se midió con caudalímetros de pulsos mientras que el drenaje se determinó haciendo uso de sensores de goteo. La precipitación se registró en la estación meteorológica de la propia finca. Las macetas se colocaron en balanzas para el control en continuo del peso.

A fin de confirmar el adecuado estado hídrico del cultivo durante el ensayo, se realizaron medidas frecuentes del potencial hídrico de tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ) y del intercambio gaseoso (conductancia estomática,  $g_s$ , y fotosíntesis neta,  $F_n$ ). El  $\Psi_{\text{tallo}}$  se midió con una cámara de presión en hojas maduras localizadas en la cara sombreada del árbol, las cuales fueron tapadas al menos dos horas antes de la medida (4). El intercambio gaseoso se determinó con un medidor portátil de fotosíntesis en hojas maduras situadas en la cara soleada del árbol.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ensayo las condiciones meteorológicas fueron típicamente mediterráneas, con una precipitación anual y una evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) de 149,9 mm y 1375,5 mm respectivamente. La temperatura media anual fue de 18,7°C. El contenido volumétrico de agua en el suelo se mantuvo a lo largo de todo el ensayo en torno al 29 y 35%, correspondiendo con el 30% del nivel agotamiento permisible y CC, que se corresponden con valores del potencial matricial de -25 y -50 kPa respectivamente. La programación del riego en base a valores umbrales de contenido de agua en el suelo aseguró un adecuado estado hídrico del cultivo, con valores medios de  $\Psi_{\text{tallo}}$  por encima de -0.8 MPa y una fotosíntesis neta y conductancia estomática media próxima a 7  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 80  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente.

La  $ET_c$  incluye las pérdidas de agua por evaporación del suelo y por la transpiración de la planta a través de los estomas. En las condiciones ensayadas, la evaporación del suelo supuso el 20% de la  $ET_c$  en los meses de máxima demanda evaporativa. La  $ET_c$  del cultivo tal y como se puede observar en la Fig. 1A aumenta progresivamente desde enero (0,25 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) hasta mediados de julio cuando registró el valor máximo de 2,56 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Desde este momento, la  $ET_c$  gradualmente decrece hasta registrar el valor de 0,2 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en diciembre. Resultados similares se han observado en estudios recientes (5) en los que la  $ET_c$  máxima también se registró en los meses de verano. El hecho de que nuestros datos sean ligeramente mayores a los de este estudio, podría ser debido a una mayor transpiración de la planta como consecuencia del mayor desarrollo vegetativo de los árboles.

Además de las condiciones meteorológicas (6), la evapotranspiración también depende del estado fenológico del cultivo (Fig. 1A). En este ensayo se observó que la  $ET_c$  aumentó progresivamente desde la floración (0,39 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) hasta el estado II de crecimiento del fruto (2,5 L planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), decreciendo progresivamente después de la cosecha hasta la fase de reposo invernal. Los máximos valores de  $ET_c$  se observaron durante la fase II de crecimiento del fruto, similar a lo observado en otras especies cítricas (7). Esto podría ser resultado de un mayor consumo de agua en los procesos de división y expansión celular de los frutos.

A lo largo del ensayo, el peso de la maceta permaneció prácticamente constante durante la noche y descendió durante las horas de sol coincidiendo con el consumo de agua por la planta. El peso puede ser considerado como un indicador global del balance de agua y por eso puede ser usado para determinar/validar la  $ET_c$  cuando los cambios en la biomasa son despreciables, tal y como demuestra el ajuste ( $R^2=0.92^{***}$ ) (Fig. 1B).

### 4. CONCLUSIONES

La automatización del riego en base al contenido volumétrico de agua en el suelo aseguró un adecuado estado hídrico de las plantas.

Un simple y robusto lisímetro de drenaje/pesada ha resultado ser una manera práctica y económica de medir la evapotranspiración de limeros jóvenes.

Los valores propuestos de  $ET_c$  permiten determinar las necesidades hídricas del cultivo y automatizar el riego desde un enfoque práctico.

El peso de la maceta puede ser una medida directa de la evapotranspiración de cultivo en momentos en los que los cambios de biomasa sean despreciables.

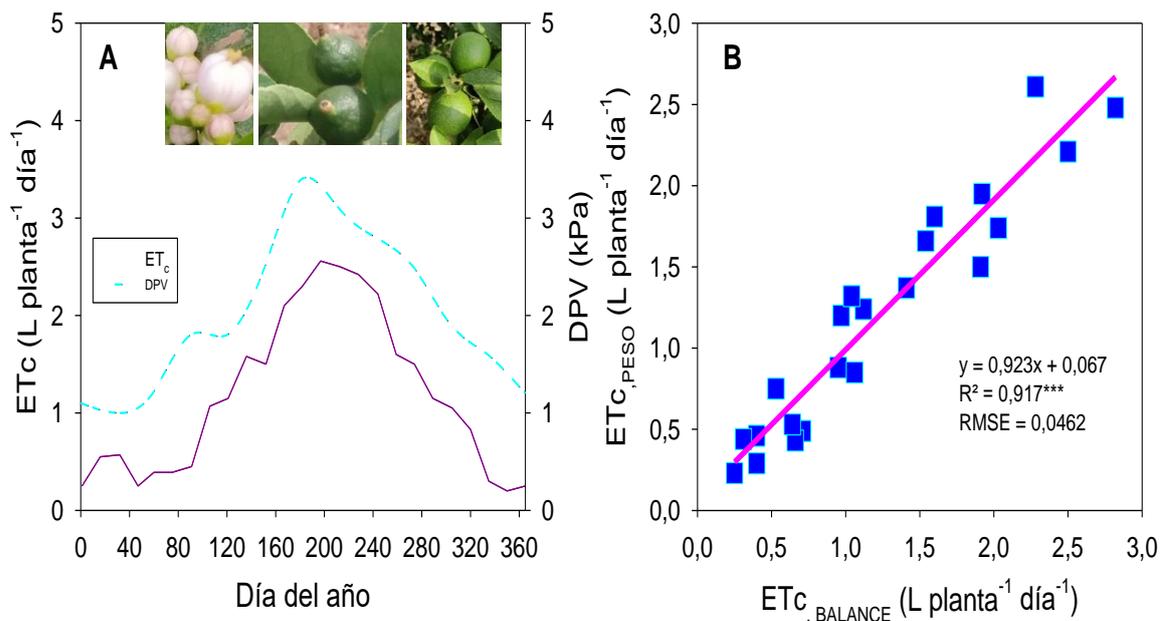
El uso combinado de sensores de potencial matricial y de contenido de agua en el suelo permite una mayor precisión en el manejo del riego.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con proyectos del Plan Nacional AEI-Fondos FEDER-UE (AGL2016-77282-C03-1R y PID2019-106226RB-C2 1/AEI/10.13039/501100011033) y de la Fundación Séneca de la Región de Murcia (19903/GERM/15). Conesa M.R. agradece la financiación postdoctoral recibida por el programa Juan de la Cierva (FJCI -2017 -32045).

## 6. REFERENCIAS

1. IPCC .Intergovernmental Panel on Climate Change. Special Report: Global Warming of 1.5°C. 2018. Available from: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
2. Eliades G. Irrigation of greenhouse-grown cucumbers. *J Hortic Sci.* 1988;63(2):235–9.
3. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, Ab W. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome; 1998:300. Available from: <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>
4. Turner NC. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrig Sci.* 1988;9(4):289–308.
5. Alves J, Folegatti M V., Parsons LR, Bandaranayake W, Da Silva CR, Da Silva TJA, et al. Determination of the crop coefficient for grafted “Tahiti” lime trees and soil evaporation coefficient of Rhodic Kandudalf clay soil in Sao Paulo, Brazil. *Irrig Sci.* 2007;25(4):419–28.
6. Yang SL, Aydin M, Yano T, Li X. Evapotranspiration of orange trees in greenhouse lysimeters. *Irrig Sci.* 2003;21(4):145–9.
7. Peddinti SR, Kambhammettu BVNP, Rodda SR, Thumaty KC, Suradhaniwar S. Dynamics of Ecosystem Water Use Efficiency in Citrus Orchards of Central India Using Eddy Covariance and Landsat Measurements. *Ecosystems.* 2020;23(3):511–28.



**Figura 1.** Evolución anual de la ETC de limeros jóvenes cultivados en condiciones mediterráneas y del déficit de presión de vapor (DPV)(A); Correlación entre la ETC<sub>PESO</sub> y ETC<sub>BALANCE</sub> durante el periodo experimental. Cada punto es la media de 4 repeticiones, \*\*\*p≤0,001, RMSE=error cuadrático medio (B).