

Efecto del estrés hídrico y del sistema de cultivo en diferentes índices térmicos de limeros jóvenes

Effect of water stress and cropping system in different thermal indices of young lime trees

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

Departamento Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)-CSIC. Apartado 164, Campus de Espinardo, 30100, Murcia, España.

*abmira@cebas.csic.es

Resumen

En el área mediterránea está aumentando el uso de mallas de sombreo como protección frente a estreses a/bióticos. El objetivo de este ensayo fue evaluar en limeros la respuesta de índices basados en la temperatura del dosel vegetal (T_c) en diferentes condiciones de riego (estrés y control) y de cultivo (aire libre y sombreo). El ensayo se llevó a cabo en verano-otoño de 2021 en limeros *Bearss* de 5 años. Junto a medidas del estado hídrico de suelo y planta, se monitorizó de forma continua la temperatura del aire (T_a) y del dosel vegetal (T_c), calculándose varios índices térmicos: T_c-T_a , CWSI. Los resultados mostraron un mejor estado hídrico de los limeros cultivados bajo malla de sombreo, con valores más bajos de T_c , T_c-T_a y CWSI que los cultivados al aire libre. Las condiciones de sombreo permitieron un mejor estado hídrico del cultivo y un menor consumo de agua.

Palabras clave: *Citrus latifolia* Tan.; malla de sombreo; relaciones hídricas; temperatura del dosel vegetal.

Abstract

In the Mediterranean area, the use of shading nets as protection against a-/biotic stresses is increasing. The objective of this trial was to evaluate the response of canopy temperature (T_c) based indices in lime trees under different irrigation (stress and control) and growing conditions (open air and shading). The trial was conducted in summer-autumn 2021 on 5-year-old *Bearss* lime trees. In addition to measurements of soil and plant water status, air (T_a) and canopy (T_c) temperature were continuously monitored, and several thermal indices were calculated: T_c-T_a , CWSI. The results showed a better water status of lime trees grown under shade netting, with lower values of T_c , T_c-T_a and CWSI than those grown in open-air. The shading conditions allowed a better water status of the crop and a lower water consumption.

Keywords: *Citrus latifolia* Tan.; shading net; water relations; canopy temperature.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la lima está ganando importancia en la región mediterránea. En los próximos años como resultado del cambio climático, se prevé un aumento de la temperatura del aire con especial incidencia en esta región (1), impactando directamente en el ciclo hidrológico y en la disponibilidad de recursos hídricos. Ante esta situación se hace necesario un manejo preciso del riego, a fin de hacer un uso eficiente del agua. En este sentido el uso de indicadores de estrés hídrico en la programación del riego resulta muy interesante ya que permiten ajustar la cantidad de agua aplicada a la que necesita la planta en cada momento, aumentando la eficiencia del uso del agua. Tradicionalmente, el potencial hídrico foliar o de tallo, así como la conductancia

estomática, han sido considerados unos buenos indicadores de estado hídrico de la planta. Sin embargo, sus medidas son puntuales, laboriosas y consumen mucho tiempo. Por el contrario, otros indicadores del estado hídrico, basados en la temperatura del dosel vegetal (T_c) y sus índices derivados, nos permiten monitorizar remotamente y de forma continua el estado hídrico de la planta.

La habilidad para detectar el estrés hídrico de los indicadores de estado hídrico se puede ver influenciada por el sistema de cultivo empleado. Por lo tanto, el principal objetivo del presente trabajo es el de evaluar en limeros jóvenes la respuesta de índices basados en T_c a diferentes condiciones de riego (control y estrés por supresión del riego) y de cultivo (aire libre y malla de sombreo).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante los meses de verano-otoño de 2021 (día del año (DDA) 158 hasta 298) en una parcela de 0,8 ha de la finca experimental del CEBAS-CSIC en Santomera, Murcia. El material vegetal utilizado fueron limeros (*Citrus latifolia* Tan.) de 5 años de la variedad 'Bearss' injertados sobre *Citrus macrophylla* L. plantados en mesetas (2 m alto y 0,4 m ancho) a un marco de plantación de 6 x 5 m.

Se evaluaron dos sistemas de cultivo: aire libre y bajo malla de sombreo, cada uno consistente en 5 filas de 13 árboles cada una. La malla de sombreo era de color blanco y tenía una transmisión de luz del 76%.

Los tratamientos de riego consistieron en un control y un estrés. Los árboles control fueron regados de forma automática a lo largo de todo el ensayo de acuerdo con el contenido volumétrico del agua en el suelo medido en el perfil 0,2-0,6 con sondas TDR (315H, Acclima), iniciándose el riego cuando el 30% del máximo agotamiento permisible se alcanza y finalizándose al alcanzarse la capacidad de campo. Los árboles estrés fueron sometidos a supresión del riego del DDA 158 al 267, momento a partir del cual se regaron como los árboles control hasta el final del ensayo.

Las condiciones ambientales como la temperatura del aire (T_a), humedad relativa y velocidad del viento fueron registradas de forma continua en ambos sistemas de cultivo haciendo uso de estaciones meteorológicas. A lo largo del período experimental se realizaron medidas discretas del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallo}) e intercambio gaseoso foliar empleando para ello una cámara de presión (3000, Soil Moisture) y un sistema portátil de fotosíntesis (LI-6400, LI-COR), respectivamente. A su vez, se monitorizó de forma continuada la temperatura del dosel vegetal (T_c) con termo-radiómetros (SI-431, Apogee). A partir de T_c se calcularon los índices térmicos: $T_c - T_a$ y CWSI ($\text{CWSI} = \frac{(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{\text{LI}}}{(T_c - T_a)_{\text{LS}} - (T_c - T_a)_{\text{LI}}}$). Siendo $(T_c - T_a)_{\text{LI}}$ el límite inferior de $(T_c - T_a)$ para un determinado déficit de presión de vapor (DPV). Mientras que el $(T_c - T_a)_{\text{LS}}$ es un valor fijo, correspondiendo al valor máximo de $(T_c - T_a)$ registrado durante el período.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles del tratamiento control mostraron valores de adecuado estado hídrico en suelo y planta (datos no mostrados), mientras que los árboles estrés revelaron una situación de déficit hídrico severo ($\Psi_{\text{tallo}} = -3$ MPa) al final del periodo de supresión del riego. La temperatura del dosel vegetal (T_c) fluctuó a lo largo del día mostrando valores más bajos en la noche y más altos durante el día (Fig. 1). Estas fluctuaciones de T_c son el resultado, junto a otros factores ambientales, de las variaciones en la conductancia estomática, ya que ambas están muy correlacionadas (2). Los valores máximos de T_c fueron 44,5 y 45,7°C en los árboles control cultivados al aire libre y bajo malla de sombreo respectivamente, y por encima de 48°C en los árboles estrés de ambos sistemas de cultivo (Fig. 1). El índice $T_c - T_a$ también fluctuó a lo largo del día, pero en menor medida que T_c con valores negativos por la noche y positivos durante el día (Fig. 2), siendo mayores en los árboles del tratamiento estrés. Resultados similares se observaron en otros estudios realizados en el cultivo de pomelo (3). A pesar de que los valores de T_a más altos se registraron en

condiciones de sombreado, los de T_c-T_a fueron más bajos que al aire libre, con valores máximos y mínimos diarios promedio de 4,3 y 2,6°C en los árboles control y 6,3 y 4,4°C en los árboles estrés, respectivamente. Esto indica un mejor acoplamiento del árbol con sus condiciones ambientales bajo malla de sombreado.

La relación entre T_c-T_a y el DPV (límite inferior para el cálculo de CWSI) mostró un alto grado de histéresis, con una muy baja correlación en los valores a mediodía, por ello, se seleccionaron los valores correspondientes al intervalo 9:00-10:00 h para los árboles cultivados al aire libre y de 10:00-12:00 h para los de sombreado. Como límite superior $(T_c-T_a)_{LS}$ se seleccionó el valor máximo de T_c-T_a en esos intervalos de tiempo.

Los árboles cultivados al aire libre mostraron valores de CWSI más altos que los cultivados bajo malla de sombreado (Fig. 3), manteniéndose cercanos a cero los bien regados mientras que los árboles estresados mostraron valores más altos ≈ 1 , como indican otros autores en cítricos (4). No obstante, hay que señalar que el cálculo de este índice resultó demasiado empírico y muy dependiente de la hora del día, por lo que se propone profundizar en el cálculo de otros índices derivados.

4. CONCLUSIONES

La automatización del riego en base al contenido volumétrico de agua en el suelo aseguró un adecuado estado hídrico de las plantas control. El sistema de cultivo afectó a la habilidad para detectar el estrés de los diferentes índices térmicos estudiados. Las condiciones de sombreado permitieron un mejor estado hídrico del cultivo y un menor consumo de agua, retrasando así el desarrollo del estrés hídrico en planta.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos del Plan Nacional-AEI (PID2019-106226RB-C21/AEI/10.13039/501100011033) y de la Fundación Séneca de la Región de Murcia-Ayudas a Grupos de Excelencia Científica (19903/GERM/15).

6. REFERENCIAS

1. MedECC. Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterranean region. A Prelim Assess by MedECC Netw Sci interface. 2019;36.
2. Lima RSN, García-Tejero I, Lopes TS, Costa JM, Vaz M, Durán-Zuazo VH, et al. Linking thermal imaging to physiological indicators in *Carica papaya* L. under different watering regimes. *Agric Water Manag.* 2016;164:148-57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.017>
3. Romero-Trigueros C, Bayona Gambín JM, Nortes Tortosa PA, Alarcón Cabañero JJ, Nicolás Nicolás E. Determination of crop water stress index by infrared thermometry in grapefruit trees irrigated with saline reclaimed water combined with deficit irrigation. *Remote Sens.* 2019;11(7):757. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/7/757>
4. González-Dugo V, Zarco-Tejada PJ, Fereres E. Applicability and limitations of using the crop water stress index as an indicator of water deficits in citrus orchards. *Agric For Meteorol.* 2014;198:94-104. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192314001841>

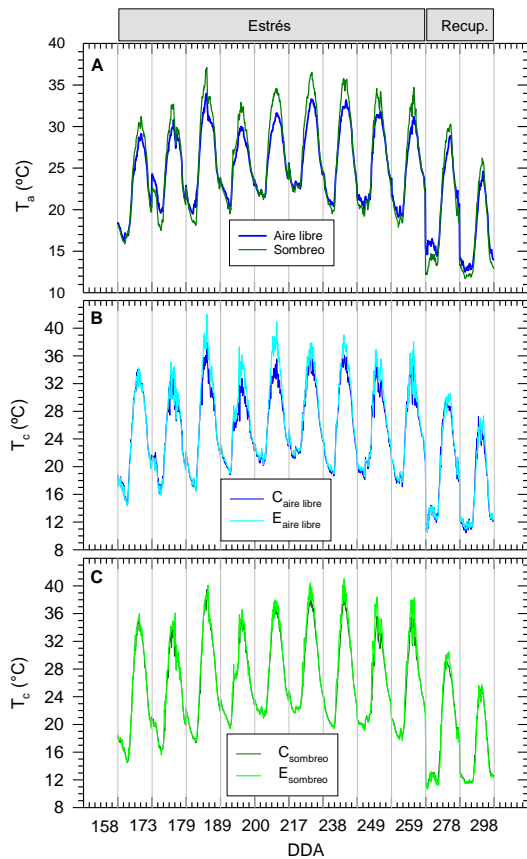


Figura 1. Evolución diaria: **(A)** temperatura del aire (T_a), **(B y C)** y del dosel vegetal (T_c) en los árboles control ($C_{\text{aire libre}}/C_{\text{sombreo}}$) y estrés ($E_{\text{aire libre}}/E_{\text{sombreo}}$) cultivados al aire libre y bajo malla de sombreado.

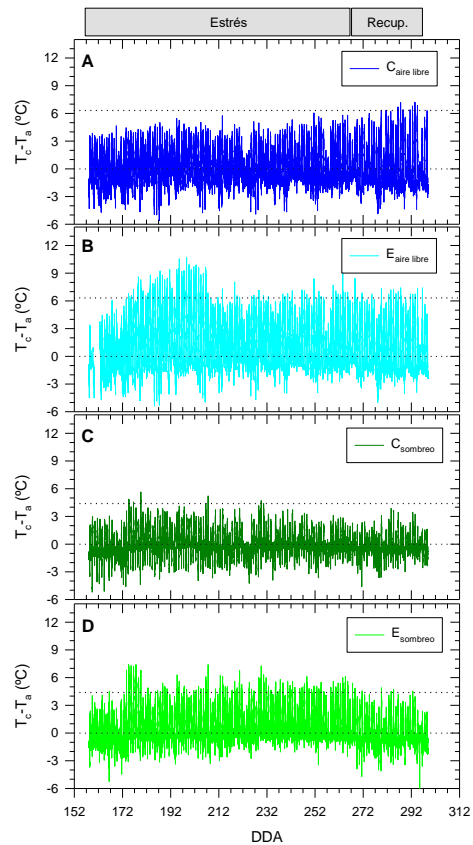


Figura 2. Diferencia de DDA de temperatura entre el dosel vegetal y del aire ($T_c - T_a$) **(A y C)** en los árboles control ($C_{\text{aire libre}}/C_{\text{sombreo}}$) y **(B y D)** estrés ($E_{\text{aire libre}}/E_{\text{sombreo}}$) cultivados al aire libre y bajo malla de sombreado.

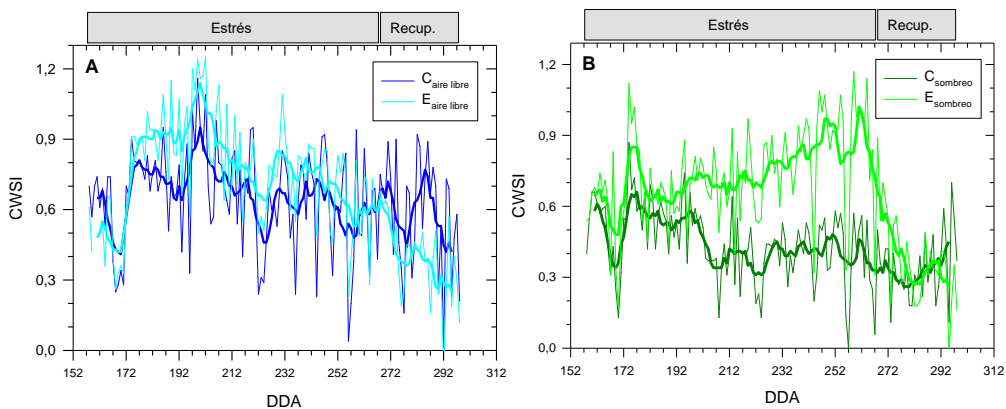


Figura 3. Crop water stress index (CWSI): **(A)** de los árboles control y estrés cultivados al aire libre ($C_{\text{aire libre}}/S_{\text{aire libre}}$) y **(B)** y bajo malla de sombreado ($C_{\text{sombreo}}/E_{\text{sombreo}}$).