

Changes in the photosynthetic capacity of cherry trees during drought-recovery cycles

Cambios en la capacidad fotosintética de cerezos sometidos a ciclos de supresión-reanudación del riego

P.J. Blaya-Ros^{1*}, R. Torres Sánchez², V. Blanco Montoya¹, R. Domingo Miguel¹

¹Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

²Departamento de Automática, Ingeniería Eléctrica y Tecnología Electrónica, UPCT, Cartagena. Spain.

*pedro.blaya@upct.es

Abstract

Net photosynthesis (A_n) in plants is conditioned by meteorological variables and soil water availability. With the aim of assessing the photosynthetic capacity of 'Lapins' sweet cherry trees exposed to cycles of drought - recovery, an irrigation study was carried out in 2019. The study involved two irrigation treatments: i) control, CTL, irrigated to ensure non-limiting soil water conditions, and ii) severe water deficit, SS, irrigated as CTL until the end of June, and from that moment on, two consecutive drought - recovery cycles were applied. Stem water potential (Ψ_{stem}) and A_n were affected by both intensity and duration of the two drought - recovery cycles. Although during the study photoinhibition was not observed in SS trees, their chloroplasts resulted light-saturated at lower A_n values than those of CTL trees. Regarding Ψ_{stem} , SS trees required a recovery time of 7-10 days after each drought event to reach similar Ψ_{stem} values to those measured in CTL trees.

Keywords: photosynthesis; stem water potential; water stress.

Resumen

La fotosíntesis neta (A_n) de los cultivos está supeditada a las variables climáticas y disponibilidad hídrica. Con el objetivo de evaluar la capacidad fotosintética de cerezos 'Lapins' sometidos a distintos niveles de estrés hídrico se llevó a cabo un ensayo de supresión-reanudación del riego en 2019 que constó de dos tratamientos: i) un control, CTL, regado para satisfacer las necesidades hídricas y ii) otro de déficit hídrico severo, SS, regado como CTL hasta finales de junio, momento a partir del cual se alternaron 2 ciclos consecutivos de supresión-reanudación del riego. El potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem}) y A_n se vieron afectados por la intensidad y duración de los periodos de supresión - recuperación. Durante el estudio, no se observó fotoinhibición; sin embargo, A_n requirió menor radiación para saturar los cloroplastos que los árboles CTL. Los árboles de SS precisaron de un periodo de recuperación de 7-10 d después de cada ciclo de supresión para alcanzar valores de Ψ_{stem} similares a árboles CTL.

Palabras clave: fotosíntesis; potencial hídrico de tallo; estrés hídrico

1. INTRODUCCIÓN

En climas áridos y semiáridos, los eventos de sequía, acentuados como consecuencia del cambio climático, son considerados como uno de los principales factores limitantes para el desarrollo vegetativo y productivo de los cultivos. Estos eventos se caracterizan por una combinación de escasez hídrica, altas temperaturas e intensidades lumínicas que puede conducir

a una disminución progresiva de la capacidad fotosintética (1). La resistencia de la planta frente al estrés hídrico dependerá de la duración, intensidad e intermitencia de este. Conforme el suelo se va desecando, la disponibilidad de CO₂ en los cloroplastos se va reduciendo, como consecuencia de un cierre estomático inducido por la limitación hídrica. En niveles de estrés hídrico moderados, las plantas pueden adaptarse y mantener una alta eficiencia en el fotosistema II (PSII); sin embargo, condiciones de sequía extrema pueden conducir a una respuesta de la planta que, generalmente, se caracteriza por disminuciones perjudiciales de los procesos fisiológicos, lo que favorece la fotoinhibición y limita la capacidad fotosintética de las plantas (2). El estudio y la comprensión de la respuesta de las plantas al déficit hídrico puede desempeñar un papel importante para incrementar la eficiencia del uso de los recursos por parte de las plantas, así como para una gestión adecuada de los cultivos para estabilizar su rendimiento en condiciones de sequía.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del estrés hídrico inducido a partir de dos ciclos de supresión-reanudación del riego sobre la fotosíntesis neta y su relación con la radiación fotosintéticamente activa en cerezos (*Prunus avium* L. 'Lapins').

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo durante el periodo junio – septiembre de 2019 (día del año, DDA, 170 – 268) en una parcela perteneciente a la Estación Experimental Agroalimentaria 'Tomás Ferro' (ETSIA-UPCT), ubicada en Cartagena. La plantación de cerezos (*P. avium* L.) 'Lapins'/Mirabolano de 3 años de edad estaba dispuesta a marco de 3,5 m x 2,25 m. El sistema de riego constó de un único lateral con tres emisores por árbol (2,2 L h⁻¹). Al inicio del ensayo se aplicaron dos tratamientos de riego: i) CTL, control, regado con el objetivo de satisfacer las necesidades hídricas totales del cultivo, ii) SS, déficit severo, regado como CTL hasta finales de junio, momento a partir del cual se alternaron 2 ciclos consecutivos de supresión-reanudación del riego. El riego se reanudó al alcanzar un potencial hídrico de tallo (Ψ_{stem}) de -1,6 MPa en el primer ciclo y de -2,3 MPa en el segundo ciclo. Los periodos de recuperación se dieron por finalizados cuando los valores de Ψ_{stem} de SS se igualaron con los de los árboles CTL. Los volúmenes de riego aplicados se determinaron semanalmente según la metodología FAO (3).

El estado hídrico de la planta fue determinado a partir Ψ_{stem} medido a mediodía solar (11:00–13:00 UT) con una cámara de presión tipo Scholander (mod. SF-PRES-70, SolFranc Tecnologías, S.L., España) y siguiendo las indicaciones propuestas por McCutchan y Shackel (4) en 2 hojas por repetición (n=6). Adicionalmente se realizaron 3 curvas por tratamiento de fotosíntesis-radiación fotosintéticamente activa (An/PAR) con sistema de fotosíntesis portable CIRAS2 (PPSystem, USA). La temperatura se mantuvo a 25 °C, la humedad relativa ambiental al 50-70 % y la concentración de CO₂ a 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Cada hoja fue aclimatada a las condiciones de la cubeta al menos durante 5 min, hasta que la fotosíntesis neta (An) y la concentración de CO₂ subestomática fueran completamente estables. Tras ello, se realizó la curva An/PAR con las intensidades lumínicas: 1500, 2000, 1100, 750, 500, 350, 250, 150, 75, 25, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones de 4 árboles cada una por tratamiento de riego. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics v.24 (Statistical package, USA), mientras que las gráficas se realizaron con Sigmaplot Plus v.12.5 (Systat Software, USA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado hídrico de la planta, determinado mediante Ψ_{stem} , se vio influenciado por la restricción hídrica (Fig. 1). Los árboles CTL mantuvieron valores Ψ_{stem} característicos de árboles sin restricción hídrica (Ψ_{stem} medio = -0,62 MPa) y similares a los obtenidos por Blanco et al. (5)

en plantación adulta. Una semana antes de la supresión del riego (DDA 170-176), ambos tratamientos mostraron valores similares de Ψ_{stem} ; sin embargo y tras la supresión del riego en SS, Ψ_{stem} disminuyó paulatinamente hasta alcanzar valores mínimos de -1,64 MPa y -2,40 MPa durante el primer (DDA 176-197) y segundo (DDA 207-242) ciclo de supresión, respectivamente. Los valores mínimos alcanzados durante ambos ciclos de supresión superaron en intensidad los valores límites a partir de los cuales pueden existir efectos trascendentales en cerezo (5,6).

La capacidad fotosintética, al igual que Ψ_{stem} , se vio afectada por la restricción hídrica (Fig. 2). Durante el periodo estudiado, los árboles CTL mostraron valores medios de A_n de 21,37 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a un PAR de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, observándose, además, que un PAR de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no es capaz de saturar completamente los cloroplastos, lo que es indicativo de árboles sin restricción hídrica (1). Por el contrario, la capacidad fotosintética del tratamiento deficitario se vio fuertemente afectada por la supresión, obteniéndose valores de A_n cercanos a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en condiciones de estrés severo ($\Psi_{stem} = -2,40$ MPa). En consecuencia, la planta requiere una menor intensidad de luz para saturar A_n en circunstancias de restricción hídrica, saturándose ésta a un PAR cercano a 350 y 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para valores de Ψ_{stem} de -1,64 MPa y -2,40 MPa, respectivamente. La capacidad de disipación de la radiación por el cultivo puede disminuir conforme el periodo de sequía se intensifica, provocando fotoinhibición en condiciones de altas intensidades lumínicas (2). Por otro lado, en la primera recuperación (DDA 197-207) se puede observar que, aunque ambos tratamientos alcanzaron valores Ψ_{stem} similares (CTL = -0,61 MPa y SS = -0,68 MPa), la fotosíntesis no fue capaz de recuperarse totalmente, lo que, *a priori*, indica que hubo un daño fotosintético. Sin embargo, durante la segunda recuperación (DDA 242-268), se puede observar que A_n del tratamiento SS se pudo equiparar a CTL, descartando posibles daños fotosintéticos y evidenciando que A_n se recupera más lentamente que Ψ_{stem} .

4. CONCLUSIONES

La capacidad fotosintética se vio influenciada por la intensidad y duración del estrés impuesto a los árboles. Las curvas A_n /PAR muestran que A_n se satura a PAR inferior cuando existe limitación hídrica, además de mostrar una caída importante de A_n en los árboles deficitarios respecto a los árboles CTL. Sin embargo, los niveles de estrés alcanzados no fueron suficientemente pronunciados como para afectar de forma permanente los procesos fisiológicos de la planta o producir fotoinhibición.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España, MINECO (Ref. AGL2016-77282-C3-3-R) y la Fundación Séneca de la Región de Murcia (Grupo de excelencia 2016-2019, Ref. 19895/GERM/15).

6. REFERENCIAS

1. Flexas J, Diaz-Espejo A, Gago J, Gallé A, Galmés J, Gulías J, et al. Photosynthetic limitations in Mediterranean plants: A review. *Environ Exp Bot.* 2014;103:12–23.
2. Medrano H, Parry MAJ, Socias X, Lawlor DW. Long term water stress inactivates Rubisco in subterranean clover. *Ann Appl Biol.* 1997;131(3):491–501.
3. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No. 56. Rome, Italy, pp 15–27. 1998.
4. McCutchan H, Shackel KA. Stem-water Potential as a Sensitive Indicator of Water Stress in Prune Trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *J Am Soc Hortic Sci.* 1992;117(4):607–11.
5. Blanco V, Domingo R, Pérez-Pastor A, Blaya-Ros PJ, Torres-Sánchez R. Soil and plant water indicators for deficit

irrigation management of field-grown sweet cherry trees. *Agric Water Manag.* 2018;208:83–94.

6. Marsal J, Lopez G, del Campo J, Mata M, Arbones A, Girona J. Postharvest regulated deficit irrigation in “Summit” sweet cherry: Fruit yield and quality in the following season. *Irrig Sci.* 2010;28(2):181–9.

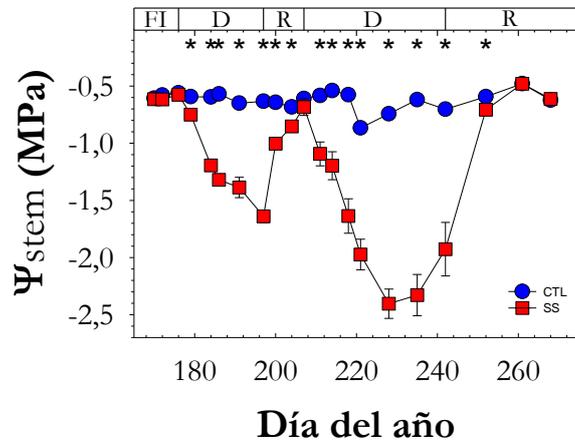


Figura 1. Evolución del potencial hídrico de tallo a mediodía (Ψ_{stem}) durante el periodo de estudio. Cada punto es la media \pm error estándar de 6 medidas por tratamiento. Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0,05$). La barra superior corresponde a los ciclos supresión-recuperación a los que fueron sometidos los árboles del tratamiento deficitario. ‘FI’ indica el periodo previo al inicio de los ciclos de supresión-recuperación, cuando ambos tratamientos se regaron como como CTL; ‘D’, periodo de supresión de riego; ‘R’, periodo de recuperación de los árboles.

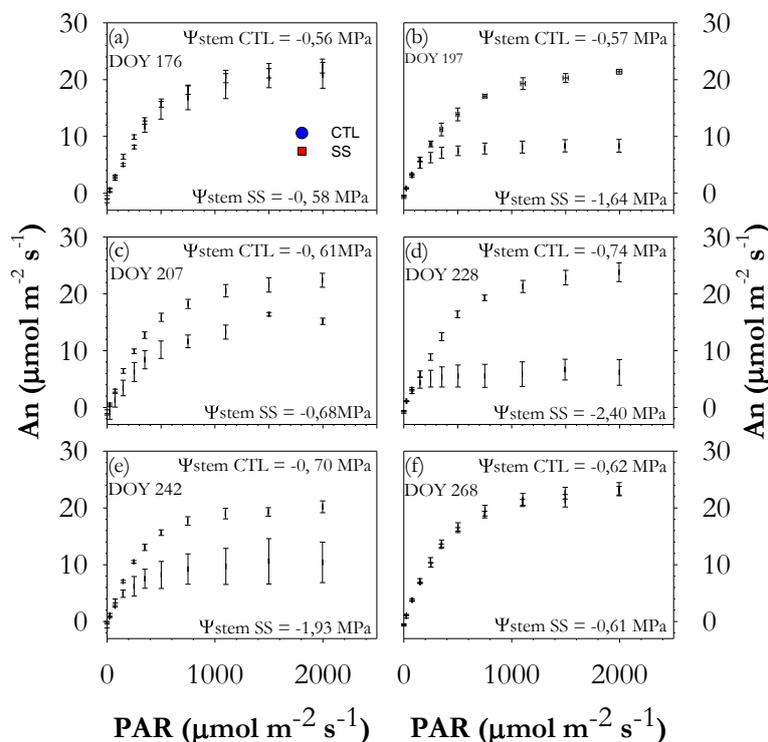


Figura 2. Respuesta de la tasa de asimilación neta (An) a la radiación fotosintética activa (PAR) para los días del año (DOY) 176, 207, 268 árboles SS recuperados (a, d y c, respectivamente) y 197, 228 y 242 árboles SS en periodo de supresión (b, d y e, respectivamente). Cada punto es la media \pm error estándar de 3 medidas por tratamiento.