

MODIFICACIÓN DE LA FECHA DE FLORACIÓN EN NÍSPERO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO

Fernández Fernández M^aD.¹ (P), Romero Mayor I.¹, Hueso Martín J.J.¹, Cuevas González J.²

¹ Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas". Autovía del Mediterráneo, km 416,7. 04710 El Ejido (Almería). E-mail: laspalmerillas@cajamar.es. www.laspalmerillas.cajamar.es.

² Universidad de Almería, Departamento de Producción Vegetal. La Cañada de San Urbano s/n. Almería.

RESUMEN

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) ha mostrado una buena respuesta a la aplicación de un estrés hídrico postcosecha aplicado en verano, consiguiéndose un adelanto de la floración y precocidad en la cosecha, que se traduce en una importante revalorización de la cosecha. El objetivo de este trabajo fue determinar con precisión el grado de estrés preciso para causar el mayor adelanto de la floración.

Se aplicaron cuatro tratamientos de riego de distinta intensidad de estrés hídrico, entre el 14 de junio al 25 de julio del 2004, sobre una plantación adulta de níspero japonés cv. "Algerie". Los tratamientos aplicados fueron, Testigo; recibió un 100% de la evapotranspiración estimada (ETc), T-0%; no recibió aporte hídrico durante el periodo antes citado, T-25% y T-50%, que recibieron el 25% y 50%, respectivamente, de la aportación que recibió el testigo durante aquellas fechas. Durante el resto del ciclo a todos los tratamientos se les aplicó el 100% de la ETc. Esto supuso unos aportes de agua durante el periodo de estrés de 141 mm, 43 mm, 27 mm y 0 mm para los tratamientos Testigo, T-50%, T-25% y T-0%, respectivamente.

Los tratamientos de riego afectaron al estado hídrico del suelo y del cultivo. Se observó la disminución del agua disponible en el suelo, así como la extracción de agua de capas más profundas. El agotamiento del agua en el suelo provocó una disminución importante y significativa en el potencial hídrico de la planta, tanto en el potencial alba (Ψ_a) como en el potencial del tallo (Ψ_t), alcanzándose valores de Ψ_t de -2,12 MPa, -1,81 MPa, -1,36 MPa y -1,02 MPa en los tratamientos T-0%, T-25%, T-50% y Testigo, respectivamente. El estrés hídrico a que fue sometido el cultivo se tradujo en una floración más precoz y homogénea, con un adelanto en la fecha de plena floración con respecto al Testigo de 25, 27 y 13 días en los tratamientos T-0%, T-25% y T-50%, respectivamente.

ABSTRACT

Postharvest regulated deficit irrigation (RDI) has been shown in previous experiences as a promissory technique to make more profitable loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivation due to an improved earliness in harvest date. Anticipation of harvesting correlated with earlier bloom in RDI trees. The main objective of this work is further optimize such technique by defining more precisely the amount of water stress needed to generate a positive response in term of bloom earliness.

With this purpose, four treatments, defined for different levels of water savings between June 14th and July 25th of 2004 were applied on an adult orchard of 'Algerie' loquat. Treatments were: control fully-irrigated trees, T-0%, which received no irrigation during these dates and covered full needs the rest of the year, and treatments T-50% and T-25% that delivered respectively a 50% and a 25% of the water applied to control trees during RDI period and covered 100% needs the rest of the year. Treatments resulted in a different amount of water during the deficit period with control trees irrigated with 141 mm, while T-50%, T25% and T-0% trees received 43 mm, 27 mm and 0 mm respectively.

Irrigation treatments affected soil water content and tree water status. As available water in the soil diminished, RDI trees responded extracting water for deeper soil areas. An important and significant reduction in water potential was measured in response to water deficit.

Predawn leaf water potential (Ψ_a) and stem water potential (Ψ_t) records were -2,12 MPa, -1,81 MPa, -1,36 MPa y -1,02 MPa for treatments T-0%, T-25%, T-50% and controls. Water stress caused an earlier and more uniform blooming. T-0%, T-25% and T-50% anticipated full bloom date 25, 27 and 13 days, respectively with respect to fully irrigated trees.

INTRODUCCIÓN

El níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) es un frutal subtropical de creciente interés en los mercados europeos, y que puede alcanzar precios elevados para aquellas partidas de buen calibre y precocidad. En nuestra zona, estudios previos han demostrado cómo la aplicación de un estrés hídrico aplicado en verano (desde junio a agosto) supone un adelanto de la floración y un aumento entre el 16% y el 25% en la cosecha precoz (Hueso, 2005), lo que se traduce en una importante revalorización de la cosecha (Cuevas et al., 2003).

En experiencias posteriores se ha tratado de delimitar con más precisión el periodo y duración óptima del estrés hídrico comparando frente a árboles testigo un riego deficitario limitado bien al mes de junio, julio o agosto. Los tratamientos de riego deficitario controlado (RDC) incorporaron una reducción del 66% en las aplicaciones de riego con respecto al testigo durante el periodo de un mes de estrés, regándose igual que el testigo el resto del año. En esta experiencia, la aplicación de déficit hídrico durante el mes de junio o julio fueron los momentos más adecuados para conseguir un mayor adelanto en la floración, siendo el tratamiento RDC – Julio el que mejores resultados produjo, adelantando en mayor medida la floración y la recolección (Cuevas et al., 2003). La aplicación de riegos deficitarios durante el mes de agosto provocó una floración más extensa y tardía, debido a que el momento en que se genera el déficit hídrico, la yema ya se ha inducido a flor, y el déficit hídrico generado no hace más que ralentizar el desarrollo de la floración (Cuevas et al., 2003).

Observando los buenos resultados que presenta esta especie frente a los tratamientos de riego deficitario, el objetivo de este trabajo fue determinar con precisión el grado de estrés preciso para causar el mayor adelanto de la floración.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en una parcela, con una superficie plantada de 1475 m² (65 m de largo y 25 m de ancho), de la Estación Experimental de Cajamar “Las Palmerillas”, ubicada en el término municipal de El Ejido (Almería), (longitud: 2° 43´ W, latitud: 36° 48´ N y altitud: 151 m sobre el nivel del mar). La parcela se encuentra dentro de una zona abancalada, y el suelo estaba compuesto por un horizonte superficial (0-10 cm) de textura franco-arcillo-arenosa (51,4 % arena; 27,6 % limo; 21,0 % arcilla), el siguiente horizonte (10-60 cm), donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas del cultivo, era de textura franco-arenosa (72,4 % arena; 14,6 % limo; 13,0 % arcilla). La textura franco-arenosa supone que el suelo posea una baja capacidad de retención hídrica, así, la humedad gravimétrica a capacidad de campo (0,33 atm) es del 13,4 %, mientras que en el punto de marchitez permanente (15 atm) es sólo del 5,1 %. El agua empleada para el riego procede de un sondeo con una CE a 25°C de 0,5 dSm⁻¹ y un SAR de 1,02. El agua de riego fue aportada a cada árbol con 14 goteros, distribuidos en dos líneas portagoteros separadas 0,5 m del tronco del árbol. Los goteros eran autocompensantes y antidrenantes de 2,3 l h⁻¹

integrados en las líneas cada 0,5 m. Dentro de la parcela se dispusieron cuatro sectores de riego, uno para cada tratamiento, controlados por electroválvulas. El fertirriego se realizó con un programador AGRONIC-4000 (Progress S.A, Lleida, España).

Los tratamientos de riego deficitario controlado se aplicaron sobre una plantación adulta, de níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cv. "Algerie" injertado sobre membrillero de Provence, establecida en febrero del año 1992. El marco de plantación fue de 5×5 m, proviene de un marco de 5×2,5 m que fue desdoblado en junio del 2003. El sistema de formación es en vaso libre y la poda se realizó en junio, después de la recolección. Mediante fertirriego se aportaron 230 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 150 kg ha⁻¹ K₂O. El aclareo de inflorescencias se realizó en plena floración, el día 15 de noviembre, eliminando los dos tercios superiores de las mismas dejando las dos o tres primeras ramificaciones, posteriormente se realizó un aclareo de frutos en enero, quedando finalmente 5 frutos por panícula.

Se aplicaron cuatro tratamientos de riego de distinta intensidad de estrés hídrico entre el 14 de junio al 25 de julio del 2004. Durante el resto del ciclo a todos los tratamientos se les aplicó el 100% de la evapotranspiración del cultivo estimada (ETc). Los tratamientos aplicados fueron:

- Testigo; recibió un 100% de la ETc estimada a partir de valores medios (desde el año 1978 al año 2003) de evaporación desde un tanque evaporimétrico clase A (Eo) ubicado en la misma finca, sobre un entorno de barbecho.
- T-0%; no recibió aporte hídrico durante la duración del periodo de estrés hídrico.
- T-25%; recibió el 25% de la aportación que recibió el testigo durante la duración del periodo de estrés hídrico.
- T-50%; recibió el 50% de la aportación que recibió el testigo durante el mismo periodo.

El diseño experimental fue de bloques al azar, con cuatro tratamientos y tres bloques, con una fila de árboles por tratamiento. El primer y tercer bloque tenían 4 árboles por fila y el segundo bloque 5 árboles por fila. Las medidas se realizaron en los árboles centrales de cada fila. Las filas se aislaron hidráulicamente colocando en junio del 2003 una lámina de plástico (800 galgas de espesor), hasta 1 m de profundidad. El análisis estadístico de los datos se hizo con el paquete informático STATGRAPHICS (Statgraphics plus 5.0, Statistical Graphics Corp.). Cuando el análisis indicaba la existencia de diferencias significativas entre tratamientos se aplicó el test de Duncan.

Determinaciones

Diariamente se controló el volumen de agua aportada a cada tratamiento con un contador volumétrico.

El estado hídrico del suelo, se determinó mediante sensores de resistencia eléctrica de matriz granular, tipo watermark® (modelo 200SS, Irrrometer Company Inc.). Se instalaron 45 sensores, 3 por tratamiento y repetición, a una distancia de 12 cm del gotero más cercano al tronco y a tres profundidades, 0,3, 0,6 y 0,9 m. También, se instalaron tres sondas de temperatura (modelo 107, Campbell Scientific, EEUU) a 12 cm de distancia del gotero y a las profundidades de 0,3, 0,6, y 0,9 m en una parcela del tratamiento testigo. Se tomaron lecturas cada 5 minutos, promediando cada 30 minutos, con un multiplexor (modelo AM416, Campbell Scientific, EEUU) que fueron almacenadas en un datalogger (modelo CR10X, Campbell Scientific, EEUU). Se utilizó la ecuación de calibración propuesta por Allen (2000),

en la cual la gama de resistencias se divide en tres intervalos, a los cuales se les aplica una ecuación diferente para expresar la resistencia en valores de potencial matricial.

El potencial hídrico foliar se determinó con una cámara de presión tipo Scholander, en hojas adultas y sin imperfecciones, situadas en el lado norte y en el tercio medio de los ramos de los árboles. Se tomó una hoja en dos árboles por tratamiento y repetición, resultando un total de 6 hojas por tratamiento. Semanalmente, durante el periodo de estrés hídrico y recuperación se realizó una medida de potencial hídrico foliar antes del alba (Ψ_a), una hora antes del amanecer, y de potencial de tallo (Ψ_t), a mediodía solar. Para la medida del Ψ_t las hojas se embolsaron y se recubrieron con papel de aluminio (McCutchan y Schakel, 1992).

El seguimiento de la fenología del cultivo desde el inicio de floración hasta final de la misma se realizó teniendo en cuenta los estados fenológicos-tipo descritos por Cuevas et al. (1997). Para ello se seleccionaron al azar 2 árboles por tratamiento y repetición, con un total de seis árboles por tratamiento, sobre los que se realizaron observaciones con periodicidad semanal, anotando sobre los vértices de un triángulo para cada uno, el estado fenológico más frecuente (vértice superior), el más retrasado (vértice inferior izquierdo) y el más adelantado (vértice inferior derecho). A continuación, se establecieron las etapas de la floración descritas por Barranco et al. (1994). La fecha de plena floración se estableció como la fecha media entre la fecha comienzo de la plena floración y el final de la plena floración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aportes de agua.

La Tabla I muestra los valores de aportes de agua de riego durante el periodo de aplicación de los tratamientos de riego. Los aportes de agua fueron muy diferentes entre tratamientos, y oscilaron entre 141, 43, 27 y 0 mm para los tratamientos Testigo, T-50%, T-25% y T-0%, respectivamente. Por lo que las aportaciones de agua de riego a los tratamientos T-50% y T-25% supusieron el 30% y 19% del agua aportada al Testigo.

Estado hídrico del suelo.

La Figura 1 muestra la evolución temporal del potencial matricial (Ψ_m) medido antes de regar a tres profundidades, 0,3, 0,6, y 0,9 m, en cada uno de los tratamientos de riego durante el ciclo de estrés y periodo de recuperación. Los potenciales matriciales durante el periodo de estrés fueron muy diferentes entre tratamientos. Una vez establecidos los tratamientos T-50%, T-25% y T-0%, se observó la disminución del agua disponible en el suelo, siendo más acusada y rápida según la intensidad del estrés (Figura 1).

Los valores del Ψ_m a 0,3 m de profundidad en el tratamiento Testigo oscilaron entre -10 y -20 kPa, valores similares a capacidad de campo para este tipo de suelo. El Ψ_m medido a 0,6 y 0,9 m de profundidad tuvo una evolución similar y muy estable, con valores en torno a -15 kPa y -10 kPa a 0,6 y 0,9 m, respectivamente, durante todo el periodo. Por tanto, la programación del riego proporcionó un nivel de humedad en el suelo adecuado, además, el hecho de que se alcanzaran Ψ_m superiores en los horizontes más profundos (0,6 m y 0,9 m) indica que la dosis y frecuencia de riego fueron suficientes para mantener una humedad en el suelo constante y evitar el agotamiento del agua en profundidad.

El Ψ_m a 0,3 m en los tratamientos T-50%, T-25 % y T-0% alcanzaron valores mínimos de -38 KPa, -32 KPa, y -157 KPa, respectivamente (Figura 1a). Con el agotamiento del agua en las capas más superficiales del suelo el cultivo extrajo agua de capas más profundas como indica que se redujeran los valores de Ψ_m a 0,6 y 0,9 m (Figura 1b y c).

El Ψ_m en el tratamiento T-50% se mantuvo ligeramente por encima del T-25% hasta la cuarta semana, en la que hubo un fallo en el sistema de riego, durante el cual el tratamiento T-50% no recibió aportes de riego, por lo que se alcanzaron Ψ_m entorno a los -70 kPa a las profundidades de 0,3 y 0,6 m, y de -50 kPa a 0,9 m. Tras la superación del fallo el tratamiento volvió a niveles superiores al T-25%.

La lluvia registrada el 25 de julio (18,3 mm) contribuyó a recuperar el estado hídrico del suelo en los tratamientos deficitarios.

Estado hídrico del cultivo.

La Figura 2 muestra la evolución del Ψ_a y Ψ_t , observándose desde el principio la caída paulatina de Ψ_a y Ψ_t en los tratamientos deficitarios, más pronunciada conforme avanzó el periodo de estrés. En general, los tratamientos de riego deficitario redujeron significativamente el Ψ_a y Ψ_t respecto al tratamiento Testigo (Figura 2).

Los tratamientos deficitarios mostraron valores decrecientes de Ψ_a en función de la intensidad del estrés, alcanzando valores de $-0,52$ MPa, $-0,8$ MPa y $-1,22$ MPa en los tratamientos T-50%, T-25% y T-0%, respectivamente.

La evolución del Ψ_t (Figura 2b) fue similar a la evolución del Ψ_a (Figura 2a), pero alcanzando valores inferiores al final del periodo de estrés, $-1,02$ MPa, $-1,36$ MPa, $-1,81$ MPa y $-2,12$ MPa en los tratamientos Testigo, T-50%, T-25% y T-0%, respectivamente. La mayor facilidad de medida en el Ψ_t frente al Ψ_a permitió más intensidad de medidas, por lo que la evolución del Ψ_t mostró mayor detalle (Figura 2b).

Los valores de Ψ_t del tratamiento testigo oscilaron entre $-0,5$ MPa y $-1,27$ MPa, ligado al aumento de la demanda evaporativa durante la época estival, además los factores fisiológicos y anatómicos también influyen el estado hídrico de los árboles (Goldhamer y Fereres, 2001).

Los efectos del déficit hídrico sobre el potencial hídrico en la planta (Ψ_a y Ψ_t) se manifestaron tempranamente. A los 11 días de iniciar los tratamientos (25/06/04) se observaron diferencias significativas entre los tratamientos Testigo y T-50% respecto a los tratamientos T-25% y T-0%. El agotamiento del agua en el suelo hizo que los efectos del déficit hídrico se acentuarán, y el tratamiento T-0% mostró valores significativamente inferiores al tratamiento T-25% a los 25 y 32 días después de iniciar los tratamientos en el Ψ_a y Ψ_t , respectivamente.

La recuperación del estado hídrico del cultivo fue rápida, no detectándose diferencias significativas en los valores de Ψ_t 7 días después de recuperar la dotación normal de riego.

La Figura 3 muestra la relación entre Ψ_a y Ψ_t medidos a lo largo del periodo de estrés en cada tratamiento de riego. Se observa la existencia de una fuerte relación lineal (coeficiente de determinación= 0,81) entre Ψ_a y Ψ_t .

El valor de Ψ_a , generalmente se ha considerado como el mejor indicador del estado hídrico del cultivo, ya que se asumía que antes de la salida del sol el cultivo estaba en equilibrio con el potencial hídrico del suelo explorado por las raíces. Sin embargo, Ψ_a probablemente no es un buen indicador de estrés en cultivos en suelos con una distribución heterogénea de humedad, sobretodo cuando solo una pequeña parte del suelo contiene agua fácilmente disponible, por ejemplo cuando se utiliza sistemas de riego localizado, sistemas radiculares heterogéneos, etc. (Améglio et al., 1999). Debido a las limitaciones que presenta Ψ_a , se ha propuesto el uso del Ψ_t como mejor indicador del estado hídrico del cultivo (Améglio et al., 1999; Goldhamer y Fereres, 2001; McCutchan y Schakel, 1992).

Precocidad en la floración.

La Figura 4 muestra la duración de cada una de las fases de la floración y la fecha de plena floración para cada uno de los tratamientos. En general, la aplicación de los tratamientos deficitarios provocó una floración más precoz y homogénea. El adelanto con respecto al Testigo en la fecha de plena floración fue de 25, 27 y 13 días en los tratamientos T-0%, T-25% y T-50%, respectivamente. Este adelanto se debe a una floración más temprana, pero sobre todo a una reducción considerable de la duración de la fase de inicio de floración que fue de 6, 8, 18 y 25 días en los tratamientos T-0%, T-25%, T-50% y Testigo, respectivamente.

Un estrés moderado, como el impuesto con el T-50% ($Y_t < -1,4$ MPa), tuvo efecto sobre el adelanto de la floración, aunque ésta fue muy heterogénea y de una duración similar a la del testigo (Figura 4). En cambio, con un estrés mayor, como el impuesto por los tratamientos T-25% y T-0%, donde se alcanzaron valores de Y_t entre -2,12 MPa y -1,8 MPa, se consiguió la mayor precocidad y menor duración de la floración.

En trabajos previos en níspero en nuestra zona, con la aplicación de riegos deficitarios (riegos equivalentes al 25% de la ETC estimada) desde junio hasta agosto se alcanzaron valores de Y_a de -0,75 y -0,95 MPa consiguiéndose un adelanto en la fecha de plena floración de 20 y 19 días, respectivamente (Hueso, 2005).

CONCLUSIONES

La aplicación de estrategias de riego deficitario en níspero japonés generó un estrés hídrico en la planta que se tradujo en una floración más precoz y homogénea. El adelanto conseguido en la fecha de plena floración con respecto al Testigo fue de 25, 27 y 13 días en los tratamientos T-0%, T-25% y T-50%, respectivamente, y se debe sobre todo a una reducción considerable de la duración de la fase de inicio de floración.

El mayor adelanto en la floración se consiguió cuando el cultivo de níspero se sometió a un estrés más severo (valores de Y_t comprendidos entre -2,12 MPa y -1,8 MPa), mientras que un estrés moderado ($Y_t < -1,4$ MPa) tuvo efecto sobre el adelanto de la floración, aunque ésta fue muy heterogénea.

Dada la alta correlación encontrada entre Ψ_a y Ψ_t , la sensibilidad para detectar estrés hídrico y la mayor comodidad en la medida, se recomienda el uso del Ψ_t como indicador del estado hídrico del cultivo de níspero.

BIBLIOGRAFIA

- Allen R. 2000. Calibration for the Watermark 200SS soil water potential sensor to fit the calibration. Table from Irrrometer. University of Idaho, Kimberly. http://www.kimberly.uidaho.edu/water/swm/calibration_Watermark2.htm
- Améglio T., Archer P., Cohen M., Valancogne C., Daudet F.A., Dayau S., Cruziat P. 1999. Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. *Plant and Soil* 207: 155-167.
- Barranco D., Milona G., Rallo L. 1994. Épocas de floración de cultivares de olivo en Córdoba. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol 9 (2): 213-220.
- Cuevas J., Gavilán J., Lorente N. 1997. Fenología del níspero japonés (cv. 'Algerie') en la Costa de Almería. *Actas de Horticultura*, 15: 490-495.

Cuevas J., López-Plaza J., Hueso J.J. 2003. Less water makes more money on loquat. Abstract nº 25. IV Internacional Symposium on irrigation of horticultural crops, ISHS. Davis, California (USA).

Goldhamer D.A., Fereres E. 2001. Simplified tree water status measurements can aid almond irrigation. California Agriculture, 55 (3): 32-37.

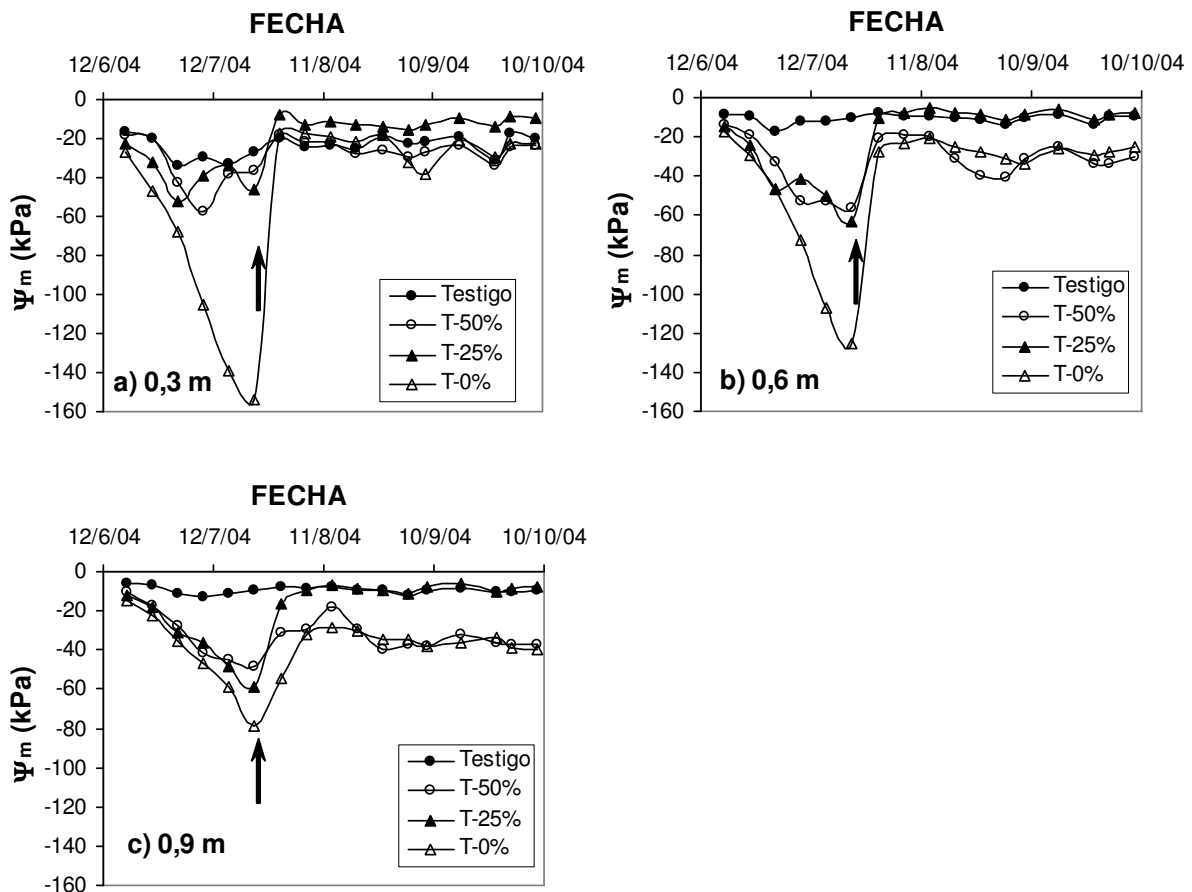
Hueso J.J. 2005. Riego deficitario controlado en níspero japonés. Tesis doctoral. Universidad de Almería. 173 pp.

McCutchan H., Schakel K.A. 1992. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. Cv. French). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:226-230.

Tabla I. Aporte de agua de riego (mm) durante el periodo de aplicación del estrés hídrico, del 14 de junio al 25 de julio.

	Testigo	T-50%	T-25%	T-0%
Agua aportada (mm)	141	43	27	0.0

Figura 1. Evolución del potencial matricial del agua en el suelo (Ψ_m) (kPa) a las 6 a.m. antes de regar en los tratamientos Testigo, T-50%, T-25% y T-0% a tres profundidades (0,3, 0,6, y 0,9 m). La flecha indica el día en el cual se registró una precipitación de 18,3 mm (25/7/04).



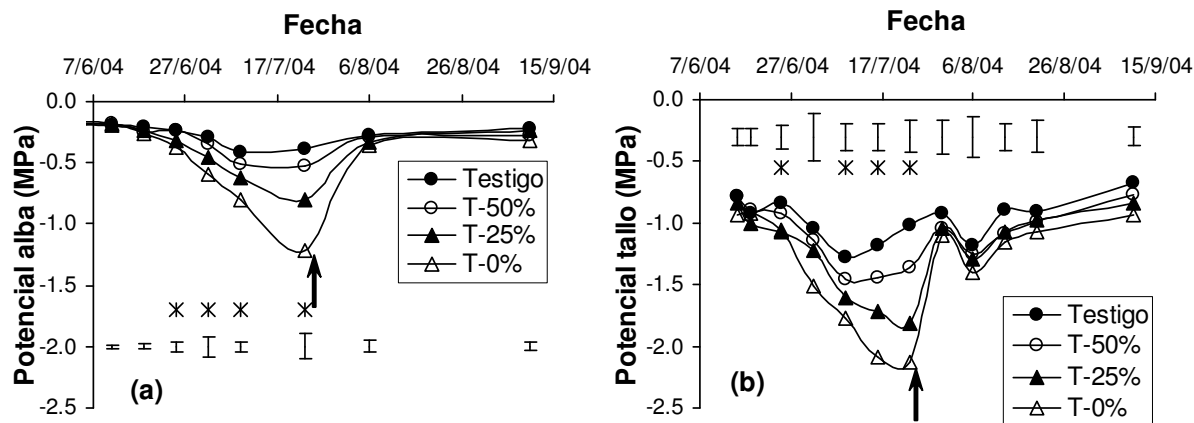


Figura 2. Evolución del potencial hídrico foliar al alba (Ψ_a) (a) y del tallo (Ψ_t) (b) durante el periodo de aplicación de los tratamientos y el periodo de recuperación. Cada punto corresponde a la medida de 6 hojas. Las barras verticales representan dos veces la desviación estándar media de todos los tratamientos. El símbolo (*) indica la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. La flecha indica el día en el cual se registró una precipitación de 18,3 mm (25/7/04).

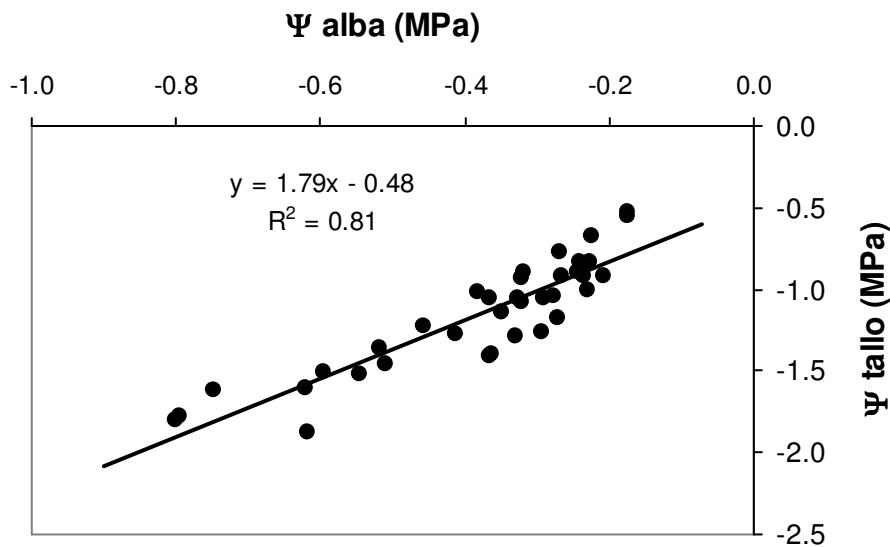


Figura 3. Relación entre potencial hídrico al alba (Ψ_a) y potencial hídrico del tallo (Ψ_t) en el cultivo de níspero. Cada punto es promedio de 6 hojas.

Figura 4. Duración de las fases de floración y fecha de plena floración del cultivo de níspero. Cada fecha corresponde al promedio de 6 seis árboles por tratamiento.

