

Comparison of potential irrigation strategies to confront water restriction period of yield and fruit quality in lemon tree

Evaluación de nuevas estrategias de manejo del riego para afrontar periodos de restricción hídrica sobre la producción y calidad del limonero

J. M. Robles* , J.G. Pérez-Pérez, P. Botía

Departamento de Recursos Naturales, Equipo de Riego y Fisiología del Estrés. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), C/ Mayor s/n, La Alberca (Murcia), Spain.

Abstract

This study compared the agronomic response of two irrigation strategies (regulated saline irrigation (RSC) and regulated deficit irrigation (RDC)) for two seasons. Lemon trees 'Fino 49' (*Citrus limon* (L.) (Burm. fil.) of 15 years old grafted on *Citrus macrophylla* Wester were used. Three irrigation treatments were applied: Control (100% ET_c, non-saline water); RDC (25% ET_c, non-saline water) and RSC (145% ET_c, saline - 40 mM NaCl). The RDC and RSC treatments were maintained throughout the growing season, except during the period of high evapotranspiration (ET_o) (phase II of fruit growth) using 100% ET_c with non-saline water. The RDC treatment had no impact on the resources distribution, but in RSC, the accumulation of Cl⁻ in the leaf, affected much more production than vegetative growth. The total production was affected similarly, but the reduction was greater in the RSC in the second year. The RDC did not improve the EUA and the RSC reduced it by applying a leaching fraction. The RSC does not affect the quality of the fruit, while the RDC delayed fruit ripening.

Keywords: Citrus; Regulated deficit irrigation; Regulated saline irrigation.

Resumen

El presente estudio comparó la respuesta agronómica de dos estrategias de riego (riego salino controlado (RSC) y riego deficitario controlado (RDC)) durante dos campañas. Se utilizaron árboles de limonero 'Fino 49' (*Citrus limon* (L.) (Burm. fil.) de 15 años injertados sobre *Citrus macrophylla* Wester. Se aplicaron tres tratamientos de riego: Control (100% ET_c, de agua no salina); RDC (25% ET_c, de agua no salina) y el RSC (145% ET_c, agua salina 40 mM NaCl). Los tratamientos RDC y RSC se mantuvieron durante todo el ciclo de cultivo, excepto durante el período de alta evapotranspiración (ET_o) (fase II de crecimiento del fruto) aplicando el 100% ET_c con agua no salina. El tratamiento RDC no tuvo impacto en la distribución de recursos, pero en el RSC, la acumulación de Cl⁻ en hoja, afectó mucho más a la producción que al crecimiento vegetativo. La producción total se vio afectada de manera similar, pero la reducción fue mayor en el RSC en el segundo año. El RDC no mejoró la EUA y el RSC la redujo al aplicar una dosis de lavado. El RSC no afectó a la calidad del fruto, mientras que el RDC retrasó la maduración del fruto.

Palabras clave: Cítricos; Riego deficitario controlado; Riego salino controlado.

* E-mail: juanm.robles@carm.es

1. INTRODUCCIÓN

El limonero se cultiva principalmente en las regiones del Mediterráneo, con un clima semiárido (caracterizado por la escasez de lluvias y la alta evapotranspiración) donde tienen lugar largos períodos de escasez de agua, especialmente en verano. La escasez de recursos hídricos obliga a los productores de limones a optimizar el uso del agua principalmente de dos maneras; mediante la aplicación de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) basado en la restricción del riego durante los periodos de menor sensibilidad al estrés hídrico, mientras que en el resto del ciclo de cultivo se aportan todos los requerimientos hídricos que necesita el cultivo [1]; o bien, mediante el uso de fuentes alternativas de agua, como las procedentes de pozos subterráneos de alta salinidad. Sin embargo, este tipo de agua, es a menudo de baja calidad debido a las concentraciones excesivas de sales solubles (Cl^- y/o Na^+) que incrementan la conductividad eléctrica (CE) en valores superiores a los 3 dS m^{-1} , valor considerado crítico para la producción de cítricos [2]. En cambio, si el agua salina se aplicara durante los meses de menor demanda evaporativa, después de la cosecha y durante la floración, cuajado y las fases I y III de crecimiento del fruto, utilizando agua no salina durante los meses de verano (fase II), se reduciría la acumulación de Cl^- en las hojas, ya que, depende de la corriente de transpiración [3], denominando a este tipo de manejo del riego, como riego salino controlado (RSC).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar durante dos años de ensayo los efectos sobre la producción y calidad del fruto, de dos estrategias de manejo del riego, RDC y RSC, comparándolos con un tratamiento de riego del 100% ETc con agua no salina.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela experimental del IMIDA ubicada en Torre Pacheco, en árboles de 15 años de edad, de limonero 'Fino 49' (*Citrus limon* (L.) Burm. Fil.) injertados sobre el portainjerto *Citrus macrophylla* Wester, con un marco de plantación de $8 \times 3 \text{ m}$. Se aplicaron tres tratamientos de riego: Control (100% ETc con agua no salina - 0 mM de NaCl); RDC, riego deficitario controlado (25% ETc - 0 mM de NaCl), y RSC, riego salino controlado (145% ETc con agua salina - 40 mM de NaCl). Los tratamientos RDC y RSC se mantuvieron a lo largo de todo el ciclo de cultivo excepto en la fase II del crecimiento del fruto (final de junio-septiembre) que se regó al 100 % ETc. El contenido volumétrico de agua del suelo (θ_v) se midió utilizando una sonda de neutrones y el estado hídrico del cultivo mediante la medida del potencial hídrico de tallo al mediodía (Ψ_{md}), utilizando una cámara de presión. El control de la cosecha se realizó en noviembre pesando la producción y contando el número de frutos de cada árbol. También se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA), como la relación entre la cosecha y el agua de riego aplicada durante el ciclo de cultivo (kg m^{-3}), y el peso de poda (kg árbol^{-1}). Respecto a la calidad del fruto se analizó (diámetro del fruto (mm), porcentaje de zumo, sólidos solubles totales (°Brix) y acidez valorable (g L^{-1}). El análisis estadístico consistió en un ANOVA unifactorial con tres tratamientos y seis repeticiones por tratamiento (dos árboles monitoreados por tratamiento y bloque).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el tratamiento control se han aplicado 581 mm y 558 mm y en el tratamiento de RDC 425 mm y 358 mm de agua de buena calidad durante los años 2008 y 2009 respectivamente. El tratamiento de RSC recibió un total de 651 mm (401 mm agua no salina + 250 mm agua salina) y 661 mm (303 mm agua no salina + 358 mm agua salina) en 2008 y 2009, de acuerdo al criterio indicado en el material y métodos. Las estrategias de riego impuestas durante los dos años del ensayo a través de los tratamientos RSC y RDC han permitido un ahorro medio de agua no salina del 31% y 38%, respectivamente. El tratamiento de RDC disminuyó el θ_v durante los períodos de

estrés (Figura 1A) mientras que el tratamiento RSC aumentó la CE_{SS} en la solución del suelo (Figura 2C). El déficit de agua en el suelo impuesto por la estrategia de RDC afectó negativamente el estado hídrico de la planta, produciendo valores mínimos de Ψ_{md} de -1,9 MPa en la fase I en 2008 y 2009 y alrededor de -1,5 MPa en la fase III, en el año 2009. Estos valores bajos de Ψ_{md} han afectado a los procesos fisiológicos del cultivo, con consecuencias negativas para el crecimiento de la planta y del fruto (Tabla 1). El uso de agua salina en el tratamiento RSC aumentó la concentración de Cl^- en hoja (Figura 2A y B), pero no afectó al estado hídrico de la planta, con valores de Ψ_{md} similares al control (Figura 1B). En el tratamiento de RDC el crecimiento vegetativo disminuyó debido a cambios en el estado hídrico (Figura 1B), mientras que en el tratamiento de RSC fue debido a la toxicidad por acumulación de Cl^- en hoja (Figura 2). Al comparar las dos estrategias, el RDC no tuvo impacto en la distribución de recursos, pero en el caso del RSC, la acumulación de Cl^- en hoja afectó a la producción mucho más que el crecimiento vegetativo. El tratamiento de RDC mantuvo la EUA similar a los árboles control (Tabla 1), mientras que la EUA en el tratamiento de RSC se redujo significativamente debido a la dosis de agua salina extra (fracción de lavado) que se aplicó durante los períodos de estrés (Tabla 1). El tratamiento de RDC disminuyó la producción del cultivo debido al estrés sufrido durante la fase-I, que afectó al número de frutos, y al estrés sufrido durante la fase-III, que redujo el peso medio del fruto [4], mientras que en el tratamiento de RSC, la reducción de la producción fue provocada por la acumulación de Cl^- en hoja durante los periodos de estrés, afectando principalmente al número de frutos por árbol durante en segundo año del ensayo [5]. El tratamiento de RSC no influyó significativamente la calidad del fruto, pero el tratamiento de RDC retrasó la maduración del fruto (Tabla 1), debido a la reducción del diámetro del fruto y del porcentaje de zumo, principalmente en el segundo año, además de un aumento de la acidez valorable y SST respecto al tratamiento control.

4. CONCLUSIONES

Ambas estrategias son recomendables en condiciones de escasez de agua, pero el RDC es la estrategia de riego más adecuada para un período de restricción a largo plazo, ya que, la reducción de la cosecha está relacionada con el ahorro de agua obtenido, mientras que la estrategia de RSC es recomendable durante un período inferior un año al disminuir progresivamente la producción.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto POI07-12 y el contrato FIT a través del programa FEDER-80% y por el proyecto INIA (RTA2012-00102-00-00)

6. REFERENCIAS

- [1] Lampinen, B.D., Shackel, K.A., Southwick, S.M., Olson, B., Yeager, Y.T. (1995). Sensitivity of yield and fruit quality of French prune to water deprivation at different fruit growth stages. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 120, 139-147.
- [2] García-Sánchez, F., Jifon, J., Carvajal, M., Syvertsen, J.P. (2002). Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na^+ and Cl^- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstock. *Plant Sci.* 162, 705-712.
- [3] Syvertsen, J.P., Melgar, J.C., García-Sánchez, F. (2010). Salinity tolerance and water use efficiency in citrus. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 135, 33-39.
- [4] Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Navarro, J.M., Botía, P. (2008). Response of sweet orange cv 'Lane late' to deficit-irrigation strategy in two rootstocks. II. Flowering, fruit growth, yield and fruit quality. *Irrig. Sci.* 26 (6), 834-839.
- [5] García-Sánchez, F., Carvajal, M., Porras, I., Martínez, V. (2003). Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of 'Fino 49' lemon. *Eur. J. Agron.* 19, 427-437.

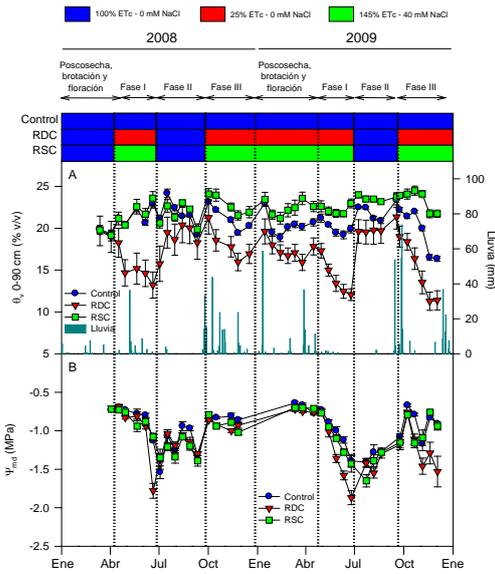


Figura 1. Evolución estacional del contenido volumétrico de agua en el suelo (θ_v) (0-90 cm), y lluvia (A) y del potencial hídrico del tallo al mediodía (Ψ_{md}) (B).

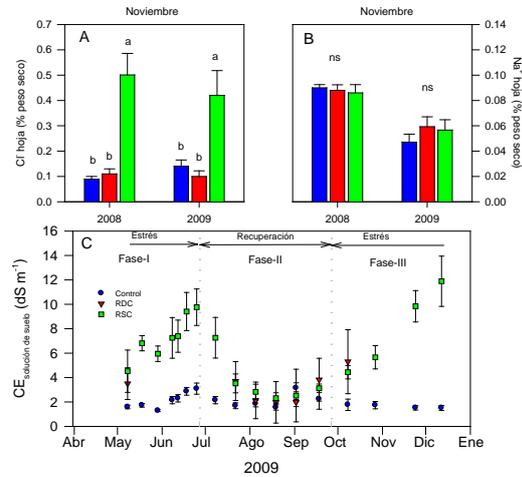


Figura 2. Concentración de Cl⁻ y Na⁺ en hoja (A y B) y evolución estacional de la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo (CE_{ss}) (C).

Tabla 1. Parámetros productivos, eficiencia productiva del uso del agua (EUA), peso de poda y parámetros de calidad del fruto.

2008	Control	RDC	RSC	ANOVA
Producción (kg árbol ⁻¹)	115,2 a	75,7 b	95,7 ab	**
Carga (nº. frutos árbol ⁻¹)	829 a	600 b	728 ab	*
Peso medio del fruto (g fruto ⁻¹)	139 a	126 b	131 ab	*
EUA (kg m ⁻³)	8,27 a	7,43 ab	6,13 b	*
Peso de poda (kg árbol ⁻¹)	18,9	17,7	16,3	ns
Diámetro fruto (mm)	62,7 a	61,1 b	60,2 b	**
Zumo (%)	37,2	36,7	37,1	ns
Sólidos solubles totales (°Brix)	7,3	7,4	7,4	ns
Acidez valorable (g L ⁻¹)	59,4	59,7	61,4	ns
2009				
Producción (kg árbol ⁻¹)	106,4 a	64,7 b	57,5 b	***
Carga (nº. frutos árbol ⁻¹)	903 a	603 b	509 b	*
Peso medio del fruto (g fruto ⁻¹)	118 a	107 b	114 ab	*
EUA (kg m ⁻³)	7,97 a	7,54 a	3,64 b	***
Peso de poda (kg árbol ⁻¹)	19,6 a	13,3 b	14,4 b	*
Diámetro fruto (mm)	61,3 a	59,2 b	62,1 a	***
Zumo (%)	35,7 a	31,7 b	36,6 a	*
Sólidos solubles totales (°Brix)	7,6 b	8,6 a	7,7 b	*
Acidez valorable (g L ⁻¹)	59,9 b	66,1 a	62,6 b	**
2008-2009				
Producción (kg árbol ⁻¹)	221,7 a	140,4 b	153,2 b	***
Carga (nº. frutos árbol ⁻¹)	1732 a	1203 b	1237 b	***
Peso medio del fruto (g fruto ⁻¹)	128 a	117 b	124 ab	*
EUA (kg m ⁻³)	8,12 a	7,48 a	4,88 b	***
Peso de poda (kg árbol ⁻¹)	38,5 a	30,9 b	30,7 b	*

Los valores representan las medias de seis repeticiones. 'ns' no significativo; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$. Para cada fila, los valores con letras diferentes indican diferencias significativas a $P \leq 0,05$, por el test de Duncan