

RESPUESTA DEL CIRUELO JAPONÉS AL AUMENTO DEL VOLUMEN DE RIEGO TRAS LA APLICACIÓN CONTINUADA DE ESTRATEGIAS DE RIEGO DEFICITARIO DURANTE LARGO PLAZO

Introducción

La agricultura de regadío representa el 20% de la tierra cultivada y consume aproximadamente el 70% de los recursos hídricos, pero aporta el 40% del total de alimentos producidos en el mundo. Entre los retos que se enfrenta la agricultura, destaca el que en el año 2050 necesitará alimentar a una población que alcanzará 9.000 millones de personas. Las previsiones para el futuro auguran un escenario climático que prevé temperaturas más altas y distribución muy irregular de la lluvia, con episodios de sequía cada vez más frecuentes en las zonas áridas y semiáridas, con un impacto devastador en los sistemas de producción de alimentos. Por tanto, una gestión racional del agua es esencial para aumentar la resiliencia de la sociedad contra estas amenazas cada vez mayores. Una de las claves en torno al agua incluye **producir más alimentos con menos agua**.

En el Centro de Investigaciones Científicas de Extremadura (CICYTEX) se estableció en el año 2005 una plantación de ciruelo japonés con 2 variedades principales: una de ciclo corto y otra de ciclo largo, con el objetivo de determinar las necesidades hídricas del cultivo y la aplicación de técnicas de riego deficitario controlado (RDC). A partir del año 2009 se iniciaron los ensayos de riego, y durante 10 años consecutivos se ha utilizado el RDC en ambas variedades, en diferentes momentos de cultivo y duración e intensidades de estrés, manteniendo desde el comienzo 2 tratamientos de riego: el Control, asegurando que el cultivo recibiera el agua necesaria para cubrir completamente las pérdidas por evapotranspiración, y otro tratamiento deficitario, específico para cada variedad, que recibía el mismo riego que el Control excepto en determinados momentos del ciclo: RD, en la variedad de ciclo corto recibía el 40% del agua durante postcosecha, y RDC1 en la de ciclo largo no recibía agua durante una fase de menor desarrollo del fruto (aproximadamente 1 mes) y recibía el 30% del Control durante postcosecha. En la variedad de ciclo largo, se estableció una segunda estrategia de riego, RDC2, desde el año 2014 que consistió en aplicar la misma dosis de riego que el Control desde el inicio de la campaña hasta antes de recolección (aproximadamente 15 días). A partir de aquí y durante postcosecha se aplicó el volumen de riego necesario para mantener el estado hídrico de los árboles con un potencial hídrico de tronco de $-1,4$ MPa.

Los trabajos que se contemplan en el presente proyecto representan el último tramo para cerrar una línea de investigación basada principalmente en el ahorro de agua de riego en un cultivo de gran importancia socioeconómica en la región extremeña, en el que las técnicas de RDC pueden ayudar a asegurar la sostenibilidad de las plantaciones y la rentabilidad que puedan alcanzar los agricultores. En la variedad de ciclo corto, en el año 2019 se realizó 1 año de recuperación aplicando el mismo riego a todos los tratamientos para cubrir el 100% de sus necesidades hídricas durante todo el ciclo del cultivo. En la variedad de ciclo largo, se inició la recuperación tras la recolección del año 2020, aplicando el mismo riego a todos los tratamientos para cubrir el 100% de sus necesidades hídricas. Durante el año 2021, todos los tratamientos recibieron el mismo riego.

Objetivos

El objetivo principal del proyecto consistió en evaluar la respuesta productiva de los árboles al restablecer el riego al 100% a una plantación de ciruelo japonés sometida a estrategias de RDC durante una década.

Este objetivo se desglosa en los siguientes objetivos parciales:

1. Determinar la influencia del aumento del riego sobre el comportamiento agronómico, la producción y la calidad de los frutos.
2. Evaluar la sostenibilidad de la aplicación del RDC durante un largo periodo de tiempo en ciruelo japonés y posterior recuperación hídrica.

Resultados

✓ **Clima:** Durante los 2 años (2020-2021) la temperatura media desde finales de enero a principios de abril estuvo entre 8-15 °C presentando valores medios de la temperatura mínima, en este mismo periodo, entre 3-10 °C. En los meses de verano, los valores máximos se alcanzaron en julio (41°C) en 2020 y en agosto (42,8 °C) en 2021 con una temperatura media máxima de 37 °C y 35 °C y mínima de 18,3 °C y 16,6 °C, respectivamente. En general, los años fueron calurosos, siendo la media de las temperaturas mínimas para los meses de noviembre y diciembre de 6,76 °C y 5,66 °C, respectivamente. La precipitación media anual fue de 404 mm, concentrándose en los primeros y últimos meses del año, y escasa el resto del periodo. La precipitación estuvo por debajo de la media de un año normal (425 mm).

Ciruelo de ciclo corto:

✓ **Riego:** El volumen medio de agua aplicada previo al ensayo (2009_2018) fue de 680 mm en el tratamiento Control y aproximadamente la mitad en el deficitario, excepto en el año de recuperación (2019) que el aporte de agua superó los 800 mm para ambos tratamientos. El agua aplicada al tratamiento deficitario fue del 41,53 % respecto del Control durante el periodo postcosecha.

✓ **Desarrollo vegetativo:** La plena floración se alcanzó en ambos tratamientos el 2 de marzo y la recolección se realizó en una única pasada el 21 de mayo. A mediados de enero de 2020 se realizó la poda de invierno. Aunque durante el año de recuperación (2019) ambos tratamientos recibieron la dosis de riego para cubrir el 100% de sus necesidades hídricas, la madera retirada en el tratamiento Control fue superior en más de 10 kg por árbol al tratamiento deficitario, si bien el porcentaje de materia seca fue similar (52,85 % y 53,06 % en el Control y Deficitario respectivamente). El tratamiento Control presentó en 2019 mayor vigor en los árboles (medido como la sección de tronco) y volumen de copa, manteniéndose las diferencias durante la precosecha de 2020.

✓ **Recolección:** El tratamiento Deficitario fue el que tuvo mayor producción por árbol y cm^2 de tronco, así como mayor número de frutos por árbol. Hasta el calibre 56 mm, el tratamiento deficitario presentó mayor número de frutos, siendo el tamaño predominante 47-53 mm para ambos tratamientos. En los calibres más altos no hubo diferencias entre tratamientos. La calidad del fruto fue similar aunque con más sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) y firmeza (kg/cm^2) en el

tratamiento Deficitario, y la luminosidad (L) ligeramente inferior. La eficiencia en el uso del agua (EUA) fue inferior en el tratamiento Control.

Conclusión

Esta variedad se caracteriza por una marcada vecería, con importantes diferencias en producción entre años, y la producción obtenida en 2020 estuvo muy por debajo de la media para esta variedad (20.000-25.000 kg/ha), al contrario de lo sucedido en 2019, con una producción muy superior a la media, aunque no hubo diferencias entre los tratamientos durante el ensayo. Las condiciones especiales del año 2019 (escasez de lluvia y elevada producción) afectaron a la respuesta de los tratamientos durante la poscosecha y la precosecha de 2020, y aunque ambos recibieron la dosis de riego necesaria para cubrir sus necesidades hídricas durante el cultivo, se obtuvo mejor respuesta en el tratamiento Deficitario. En este tratamiento, los árboles eran más pequeños como resultado del déficit hídrico al que se les habían sometido durante los años anteriores (menor vigor) y el tamaño de la cubierta vegetal al llegar a recolección también fue menor, lo que parece pudo favorecer la penetración de la luz por el dosel vegetal y la menor competencia por los asimilados entre la parte vegetativa y los frutos durante el periodo precosecha de 2020.

Ciruelo de ciclo largo:

✓ **Riego:** El agua aplicada durante los 2 años de ensayo en el tratamiento Control fue de 871 mm y 672 mm en 2020 y 2021 respectivamente, y de 741 mm y 836 mm para los tratamientos RDC1 y RDC2 en el año 2020. En el año 2020, el periodo sin riego de RDC1 fue desde el 12 de mayo hasta el 18 de junio lo que supuso un ahorro del 15% respecto del Control. En el tratamiento RDC2 se disminuyó la dosis de riego antes de recolección (13/8-31/8) para mantener a los árboles en valores de potencial hídrico de -1,4 MPa. Esto supuso un ahorro del 4% en RDC2 respecto del Control. Durante la postcosecha todos los tratamientos recibieron el mismo volumen de agua con el objetivo de recuperar a los árboles y comprobar su respuesta en la próxima anualidad. En el año 2021 todos los árboles recibieron la misma dosis de riego que el tratamiento Control (Figura 1).

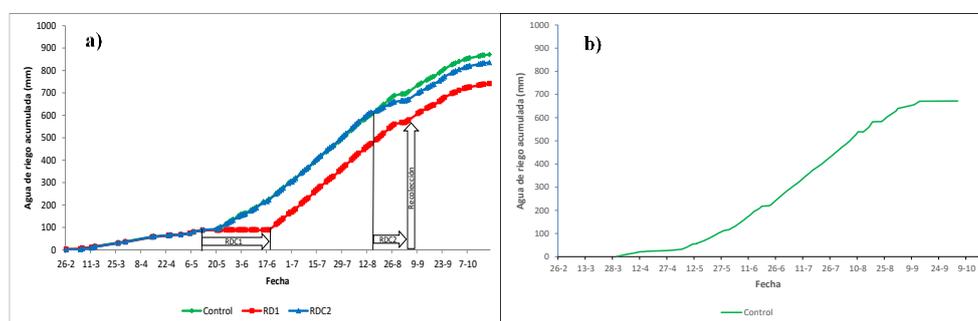


Figura 1. Agua de riego acumulada (mm) en a) los tres tratamientos de riego: Control, RDC1 y RDC2 durante 2020 y b) en el tratamiento Control durante el año 2021.

✓ **Desarrollo vegetativo:** El tratamiento RDC1 fue el que tuvo menor peso de poda durante el ensayo y al final. En los años en que la intervención de la poda en verde fue mayor, los kilos de poda de invierno fueron más bajos. En el año 2021, los valores de

poda de invierno fueron muy altos porque no se realizó la poda en verde. En el año 2020, el vigor de los árboles, medido como la sección de tronco, fue significativamente mayor en el tratamiento Control y sin diferencias significativas entre los tratamientos deficitarios. En el año 2021, el incremento de vigor de los árboles, medido desde el final de la campaña de riego de 2020, fue mayor en el tratamiento Control, seguido de RDC2 y RDC1 (Figura 2).

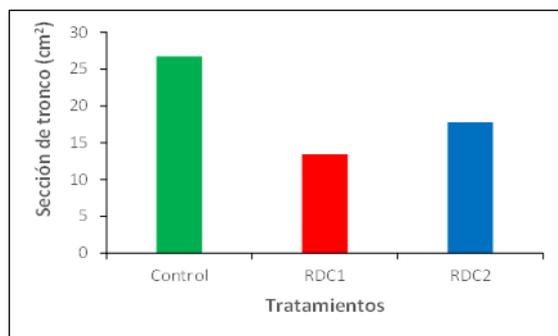


Figura 2. Incremento de la sección de tronco (cm²) en los 3 tratamientos de riego al inicio de 2021.

✓ **Recolección:** En los 2 años de ensayo, la mayor producción se alcanzó en RDC1 aunque estuvo muy por debajo de la media para esta variedad en la zona (Figura 3). No hubo diferencias en el peso medio del fruto entre tratamientos en el 2020 y en el siguiente año, el tratamiento RDC2 fue el que tuvo menor: producción, número de frutos y peso medio de los frutos. La eficiencia en el uso del agua (kg/m³) fue menor en Control y RDC2 en 2020, y mayor en RDC1 en 2021. En cuanto a la calidad, la firmeza en RDC2 fue ligeramente superior y el contenido en sólidos solubles fue mayor en RDC1 los 2 años.

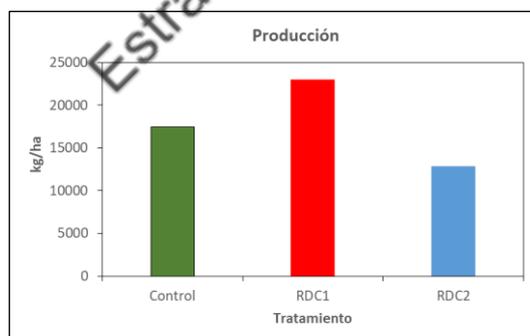


Figura 3. Producción total (kg/ha) de los 2 años de ensayo en cada tratamiento de riego.

Conclusión

En los 2 años de ensayo se obtuvo una producción muy baja en todos los árboles, independientemente del tratamiento de riego. No obstante, los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento RDC1, con mayor producción (kg/ha), mayor número de frutos y de tamaño similar que el tratamiento en el que tuvieron mayor tamaño en recolección (Control). Estos resultados muestran que la respuesta de los árboles en años de carga baja fue mejor en los que habían sido sometidos a estrategias de riego deficitario durante un largo periodo de tiempo. Los árboles de RDC1 fueron más pequeños al finalizar el ensayo y la madera de poda retirada también fue menor.