

Estrategias agronómicas para paliar los efectos del cambio climático en el cultivo de cítricos

El uso de portainjertos mejor adaptados a las condiciones de cambio climático, diseños agronómicos que favorecen una mejor distribución del agua, el manejo de estrategias de riego, la utilización de sistemas de riego y técnicas agronómicas más eficientes, el acolchado del suelo o el uso de agentes humectantes, pueden ser estrategias agronómicas para mitigar los efectos del cambio climático en condiciones de infradotación hídrica. Se pueden aplicar de manera individual o mediante una combinación de varias estrategias o técnicas, dentro de una agricultura sostenible en el marco de la tecnología de riego de precisión en el cultivo de cítricos.

**Juan Miguel Robles¹, Juan Gabriel Pérez^{1,2},
Josefa M Navarro¹, Pablo Botía¹**

¹Equipo de Riego y Fisiología del Estrés, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

²Centro para el Desarrollo de Agricultura Sostenible, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias



La superficie en plantación regular de cítricos en 2018 en España fue de 297.615 ha, distribuida principalmente en un 47% de naranjo, 37% de mandarino y 15% de limonero (MAPA 2021) ubicadas principalmente en la Comunidad Valenciana, Andalucía y Región de Murcia. Sin embargo, las provincias del sureste español (Alicante, Murcia y Almería) se caracterizan por tener un clima típico mediterráneo semiárido, con periodos de bajas precipitaciones y temperaturas muy elevadas, principalmente en verano. Estas condiciones suelen provocar periodos de sequía que, en el caso de los cítricos, coinciden justo cuando tienen lugar los periodos de desarrollo del fruto más sensibles al déficit hídrico.

Los episodios de sequía se están acentuando debido al cambio climático, y afectará en mayor medida a las regiones del sur de Europa, y en especial, a todo el arco mediterráneo. El proyecto EPSON climate, realizado por la Red Europea de Observación sobre Desarrollo y Cohesión Territorial de la Unión Europea, ha permitido identificar la vulnerabili-



En general, las regiones del sur de Europa serán las que presenten una mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático

dad al cambio climático de las regiones europeas, concluyendo que las regiones del Mediterráneo son las que destacan por una baja capacidad para resistir y adaptarse. En general, las regiones del sur de Europa serán las que presenten una mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático. Bajo este escenario, los efectos más destacados que se prevén en el área mediterránea son un incremento de las temperaturas (entre 2 y 4 °C), un aumento de la frecuencia de días con temperaturas extremas y un incremento de olas de calor, así como, una disminución de las precipitaciones (entre un 5% y un 10% menos). Esto

provocará una reducción de los recursos hídricos disponibles que para final de siglo podría oscilar entre un 20% y un 40% (IPCC, 2014).

En las principales zonas cítricas, el cultivo de los cítricos es en regadío, en su mayoría mediante riego por goteo, para mantener unas producciones y calidades de fruta adecuadas. Por lo tanto, los efectos del cambio climático hacen a los cítricos un cultivo muy sensible, porque se estima que el aumento de las temperaturas supondrá un incremento de las necesidades netas de riego entre un 7% y 10% principalmente en los meses de verano (CEDEX 2017). En este escenario,

los cítricos pueden presentar tasas de transpiración que exceden de la capacidad de absorción del sistema radicular, que podría provocar situaciones temporales de estrés hídrico (Pérez-Pérez y col. 2012). Un déficit hídrico en la fase II de crecimiento del fruto puede afectar al calibre final del fruto, disminuyendo el tamaño del mismo (García-Tejero y col. 2010; Pérez-Pérez y col. 2014). Además, puede reducir la acumulación de zumo y provocar un retraso de la recolección (Pérez-Pérez y col. 2014), lo cual no es interesante en aquellas variedades de recolección temprana.

Otro aspecto a tener en cuenta es el aumento de aparición de ciertas fisiopatías en los frutos, provocadas por condiciones hídricas desfavorables durante ciertos periodos sensibles de desarrollo del fruto. La 'endoxerosis' es una fisiopatía típica en limonero temprano, cuya aparición está relacionada con desequilibrios hídricos de la planta, de modo que el fruto, en condiciones de elevada temperatura ambiente y evapotranspiración, puede ceder agua a las hojas traduciéndose en una pérdida de calidad por un colapso interno y formación de goma en el interior del fruto (Agustí, 2004).

Por lo tanto, en este escenario en el que nos encontramos, y con el fin de mantener la sostenibilidad y competitividad de las explotaciones cítricas, es necesario el uso de material vegetal adecuado, así como, adoptar estrategias y técnicas agronómicas que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático y a mantener la rentabilidad del cultivo bajo las condiciones adversas que se nos avecinan.

Material vegetal

El estudio del material vegetal y, en concreto, la selección de portainjertos que mejor se adapten a las nuevas condiciones de cambio climático del sureste español, nos puede ayudar tanto a prevenir riesgos de aparición de nuevas enfermedades o incremento de determinadas fisiopatías, como a desconcentrar la oferta de la cosecha, con el objeto de mejorar la competitividad del sector. En este sentido, hay que tener presente que el sistema radicular de los portainjertos utilizados en cítricos presenta características morfológicas y comportamientos fisiológicos diferentes (Castle y Youtsey,

1977; Eissentstat y Achor, 1999). El portainjerto tiene una gran influencia en la dinámica de crecimiento y distribución radicular, así como en la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes del suelo tanto en condiciones óptimas de riego como bajo condiciones de infradotación hídrica (Castle y Krezdorn, 1977). En el caso de limonero de recolección tardía tipo 'Verna', la elección del portainjerto debería ir ligada a la disponibilidad de los recursos hídricos. En condiciones no limitantes de riego, se recomienda la elección de *Citrus macrophylla* Wester (CM), ya que su mayor vigor induce una mejor respuesta productiva. En cambio, si la disponibilidad hídrica es reducida, se recomienda la elección de naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.) (NA) ya que presenta una mayor tolerancia al estrés hídrico (Robles y col. 2017). Siguiendo esta línea de trabajo, se ha observado que la utilización de portainjertos tolerantes al déficit hídrico, como mandarino Cleopatra, puede contribuir a mejorar el estado hídrico durante los periodos de escasez hídrica, disminuyendo su efecto sobre la producción y, mejorando en algunos casos la calidad del fruto (aumento de los sólidos solubles totales y de la acidez), como se ha visto en naranjo 'Lane late' (Pérez-Pérez y col. 2008a y b). El portainjerto puede condicionar la entrada en producción y la calidad del fruto en árboles jóvenes. En un estudio reciente, se han comparado los portainjertos tradicionalmente utilizados en limonero 'Verna' como son el *Citrus macrophylla* Wester (CM) y naranjo amargo (NA) con dos nuevos portainjertos, lima Rangpur (*Citrus limonia* Osbeck) (LR) y Forner-Alcaide n° 5 (mandarino Cleopatra (*C. reshni* Hort. ex Tan.) × *Poncirus trifoliata*) (FA-5) (**Foto 1**). La respuesta productiva y la calidad del fruto de FA-5 y LR fueron similares a NA, siendo una alternativa a este portainjerto. En cambio, CM aunque fue más productivo, presentó frutos de peor calidad (Robles y col. 2021).

Foto 1

Portainjertos tradicionalmente utilizados en limonero de recolección tardía (primavera-verano) 'Verna' como son el *Citrus macrophylla* Wester (CM) y naranjo amargo (NA) y dos nuevos portainjertos, lima Rangpur (*Citrus limonia* Osbeck) (LR) y Forner-Alcaide n° 5 (mandarino Cleopatra (*C. reshni* Hort. ex Tan.) × *Poncirus trifoliata*) (FA-5).

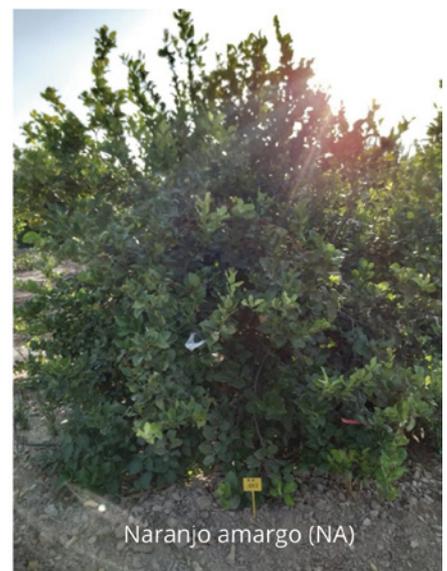
Diseños agronómicos que mejoren la distribución del agua, estrategias de manejo del riego, eficiencia de sistemas de riego y técnicas agronómicas para mejorar productividad del agua

El uso de diseños agronómicos que favorezcan una mejor distribución del agua, estrategias de manejo del riego, la utilización de sistemas de riego más eficientes y el uso de técnicas agronómicas que mejoren la productividad del agua, se pueden aplicar tanto de manera individual, como mediante una combinación de éstas, englobándose dentro de una 'agricultura de precisión'. Para ello, es necesario conocer el estado hídrico del suelo y de la planta, para aplicar la dosis

óptima de riego en el caso de disponer agua suficiente o en el caso de estar bajo infradotación hídrica, establecer valores umbrales que permitan conseguir mantener las producciones con el menor impacto posible. Para el control de la humedad del suelo, existen sensores de medida en continuo que permiten conocer la profundidad donde se encuentran las raíces y se produce la mayor absorción de agua, así como, establecer las pérdidas de agua por percolación profunda en el perfil del suelo, permitiendo optimizar y ajustar los tiempos de riego y conseguir una mayor eficiencia de la fertirrigación. Para el control del estado hídrico de la planta existen diferentes indicadores fisiológicos (fluctuaciones del diámetro del tronco y fruto, flujo de savia, temperatura foliar, conductancia estomática, etc.) pero es el potencial hídrico de tallo



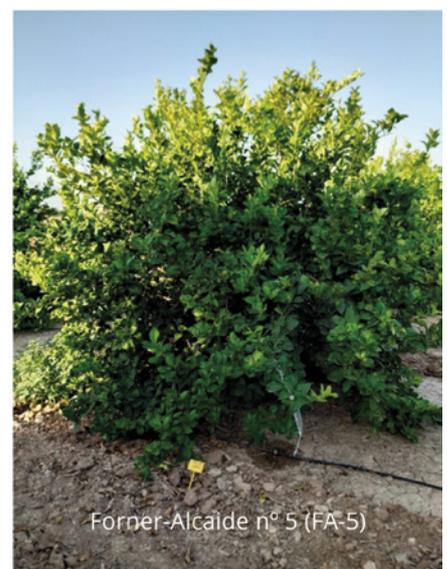
Citrus macrophylla (CM)



Naranja amargo (NA)



Lima rangpur (LR)



Forner-Alcaide n° 5 (FA-5)



Foto 2 Medida del potencial hídrico de tallo con cámara de presión (izquierda). Sensores para determinar las fluctuaciones del crecimiento de fruto y tronco (centro). Sensor de medida de flujo de savia (derecha)

el indicador más utilizado, porque integra los factores de suelo junto con los parámetros atmosféricos (**Foto 2**).

El uso de nuevos diseños agronómicos podría permitir maximizar el agua disponible para riego. En este sentido, el diseño de la instalación de riego en algunas explotaciones está basado en el uso y costumbres de cada zona y/o cultivo, pero no en condicionantes agronómicos, por lo que se puede llegar a no satisfacer las necesidades de riego durante los meses de mayor demanda. Un aumento de la superficie mojada añadiendo un mayor número de emisores de riego de menor caudal o con la incorporación de una nueva línea portagoteros puede ayudar a solucionar este problema. En limonero de recolección temprana 'Fino 49' el uso de una tercera línea portagoteros adicional, pero aplicando la misma cantidad de agua por árbol, ha permitido obtener una mayor cantidad de fruta recolectada en el primer corte, reduciéndose además el número de frutos afectados por 'endoxerosis' (Pérez-Pérez y col. 2019).

La utilización de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) puede ser una alternativa adecuada para mejorar la productividad del agua en cítricos. Esta técnica se fundamenta en reducir los aportes hídricos en determinados momentos del ciclo de cultivo donde no se afecte, en la medida de lo posible,

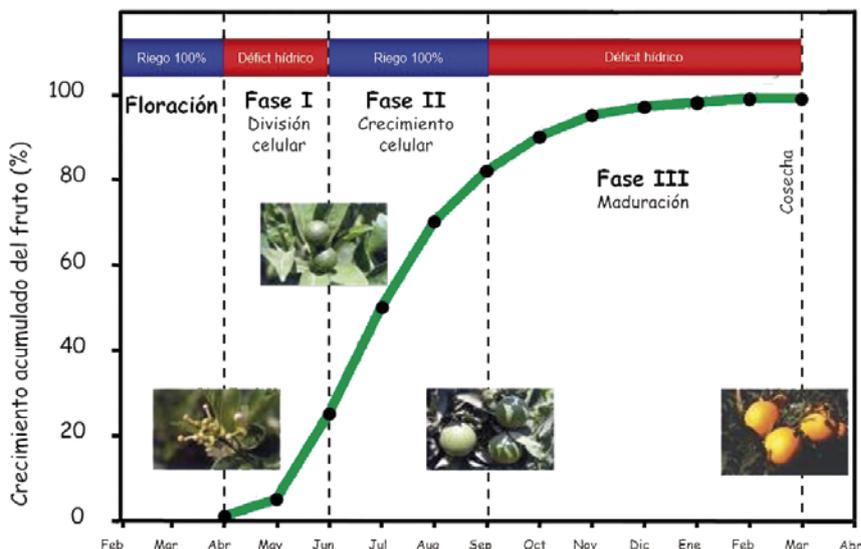
La utilización de estrategias de riego deficitario controlado puede ser una alternativa adecuada para mejorar la productividad del agua en cítricos

la producción y la calidad del fruto, satisfaciendo plenamente la demanda del cultivo durante el resto del ciclo, principalmente durante los 'periodos críticos' (Lampinen y col. 2015) (**Figura 1**). Sin embargo, la respuesta de los cítricos al RDC no sólo depende del estado fenológico en el que se aplique. Otros factores como la tolerancia del portainjerto al estrés hídrico (Pérez-Pérez y col. 2008b; Treeby y col. 2007), la calidad del agua de riego o la especie utilizada (Ballester y col. 2013) son elementos a tener en cuenta. Además, para la obtención de resultados óptimos con la aplicación de este tipo de estrategias, se debe controlar la duración y la severidad del estrés con medidas del estado hídrico del suelo y de la planta. En diferentes especies de cítricos como mandarino (Romero y col.

2006), naranjo (Pérez-Pérez y col. 2008), limonero (Domingo y col. 1996) y pomelo (Pérez-Pérez y col. 2014) se han realizado ensayos de RDC aplicando un déficit hídrico durante las fases I y/o III de crecimiento del fruto, produciendo un efecto menos negativo en el rendimiento que durante la fase de rápido crecimiento del fruto (fase II). En cambio, otros estudios en mandarino, indican que la reducción del riego en determinados momentos de la fase II, evitando sobrepasar un valor umbral de potencial de tallo ($\Psi_{\text{tallo}} > -1,4$ MPa) aumenta la eficiencia en el uso del agua, consiguiendo ahorros entre un 10%-20% sin afectar a la producción (Ballester y col. 2014). La aplicación de este tipo de estrategias durante los procesos de maduración (fase III) ha resultado muy interesante, porque ha permitido incre-

mentar las características organolépticas del fruto con un aumento de los sólidos solubles y la acidez, sin efectos negativos en la cosecha (Pérez-Pérez y col. 2010). Otra alternativa a la aplicación de estrategias de RDC es el riego parcial de raíces (PRD, del inglés Partial Root-zone Drying Irrigation). Esta técnica se fundamenta en mantener la mitad del sistema radicular con riego mientras la otra parte se deja secar. Para ello, ambas zonas se riegan alternativamente cada cierto tiempo (Dry y Loveys, 1998). El establecimiento de condiciones de humedad del suelo heterogéneas, permiten por un lado la generación de señales químicas (ácido abscísico) en la zona seca del sistema radicular que estimulan parcialmente un cierre estomático, mientras que en el lado húmedo se aplica el agua suficiente para mantener el estado hídrico de la planta. De este modo, se consigue mejorar la eficiencia en el uso del agua del cultivo. Los principales factores a tener en cuenta para un óptimo manejo del PRD son el periodo fenológico en el que se aplica, el volumen de agua que se pretende suministrar y la frecuencia de alternado del lado no regado (Pérez-Pérez y col. 2018). Realizando un manejo adecuado en limonero temprano ‘Fino 49’, no solo se ha conseguido mejorar la eficiencia en el uso del agua, sino que también se ha mejorado su rentabilidad bajo condiciones de restricción hídrica (Pérez-Pérez y col. 2018). Además, se han conseguido otros beneficios en el cultivo, tales como un aumento de la densidad radicular y de la capacidad hidráulica para la absorción de agua en el suelo (Pérez-Pérez y col. 2016). En el caso del uso de aguas de baja calidad, cuando no se disponga de otras fuentes para poder mezclarla y reducir su conductividad eléctrica a niveles aceptables por el cultivo, una alternativa es la utilización de estrategias de riego salino controlado (RSC). Su fundamento se basa en la aplicación del agua con elevada salinidad más su correspondiente fracción de lavado para evitar la acumulación de sales en las raíces del cultivo durante toda la campaña, excepto en aquellos periodos de elevada demanda evaporativa (durante la fase II de crecimiento del fruto) a fin de reducir la acumulación en la planta de elementos fitotóxicos para el cultivo (por ejemplo el ion cloruro). Resultados en limonero

Figura 1
Ejemplo de aplicación de estrategia de RDC según la fase de crecimiento del fruto en cítricos



El uso de acolchado del suelo es una técnica agronómica a tener en cuenta en un escenario de infradotación hídrica

indican que una estrategia de RSC sólo debería ser utilizada durante periodos cortos de escasez hídrica (inferiores a un año) consiguiendo ahorros de agua de buena calidad (en torno al 39%), reduciendo además los efectos de la salinidad sobre el cultivo a corto plazo (Pérez-Pérez y col. 2016). La utilización de sistemas de riego más eficientes como el riego por goteo subterráneo puede ayudar a mejorar la productividad del agua de riego disponible. La aplicación de agua de riego en este sistema en cultivos leñosos, se realiza en profundidad (30-40 cm del nivel del suelo), zona en la que se encuentra la mayor concentración de raíces absorbentes en este sistema. La principal ventaja que presenta es la reducción de las pérdidas de agua por evaporación y lixiviado de nutrientes, propiciando una manera eficaz de suministrar el agua y los nutrientes directamente en la zona

radicular. Además, reduce el impacto visual de la instalación de riego a nivel de suelo, evita daños por vandalismo o por la acción de roedores y conejos de la misma y reduce la aparición de malas hierbas, lo que supone un sistema de riego ideal para cultivo ecológico. Sin embargo, requiere de una instalación adecuada de filtros para las partículas presentes en el agua de riego que puedan obturar los emisores, propiciar un calendario de mantenimiento de los mismos, así como del resto de la instalación y procurar la utilización de contadores para asegurarnos la correcta aplicación de la dosis de riego. El uso del riego por goteo subterráneo en cítricos permite ahorros significativos de agua entre un 15%-25% sin afectar a la producción y la calidad del fruto, debido principalmente a que se eliminan las pérdidas de agua por evaporación. Este hecho ha sido comprobado en mandarina (Quiñones

y col. 2012; Martínez-Gimeno y col. 2018) y limonero (Robles y col. 2016).

El uso de acolchado del suelo es una técnica agronómica a tener en cuenta en un escenario de infradotación hídrica. Esta técnica consiste en cubrir el suelo de la plantación con diferentes tipos de materiales (restos vegetales del cultivo, plásticos, malla geotextil, etc.) con el objeto de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos consiguiendo evitar las pérdidas de agua por evaporación. En este sentido, esta técnica puede permitir ahorros sustanciales que pueden oscilar entre el 20%-30% en naranjo (Romero-Rodríguez y col. 2013), manteniendo o aumentando la producción. Entre otras ventajas, cabe destacar, que el acolchado de suelo evita la aparición de hierbas competidoras con el cultivo, facilitando su control y consiguiendo un ahorro de mano de obra de cara al desbrozado de la misma o al uso de herbicidas. También se mejora el estado sanitario de la cosecha, al evitar el contacto directo de los frutos de las faldas del árbol con el suelo, lo que reduce la pudrición de frutos causadas por diversos agentes del suelo. Además de estas técnicas, el uso de agentes humectantes (también conocidos como surfactantes) puede minimizar el impacto en el cultivo bajo condiciones de infradotación hídrica. Estas sustancias del tipo detergentes reducen la tensión superficial del agua, favoreciendo su movimiento uniforme y la retención de nutrientes del suelo (Lowery y col. 2005). En mandarino, híbrido 'Ortanique', se ha estudiado la aplicación de este tipo de productos combinado con la aplicación de un riego deficitario (Pérez-Pérez y col. 2017). Los principales efectos observados por el uso de estos agentes humectantes se centran en una ligera mejora del contenido de humedad del suelo, además de favorecer la retención de nitratos en el suelo. Por lo que, desde el punto de vista agronómico, puede ayudar a minimizar el impacto del déficit hídrico sobre la respuesta productiva.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los proyectos de Investigación FEDER 14-20-13 y 14-20-24 dentro del programa operativo de la Región de Murcia 2014-2020 cofinanciado en un 80 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y por el Subprograma de Contratación e Incorporación de Doctores INIA-CCAA (DR13-0170), así como por el Subprograma Estatal de Incorporación Ramón y Cajal (RYC-2015-17726), en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

Nutrición excelente de tus cultivos bajo cualquier condición



Con Agromaster tendrás todo bajo control: nutrición, rendimiento e impacto ambiental

Gracias a su tecnología exclusiva de encapsulado del nitrógeno, con Agromaster controlarás en todo momento el suministro de nutrientes, cualquiera que sea el clima, cultivo o condición del suelo.

Agromaster, tu fertilizante fácil de usar, rentable y respetuoso con el medio ambiente.



Más información en www.icl-sf.com/es-es/agromaster