

Mejoras en el diseño agronómico de la instalación de riego dirigidas al aumento de la productividad técnica y económica del agua en limonero temprano

J.M. Robles¹, J. García García¹, J.G. Pérez Pérez^{1,2}, L. Olivares¹, J.A. Palazón¹, E.M. Arques¹ y P. Botía¹

¹ Departamento Bioeconomía, Agua y Medio Ambiente, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental, CP 30150, La Alberca, Murcia, España.

² Centro para el Desarrollo de Agricultura Sostenible, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, CP 46113, Moncada, Valencia, España.

Autor para correspondencia: juanm.robles@carm.es

Palabras clave: cítricos, eficiencia, costes, sistema de riego, agua aplicada

Resumen

El objetivo del trabajo fue incrementar la productividad en limonero temprano mediante mejoras en el diseño agronómico de la red de riego. El ensayo se llevó a cabo en una parcela experimental en Torre Pacheco (Murcia), en árboles adultos de limonero ‘Fino 49’ injertados sobre *Citrus macrophylla* Wester. Se han evaluado dos diseños del sistema de riego: diseño convencional (2L), con dos tuberías portagoteros (6 goteros árbol⁻¹); y un diseño con mayor superficie mojada (3L), con tres tuberías (9 goteros árbol⁻¹). Partiendo de los resultados agronómicos, se ha realizado un análisis económico comparativo entre dos diseños del sistema de riego. El diseño 3L fue el más productivo técnica y económicamente. El Producto Bruto Económico (PBE) fue un 14% superior en el diseño 3L respecto al 2L; el Producto Bruto Técnico (PBT) lo fue en un 6,2%. Este resultado se debe a dos motivos: por un lado y en mayor medida, al incremento en la proporción de limón de primer corte del diseño 3L y, por otro lado, a la disminución de limón derivado a la industria. El Margen Bruto (MB) sigue la misma pauta que el Producto Bruto (PB), ya que los costes diferenciales (CD) son de poca envergadura. El precio ponderado del kg de limón medio (PBE/PBT) es de 0,367 € kg⁻¹ y 0,341 € kg⁻¹, en 3L y 2L, respectivamente, y supone un ingreso de 2.631 € extras por hectárea y año a favor del sistema 3L. Por último, resaltar que el diseño 3L destaca principalmente por ser es más productivo económicamente, en relación al agua aplicada (€ m⁻³).

INTRODUCCIÓN

El cultivo del limón para el mercado en fresco es uno de los más importantes a nivel socioeconómico en el sureste español, debido principalmente, a las buenas condiciones edafoclimáticas y la elevada tecnificación e intensificación alcanzada. Dentro de la producción de limón temprano de ‘otoño-invierno’, donde se tiende a obtener precocidad y productividad, destaca la variedad tipo ‘Fino’, siendo el clon 49 seguido del 95, los más utilizados (García García, 2014). En esta variedad temprana, los principales parámetros que determinan el precio del limón son la precocidad y el calibre. Sin embargo, la escasez y carestía de recursos hídricos que sufre la cuenca mediterránea, principalmente durante la época estival, puede afectar al tamaño final del fruto limitando la producción y reduciendo su precocidad. En este sentido, incluso en limoneros adecuadamente regados, durante los

periodos de alta demanda evaporativa, la transpiración del árbol puede exceder la absorción de agua de la raíz, causando déficits temporales de agua y provocando el cierre de los estomas para reducir la transpiración (Pérez-Pérez et al., 2012). Por este motivo, es vital la búsqueda de estrategias que permitan optimizar los recursos hídricos, que mejoren la eficiencia en el uso del agua y hagan viable la actividad. La finalidad es evitar durante los meses de máxima demanda, en los que se concreta el calibre final del fruto, éste se vea afectado lo menos posible por limitaciones hídricas. Mejoras en el diseño agronómico buscando un incremento de la superficie mojada pueden ayudar a aumentar la capacidad hidráulica de la planta. Resultados previos donde se ha aumentado el número de goteros pero se ha aplicado la misma cantidad de agua, nos han mostrado un incremento del número de frutos en verde recolectados en primer corte de limón, lo que puede generar beneficios económicos debido a la precocidad. Además, en los años secos, ha tenido un menor efecto sobre los frutos derivados a industria (afectados de endoxerosis) (Pérez-Pérez et al., 2019). Nuestra hipótesis de trabajo fue que el uso de una tercera línea de goteo adicional, pero aplicando la misma dosis de agua de riego por árbol, permitiría un aumento del volumen de suelo mojado de la zona radicular y una mayor uniformidad en la distribución del agua en el suelo, lo que podría favorecer la respuesta agronómica en el limonero 'Fino 49'. Por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar si un aumento en el volumen mojado del suelo al incrementar el número de goteros por árbol puede reducir los desequilibrios hídricos en la planta durante los meses de máxima demanda evaporativa y favorecer la precocidad de la cosecha, minimizar las alteraciones fisiológicas de la fruta y conseguir un aumento de la productividad del cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del ensayo

El ensayo se llevó a cabo durante tres campañas consecutivas (2017-2019) en una finca experimental ubicada en Torre Pacheco (Murcia), con árboles de limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. fil.) de la variedad 'Fino 49' injertados sobre portainjerto *Citrus macrophylla* Wester y a un marco de plantación de 3 × 8 m. Se aplicó el riego mediante dos diseños diferentes de la instalación de riego: convencional (2L), con dos tuberías portagoteros, una a cada lado del árbol (a 1,5 m del tronco) y 6 goteros árbol⁻¹; y un diseño con mayor superficie mojada (3L), en la que se implementó el diseño convencional con una tercera tubería instalada junto al tronco, con 9 goteros árbol⁻¹ en total. En ambos casos se utilizó tubería PEBD con goteros integrados de 3,5 L h⁻¹ (UniRam™, Netafim, Tel Aviv, Israel). El diseño experimental fue de bloques al azar, con 3 árboles controlados por bloque y cuatro bloques por tratamiento. Para el cálculo de las necesidades de riego se aplicó el método FAO 56. Los valores de ETo se obtuvieron de una estación ubicada en la propia parcela, y los Kc utilizados fueron para árboles de limonero temprano injertado sobre *C. macrophylla*, parámetros obtenidos del SIAM (<http://siam.imida.es>). El promedio de agua aplicada en ambos sistemas durante el periodo 2017-2019 fue de 580 mm. Para aplicar la misma dosis de agua por árbol en cada riego de ambos sistemas, se ajustaron los tiempos de riego para compensar las diferencias de caudal por árbol en cada sistema.

Análisis productivo y económico

El control de cosecha se realizó en dos cortes, retirando en el primer corte los frutos que superaron el calibre comercial ($\varnothing > 58$ mm). En cada corte, se pesaron y contaron todos los frutos por árbol y se calculó el peso medio de fruto. Para realizar el estudio económico

comparativo entre los diferentes sistemas aplicados se ha utilizado la contabilidad de costes (García García, 2014). Para ello se ha establecido para cada sistema de riego una plantación tipo de 5 ha, considerando el tamaño medio y las prácticas de cultivo características del sureste español (García García, 2014). El precio medio del agua utilizado en la zona de estudio (2017-2019), fue de 0,24 € m⁻³. Respecto a los precios del limón, la producción se comercializó a través de una asociación de productores (S.A.T. San Cayetano). Esta empresa suministró precios de mercado de limón de primer corte y segundo corte para cada calibre (del 1 al 7), así como del limón derivado a industria cítrica, para cada año del periodo analizado (2017-2019). Se han utilizado los datos medios del periodo para realizar los cálculos de los indicadores, con el fin de trabajar con resultados representativos y trasladables a una explotación real.

Respecto a los indicadores económicos, el Producto Bruto (PB) se expresó en kilogramos y en euros (ingresos brutos), Producto Bruto Técnico (PBT) y Producto Bruto Económico (PBE), respectivamente, referidos a la unidad productiva (árbol) o a la superficie (hectárea). Respecto al apartado de costes, las diferencias entre tratamientos sólo se deben a los Costes Diferenciales (CD), que son aquellos que muestran alguna diferencia cuantitativa: la inversión y la correspondiente amortización del cabezal y de la red de riego, así como el agua y la energía eléctrica asociada al mismo. Cabezal y Red de riego son costes fijos calculados como amortización por el método de cuotas constantes. El agua de riego y la energía asociada son costes variables. Todos los costes se contabilizan por año y se les ha añadido el correspondiente coste de oportunidad (García García, 2014). El Margen Bruto (MB) se ha obtenido como la diferencia entre el PB y el CD ($MB = PB - CD$). Por último, en relación a la productividad del agua, se ha aplicado un análisis desde la doble perspectiva productiva y económica. Para ello se han utilizado dos indicadores: la productividad técnica (PTUA en kg m⁻³); calculada como la relación entre la cosecha total y el agua aplicada (PBT m⁻³) la productividad económica del agua (PEUA en € m⁻³), calculada como la relación entre el PBE y el agua de riego anual aplicada (PBE m⁻³) (García García et al., 2013). El análisis estadístico consistió en un ANOVA simple y para la separación de medias se aplicó el test de rango múltiple de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista agronómico, la implementación en la instalación de riego de una tercera línea portagoteros (3L), aunque no supuso una mejora significativa de la producción total respecto al tratamiento convencional (2L), mostró una tendencia de aumento del 6,2% (tabla 1). Sin embargo, el tratamiento 3L consiguió una mejora en la precocidad de la cosecha, con un aumento significativo del limón en el primer corte del 27,5 % (tabla 1), así como, una tendencia a la reducción de limón derivado a industria del 14,8% (tabla 1). La mejor respuesta agronómica del tratamiento 3L se reflejó positivamente en los indicadores económicos. El PBE fue significativamente superior en un 14% en el diseño 3L respecto al convencional (2L), mientras que la PBT no mostró diferencias entre ambos tratamientos, pero presentó una tendencia en aumento del 6,2% (tabla 2). Este resultado fue debido a dos consecuencias productivas que se verifican en el periodo 2017-2019 (tabla 2): por un lado y en mayor medida, al incremento en la proporción de limón de primer corte del diseño 3L; por otro lado, y en menor medida, a la disminución de limón derivado a la industria que supone 3L. Como el precio del primer corte es superior al segundo en todos los años (precio medio 0,43 € kg⁻¹ y 0,31 € kg⁻¹, respectivamente) y así es históricamente (Brotons et al., 2015), el efecto económico supera al técnico. Además, el efecto se acentúa por la disminución en limón de industria del diseño 3L, cuyo precio medio

del periodo fue de sólo 0,12 € kg⁻¹. Los resultados del MB siguen la misma pauta que el PBE, ya que los costes diferenciales (CD) son de poca envergadura, prácticamente coincidentes (tabla 2). La diferencia de CD es de tan solo 124 € ha⁻¹·año⁻¹ y no es apreciable en relación al PBE, tanto en 3L (21.387 € ha⁻¹·año⁻¹) como en 2L (18.756 € ha⁻¹·año⁻¹) (tabla 2). La pequeña diferencia en CD se debe sobre todo a los costes fijos (amortización de cabezal y red), que al tratarse de bienes con vida útil relativamente larga tienen valores muy cercanos en 3L y 2L. Como indicador global calculamos el precio ponderado del kg de limón. Se divide el PBE (€ árbol⁻¹) medio entre PBT (kg árbol⁻¹) medio del periodo (PBE/PBT). El tratamiento 3L presentó un valor significativamente superior de 0,367 € kg⁻¹ frente a los 0,341 € kg⁻¹ del tratamiento 2L. Esta diferencia de 0,026 € kg⁻¹ es muy relevante para producción intensiva de limón Fino, ya que se trata de un cultivo con elevadas producciones por hectárea; en nuestro caso supuso un ingreso de 2.631 € ha⁻¹ extras a favor del sistema 3L. En relación a la productividad del agua, lo indicado en cuanto a PBT y PBE se traslada a la productividad técnica y económica del agua. El diseño 3L aunque no mostró diferencias en la PTUA (kg m⁻³) entre ambos tratamientos, presentó una tendencia del 5,5 % superior en el tratamiento 3L (tabla 2). En cambio, la PEUA (€ m⁻³) fue significativamente superior en un 13% en el diseño 3L, lo que indicó la mayor importancia del aspecto económico (tabla 2). Esto fue debido al efecto de incremento productivo sobre el primer corte y, en consecuencia, sobre el precio medio del producto. Por lo tanto, el uso de una tercera manguera portagotos en el tratamiento 3L podría ser una solución fácil y sencilla para aumentar la precocidad de la cosecha y favorecer la rentabilidad de la explotación bajo condiciones semiáridas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación FEDER 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.

Referencias

- Brotos, J.M., Manera, F.J., Conesa, A., Porras, I. 2015. Estudio sobre la maximización del beneficio de las empresas productoras de limones teniendo en cuenta la fecha de cosecha de los frutos. *Información técnica económica agraria*. 111 (4), 384-401
- García García, J.; Contreras, F.; Usai, D., Visani, C. 2013. Economic Assessment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting*, 2:45-52
- García García, J. 2014. Análisis del sector del limonero y evaluación económica de su cultivo. Murcia: IMIDA, Consejería de Agricultura y Agua, 142 pp.
- Pérez-Pérez J.G., Dodd I.C., and Botía, P. 2012. Partial rootzone drying increases water use efficiency of lemon ‘Fino 49’ trees independently of root-to-shoot ABA signalling. *Funct. Plant Biol.* 39, 366-378
- Pérez-Pérez, J.G., Robles, J.M., Olivares, L., Arques, E.M., Botía, P. 2019. Cambios en el diseño agronómico del sistema de riego reduce el número de frutos afectados por ‘endoxerosis’ en limonero temprano. I Jornadas de Citricultura. XI Jornadas de Fruticultura SECH. Sevilla, 18 y 19 sept. P-29

Tabla 1. Valores medios de los parámetros productivos de los dos diseños de riego en el periodo (2017-2019)

Media periodo (2017-2019)	Diseño 2L	Diseño 3L	Significación
Limón corte 1º (kg árbol ⁻¹)	55,2	70,4	*
Limón corte 2º (kg árbol ⁻¹)	44,2	41,9	ns
Limón industria (kg árbol ⁻¹)	32,4	27,6	ns
Total (kg árbol ⁻¹)	131,8	139,9	ns

'ns' indica diferencias no significativas; * indica diferencias significativas a P<0.05.

Tabla 2. Resultados medios de PBT, PBE, MB, PTUA y PEUA del periodo (2017-2019)

	Diseño 2L	Diseño 3L	Significación
PBT (kg árbol ⁻¹)	131,8	139,9	ns
PBE (€ árbol ⁻¹)	44,98	51,28	*
MB (€ árbol ⁻¹)	40,24	46,26	*
PBT (kg ha ⁻¹)	54.961	58.338	ns
PBE (€ ha ⁻¹)	18.756	21.387	*
MB (€ ha ⁻¹)	16.782	19.289	*
PBE/PBT (€ kg ⁻¹)	0,341	0,367	***
PTUA Global (kg m ⁻³)	9,44	9,93	ns
PEUA Global (€ m ⁻³)	2,88	3,29	*

'ns' indica diferencias no significativas; * indica diferencias significativas a P<0.05; *** indica diferencias significativas a P<0.001.