

Riego y fertirrigación en frutales

Utilizaciones básicas para la aplicación racional de los fertilizantes

Las necesidades hídricas de los frutales, su sensibilidad en las diferentes estaciones y la importancia de la fertirrigación en la aplicación de los fertilizantes con sistemas de riego localizado, centran el análisis del autor.

● **JOAN GIRONA I GOMIS.** Dr. Ingeniero Agrónomo. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Area de Tecnologia Frutícola.



Si entendemos el riego como un aporte de agua para satisfacer las necesidades de las plantas cultivadas, es evidente que su primera finalidad es la de alimentar hídricamente a la planta, a la vez que permitir la absorción de los elementos minerales esenciales para el crecimiento y productividad de las plantas, a través de las raíces. Otras finalidades del aporte de agua serían el lavado del suelo (especialmente en aquellos casos en que existe una importante presencia de sales, en el suelo o en la propia agua de

agua de riego), la preparación de un terreno para facilitar algunas labores, los riegos refrescantes, los riegos antiheladas, etc.

Para satisfacer correctamente las necesidades de agua de las plantas cultivadas, es de vital importancia el:

1. Conocer la demanda de agua de los árboles frutales.

2. Disponer de un sistema de riego que pueda aplicar el agua en las condiciones idóneas.

Para hacer una aplicación correcta del agua de riego hay que tener una instalación que se adecue específicamente a las

características de nuestra plantación (muy especialmente en el caso de frutales). Aún no siendo éste el objetivo del presente artículo, sí hay que enfatizar el que tan sólo con un buen diseño agronómico e hidráulico de las instalaciones de riego lograremos una correcta aplicación del agua (Pizarro, 1987). Un cuidado preventivo de las instalaciones de riego, que eviten obturaciones, al igual que un manejo meticuloso de las mismas, es igualmente imprescindible para aplicar el agua de forma correcta.

La determinación de las necesidades hídricas de los árboles frutales, es quizás un

CUADRO I. COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) PARA ARBOLES FRUTALES SEGUN FAO 024 (Doorenbos y Pruitt, 1977)

| | Con cubierta vegetal | | | | | | | | | | Sin cubierta vegetal | | | | | | | |
|---|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Mr | Ab | My | Jn | Jl | Ag | Sp | Oc | Nv | Mr | Ab | My | Jn | Jl | Ag | Sp | Oc | Nv |
| Inviernos fríos con heladas letales: La cubierta vegetal empieza a formarse en abril | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manzanas y cerezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vientos débiles húmedos | | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 0.85 | | | 0.45 | 0.55 | 0.75 | 0.85 | 0.85 | 0.80 | 0.60 | |
| Vientos fuertes secos | | 0.45 | 0.85 | 1.20 | 1.35 | 1.35 | 1.25 | 1.00 | | | 0.40 | 0.65 | 0.90 | 1.05 | 1.05 | 1.00 | 0.75 | |
| Melocotones, ciruelas, albaricoques y peras | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vientos débiles húmedos | | 0.50 | 0.70 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.75 | | | 0.45 | 0.50 | 0.65 | 0.75 | 0.75 | 0.70 | 0.55 | |
| Vientos fuertes secos | | 0.45 | 0.80 | 1.10 | 1.20 | 1.20 | 1.15 | 0.90 | | | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 0.95 | 0.95 | 0.90 | 0.65 | |
| Inviernos fríos con heladas ligeras: Sin latencia en la cubierta vegetal de gramíneas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manzanas, cerezas y nogal | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vientos débiles húmedos | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.05 | 0.85 | 0.80 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.85 | 0.80 | 0.80 | 0.75 | 0.65 |
| Vientos fuertes secos | 0.85 | 1.05 | 1.20 | 1.35 | 1.35 | 1.35 | 1.25 | 1.00 | 0.85 | 0.50 | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.75 |
| Melocotones, ciruelas, albaricoques, peras, almendras y pacanas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vientos débiles húmedos | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.80 | 0.80 | 0.55 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.70 | 0.70 | 0.65 | 0.55 |
| Vientos fuertes secos | 0.85 | 1.00 | 1.10 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.15 | 0.95 | 0.85 | 0.50 | 0.75 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.85 | 0.80 | 0.70 | 0.55 |

aspecto menos desarrollado, divulgado y conocido de lo que lo pueda ser la parte hidráulica de las instalaciones de riego, pero de suma importancia para una fruticultura competitiva. Las múltiples implicaciones que el agua tiene sobre los procesos productivos de los árboles frutales y su repercusión en los años venideros (Feres y Goldhamer, 1990), hace que su estudio sea complicado y a veces con resultados difíciles de aplicar en la práctica.

Este trabajo pretende aportar cierta información sobre las necesidades hídricas de los árboles frutales, su sensibilidad estacional al déficit hídrico y la importancia de la fertirrigación en la aplicación de fertilizantes cuando se utilizan sistemas de riego localizado.

Requerimientos hídricos de los árboles frutales

El total de agua evaporada de la superficie del suelo y del agua transpirada por las hojas (o masa vegetal), durante un período determinado, se conoce por el nombre de evapotranspiración (ET) (Doorenbos y Pruitt, 1977). El conocimiento de las



Parcela de melocotonero donde se realizó el ensayo de RDC (Lleida).

necesidades hídricas de los cultivos es un aspecto importante para obtener producciones satisfactorias sin que se haya de desperdiciar grandes cantidades de agua y nutrientes, o someter al cultivo a condiciones

de asfixia radicular. Cuando las disponibilidades de agua para el uso agrícola no son limitantes, el riego con los requerimientos máximos ($ET_{m\acute{a}x}$) puede ser práctica generalizada y la determinación de estos valo-



Cualquiera que sea el cultivo, T-Tape® TSX® ya lo está regando.

Es así de cierto. No hay otra cinta en el mundo que riegue más hectáreas ni más cultivos que T-TAPE® TSX®. Aguanta las condiciones más duras y distribuye el agua, abonos y los productos fitosanitarios ... con precisión y garantía. Ideal tanto para recorridos largos como cortos, en superficie o enterrada. **Es T-TAPE TSX, la cinta más resistente de la tierra.**



Líder mundial en cintas de riego

Con la garantía y seriedad de:



Tel.: (93) 759 27 61
Fax: (93) 759 50 08
08340 - Villassar de Mar

Suplemento Riegos

res un objetivo en los programas I+D. No obstante, existen situaciones donde es imposible o no aconsejable satisfacer estas necesidades hídricas, ya sea por la falta de agua, por planteamientos ecológicos que induzcan a reducir la contaminación de acuíferos limitando las infiltraciones de agua y fertilizantes, o donde se pretenda la manipulación del cultivo por medio de la restricción de los suministros hídricos, puesto que el uso de la $ET_{máx}$ no necesariamente coincide con la máxima producción.

Métodos tradicionales

El valor de la ET depende fundamentalmente del clima, del cultivo (especie), de la variedad, de su edad, de la densidad de plantación, de las características del suelo, del sistema de riego, de las técnicas de cultivo, de la situación y orientación de la parcela, y probablemente de muchos otros factores (Ferrerres *et al.*, 1981a; Loomis, 1983; Ungear y Steart, 1983). Dado que no existen modelos que integren el conjunto de los factores enumerados anteriormente, se



Sensor de medición de las variaciones de diámetro del tronco.

han desarrollado un gran número de modelos empíricos, para predecir el consumo de agua de los cultivos, basados en datos del clima (Bowen, 1926; Penman, 1948; Blaney y Criddle, 1950; Van Bavel, 1966; Campbell y Phene, 1976; Doorenbos y Pruitt, 1977; Monteith y Unsworth, 1990). Alguno de estos modelos hacen la estimación del total de agua evaporada de la superficie del suelo y del agua transpirada por una cubierta vegetal (césped) de unos

10 cm de altura, que se conoce por el nombre de evapotranspiración de referencia (ETo) (Doorenbos y Pruitt, 1977). En California, a finales de los 70, se puso en funcionamiento una red de estaciones agroclimáticas «California Irrigation Management Information System» (CIMIS) (Snyder *et al.*, 1985, Pruitt *et al.*, 1986) destinadas fundamentalmente a facilitar información instantánea de la ETo determinada en base a la ecuación modificada de Penman (Phene *et al.*, 1986) y a partir de aquella las necesidades totales de cada cultivo (ETc) aplicando los correspondientes coeficientes de cultivo (Kc) ($ETc = ETo \times Kc$) (Wright, 1982; Phene *et al.*, 1985). Este soporte de información se ha extendido

a otros países, y en la actualidad en diferentes regiones de España se puede encontrar redes de estaciones agroclimáticas que ofrecen sus datos a consulta pública, ejemplo de ello podrían ser la red de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 1994).

Dado que la ETo engloba únicamente los factores del clima, el resto de factores (la especie, la variedad, la edad, la densidad de plantación, las características del suelo y del sistema de riego, las técnicas de cultivo, la situación y orientación de la parcela, la carga de frutos y probablemente de muchos

otros factores) deberían estar integrados en los valores de los Kc .

Esto implicaría disponer de una cantidad interminable de valores Kc , lo cual es ciertamente imposible. No obstante, si que al programar el riego, además de utilizar los Kc correspondientes, deberían tenerse en cuenta las anteriores consideraciones y corregir en cierta medida los valores resultantes con el fin de adaptar la programación a las condiciones de nuestra parcela.

Aunque las necesidades de agua de los árboles frutales se han determinado para las especies más importantes (Doorenbos y Pruitt, 1977; Worthington *et al.*, 1984; Goldhamer y Snyder, 1989; Caspari *et al.*, 1993; Girona y Marsal, 1995; Girona *et al.*, 1995), hay evidencia que los valores de la ETo no se correlacionan con los de la ETc -árboles con la misma bondad con la que lo hacen con la ETc -herbáceos, especialmente para los valores altos de demanda hídrica en los que hay una sobre estimación de la ETo , probablemente debido a la diferente forma con que absorben la radiación los cultivos de cobertura completa y aquellos que se organizan en filas, como los árboles frutales (Valancogne *et al.*, 1990). Sin embargo, el valor de la ETo se sigue usando en árboles para estimar las necesidades máximas del cultivo, que se asume son aquellas que producirán la máxima producción. La evaluación de la ETc se ha desarrollado en base a la presencia de agua en el suelo de tal forma que éste no sea un factor limitante (Doorenbos y Pruitt, 1977). En este caso se esperaría la máxima producción de biomasa (raíces, ramas, hojas y tallos) (Bradford y Hsiao, 1982) pero, con la excepción de unos pocos cultivos herbáceos, no necesariamente la máxima producción del producto deseado (frutos, granos, ...).

Siguiendo con esta metodología, que se basa en la expresión:

$$ETc = ETo \times Kc$$

BOMBAS Programa de Fabricación



SERIE CMP



SERIE IR



SERIE NCB



SERIE INOX M



SERIE CMK



SERIE CWM



SERIE PD-RW



SERIE S-NR-NF



AIGUAPRES, S.L.
C/ Los Centelles, 40 y 42.
46006 VALENCIA
Tels.: (96) 341 34 76
Fax: (96) 341 15 32

BETICA DE BOMBEO, S.L.
Pol. Ind. NAVISUR.
C/ Narciso, 61
41907 Valencina de la
Concepción (Sevilla)
Tels.: (95) 599 77 42
Fax: (95) 599 77 40

FRANCISCO DEL PINO, S.L.
Pol. Ind. JUNCARIL
C/ B - Par. R-61
18220 Albolote (Granada)
Tels.: (958) 46 57 59
Fax: (958) 46 73 48



Detalle del sistema de riego en la parcela del melocotonero.

Si conocemos la ETo de una estación agroclimática cercana, o la Evaporación (Ep) de un tanque evaporímetro de donde, aproximadamente, podemos determinar la ETo ($E_{To} = E_p * 0,7$), tan sólo requerimos de un valor de Kc para la determinación de la ETc. En el **cuadro I** se presentan los valores de Kc, para árboles frutales, recomendados por FAO, y en el **cuadro II**, algunos valores de Kc adaptados a la evolución estacional de los cultivos. Obsérvese que los coeficientes de cultivo del **cuadro II** se ajustarían más al ciclo anual de cada una de las especies y variedades estudiadas.

Una vez determinado el valor de la ETc (mm/día), es necesario corregir estos valores en función de la eficiencia de aplicación del sistema de riego y de las necesidades de lavado de suelo. El valor resultante serán las Necesidades Netas de Riego (NNR) expresadas en mm.

Con el ejemplo siguiente se puede con-

CUADRO II. COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc) ADAPTADOS PARA ALGUNOS ARBOLES FRUTALES

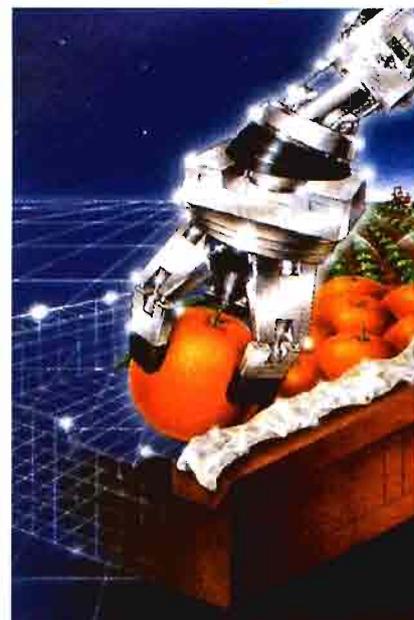
| | Melocotón Agosto | Melocotón Tempran. | Almendra |
|---------------|------------------|--------------------|----------|
| 1-feb-15-feb | 0.20 | 0.20 | - |
| 16-feb-28-feb | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 1-mar-15-mar | 0.25 | 0.25 | 0.35 |
| 16-mar-31-mar | 0.30 | 0.25 | 0.45 |
| 1-abr-15-abr | 0.45 | 0.45 | 0.65 |
| 16-abr-30-abr | 0.60 | 0.65 | 0.65 |
| 1-may-15-may | 0.70 | 0.85 | 0.75 |
| 16-may-31-may | 0.80 | 1.00 | 0.85 |
| 1-jun-15-jun | 0.90 | 1.00 (C) | 0.91 |
| 16-jun-30-jun | 0.95 | 0.85 | 0.93 |
| 1-jul-15-jul | 1.05 | 0.85 | 0.94 |
| 16-jul-31-jul | 1.05 | 0.85 | 0.97 |
| 1-ago-15-ago | 1.05 (C) | 0.80 | 1.05 |
| 16-ag-31-ago | 0.85 | 0.80 | 1.05 (C) |
| 1-set-15-set | 0.75 | 0.80 | 0.84 |
| 16-set-30-set | 0.70 | 0.70 | 0.80 |
| 1-oct-15-oct | 0.60 | 0.70 | 0.60 |
| 16-oct-31-oct | 0.55 | 0.65 | 0.55 |
| 1-nov-15-nov | 0.50 | 0.50 | 0.40 |
| 16-nov-30-nov | 0.45 | 0.45 | 0.40 |

Adaptado de diferentes trabajos sobre requerimientos hídricos de los cultivos arbóreos realizados en el IRTA.

(C) Momento de la cosecha.

Fruto del Progreso

EUROAGRO'98



Valencia 22 al 25 de abril 1998

EUROAGRO'98 es el «fruto del progreso».

Exponga este año y asegúrese, con todas las garantías, sus expectativas de futuro en:

- **Producción Agraria**
- **Sistemas de Riego**
- **Tecnología Post-cosecha**
- **Frutas, Cítricos y Hortalizas**

En **EUROAGRO'98** le espera la más completa exposición del ámbito hortofrutícola internacional. Una cita a la que no puede faltar ningún profesional del mundo agrario. Venga a **EUROAGRO'98** y descubrirá las últimas novedades técnicas, de producto y de distribución.

**Valencia
del 22 al 25
de abril 1998**



EUROAGRO

FERIA INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN,
TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN AGRARIA



INFORMACIÓN: FMI - EUROAGRO

Avda. de las Ferias, s/n • E-46035 Benimámet (Valencia) Apdo. (P.O. Box) 476 • E 46080 Valencia
Tel.: 34 (9) 6 - 386 11 00 / Fax 34 (9) 6 - 363 61 11 - 364 40 64 • Tlx. 62435 FERIA E
Telégrafo (cable) FERIARIO / Código IBERTEX (code): *COCINV#

cretar el procedimiento expuesto, a la vez que trasladar los valores de Necesidades de riego a horas de funcionamiento de un sistema de riego localizado.

Ejemplo Plantación Frutícola:

Especie: Melocotoner

Varietal: «Spring Lady» (cosecha a finales de mayo, primeros de junio).

Marco de Plantación: 5 × 3.

Suelo: Superficial (40-60 cm de suelo explorable por las raíces).

Baja capacidad de retención de agua.

CE del agua de riego: 0,5 dS m⁻¹

Necesidades de lavado del 5%.

Francción de lavado FL: 0,08

Sistema de riego: Localizado (4 goteros de 4 l/h por árbol).

Eficiencia del sistema de riego: 0,92 (Ef)

Semana de cálculo: 2.ª semana de mayo.

ET₀: 4,5 mm/día (media de la semana anterior).

Kc: 0,85 (cuadro II).

Pe: (precipitación) 0 mm (días sin lluvia).

$$ET_c = ET_0 \times K_c = 4,5 \text{ mm/día} \cdot 0,85 = 3,825 \text{ mm/día}$$

$$NR = ET_c - Pe = 3,825 - 0 = 3,825 \text{ mm/día}$$

$$NNR = NR / ((1 - FL) \cdot Ef) = 3,825 \text{ mm/día} / ((1 - 0,08) \cdot 0,92) = 4,52 \text{ mm/día}$$

Cómo transformar estos 4,52 mm/día en horas de funcionamiento del sistema de riego:

Pluviometría del sistema de riego: PSR

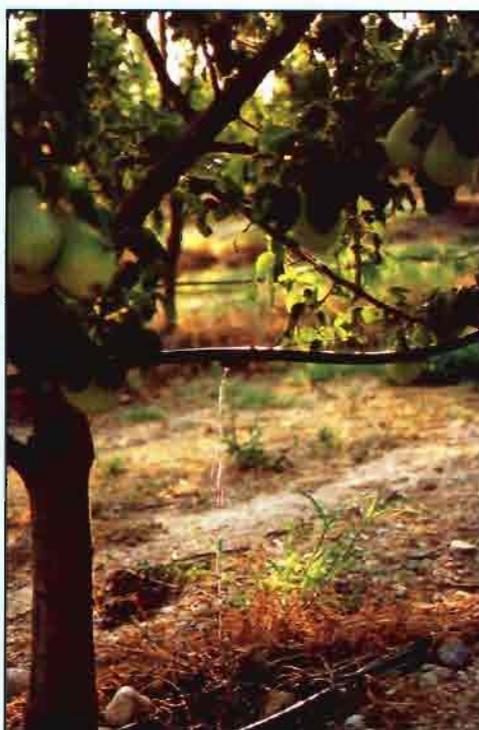
$$PSR = SA / (NGA \cdot Qi)$$

siendo SA la superficie del árbol, NGA el número de goteros por árbol y Qi el caudal unitario de los emisores.

$$PSR = (5 \text{ m} \times 3 \text{ m}) / (4 \cdot 4 \text{ l/h}) = 16 \text{ l/h} / 15 \text{ m}^2 = 1,067 \text{ l/m}^2 \text{ h (o mm/h)}$$

El número total de horas de funcionamiento del sistema será:

$$\text{Horas} = NNR / PSR = 4,52 \text{ mm/día} / 1,067 \text{ mm/h} = 4,24 \text{ h/día}$$



Detalle del sistema de riego en la parcela de peral (Corbins, Lleida).

Tiempo de funcionamiento del sistema: 4 h y 14 min.

Información y tablas complementarias para el desarrollo de esta metodología se encuentran en la publicación FAO024 (Doorenbos y Pruitt, 1977)

Nuevos enfoques orientados a aumentar la eficiencia en el uso de agua

Habiendo sido estimadas las necesidades máximas de agua para algunos cultivos, el siguiente paso debe dirigirse a mejorar el ratio «cosecha/agua aplicada» definido como eficiencia en el uso del agua (water use efficiency) (WUE) (Loomis, 1983).

Algunos trabajos experimentales para mejorar el WUE se han basado en la reducción de agua en porcentajes fijos respecto a los requerimientos máximos a lo

largo del ciclo anual (Garnier y Berger, 1985 [melocotonero]; Goldhamer *et al.*, 1985 [pistachero], 1989 [nogal]). Otros ensayos se basaron en regar cuando se obtenían valores de potencial mátrico en el suelo que superaban límites preestablecidos (Uriu, 1965 [melocotonero]; Layne *et al.*, 1981 [melocotonero]; Li *et al.*, 1989.a [melocotonero]; Michelakis *et al.*, 1994 [olivo]), o cuando el agua disponible del suelo se situaba por debajo de unos niveles determinados (Lötter *et al.*, 1985 [manzano]; Assaf *et al.*, 1975 [manzano]), acorde a variaciones micrométricas del tamaño de ramas, troncos y/o frutos (Huguet, 1985; Li y Huguet, 1989 [melocotonero]), en base a índices de estrés como el «crop water stress index CWSI» (Garrot *et al.*, 1993 [pecanero]) o utilizando equipos para determinar velocidades o flujos de savia y testando varias hipótesis de optimización (Caspari *et al.*, 1993 [peral asiático], Green y Clothier, 1989 [kiwi y manzano], Valancogne y Nasr, 1989 [manzano], Cohen y Fuchs, 1989 [cítricos]). En todos estos estudios se observó una reducción de la producción a medida que el total de agua aplicada disminuía por debajo de las necesidades máximas. En el caso del pistachero y del nogal la reducción de producción no fue en el mismo año, sin embargo, en árboles de fruta de hueso y pepita el efecto de la reducción de agua en la producción se dejó notar dentro del mismo año.

Una nueva estrategia para mejorar el WUE fue la puesta en práctica de los calendarios de riego deficitario controlado (RDC) (Chalmers *et al.*, 1981 [melocotonero]; Fereres *et al.*, 1981b [almendro]; Irving y Drost, 1987 [manzano]; Li *et al.*, 1989b [melocotonero]; Mitchell *et al.*, 1989 [peral]; Castel y Buj, 1990 [cítricos]; Lavee *et al.*, 1990 [olivo]; Ozyilmaz y Ozkara, 1990 [olivo]; Goldhamer y Viveros, 1991, Girona *et al.*, 1994 [almendro]; Caspari *et al.*, 1994 [peral asiático]; Girona *et al.*, 1993 [melocotonero]; Girona *et al.*, 1995 [melo-



Detalle del sistema de riego y de la zona humedecida por los microaspersores.

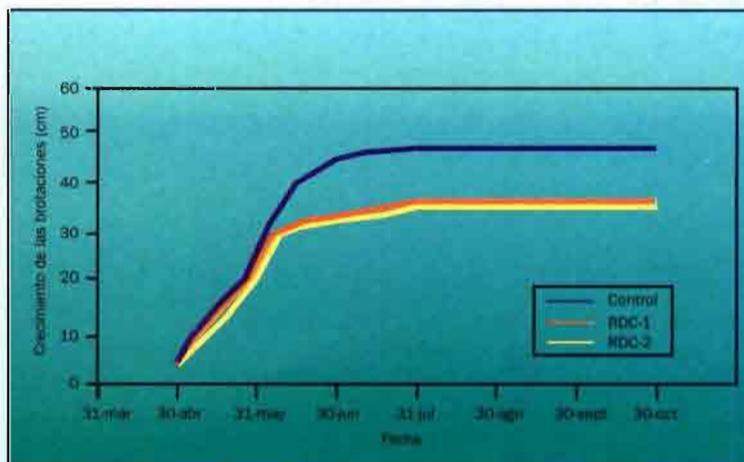


Fig. 1. Evolución estacional del crecimiento de las brotaciones en respuesta a los tratamientos de riego aplicados en melocotonero (Girona *et al.*, 1995).



Parcela de almendros donde se realizó el ensayo de requerimientos hídricos.

cotonero). Estas estrategias se basan en reducir los aportes hídricos en aquellos momentos en que el estrés hídrico no afecta (o afecta menos) a la producción final. Con este enfoque se han obtenido algunos resultados prometedores, donde reducciones importantes de agua parecen mermar poco o nada la producción. En el caso del melocotonero las estrategias de riego deficitario tienden a reducir el crecimiento de las ramas como consecuencia de una limitación del agua durante la fase II del crecimiento del fruto y después de la cosecha, lo cual no tan solo mejora la eficiencia en el uso del agua sino que también permite un mayor control del crecimiento vegetativo, especialmente en plantaciones de alta densidad (Chalmers *et al.*, 1981; Girona *et al.*, 1995).

Dos ejemplos (uno en melocotonero y otro en almendro) pueden servir para demostrar la utilidad de las denominadas estrategias de RDC.

Melocotonero

En una parcela de melocotoneros de 4 años de edad (variedad «Sudanell») situada en la zona del Baix Segre (Lleida) se aplicaron diferentes tratamientos de riego: Control (regar al 100% de la ETc), RDC-2 (regar al 100% de la ETc durante todo el ciclo de cultivo, excepto durante la fase de endurecimiento del hueso (20 días del mes de junio)) y RDC-1 (regar al 100% de la ETc durante todo el ciclo de cultivo, excepto durante la fase II de crecimiento del fruto (30 días en el mes de junio)).

Los resultados productivos fueron superiores en los tratamientos de RDC, especialmente en RDC-1. Los resultados del cuadro III muestran que el factor deter-

minante de la mayor producción en RDC-1 fue el número de frutos cosechados, lo que implica que la caída de frutos durante la fase III de crecimiento del fruto fue menor, ya que a finales de fase II (finales de junio) todos los árboles tenían el mismo número de frutos.

Obsérvese que el peso medio de los frutos fue similar para todos los tratamientos, aún cuando al final los tratamientos de RDC tenían más frutos por árbol, y que además había una mejora significativa en la distribución de calibres y en la dureza del fruto.

Igualmente se obtuvieron resultados positivos en la reducción de los crecimientos vegetativos excesivos, siendo las brotaciones de los árboles sometidos a RDC un 33% más cortas que las de los árboles Control (fig. 1).

Almendro

El almendro es una especie que tradicionalmente se cultiva en secano, pero que tiene una respuesta productiva altamente satisfactoria a la aplicación de agua de riego, habiéndose evaluado unas necesidades totales de riego de 990 mm/año para las condiciones de California (Goldhamer, 1996) y de 620 mm/año para las condiciones del litoral mediterráneo (Girona y Marsal, 1995). Dado que en muchas zonas donde se cultiva el almendro no se dispone de estas cantidades de agua, se experimentó la aplicación de diferentes estrategias de aplicación de agua de riego en el almendro.

En una parcela de almendro (variedad principal «Ferragnes») y polinizadores «Ferraduel» y «Cristomorto») de 6 años de edad (al inicio del ensayo), situada en la

zona del Camp de Tarragona (Tarragona) se definieron 4 tratamientos de riego: T-100 (regar con el 100% de la ETc, corregida en función del agua en el suelo y de los valores de potencial de hoja), T-130 y T-70 ([1.3*T-100] y [0.7*T-100], respectivamente) y finalmente un tratamiento de RDC (T-100 desde febrero-marzo a 15 de junio, 0.2*T-100 desde el 15 de junio a cosecha, y T-100 desde la cosecha a finales de octubre).

Obsérvese como aplicando tan sólo un 39% del total de agua en el tratamiento de RDC se obtenían producciones no significativamente diferentes a las obtenidas al aplicar un 65% (T-70) a lo largo del ciclo anual, y tan solo un 21% menores a las obtenidas al aplicar el 100% de los requerimientos hídricos del almendro.

Un estudio de la evolución estacional de los factores controlados (producción, evolución de agua en el suelo, crecimientos de fruto y vegetativos, etc.) puso de manifiesto que los resultados productivos del tratamiento de RDC podrían mejorar considerablemente si se aplicase un riego de invierno.

La fertirrigación

La fertirrigación, o sea la aplicación de los fertilizantes minerales a través del sistema de riego, es el complemento indispensable de las instalaciones de riego localizado. Múltiples son las razones por las que deben aplicarse los fertilizantes por medio de los sistemas de riego localizado, pero quizás las más relevantes son:

Dado que el agua es el vehículo de entrada de los fertilizantes en la planta, si aplicamos los fertilizantes disueltos en el agua, manteniendo concentraciones de fertilizantes más o menos constantes en la disolución del suelo, favoreceremos de forma importante la entrada de los minerales en la planta.

Los sistemas radiculares de las plantas que se riegan por un sistema localizado exploran una limitada porción del suelo, por lo que las reservas de elementos minerales en este suelo tienden a agotarse de forma más rápida que en el caso de riegos que humedezcan un gran volumen de suelo.

También en la demanda de fertilizantes, las plantas tienen momentos de más requerimientos y momentos de menos necesidad, por lo que la utilización de los sistemas de fertirrigación es básica para esta aplicación racional y ajustada de los fertilizantes. ■

BIBLIOGRAFIA

Contamos con una extensísima bibliografía que facilitaremos al lector interesado.