

CAPÍTULO 6

Riego

*Leoncio Martínez B.
Mario Astorga P.*

La adopción de técnicas de riego modernas en el cultivo del olivo es esencial para aumentar la productividad de los huertos, utilizar en forma eficiente los recursos hídricos disponibles y obtener productos de alta calidad. Las prácticas de riego necesariamente, deben ser complementadas con otras para obtener buenos resultados, entre las cuales destaca: densidad de plantación, uso de polinizantes, poda, aplicación de fertilizantes, cosecha y postcosecha.

Este capítulo incluye aspectos de riego por métodos tradicionales y sistemas de riego localizados de alta frecuencia.

Relación suelo-agua-planta

El agua es muy importante para la vida, ya que numerosas reacciones bioquímicas se realizan en este medio como la síntesis de proteínas, lípidos y carbohidratos, elementos estructurales en la formación de nuevos tejidos vegetales (Russell, 1988).

Gran parte de la materia prima necesaria para la fabricación de los tejidos vegetales proviene directamente de la atmósfera. El carbono es aportado por el anhídrido carbónico atmosférico (CO_2), que es captado por la planta a través de las hojas y transformado al interior de ella en hidratos de carbono, proceso conocido como fotosíntesis (Merva, 1995). El intercambio gaseoso de CO_2 y oxígeno (O_2) se realiza por las hojas a través de estructuras denominadas estomas. Cuando los estomas están abiertos, hay intercambio de gases y la fotosíntesis se realiza en plenitud.

Por los estomas abiertos también se pierde vapor de agua, proceso que se conoce como transpiración. Si la transpiración excede al agua absorbida por las raíces, los estomas se cierran para evitar una deshidratación de la planta. En esas condiciones aumenta la resistencia al paso de gases y vapor de agua, y disminuye la fotosíntesis (Deidda et al., 1990).

La apertura de los estomas depende de la energía lumínica incidente, del déficit de presión de vapor del aire (humedad relativa) y del contenido de humedad del suelo. De los tres factores mencionados, la humedad del suelo a través del riego es el único que se puede manejar en gran escala, al menos en términos económicos.

La apertura estomática se produce en la mañana cuando el déficit de presión de vapor es bajo, por lo tanto hay una reducida transpiración y una alta asimilación de CO_2 . A medida que la hora

avanza, hay un aumento de la temperatura del aire y del déficit de presión de vapor (DPV) disminuyendo la fotosíntesis y la transpiración (Giménez et al., 1997). Es natural que en días calurosos especialmente a medio día, los estomas permanezcan cerrados o parcialmente cerrados debido al elevado gradiente de humedad existente entre la atmósfera y el interior de la hoja (Fernández et al., 1997), pero los estomas de una planta bien abastecida de agua permanecerán abiertos, en promedio, un mayor número de horas durante la temporada de crecimiento que una planta con problemas de abastecimiento de agua. Aquellas plantas bien regadas dispondrán de más "materia prima" para la fabricación de nuevos tejidos vegetales lo que se refleja en mayor crecimiento vegetativo del árbol y por consiguiente mayor crecimiento y producción.

Un buen estado hídrico de las plantas produce mayor crecimiento vegetativo (Michelakis et al., 1994), producción (Arzani y Arji, 2000; Deidda et al., 1990; Lavee y Schatel, 1999; Pastor et al., 1999), número de frutos por árbol (D' Andría et al., 1999; Michelakis, 1990; Pastor et al. 1998), tamaño de frutos (D' Andría et al., 1999; Michelakis, 1990), porcentaje de aceite (Lavee y Wodner, 1991; Pastor et al. 1998 y 1999) y un aumento en la relación pulpa/hueso (Proielli y Antognozzi, 1996).

El olivo es una especie típica de clima mediterráneo muy tolerante a la sequía (Pastor et al., 1998). El árbol puede sobrevivir en condiciones extremas de falta de humedad, pero su crecimiento vegetativo y productivo serán muy restringidos (Doorenbos y Kassam, 1986).

El requerimiento hídrico del olivo con alta producción, es semejante a muchas otras especies de frutales (Doorenbos. y Kassam, 1986). Goldhamer et al. (1994), aplicaron tasas de riego sobre 8.000 m³/ha/año en olivos variedad Manzanillo, utilizando riego por goteo en el valle de San Joaquín, California, logrando muy buenas producciones respecto a tasas de riego inferiores. Las condiciones donde se realizó el ensayo fueron: suelo de textura franco arenosa con un estrato impermeable a 0,6 m de profundidad y una evapotranspiración potencial anual de 1.300 mm/año. Respecto a los ingresos (\$/ha) del agricultor, encontró una buena correlación entre agua aplicada e ingresos debido a la mejor calidad de los frutos (tamaño). Ferreyra et al., 2001 reportó tasas de riego de 6.500 a 8.500 m³/ha/año en la variedad Azapa, en olivos de ocho años, en la zona de San Felipe, V Región.

En las condiciones agroecológicas del norte chico (Regiones de Atacama y Coquimbo), la evapotranspiración potencial anual es del orden de 1.300 a 1.600 mm/año (Ciren-CNR, 1996) en el sector distante a menos de 60 km de la costa, por lo tanto, las tasas de riego para el olivo son entre 6.000 a 8.000 m³/ha/año.

Respecto a la situación del riego en algunas provincias de España, las tasas utilizadas son inferiores a las estimadas para la III y IV Región debido a la precipitación que es del orden de 500 mm/año o superiores. En estas condiciones, riegos complementarios de 1.500 a 3.000 m³/ha/año son suficientes para obtener buenas producciones (Arzani y Arji. 2000; Castro et al., 1996; Campbell., 1986; Goldhamer, 1999).

Los efectos del déficit hídrico en olivos dependen del tipo de proceso fisiológico. Un déficit hídrico durante todo el año afectará directamente el crecimiento vegetativo del árbol, la producción y calidad de las flores, la cuaja, la caída de frutos previo a la cosecha y el tamaño de los frutos. En el Cuadro 11 se señalan los efectos del déficit hídrico sobre diferentes procesos.

Cuadro 11. Efecto del déficit hídrico en diferentes períodos, sobre diferentes procesos en Olivo

Proceso	Período	Efecto del déficit hídrico
Crecimiento vegetativo	Todo el año	Reducción del crecimiento y del número de flores al año.
Desarrollo de yemas florales	Agosto–octubre	Reducción número de flores.
Floración	Noviembre	Floración incompleta.
Cuajado de frutos	Noviembre–diciembre	Aumenta el añerismo.
Crecimiento inicial del fruto	Diciembre–enero	Disminuye el tamaño de fruto (menor número de células/fruto).
Crecimiento posterior del fruto	Febrero–cosecha	Disminuye el tamaño del fruto (menor tamaño de células del fruto).
Acumulación de aceite	Enero–may	Disminuye el contenido de aceite/fruto.

Fuente: Barranco et al., 1997. Fechas modificadas para el Hemisferio Sur.

Recientes estudios realizados por Ferreyra et al, 2001, Goldhamer, 1999 y Motilva et al., 2000 sugieren la posibilidad de reducir las tasas de riego en algunos períodos fenológicos con el objetivo de disminuir el consumo de agua sin causar pérdidas importantes en la producción. Una disminución de un 50% de la tasa de riego, en el período comprendido entre endurecimiento del carozo y el inicio de la madurez, no afecta la carga frutal (no hay mayor tendencia a la caída de frutos), el peso de los frutos ni el valor comercial de la producción. Esta práctica permite ahorrar entre 30 a 35% de los volúmenes de agua aplicados.

Para promover un déficit hídrico controlado, es necesario considerar algunos factores como: la capacidad de retención de humedad del suelo, el contenido de sales solubles del suelo y el agua, el método de riego utilizado, la lluvia invernal y la disponibilidad de agua para riego. En las condiciones del norte chico, es necesario validar estas experiencias debido a la baja capacidad de retención de humedad de los suelos, la presencia de sales en el perfil y la escasa pluviometría anual.

El riego

El riego es la aplicación artificial de agua al suelo con el fin de suministrar a los cultivos, la humedad necesaria para su desarrollo (Israelsen y Hansen, 1973).

Tres preguntas son relevantes en relación con la práctica del riego: cómo, cuánto y cuándo regar. A continuación, se dará respuesta a cada una de estas interrogantes, para el cultivo del olivo. Debido al carácter general de este artículo, aspectos técnicos específicos deberán ser consultados en literatura técnica especializada.

Cómo regar

Se refiere a los métodos utilizados para regar. En general, los métodos de riego se clasifican en dos grandes grupos: sistemas de riego gravitacionales y sistemas de riego presurizados.

En los métodos de riego gravitacionales, el agua fluye por diferencia de cota entre el lugar donde se recibe el agua y donde se encuentran los árboles. El agua se puede conducir entre las hileras de plantas en forma de tendido, surcos, bordes y tazas. A medida que el agua avanza en el huerto, ésta infiltra humedeciendo el perfil del suelo.

Estos sistemas se caracterizan por su baja eficiencia (relación entre el agua efectivamente utilizada por el cultivo y el agua aplicada al potrero). Los valores de eficiencias de aplicación promedio para diversos métodos de riego gravitacionales y presurizados se indican en el Cuadro 12. Estos valores son sólo de referencia y ayudan a comprender la diferencia entre sistemas de riego gravitacionales y presurizados.

Los sistemas de riego presurizados, presentan eficiencias nominales muy superiores. La menor eficiencia de los sistemas gravitacionales está dada por el agua que se pierde por percolación profunda, por escurrimiento superficial y por la baja uniformidad de aplicación, fuertemente influenciada por el tipo de suelo, la topografía, el caudal disponible y el grado de instrucción y motivación del obrero agrícola.

Cuadro 12. Valores de eficiencia de aplicación promedio para diferentes métodos de riego

Método de Riego	Eficiencia (%)
Tendido	30
Surcos	45
Bordes rectos	50
Bordes en contorno	60
Pretiles	60
Tazas	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Goteo	90

Fuente: CNR, Reglamento Ley N° 18.450.

Los sistemas de riego gravitacionales son de bajo costo de instalación y operación. Las desventajas detectadas son las siguientes:

- Pérdidas de agua por percolación profunda y por escurrimiento superficial.
- Bajo coeficiente de uniformidad, es decir, no todas las plantas reciben la misma cantidad de agua.

- Alto nivel de erosión del suelo.
- Debido a las variaciones de las características físicas del suelo, es muy difícil determinar la frecuencia de riego óptima para cada plantación a lo largo del año.
- Alta incidencia de malezas.

Los métodos de riego presurizados se caracterizan por conducir el agua por tuberías. Existen dos sub-grupos: riego por aspersión, en que el agua se aplica en forma de lluvia, y riego localizado, que corresponden a las aplicaciones gota a gota o en forma de pequeña lluvia, junto a la planta.

Los sistemas de riego por aspersión no son utilizados en Chile para el riego de olivos. Los métodos más utilizados son: goteo y microaspersión.

Estos sistemas se caracterizan por una alta eficiencia en el uso del agua (sobre el 85%) muy alta uniformidad en la aplicación, no hay erosión del suelo, aún en aquellos con fuertes pendientes, disminuye la incidencia de malezas y permite aplicar los fertilizantes por medio del riego (fertirrigación).

Entre los problemas del riego localizado se encuentran:

- Alto costo de instalación.
- Los operarios deben estar capacitados en el uso de esta tecnología.
- Se debe disponer de agua para regar con mayor frecuencia (uso de estanques acumuladores).
- Se requiere disponer de equipos de bombeo para hacer funcionar el sistema (salvo en equipos operados por diferencia de cota entre la fuente de agua y el lugar donde se encuentran los árboles).

Para las condiciones agroecológicas de los valles transversales de las regiones de Atacama y Coquimbo, el riego por goteo es el método que presenta mayores ventajas, dada la eficiencia de aplicación de agua, el manejo de los fertilizantes a través del agua de riego (fertirrigación), y la posibilidad de utilizar suelos que presentan pendientes superiores a 5% y excesiva pedregosidad.

Cuánto regar

Tres son los aspectos más relevantes para determinar la cantidad de agua a aplicar y la frecuencia de riego: evapotranspiración del cultivo, método de riego, y capacidad de retención de humedad del suelo.

Evapotranspiración del cultivo (ETc): es el agua utilizada por el árbol en la transpiración desde las hojas, más el agua que se evapora directamente desde el suelo. El volumen de agua ocupado en las reacciones metabólicas y que pasa a formar parte de los tejidos vegetales es muy bajo, en comparación al utilizado en transpiración y evaporación directa desde el suelo.

La transpiración y la evaporación están determinadas por un fenómeno físico que es el gradiente de humedad entre la atmósfera y el interior de la hoja (transpiración) o la superficie del suelo

(evaporación), término que se conoce como déficit de presión de vapor (DPV). La concentración de vapor de agua en la atmósfera a una determinada temperatura, término conocido como "humedad relativa", es menor que al interior de la hoja (cercana al 100%). El agua se mueve desde donde hay mayor humedad relativa hacia donde hay menor humedad relativa, por lo tanto, el agua pasa desde el interior de las hojas, a través de las estomas hacia la atmósfera.

El déficit de presión de vapor está gobernado por factores físicos de la atmósfera como es la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento (Campbell, 1986).

Los parámetros descritos (temperatura, viento, etc), también afectan la evaporación de agua desde un estanque, al igual como sucede con la evapotranspiración, por lo tanto, midiendo la evaporación desde un estanque, se puede estimar el agua utilizada por el cultivo. La bandeja de evaporación Clase A es el instrumento utilizado para estimar la ETc. Existe una relación directa entre la evaporación de bandeja (EB) y la Evapotranspiración del cultivo.

Midiendo la temperatura del aire, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento en forma individual, se puede estimar la evapotranspiración del cultivo utilizando modelos matemáticos, como Penman-Monteith, Blannet y Criddle y Turc, entre otros. (Hatfield y Fuchs, 1990). Este es el principio de utilización de estaciones meteorológicas automáticas.

Para conocer ETc a partir de EB se debe realizar algunas operaciones aritméticas sobre la base de algunos coeficientes de correlación. La Ecuación 1 define ETc a base de la EB (Doorenbos, y Pruitt, 1977).

$$ETc = K_b \times K_c \times EB \quad (1)$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Kb = Coeficiente de instalación de bandeja

Kc = Coeficiente de cultivo

EB = Evaporación de Bandeja clase A instalada siguiendo norma de FAO.

La evaporación de bandeja (EB), para el área olivícola del valle de Huasco, y de localidades de la IV Región se señalan en el Cuadro 13.

En el valle del Huasco la olivicultura se concentra fundamentalmente en las comunas de Freirina y Huasco, zona fuertemente influenciada por el mar. En el área comprendida entre Maitencillo, por el Este, y el océano Pacífico, los valores más altos de EB (5,0 a 5,2) mm/día corresponden a los meses de diciembre y enero, y los más bajos se registran en junio y julio con EB de 3,2 mm/día en Huasco.

En la región de Coquimbo, las plantaciones de olivos se encuentran principalmente en la zona de Cerrillos, Camarico y Talhuén, con algún grado de influencia costera; mientras que Combarbalá, Hurtado, Pichasca y Rapel son localidades del interior. En Combarbalá, la EB de enero casi duplica a la registrada en ese mismo mes en el valle del Huasco, mientras que en Illapel la EB de julio apenas alcanza a 1,42 mm/día.

Cuadro 13. Evaporación de Bandeja (EB), distintas localidades evaluadas por INIA.

Mes	Camatíco	Cerrillos	Combarbala	Hurtado	Pichasca	Puntaqui	Rapel	Illapel	Maintencillo a Huesco
Ene.	8,4	7,9	10,0	8,6	9,2	8,1	9,5	9,4	5,2
Feb.	8,6	7,5	9,5	8,5	9,5	7,3	9,1	8,4	4,8
Mar.	6,0	5,9	8,9	6,7	7,5	5,3	7,1	6,3	4,2
Abr.	3,4	3,8	7,7	5,0	5,9	3,4	5,1	3,9	3,9
May.	1,9	2,2	4,7	3,1	3,3	2,0	3,1	2,2	3,4
Jun.	1,4	1,8	4,2	2,5	2,7	1,3	2,5	1,6	3,2
Jul.	1,3	1,7	4,2	2,7	2,8	1,5	2,5	1,4	3,2
Ago.	1,8	2,2	4,1	3,8	3,1	1,8	4,4	2,0	3,4
Sep.	2,5	3,0	5,4	4,4	3,5	3,4	5,5	3,0	3,9
Oct.	4,4	5,1	7,4	6,8	5,8	3,5	6,2	5,1	4,2
Nov.	6,2	7,0	8,1	8,2	8,2	7,3	7,4	7,5	4,6
Dic.	8,0	7,7	8,9	8,2	9,2	9,4	8,4	9,2	5,0

Coefficiente de bandeja (Kb): este coeficiente es función de las condiciones ambientales del lugar donde se instala la bandeja Clase A. El viento, la humedad relativa y la presencia o ausencia de vegetación en las cercanías determina el valor de Kb. En general, el Kb está en el rango de 0,65 a 0,70.

Coefficiente de cultivo (Kc): el coeficiente de cultivo, es función de la morfología del cultivo (forma y tamaño de la hoja, índice de área foliar, densidad y forma de los estomas) y del período fenológico. En el Cuadro 14, se indican valores de Kc para el olivo utilizados en España. Al respecto, Goldhamer (1999) obtuvo buenos resultados en términos productivos y económicos utilizando valores de Kc como los señalados, en un área donde la evapotranspiración potencial es del orden de 1.300 mm/año y una pluviometría anual de 100 mm, situación muy semejante a las condiciones ambientales donde se cultiva el olivo en la III y IV Región.

El valor de Kc es muy útil para estimar el requerimiento de agua del cultivo, pero tiene una importancia secundaria en la determinación del volumen de agua a aplicar, el cual es afectado

muy fuertemente por la eficiencia de utilización del agua, siendo muy importante el método de riego utilizado, el método de medición de la evaporación de bandeja y el grado de instrucción del regador.

Cuadro 14. Coeficientes de cultivo para el olivo

Período Fenológico	Coefficiente Kc
Receso invernal	0,40 – 0,55
Floración	0,60
Brotación	0,65
Engorda	0,65
Cosecha	0,60

Fuente: Martínez y Tapia, 2002.

Ejercicio: un huerto en la comuna de Freirina cuyo marco de plantación es 8x8 m, los árboles tienen un diámetro de copa promedio de 6 metros. El período fenológico es cercano a la cosecha y la evaporación de bandeja fue de 4,8 mm ¿Cuánto es el requerimiento de agua?

Solución: el coeficiente de bandeja (Kb) es 0,70 (bandeja con vegetación a su alrededor) y el coeficiente de cultivo es 0,60 (Cuadro 14). La E_{Tc} esta dada por la Ecuación 1, entonces:

$$E_{Tc} = 0,70 \times 0,60 \times 4,8$$

$$E_{Tc} = 2,02 \text{ mm/día}$$

Nota: 1 mm = 1 lt/m² = 10 m³/ha

Respuesta: la evapotranspiración del cultivo para las condiciones del ejercicio es 2,02 mm/día, o bien que un huerto de una hectárea perdió a la atmósfera 20,2 m³/día, entre el agua evaporada directamente desde las hojas (transpiración) y del suelo (transpiración).

Aunque los coeficientes Kb y Kc son dinámicos en el tiempo, una buena aproximación se obtiene utilizando el valor 0,50 para el conjunto de coeficientes cuando se utilizan sistemas de riego gravitacionales. Este procedimiento tiende a simplificar el proceso, aún cuando sobrestima el consumo de agua, especialmente en invierno y en aquellos huertos con baja incidencia de malezas.

Ejercicio: *estimar ET_c asumiendo que el valor 0,50 reemplaza los valores de coeficientes K_b y K_c .*

Solución:

$$ET_c = 0,50 \times 4,8$$

$$ET_c = 2,40 \text{ mm/día}$$

Respuesta: *la evapotranspiración del cultivo para las condiciones del ejercicio es 2,40 mm/día (24,0 m³/ha/día).*

La diferencia porcentual entre ambas soluciones es cercana al 20%. En el segundo caso, la ET_c excede en 0,4 mm, que representa una cantidad de agua equivalente a 4 m³/ha/día.

Eficiencia del método de riego: la cantidad de agua a aplicar (H_a) es función de la evapotranspiración del cultivo y de la eficiencia del método de riego (Ecuación 2).

$$H_a = \frac{ET_c}{E_f} \quad (2)$$

Los valores de eficiencias para diferentes métodos de riego se señalan en el Cuadro 12.

A pesar que pueden existir errores en el proceso de estimar ET_c al asumir un valor de 0,50 para el conjunto de coeficientes, estos son de pequeña magnitud en comparación a los errores observados al estimar la eficiencia de aplicación (E_f).

Ejercicio: *se riega un huerto de olivos con sistema de riego por surcos. La eficiencia real del sistema es 40%. ¿Cuánta agua debo aplicar conociendo que la Evapotranspiración acumulada en 10 días fue 25 mm?*

Solución:

$$H_a = \frac{25}{0,4}$$

$$H_a = 62,5 \text{ mm}$$

Respuesta: *se debe aplicar 62,5 mm de altura de agua, equivalente a 625,0 m³/ha. De esa cantidad de agua, sólo 250 m³/ha fueron aprovechados directamente por el cultivo, el resto se perdió fundamentalmente por escurrimiento superficial y por percolación profunda.*

Cuando un sistema de riego presurizado funciona en el rango alto de eficiencias, sobre 90%, es muy conveniente preocuparse en detalle de los coeficientes para determinar la evapotranspiración

del cultivo (Kb y Kc). Un ajuste de coeficiente individual para condiciones específicas puede originar ahorro de agua, disminución de los costos de operación y un mejoramiento de las condiciones de suelos que afectarán positivamente el desarrollo del cultivo.

En condiciones de riego presurizado, también se debe considerar el área de sombra de la copa del árbol en relación con el marco de plantación, expresado en porcentaje (%). Esto tiene especial importancia en huertos jóvenes, donde el tamaño del árbol está lejos de alcanzar su pleno desarrollo. Cuando el área sombreada es igual o superior al 90%, se considera el 100% de la evapotranspiración del cultivo, cuando es menor de 90%, utilizar los valores del Cuadro 15.

Castro et al., 1996 (4), facilita el procedimiento de cálculo y sugiere utilizar un coeficiente de área sombreada igual a 1,0 cuando el porcentaje de sombreadamiento es superior a 50.

El coeficiente de sombreadamiento Ks, es función del tamaño de los árboles y de la densidad de las plantas (árboles por hectárea). El área sombreada (As) se calcula multiplicando la proyección de la copa sobre el suelo por la densidad de plantas (Ecuación 3).

$$As (\%) = \frac{3,14 \times D^2 \times N}{400} \quad (3)$$

Donde:

- As(%) = Porcentaje de área sombreada
- D = Diámetro de la copa (m)
- N = Número de árboles por hectárea.
- 400 = Constante para transformación de unidades

Cuadro 15. Valores de coeficientes de sombreadamiento (Ks) en función del % de área sombreada (As)

Porcentaje de sombreadamiento (As)	Coficiente Ks
menos de 10	0,12
20	0,24
30	0,35
40	0,47
50	0,59
60	0,70
70	0,82
80	0,94
90	1,00
100	1,00

Fuente: Keller y Karmelli, 1980.

Adicionalmente se debe corregir los valores de K_s en función del grado de enmalezamiento del huerto. Las malezas también actúan como fuente de pérdida de agua por transpiración. Un huerto de árboles pequeños fuertemente enmalezado, es equivalente en el consumo de agua a un huerto adulto sin malezas, en ambos casos, el valor de K_s es 1,0.

Ejercicio: *se tiene un huerto joven (un año), cuyo diámetro de copa de los árboles es 0,8 metros. El marco de plantación es 8x8 m. ¿Cuánto es el porcentaje de área sombreada y cuál es la Evapotranspiración del cultivo si el huerto esta libre de malezas?*

Solución:

$$As (\%) = \frac{3,14 \times (0,8)^2 \times 156}{400}$$

$$As (\%) = 0,78$$

Respuesta: *el área sombreada es 0,78%, por lo tanto se debe utilizar un coeficiente de sombreadamiento K_s de 0,12 (Cuadro 15). Si anteriormente, la ET_c calculada fue 2,02 mm/día, ahora, la ET_c corregida por el coeficiente de sombreadamiento es $2,02 \times 0,12$. La respuesta es 0,24 mm/día. Si se asume que el desarrollo de raíces no es mas allá de 0,5 metros desde el tronco, el consumo de agua de la planta joven será aproximadamente 200 cc de agua por día.*

Cuándo regar

Respecto a cuándo regar, la pregunta hace referencia a la frecuencia de riego, es decir, cada cuánto tiempo se debe regar.

Para determinar la frecuencia de riego, se debe considerar la evapotranspiración del cultivo y la capacidad de retención de humedad del suelo.

El suelo tiene una cierta capacidad de almacenamiento de agua y está dado por la textura del suelo y la profundidad del mismo, el grado de pedregosidad y la profundidad de arraigamiento del cultivo. Si el suelo tiene una profundidad mayor que el límite inferior de crecimiento de raíces, sólo se considera como reservorio el agua disponible en la profundidad de raíces.

Los suelos de texturas arcillosas tienen mayor capacidad de retención de humedad que los suelos de textura intermedia (franco limoso o franco arenoso fino) y los arenosos tienen menor capacidad de retención. En el Cuadro 16 se señala la altura de retención de humedad para diferentes texturas de suelo.

Cuadro 16. Capacidad de retención de humedad para diferentes texturas de suelo.

Textura del suelo	Humedad total utilizable (mm/m)
Arenoso	80 (70–100)
Franco arenoso	120 (90–150)
Franco	170 (140–190)
Franco-arcilloso	190 (170–220)
Arcillo-arenoso	230 (180–230)
Arcilloso	230 (200–250)

Entre paréntesis se presenta el rango de valores posibles de encontrar.

Fuente: Israelsen y Hansen, 1973

Si un suelo, de textura arenosa de 1 metro de profundidad estuviese humedecido completamente, la capacidad de almacenamiento aproximada es de 80 mm/metro, es decir 80 litros por m² de superficie. Si el suelo tiene sólo 60 cm de profundidad, la capacidad de almacenamiento se reduce a 48 litros/m².

La ecuación para determinar la frecuencia de riego es:

$$FR = \frac{Hs \text{ (mm)}}{ETc \text{ (mm/día)}} \quad (4)$$

Donde:

Fr = Frecuencia de riego (días)

Hs = Altura de agua almacenada en el suelo (mm)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Ejercicio: un suelo tiene una capacidad de almacenamiento de 55 mm/m y la evapotranspiración del cultivo durante una determinada época del año es 4 mm/día ¿Cual debe ser la frecuencia de riego?

68

Solución:

$$FR = \frac{55 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}}$$

$$FR = 13 \text{ días}$$

Respuesta: *el riego se debe dar cada 13 días.*

En el ejemplo, se ha asumido que todo el suelo se ha mojado uniformemente hasta una profundidad de 60 cm. Esto es posible de lograr regando por bordes, surcos o tendido.

Cuando se utiliza riego por tazas individuales en donde no todo el suelo se moja en profundidad, la capacidad de almacenamiento del suelo se reduce proporcionalmente respecto al área mojada. Así, si sólo el 50% del suelo se moja, la capacidad de almacenamiento se reduce a la mitad, y manteniendo las condiciones del ejemplo anterior, el tiempo entre riegos se reduciría a 7 días.

En riego por goteo, sólo una fracción del suelo se humedece, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de humedad se reduce significativamente, bajo estas condiciones, la frecuencia de riego debe ser alta, entre 1 y 2 días como máximo en época de alta demanda hídrica.

Es posible hacer un diseño de riego por goteo donde el área mojada sea superior al 50% y así aumentar el número de días entre riegos. Esta solución involucra utilizar mayor cantidad de laterales y emisores por hectárea, mayor caudal de trabajo y por consiguiente mayor diámetro de tuberías y tamaño de bomba, lo que puede duplicar o triplicar el costo de instalación de un sistema de riego presurizado, haciéndolo inviable. Esa es una de las causas que obliga a los diseñadores de equipos a implementar diseños con un 30% del área sombreada de suelo como mínimo. Al disminuir en esa magnitud la capacidad de almacenamiento de agua, obliga a regar todos los días en verano.

El criterio de humedecer en forma efectiva el 30% del área sombreada del árbol es de carácter general, que en lo posible debe ser respetado hasta que surjan nuevos antecedentes que lo modifiquen. En relación con esto último, en evaluaciones realizadas por INIA en el valle de Huasco, en una plantación de olivos de 40 años de edad, espaciados a 10x10 m, sobre suelos franco arenosos, se verificó que cuando la superficie de mojamiento fue inferior al 30%, las producciones fueron bajas con relación a superficies mojadas de 30%. Para lograr el grado de mojamiento deseado, es necesario considerar la utilización de dos o tres hileras de laterales en huertos plantados a baja densidad (8x8 a 10x10 m). Pastor et al. (1998) encontraron una buena correlación entre el número de goteros por planta y la producción expresada en kilos/árbol.

La menor capacidad de retención de humedad también obliga a mantener los equipos en buenas condiciones. Una suspensión del riego por dos semanas en época de verano puede tener un efecto significativo en la producción debido al estrés hídrico a que es sometida la planta. En sistemas de riego localizados, gran parte de las raíces se concentran en no más allá de un metro de distancia medidos desde el tronco (Alegre et al., 1999) y a una profundidad entre 40 y 60 cm (Fernández et al., 1993 y Merva, 1995). La alta densidad de raíces en este volumen de suelo agota rápidamente el agua almacenada en él, produciendo un estrés hídrico de mayor magnitud que si el huerto fuese regado por métodos gravitacionales.

Recomendaciones generales

El olivo es un cultivo muy resistente a la falta de agua. Frente a un año con poca disponibilidad de agua, el árbol no muere, pero sí reduce significativamente su crecimiento y producción.

Durante la temporada, el olivo puede requerir tanta agua como cualquier otro frutal, del orden de 6.000 a 8.000 m³/año/temporada. Debido a la diferencia de eficiencias de aplicación entre

métodos de riego, la cantidad de agua a aplicar utilizando métodos de riego gravitacionales es del orden de 12.000 a 24.000 m³/ha/año. En el caso de riego por goteo, las cantidades bajan entre 6.500 y 10.000 m³/ha/año.

Para lograr buen crecimiento del árbol, y altas producciones en el mediano y largo plazo, es necesario aplicar efectivamente las cantidades de agua señaladas, bien distribuidas a lo largo del año de acuerdo a las condiciones atmosféricas imperantes y a las condiciones fisiológicas del cultivo.

El método de riego a utilizar en un huerto de olivos, cualquiera que sea, debe ser manejado apropiadamente para reducir el estrés hídrico en las plantas. En sistemas de riego gravitacional, se debe considerar las propiedades físicas del suelo, los caudales disponibles (cantidad y frecuencia) y la capacitación adecuada del personal para realizar una buena operación del sistema.

Para lograr altas eficiencias, se debe utilizar sistemas de riego localizados y regar todos los días. Especial cuidado se debe tener en el mantenimiento del equipo para obtener altos coeficientes de uniformidad y disminuir los riesgos de fallas.

Bibliografía

Alegre, S.; J. Girona; J. Marsal; A. Arbones; M. Mata; D. Montagut; F. Teixido, M.J. Motilva y M.P. Romero. 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. *Acta-Horticulturae* (474) p.: 373-376.

Arzani, K. e I. Arji. 2000. The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv 'Local-Roghani Roodbar'. *Acta-Horticulturae* (537) p.: 879-885.

Barranco, D.; D. Fernandez-Escobar y L. Rallo. 1996. *El Cultivo del Olivo*. Mundi-Prensa Libros S.A. Madrid, España.

Castro, J.; A. García-Ortíz; C. Martínez; L. Mateos; C. Navarro; F. Orgaz; M. Pastor; M. Saavedra y V. Vega. 1996. Manejo del olivar con riego por goteo. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Colección Informaciones Técnicas N°41/96. Sevilla, España. 132 p.

CIREN – CNR. 1997. Cartografía de la evapotranspiración potencial en Chile. Santiago de Chile, Chile. 16 p.

CNR-INIA. 1995. Informe Final. Proyecto de Validación de Tecnología de Riego en el Valle del Huasco. Provincia de Huasco. III Región

Campbell, G. S. 1986. *An Introduction to Environmental Biophysics*. Heidelberg Science Library. Ed. Springer-Verlag. New York.

D' Andria, R., G. Morelli, P. Giorio, M. Patumi, G. Vergari y G. Fontanazza. 1999. Yield and oil quality of young olive trees grown under different irrigation. *Acta-Horticulturae* 474: 185-188.

Deidda, P.; S. Dettori; M.R. Filigheddu y A. Canu. 1990. Water stress and physiological parameters in young table-olive trees. *Acta-Horticulturae* 286: 255-258.

Doorenbos, J. y W. Pruitt. 1977. *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Roma.

Doorenbos, J. y A.H. Kassam, 1986. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Roma.

Fernández, J., F. Moreno y J. Martín-Aranda. 1990. Study of root dynamics of olive trees under drip irrigation and dry farming. *Acta-Horticulturae* (286) p.: 263-266.

- Fernández J., F. Moreno, F. Cabrera, J.L. Arrué y J. Martín-Aranda. 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Plant and Soil*. 133 (2) : 239-251.
- Fernández, J.E.; F. Moreno y J. Martín-Aranda. 1993 Water status of olive trees under dry-farming and drip-irrigation. International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. Almería (Spain). ISHS. Apr 1993. p.: 157-164.
- Fernández, J.E.; F. Moreno; I.F. Giron y O.M. Blazquez. 1997. Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*. 190 (2): 179-192.
- Ferreya, R.; G. Sellés e I. Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en olivos. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA 59. 48 p.
- Giménez, C.; E. Fereres; C. Ruz; F. Orgaz y K.S. Chartzoulakis. 1997. Water relations and gas exchange of olive trees: diurnal and seasonal patterns of leaf water potential, photosynthesis and stomatal conductance. *Acta-Horticulturae* 449: 411-415.
- Goldhamer, D.A.; J. Dunai y L.F. Ferguson. 1994. Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. *Acta-Horticulturae* 356: 172-175.
- Goldhamer, D.A. 1999. Regulated deficit irrigation for California canning olives. *Acta-Horticulturae* 474: 369-372.
- Hatfield, J.T. y M. Fuchs. 1990. Evapotranspiration models. In *Management of Farm Irrigation Systems*. Editado por G.J. Hoffman T. Howell y K. Solomon. ASAE Monograph.
- Israelsen, O.W. y V.E. Hansen. 1973. *Principios y Aplicaciones del Riego*. 3° Edición. Editorial Reverté.
- Keller J. y D. Karmelli. 1980. *Localized Irrigation*. FAO Irrigation and Drainage Paper 36. FAO, Roma.
- Lavee, S. y M. Wodner. 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal-of-Horticultural-Science (United Kingdom)*. v. 66 (5): 583-591.
- Lavee, S. y J. Schachtel. 1999. Interaction of cultivar rootstock and water availability on olive tree performance and fruit production. *Acta-Horticulturae* 474): 399-401.
- Martínez, L. y F. Tapia. 2002. Riego del Olivar en el Valle del Huasco. Gobierno regional de Atacama e Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). Centro Experimental Huasco (Vallenar). Boletín 71. 34 p.
- Merva, G. 1995. *Physical Principles of the Plant Biosystem*. American Society of Agricultural Engineers, Textbook 9. St. Joseph, Michigan.
- Metheney, P.; L. Ferguson; D.A. Goldhamer y J. Dunai. 1994. Effects of irrigation on Manzanillo olive flowering and shoot growth. *Acta-Horticulturae* 356: 168-171.
- Michelakis, N.; E. Vouyoucalou y G. Clapaki. 1994. Plant growth and yield response of the olive tree cv Kalamon, to different levels of soil water potential and methods of irrigation. *Acta-Horticulture* 356: 205-210.
- Michelakis, N. 1990. Yield response of table and oil olive varieties to different water use levels under drip irrigation. *Acta-Horticulturae* 286: 271-274.
- Moreno, F.; J.E. Fernández; B.E. Clothier y S.R. Green. 1996. Transpiration and root water uptake by olive trees. *Plant-and-Soil*. V. 184 (1): 85-96.
- Moreno, F., G. Vachaud, J. Martín-Aranda, M. Vauclin y E. Fernández. 1998. Water balance in an olive orchard under drip irrigation. Results for four years of experiments. *Agronomie (France)*. v. 8(6): 521-537.

- Motilva, M.; M.J. Tovar; M.P. Romero; S. Alegre y J. Girona. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *J. Sci. Food Agric. West Sussex* : John Wiley & Sons Limited. 80 (14): 2037-2043.
- Ozyilmaz, H. y M. Ozkara. 1990. Determination of water consumption of the olive tree under field conditions. *Acta-Horticulturae* 286: 279-282.
- Pastor, M.; V. Vega; J. Castro y J. Hidalgo. 1998. Riego de olivar en la comarca de La Loma, en la provincia de Jaén. *Olivae* 71: 39-49.
- Russell E.W. 1988. *Russell's soil conditions and Plant growth*. Alan Wild Editor. 11ª Ed. Longman Group UK Limited. Essex, Inglaterra.
- Pastor, M., V. Vega, J. Castro y J. Hidalgo. 1998. Riego de olivar en la comarca de La Loma en la provincia de Jaén. *Olivae* N°71: 39-49.
- Pastor, M., J. Castro, M.J. Mariscal, V. Vega, F. Orgaz, E. Fereres y J. Hidalgo. 1999. Respuesta del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. *Invest. Agr.; Prod. Prot. Veg.* 14 (3): 393-404.
- Proietti, P. y E. Antognozzi. 1996. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*), cultivar 'Ascolana Tenera'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* 24 (2): 175-181.
- Serrano, J. 1998. Rendimiento y respuesta fisiologica de la variedad de aceituna de mesa "Azeiteira" al riego por goteo con distintas dosis de agua. *Olivae* 74: 50-53.