

MANEJO DE RIEGO POR GOTEO EN UVA DE MESA CV. THOMPSON SEEDLESS CULTIVADA EN SUELOS DE TEXTURA FINA¹

Drip irrigation management in table grapes cv. Thompson Seedless grown on fine textured soils¹

Gabriel Sellés van Sch.^{2*}, Raúl Ferreyra E.², Gonzalo Contreras W.³, Rodrigo Ahumada B.², Jorge Valenzuela B.² y Rodrigo Bravo V.⁴

ABSTRACT

The objective of this trial was to evaluate the effect of three drip irrigation frequencies on table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Thompson Seedless planted on a clay loam textured soil (Fluventic Haploxeroll). The drip irrigation frequencies were established considering daily crop evapotranspiration (ETc), estimated by evaporation pan and adjusted using a crop coefficient (Kc). The treatments corresponded to a water application each time the accumulated daily ETc was equivalent to 6 h (T6), 12 h (T12), and 18 h of irrigation (T18). The largest soil wet bulb size was obtained with T18. This treatment also produced greater berry weight and size. Stem water potential was higher in T18 ($P \leq 0.05$) than in the other treatments. These results can be explained, given the soil texture characteristics (clay loam), by a better water/air balance with a less frequent irrigation regime.

Key words: table grape, drip irrigation, stem water potential, water management, root growth, *Vitis vinifera* L.

RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto de tres frecuencias de riego por goteo sobre un parronal de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.), cv. Thompson Seedless, plantado en un suelo de textura franco arcillosa (Fluventic Haploxeroll). Las frecuencias de riego se establecieron considerando la evapotranspiración (ETc) acumulada del cultivo, determinada por el método de la evaporación de bandeja y corregida por un coeficiente de cultivo (Kc), y expresada como acumulación de horas de riego equivalentes. Los tratamientos corres-

pondieron a regar cada vez que la ETc acumulada correspondiera a 6 h (T6), 12 h (T12) y 18 h de riego (T18). El mayor tamaño de bulbo de suelo húmedo se obtuvo con el T18. Este tratamiento presentó mayor peso de poda y calibre de bayas a la cosecha. El potencial hídrico xilemático fue más alto ($P \leq 0,05$) en el tratamiento T18 que en los otros tratamientos. Estos resultados se podrían explicar, dadas las características texturales del suelo, por un mejor equilibrio agua/aire en el suelo en el tratamiento regado con menos frecuencia.

Palabras clave: uva de mesa, riego por goteo, potencial hídrico xilemático, manejo de riego, desarrollo de raíces, *Vitis vinifera* L.

INTRODUCCIÓN

El uso del riego localizado en especies perennes está ampliamente difundido en el mundo. En Chile se estima que la superficie de frutales bajo este sistema alcanza a 65.000 ha, de las cuales 24.000 ha corresponden a uva de mesa, en su mayor parte con riego por goteo (Román, 2000). Originalmente el sistema de riego por goteo se utilizó como una forma de desarrollar la agricultura en áreas de recursos hídricos escasos (Bresler, 1977), sin embargo, hoy, a lo menos en Chile, se utiliza en una amplia área geográfica, independiente de la escasez o no del recurso hídrico, dadas las ventajas adicionales que presenta, como su alta uniformidad, la posibilidad de aplicar fertilizantes disueltos en el agua de riego, y los menores requerimientos de mano de obra.

¹Recepción de originales: 11 de febrero de 2002.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.
E-mail: gselles@platina.inia.cl *Autor para correspondencia.

³Semilla Pioneer Ltda., Collancura 2241, Providencia, Santiago, Chile.

⁴Las Cinerarias 1387, La Florida, Santiago, Chile.

El principio básico del riego por goteo es mantener un alto potencial mátrico del agua en un volumen reducido de suelo, lo que se logra mediante la aplicación diaria de agua, reemplazando lo consumido por las plantas el día anterior (Bresler, 1977). La mantención de un potencial hídrico del suelo elevado es una de las ventajas atribuidas al riego por goteo, lo que se reflejaría en una mayor producción, respecto a sistemas de riego superficiales. Este tipo de manejo se adecua perfectamente a suelos de texturas gruesas, de baja capacidad de retención de humedad y buenas condiciones de aireación (Bresler, 1977). La aireación de un suelo depende de la distribución y tamaño de los poros (Richards, 1983) y es un factor crítico para el desarrollo de las raíces. En la mayoría de las especies, el espacio poroso ocupado por aire no debe ser inferior a 10%, sin embargo, en vides el límite adecuado para el desarrollo de raíces se encuentra entre 12 y 15% (Richards, 1983), por lo cual el riego diario en suelos de textura fina, con problemas de compactación, puede provocar problemas en el desarrollo de raíces (INIA-ODEPA, 2000).

Bucks *et al.* (1985) trabajando en uva de mesa en suelo franco, encontraron tendencias claras a mayores producciones con riego por goteo con una frecuencia de 3 a 6 días que con riego diario; similar resultado encontraron Caliandro *et al.* (1988). Por otra parte, una disminución de la frecuencia de riego implica un aumento del volumen de agua aplicado en cada riego, lo que trae asociado un incremento del tamaño del bulbo húmedo, en particular en suelos de texturas finas (Bresler, 1977) y un aumento del contenido de aire en el suelo entre los ciclos de riego (Holzapfel *et al.*, 1991).

Letey (1985) señaló que el rango óptimo de humedad para el desarrollo de las plantas corresponde a un rango tal, que por una parte éstas no sufren problemas de aireación y por otra parte la resistencia mecánica del suelo no limita el desarrollo de raíces, siendo el rango más estrecho en suelos que presentan altas densidades aparentes o con su estructura deteriorada. Según lo anterior, el riego diario aplicado por goteo podría ser reemplazado por un manejo que contemple riegos de mayor duración y menor frecuencia, lo que formaría bulbos húmedos más amplios y profundos, con condi-

ciones de humedad y aireación adecuadas para el crecimiento de las plantas.

El objetivo de este ensayo fue determinar la frecuencia de riego por goteo que permita obtener un bulbo húmedo que favorezca el desarrollo del sistema radical en la vid.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la temporada 1998/99 y 1999/2000 en el valle de Aconcagua, comuna de Santa María, provincia de San Felipe, V Región (30°44' lat. Sur; 70°39' long. Oeste), en un cuartel de uva de mesa (*Vitis vinífera* L.) cultivar Thompson Seedless, de 12 años de edad, plantado a 4 x 3 m, conducido en sistema de parronal tipo español. El parronal se regaba por goteo, con 4 goteros por planta y una descarga de 4,6 L h⁻¹ por gotero (1,53 mm h⁻¹). La superficie del ensayo fue de 2.376 m² con 198 plantas en total. Durante la primera temporada sólo se aplicaron los tratamientos de riego, y se puso a punto algunos aspectos metodológicos del ensayo; en la segunda temporada se realizaron las mediciones y controles que se presentan en este artículo.

El suelo corresponde a la serie Pocuro, orden Mollic (Fluventic Haploxeroll), caracterizado por ser un suelo profundo, en posición de terraza aluvial, de clase textural franco arcillo limosa y arcillo limosa en profundidad. El clima del área se caracteriza por presentar una precipitación media anual de 265 mm y una evapotranspiración de 1.326 mm al año, siendo enero el mes de mayor demanda (Santibáñez y Uribe, 1990).

El estudio consistió en evaluar tres frecuencias de riego, las que se establecieron considerando la evapotranspiración (ET_c) acumulada del cultivo, expresada como acumulación de horas de riego equivalentes. La ET_c fue estimada diariamente mediante el método de la bandeja de evaporación clase A (Allen *et al.*, 1998), que permite determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o), valor que fue corregido por el coeficiente de cultivo (K_c), utilizado normalmente por los productores de uva de mesa del valle de Aconcagua, valor que

varía entre 0,25 en brotación y 0,7 en el período de mayor desarrollo del parrón.

Los tratamientos fueron los siguientes: T6 (testigo): se regó cada vez que la ETc acumulada fue de 9,2 mm, equivalente a 6 h de riego; T12: se regó cada vez que la ETc acumulada fue de 13,8 mm, equivalente a 12 h de riego; T18: se regó cada vez que la ETc acumulada fue de 27,5 mm, equivalente a 18 h de riego.

Lo anterior significó que las frecuencias de riego, en días, fueron variables a lo largo de la temporada. Para el mes de máxima demanda (enero) la frecuencia entre riegos fue de 2 días para T6, 4 días para T12 y 6 días para T18.

A inicios del ensayo se hicieron calicatas y se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades para determinar la textura y otras propiedades físico-hídricas. La textura se determinó por el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962). La capacidad de retención de humedad del suelo se obtuvo a partir de la capacidad de campo (CC) y del porcentaje de marchitez permanente (PMP). La CC se determinó *in situ* según el método de Cassel y Nielsen (1986), y el PMP con el método de la olla a presión (Klute, 1986). La densidad aparente del suelo (D_a) se determinó *in situ*, utilizando el método del cilindro (Blake y Hartage, 1986). A partir de la densidad aparente, se calculó la porosidad total (PT) y la macroporosidad del suelo (MP). La PT se calculó utilizando la expresión propuesta por Danielson y Sutherland (1986), considerando la densidad real del suelo de $2,65 \text{ t m}^{-3}$, valor normal en la mayoría de los suelos de origen mineral (Blake y Hartage, 1986). La MP se calculó utilizando la relación propuesta por Ball y Smith (1991).

Durante el mes de febrero e inicios de marzo de 2000, a objeto de evaluar el efecto de los tratamientos sobre el estado hídrico de las plantas, se midió el potencial hídrico xilemático de las hojas, mediante una cámara de presión, de acuerdo al método descrito por Meyer y Reickosky (1985). Se seleccionaron 3 plantas representativas por repetición. Durante el período señalado se realizaron mediciones en 7 días, previo a los riegos. En cada

día el potencial xilemático se midió antes de la salida del sol (06:00 h), para determinar el potencial xilemático de base (PXB), y a las 14:00 h para determinar el potencial xilemático mínimo (PXM). El PXB permite conocer el nivel de estrés al cual las plantas comienzan el día y el PXM indica el nivel máximo de estrés que sufren las plantas en el curso del mismo día (Garnier y Berger, 1985; Sellés y Berger, 1990).

Con el objetivo de estimar el tamaño del bulbo húmedo, en el mes de febrero de 2000 y antes de los respectivos riegos, se hicieron 4 calicatas por tratamiento a 80 cm desde el tronco de la planta, sobre la hilera de plantación, la sección de control abarcó 1 m de profundidad por 2,4 m de ancho. La cara expuesta se dividió en cuadrículas de 20 x 20 cm, y en cada una de ellas se tomaron muestras de suelo para determinar su contenido de humedad según la metodología de Gardner (1986), y se calculó el contenido volumétrico de agua de acuerdo a la expresión descrita por Benavides (1994).

El crecimiento vegetativo se evaluó en 10 plantas por repetición, en función del incremento de la sección transversal del tronco (STT), a un metro de altura, y del peso seco del material de poda (PSMP). El crecimiento de las bayas se evaluó en dos plantas por repetición. En cada una se eligieron 4 racimos, uno por cada punto cardinal, seleccionando 9 bayas (3 del tercio superior, 3 al centro y 3 del tercio inferior). En estas bayas se midió el diámetro ecuatorial semanalmente, con un pie de metro, desde diciembre hasta la cosecha. En total se midieron 288 bayas por tratamiento. Para obtener los componentes del rendimiento, se seleccionaron 10 plantas por repetición. En el momento de la cosecha se pesaron 6 racimos por cada planta, además se contó el número de racimos antes y después de la cosecha, para determinar los racimos exportados. El día de la cosecha se seleccionaron al azar 300 bayas por tratamiento, se evaluó su peso y el calibre final, y mediante un refractómetro manual (Atago, modelo ATC-1E, Japón) se determinó el contenido de sólidos solubles presentes en el jugo de las bayas.

Después de la cosecha de la fruta y antes de la caída de las hojas, al momento del segundo punto

de máximo crecimiento de raíces (Richards, 1983), se excavaron cuatro calicatas por tratamiento, ubicadas a 80 cm del tronco de la planta sobre la hilera de plantación, se realizó un recuento de raíces finas (diámetro inferior a 1 mm). Para ello se utilizó una sección de control de 2 m de largo por 1 m de profundidad, subdividido en cuadrículas de 25 cm².

El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones de 16 plantas cada una. Con el fin de medir las posibles diferencias entre los tratamientos se realizó un ANDEVA con el programa Statgraphics plus 2.1 (1996). Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas se realizó una prueba de comparación múltiple (DMS), con el mismo programa, al 95% de confianza, para ver entre qué tratamientos existían diferencias. Además se realizaron correlaciones simples entre variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Textura y propiedades físico-hídricas del suelo

De acuerdo al análisis granulométrico del suelo en el sector del ensayo (Cuadro 1a), la textura del suelo corresponde a una franco arcillo limosa, en toda la profundidad del suelo. El Cuadro 1b presenta las características físico-hídricas del suelo en las diferentes estratas; se observa que la macroporosidad del suelo fue baja, próxima al límite de lo requerido por la vid (Richards, 1983).

Cuadro 1b. Características físico-hídricas del perfil de suelo del ensayo. La densidad real se consideró para todas las profundidades como 2,65 t m⁻³

Table 1b. Hydro-physical characteristics of the experimental soil profile. The real density was considered to be 2.65 t m⁻³ at all depths

Profundidad (cm)	CC (%)	PMP (%)	Da (t m ⁻³)	PT (%)	MP (%)
0-20	20,4	11,0	1,49	43,8	13,4
20-40	20,6	11,3	1,54	41,9	10,2
40-60	22,1	13,2	1,47	44,5	12,0
60-80	22,0	13,3	1,45	45,3	13,4
80-100	22,0	13,3	1,45	45,3	13,4

CC: capacidad de campo; PMP: porcentaje de marchitez permanente; Da: densidad aparente; PT: porosidad total; MP: macroporosidad.

Agua aplicada

El volumen total de agua aplicado durante la temporada de riego del ensayo fue similar para los tres tratamientos (entre 5.428 y 5.438 m³ ha⁻¹ año⁻¹). Las diferencias entre los tratamientos se presentaron en el número de riegos realizados y en la cantidad de agua aplicada en cada riego, como se puede apreciar en el Cuadro 2.

Tamaño del bulbo húmedo

La expansión lateral del bulbo húmedo obtenido en cada régimen de riego se presenta en la Figura 1. En ella se destacan los contenidos gravimétricos de humedad a CC y PMP, obtenidos en el perfil estudiado. El contenido de humedad entre CC y PMP corresponde a la humedad aprovechable (HA) del suelo. El mayor tamaño de bulbo húmedo

Cuadro 1a. Granulometría del perfil de suelo del ensayo. Valle de Aconcagua, 1998-99

Table 1a. Particle size distribution in the soil profile at the trial site. Aconcagua Valley, 1998-99

Profundidad (cm)	Granulometría		
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0 - 20	42,0	24,3	33,7
20 - 40	42,5	24,6	32,9
40 - 60	37,8	25,7	36,5
60 - 80	37,8	25,7	36,5
80 - 100	37,8	25,7	36,5

en el rango de HA se obtuvo en T18, el cual ocupó un área de suelo de 2,29 m², esta área fue 14% superior a la alcanzada en T12 y 27,5% superior a la alcanzada en T6. Los patrones de distribución del agua en el suelo coincidieron con los reportados por Bresler (1977) y Holzapfel *et al.* (1991). Dado

que el agua no se distribuye de manera uniforme dentro del bulbo húmedo (Figura 1), se estableció un valor umbral equivalente al 35% de HA, para determinar el porcentaje del área del bulbo húmedo con una condición de humedad adecuada para el desarrollo del cultivo (Cuadro 3). El T18 presentó

Cuadro 2. Número de riegos, frecuencia media y volumen de agua aplicado en cada tratamiento

Table 2. Number of irrigation events, mean frequency and water volume applied in each treatment

Tratamientos	Nº de riegos	Frecuencia media (días)	Volumen de agua aplicado (m ³ ha ⁻¹)	
			En cada riego	Total temporada
T 6	59	3,6	92,0	5.428
T 12	29	7,2	187,2	5.429
T 18	20	10,5	271,9	5.438

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la ETc acumulada equivale a 18 h de riego.

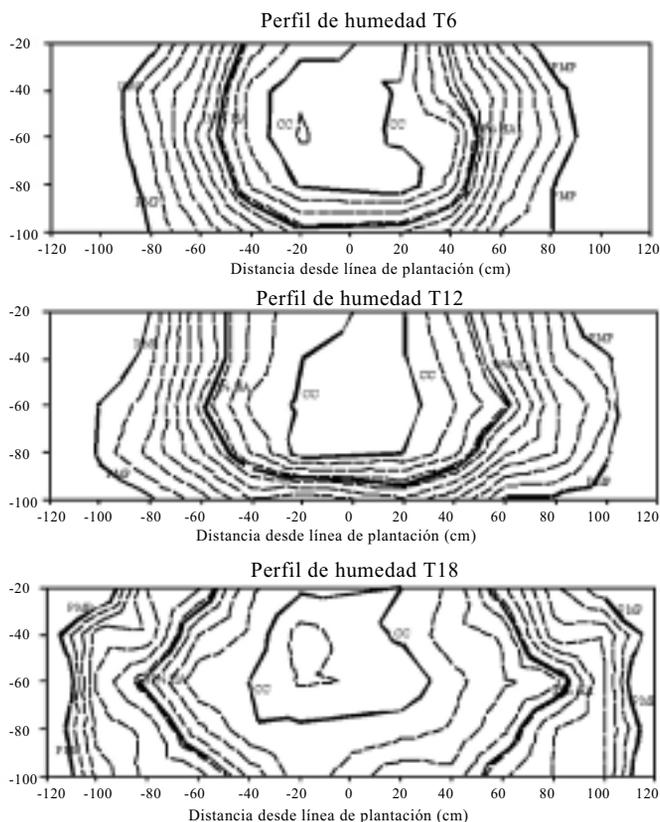


Figura 1. Distribución del contenido gravimétrico de humedad (%) en el perfil de suelo antes del riego, para los tres tratamientos. Se destaca (PMP), (CC) y el contenido de humedad equivalente al 35% de la humedad aprovechable.

Figure 1. Moisture distribution (%) in the soil profile before irrigation for the three treatments. In black field capacity (CC), wilting point (PMP), and a water content equivalent to 35% of available water (35% HA).

un 43,5% del área de suelo entre CC y 35% de HA, claramente mayor a los obtenidos por T6 y T12. Por otro lado, los tres tratamientos no presentaron diferencias significativas con respecto al porcentaje del área de suelo con contenidos de humedad por sobre la CC. El mayor porcentaje de área de suelo bajo PMP lo presentó T6, seguido de T12.

Contenido de aire del suelo

A partir de las mediciones del contenido de humedad se determinó el contenido de aire del suelo (Cuadro 4). El T18 presentó 49,2% del total del área de suelo analizada con un contenido volumétrico de aire entre 10-20%. En vides, un adecuado desarrollo de raíces se obtiene con contenidos de aire en el suelo del orden de 12 a 15% (Richards, 1983). Los tratamientos T6 y T12 presentaron la mayor parte del área de suelo analizada con porcentajes de aire superiores al 20%, sin embargo, esto fue producto de un menor contenido de humedad, lo que podría implicar una mayor resistencia mecánica al desarrollo de las raíces (Richards, 1983; Letey, 1985). Un buen intercambio de gases entre la raíz y la atmósfera es un requisito indispensable para una adecuada actividad metabólica de las plantas (Letey, 1985), por lo tanto, una baja macroporosidad de suelo puede afectar la tasa de difusión de oxígeno hacia el sistema radical de las plantas, provocar acumulación de anhídrido carbónico y de otras sustancias en el suelo, las cuales pueden causar la muerte de raíces o afectar la absorción de agua (Unger y Kaspar, 1994). En este sentido, considerando los resultados de los Cuadros 3 y 4, T18 presentó las condiciones más adecuadas, tanto de aire como de humedad, para favorecer el desarrollo de las raíces.

Desarrollo radicular

La distribución y densidad de raíces determina el volumen de suelo aprovechable para la absorción de agua y nutrientes por la planta (Giulivo y Pittacco, 1997). El número de raíces finas por unidad de superficie (Nº de raíces m⁻² de suelo), distribuidos tanto en forma lateral como en profundidad se presenta en la Figura 2 y Cuadro 5a, b. La Figura 2A y el Cuadro 5a muestran la distribución lateral de raíces finas, cada 20 cm, contados desde

Cuadro 3. Porcentaje de área de suelo con diferentes contenidos de humedad. Área estudiada: 2,4 m²

Table 3. Percentage of soil area with different moisture contents. Studied area 2.4 m²

Tratamiento	Bajo PMP	Entre CC y 35% HA	Sobre CC
T 6	31,0 a	21,0 b	12,5 a
T 12	18,0 b	18,0 b	13,0 a
T 18	4,5 c	43,5 a	13,0 a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$). CC: capacidad de campo; PMP: porcentaje de marchitez permanente; HA: humedad aprovechable.

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la ETc acumulada equivale a 18 h de riego.

Cuadro 4. Porcentaje de área de suelo con diferentes contenidos volumétricos de aire. Área de suelo estudiada: 2,4 m²

Table 4. Percentage of soil area with different air volume contents. Studied area 2.4 m²

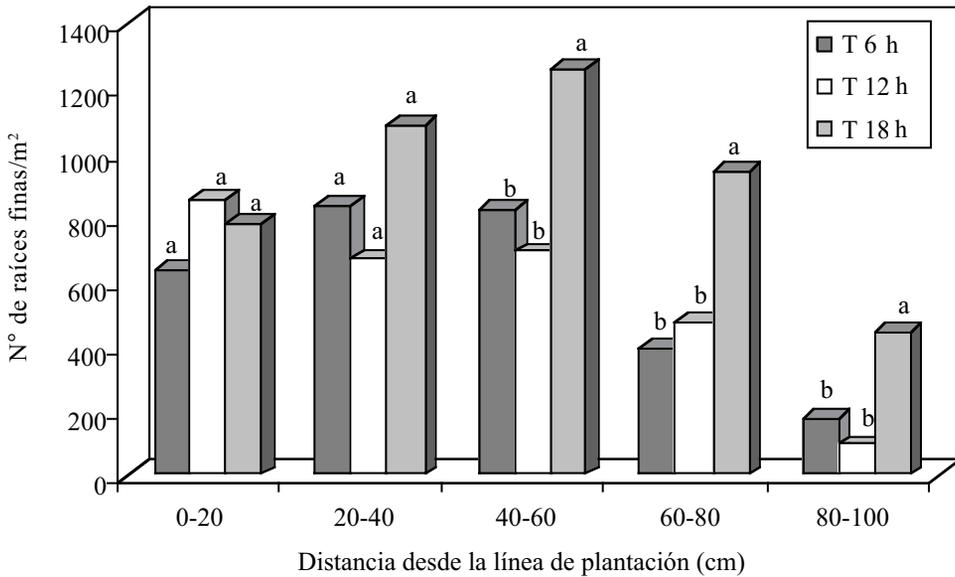
Tratamiento	Bajo 10% de aire	Entre 10-20%	Sobre 20%
T 6	3,3 a	31,7 b	65,0 a
T 12	7,5 a	27,5 b	65,0 a
T 18	5,8 a	49,2 a	45,0 b

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la ETc acumulada equivale a 18 h de riego.

la hilera de plantas, donde se ubicaba la línea de riego. Los resultados indican que el número de raíces finas obtenidas en T18, entre los 40 y 100 cm, fue significativamente mayor que T6 y T12. La Figura 2B y el Cuadro 5b muestran la distribución de raíces finas en profundidad, hasta los 100 cm. Nuevamente, el T18 presentó el mayor número de raíces finas m⁻² de suelo, en particular entre los 40 y 80 cm, donde las diferencias con los otros tratamientos fueron significativas. El régimen de aplicación de agua de riego por goteo tuvo, por lo tanto, un efecto determinante sobre el desarrollo del sistema radicular, como lo señalan Black *et al.*

A



B

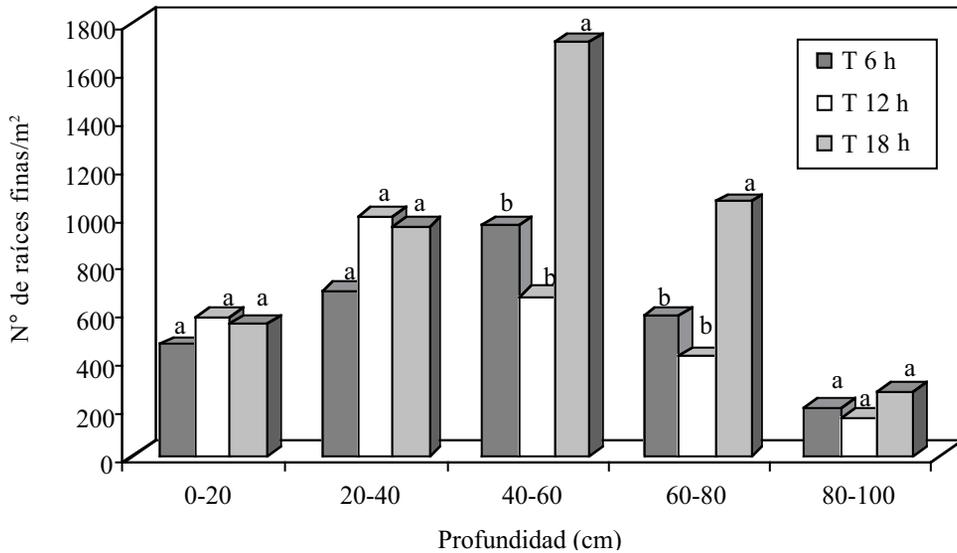


Figura 2. Distribución de raíces en el perfil del suelo (número de raíces finas por m² de suelo) en los diferentes regímenes de riego. Distribución lateral (A) y en profundidad (B).

Figure 2. Root distribution in the soil profile (number of fine roots m² of soil) in the different irrigation treatments. Lateral distribution (A) and depth distribution (B).

(1977) y Richards (1983), a mayor volumen de suelo mojado, mayor desarrollo de raíces. Según Honorato *et al.* (1988), Silva *et al.* (1991) y Ruiz (2000), en las vides, mientras mayor es el volumen de suelo explorado por el sistema radicular de las plantas, mayor es el crecimiento y desarrollo de la

parte aérea y mayor es la productividad de las plantas.

El mayor desarrollo de raíces que presenta T18 está relacionado con el mayor volumen de suelo adecuadamente mojado y las mejores condiciones

Cuadro 5. Distribución de raíces en el perfil de suelo
Table 5. Root distribution in the soil profile

Tratamientos	Número de raíces m ²				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
a) Distribución lateral					
T 6	640 a	840 a	830 b	400 b	180 b
T 12	855 a	675 a	695 b	480 b	95 b
T 18	785 a	1.090 a	1.265 a	945 a	450 a
b) Distribución en profundidad					
T 6	460 a	690 a	960 b	585 b	195 a
T 12	580 a	990 a	665 b	415 b	155 a
T 18	550 a	950 a	1.720 a	1.050 a	270 a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la ETc acumulada equivale a 18 h de riego.

de aireación de suelo en dicho volumen, lo que concuerda con lo observado por otros autores (Henderson y Fereres, 1981; Holzapfel *et al.*, 1991). Las raíces que crecen en la porción húmeda del suelo funcionan como el principal tejido de absorción de nutrientes, agua y de producción de hormonas (Glenn, 2000).

Estado hídrico de la planta

El potencial xilemático de base (PXB), medido en distintas fechas (Cuadro 6a) fluctuó entre $-0,11$ y $-0,22$ MPa en los diferentes tratamientos, valores similares a los obtenidos por Grimes y Williams (1990) en vides Thompson Seedless adecuadamente regadas. La diferencia observada a nivel de humedad de suelo en los diferentes tratamientos no se manifestó en el PXB, lo que reflejaría que durante las horas en que no hay transpiración se produciría un equilibrio hídrico entre la planta y las estratas de suelo más húmedas, como lo postulan Garnier y Berger (1987). El Cuadro 6b muestra el PXM, que refleja el estado hídrico de la planta en condiciones de transpiración, el cual es el resultado de la diferencia entre la absorción y la transpiración. Los valores medidos durante el mes de febrero en los diferentes tratamientos variaron entre $-0,6$ y $-0,9$ MPa. Estos valores fueron similares a los medidos por Grimes y Williams (1990) y por Felmer y Ortiz (1997) en Thompson Seedless, en condiciones de riego por goteo con aplicaciones

de agua entre 120 y 100% de la ETc. El tratamiento T6, sin embargo, presentó PXM más bajos que los otros tratamientos, existiendo diferencias estadísticamente significativas, lo que indicaría que este tratamiento presentó un ligero estrés en relación con T12 y T18. Una menor disponibilidad de agua en el volumen de suelo explorado por las raíces de la planta se refleja en un menor potencial xilemático medido a medio día, (Garnier y Berger, 1985; Selles y Berger, 1990), sin embargo, los valores medidos no provocarían cierre estomático o disminución de fotosíntesis, fenómenos que ocurrirían a potenciales más negativos (Grimes y Williams, 1990).

Peso del material de poda y variación del área del tronco

El tratamiento T18 presentó el mayor peso de poda, y el mayor incremento de la STT (Cuadro 7). Este incremento se podría atribuir al mejor estado hídrico que presentaron las plantas de T18, ya que el crecimiento del tronco es muy sensible a las condiciones de humedad del suelo, deteniéndose al producirse un déficit hídrico (Tosso y Torres, 1986; Sellés y Berger, 1990). Se ha señalado también que las mediciones del crecimiento en diámetro del tronco constituyen un indicador de la respuesta del árbol a los cambios del contenido de humedad en el suelo (Sellés y Berger, 1990). Por otra parte, Davies y Zhang (1991), Davies *et al.* (1994), y

Cuadro 6. Potencial xilemático de base (PXB) y mínimo (PXM) medido en los diferentes tratamientos
Table 6. Predawn stem water potential (PXB) and minimum (PXM) measured in the different treatments

Tratamientos	Fecha						
	03/02/00	04/02/00*	07/02/00	11/02/00	17/02/00	23/02/00	08/03/00
a) PXB (Mpa)							
T 6	-0,19 a	-0,22 a	-0,15 a	-0,12 a	-0,17 a	-0,17 a	-0,14 a
T 12	-0,20 a	-0,19 a	-0,15 a	-0,14 a	-0,18 a	-0,17 a	-0,12 a
T 18	-0,18 a	-0,21 a	-0,17 a	-0,12 a	-0,15 a	-0,15 a	-0,11 a
b) PXM (Mpa)							
T 6	-0,91 a	-0,84 a	-0,76 a	-0,86 a	-0,82 a	-0,92 a	-0,63 a
T 12	-0,74 b	-0,72 b	-0,73 a	-0,75 b	-0,72 a	-0,78 b	-0,60 a
T 18	-0,68 b	-0,64 b	-0,70 a	-0,71 b	-0,60 b	-0,75 b	-0,52 b

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

*Medición después de un riego en todos los tratamientos.

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la Etc acumulada equivale a 18 h de riego.

Cuadro 7. Efecto de los diferentes tratamientos en el incremento de la sección transversal del tronco (STT, %) y el peso seco del material de poda (PSMP, kg planta⁻¹)

Table 7. Effect of different treatments on the increase in the cross sectional area of the trunk (STT, %) and pruning dry weight (PSMP, kg plant⁻¹)

Tratamiento	STT(%)	PSMP (kg planta ⁻¹)
T 6	4,1 c	1,76 b
T 12	7,4 b	1,71 b
T 18	10,0 a	1,97 a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la Etc acumulada equivale a 18 h de riego.

Dry *et al.* (2001), postularon que un mojamiento parcial del sistema radicular de las plantas afecta la respuesta fisiológica de éstas, debido a señales hormonales que se generan en la porción del sistema radicular inadecuadamente regado. Una situación de esta naturaleza podría haber actuado en los tratamientos T6 y T12.

Evaluación del crecimiento de bayas y distribución de calibres a la cosecha

La evolución del crecimiento de las bayas (diámetro ecuatorial) a lo largo de la temporada se presenta en el Cuadro 8. A partir de la medición realizada el 19 de enero se observaron diferencias entre los tratamientos, donde T6 tuvo el menor diámetro de bayas. A partir del 2 de febrero, 9 días antes de la cosecha, T18 presentó un diámetro mayor que los otros tratamientos. Por otra parte, el análisis de la distribución de calibres a la cosecha (Figura 3) mostró que en T18 más de 40% de las bayas presentaron calibres entre 17-18 mm. Para los otros tratamientos el mayor porcentaje de las bayas se concentró entre los 16 y 17 mm. Lo anterior muestra que el crecimiento de bayas sería muy sensible a pequeños déficit hídricos, que se producen en las plantas producto de una inadecuada distribución de humedad y aire en el suelo, o bien, de un humedecimiento parcial del sistema radicular. Glenn (2000) y Dry *et al.* (2001) postularon que un mojamiento limitado del sistema radical de las plantas podría afectar la respuesta fisiológica del cultivo por mecanismos que no son solamente de carácter hídrico. Por ejemplo, el riego de sólo parte del sistema radicular reduciría la capacidad de producir y transportar citoquininas, otras hormonas, y nutrientes a la parte aérea de la

Cuadro 8. Evolución del diámetro de bayas (mm) durante la temporada. Vid cv. Thompson Seedless
Table 8. Evolution of berry diameter (mm) during the season. Grape cv. Thompson Seedless

Tratamiento	Diámetro de bayas (mm)							
	24/12/99	29/12/99	13/01/00	19/01/00	26/01/00	02/02/00	08/02/00	11/02/00
T 6	9,9 a	10,9 a	12,7 a	13,5 b	14,6 b	15,3 b	16,0 b	16,1 c
T 12	10,1 a	11,0 a	12,9 a	14,5 a	15,5 a	15,8 b	16,1 b	16,7 b
T 18	9,9 a	10,9 a	13,0 a	14,6 a	15,4 a	16,4 a	16,9 a	17,5 a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

T6: riego cuando la ETC acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETC acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la Etc acumulada equivale a 18 h de riego.

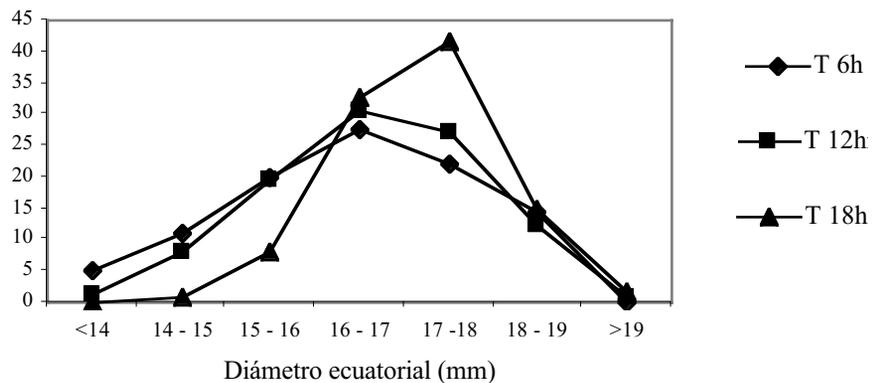


Figura 3. Distribución del diámetro de bayas a la cosecha.
Figure 3. Berry size distribution at harvest.

planta, lo que afecta el tamaño del cultivo y su producción (Davies y Zhang, 1991).

Rendimiento y sus componentes

El Cuadro 9 muestra el efecto de los tratamientos sobre los componentes del rendimiento y el contenido de sólidos solubles de la fruta a la cosecha. El número de racimos exportables por planta no presentó diferencias entre tratamientos, sin embargo, la producción por planta fue mayor en T18, lo que se puede atribuir al mayor peso de bayas que presentó este tratamiento (Cuadro 9). Estos resultados concuerdan con los de Bucks *et al.* (1985), quienes encontraron que el rendimiento de la uva de mesa fue 13% mayor en un tratamiento de riego cada 6 días respecto a uno de riego diario. Similares resultados lograron Caliendo *et al.* (1988) aplicando frecuencias de 2-4-6 días. Los mayores rendimientos obtenidos en T18 podrían estar relacionados

con el mayor desarrollo radicular alcanzado en este tratamiento (Figura 4), lo que concuerda con lo señalado por Richards, 1983; Honorato *et al.*, 1988; Davies y Zhang, 1991; Silva *et al.*, 1991; y Ruiz, 2000.

El contenido promedio de sólidos solubles en las bayas a la cosecha (11/2/2000), mostró diferencias significativas entre los tres tratamientos, resultando T18 el tratamiento que acumuló la mayor cantidad de azúcares. Las causas que produjeron una mayor concentración de sólidos solubles en T18 no están claras; se podrían atribuir al mejor estado hídrico de la planta bajo este tratamiento, lo que habría favorecido la síntesis y translocación de azúcares a las bayas. Por otra parte, este tratamiento (T18) presentó un mayor volumen de suelo adecuadamente mojado que los otros dos tratamientos (Cuadro 4). Raíces que se desarrollan en suelos

Cuadro 9. Número de racimos exportados por planta, peso de baya, peso de racimo, producción por planta y sólidos solubles

Table 9. Number of bunches exported per plant, berry weight, bunch weight, yield per plant and soluble solids of the fruit

Tratamiento	Racimos exportados por planta	Peso de baya (g)	Peso de racimo (g)	Producción (kg planta ⁻¹)	Sólidos solubles ° Brix
T 6	22 a	3,9 c	795,8 b	17,19 b	16,26 c
T 12	21 a	4,3 b	816,8 b	16,50 b	17,30 b
T 18	22 a	4,7 a	938,5 a	20,18 a	18,18 a

Letras iguales indican que no hay diferencia significativa de acuerdo con la prueba de comparación múltiple DMS ($P < 0,05$).

T6: riego cuando la ETc acumulada equivale a 6 h de riego; T12: riego cuando la ETc acumulada equivale a 12 h de riego; T18: riego cuando la ETc acumulada equivale a 18 h de riego.

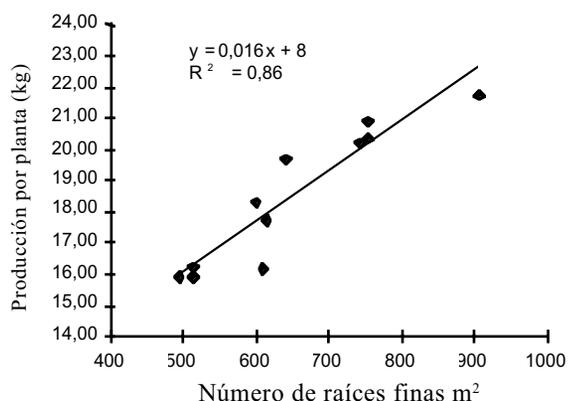


Figura 4. Correlación entre el número de raíces finas m⁻² y el rendimiento por planta (kg).

Figure 4. Correlation between the number of fine roots m⁻² and yield per plant (kg).

más secos pueden enviar señales hormonales que afectan la actividad estomática y la asimilación del carbono (Glenn, 2000), lo que de alguna forma podría haber afectado la acumulación de

sólidos solubles en T6 y T12. Otros autores, sin embargo, no han encontrado efecto del régimen de riego sobre los sólidos solubles en vides de mesa de este mismo cultivar (Felmer y Ortiz, 1997; Ferreyra *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

En condiciones de suelos de texturas finas, con alta capacidad de retención de humedad y baja macroporosidad, la aplicación de agua mediante sistemas de goteo con menor frecuencia y mayores volúmenes de agua por riego, generan bulbos de mojamiento de mayor tamaño, con una adecuada distribución de agua y aire, lo que favoreció el desarrollo de las raíces. Lo anterior se manifiesta en un mejor estado hídrico de la planta, un mayor desarrollo aéreo y radicular, lo que se ve reflejado en una mayor producción y calidad de la fruta cosechada.

LITERATURA CITADA

- Allen, R.G., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper Nº 56. 300 p. FAO, Rome, Italy.
- Ball, B.C., and K.A. Smith. 1991. Gas movement. p. 511-550. In Smith, K.A. and Mullins, Ch.E (eds.). Soil Analysis. Marcel Dekker, New York, USA.
- Benavides, C. 1994. El suelo como un sistema físico. p. 121-152. In Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería y Suelos, Santiago, Chile.
- Black, J., P.O Mitchel, and P. Newgreen. 1977. Optimum irrigation for young trickle irrigation peach trees. Aust. J. Agric. Anim. Husb. 17:342-345.

- Blake, G.R., and K.H. Hartage. 1986. Bulk density. p. 363-375. *In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54:464-465.
- Bresler, E. 1977. Trickle-drip irrigation: principle and application to soil water management. *Adv. Agron.* 29:343-393.
- Bucks, D.A., O.F. French, F.S. Nakayama, and D.D. Fangmeier. 1985. Trickle irrigation management for grape production. Drip/trickle irrigation in action. p. 204-211. *In Proceedings of the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress,* Fresno, California, USA. November 18-21, 1985. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.
- Caliandro, A., G. Carrieri, E. Ferrara and P. Rubino. 1988. Influence of some irrigation variables on drip irrigated table grape cv. "Italia", in Southern Italy. *Acta Hortic.* 228:189-196.
- Cassel, D.K., and D.R. Nielsen. 1986. Field capacity and available water capacity. p. 901-924. *In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Danielson, R.E. and P.L. Sutherland. 1986. Porosity. p. 443-461. *In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Davies, W.J., F. Tardieu, and C.L. Trejo. 1994. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil. *Plant Physiol.* 104:309-314.
- Davies, W.J., and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Plant Physiol.* 42:55-76.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy, and M. Stoll. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 35:129-139.
- Felmer, S., y A. Ortiz. 1997. Respuesta de vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Sultanina a diferentes regímenes de agua y fertilizantes. 84 p. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Santiago, Chile.
- Ferreira, R., G. Sellés, e I. Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en uva de mesa. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. *Boletín INIA N° 60.* 44 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Gardner, W.H. 1986. Water content. p. 493-541. *In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods.* Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Garnier, E., and A. Berger. 1985. Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. *J. Hortic. Sci.* 60:47-56.
- Garnier, E., and A. Berger. 1987. The influence of drought on stomatal conductance and water potential of peach trees growing in the field. *Scientia Horticulturae* 32: 249.263.
- Giulivo, C., and A. Pitacco. 1997. Studying the root system of grapevine. *Acta Hortic.* 427:63-66.
- Glenn, D.M. 2000. Physiological effects of incomplete root zone wetting on plant growth and their implications for irrigation management. *HortScience* 35: 1041-1043.
- Grimes, D.W., and L.E. Williams. 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. *Crop Sci.* 30:255-260.
- Henderson, D., and E. Fereres. 1981. Crops responses to drip irrigation. 295 p. *In Drip irrigation management.* University of California, Division of Agricultural Science, Davis, California, USA.
- Holzappel, E., E. Fereres, and A. Valenzuela. 1991. Patterns of soil water distribution and uptake by young almond trees under drip irrigation. *Agro Ciencia* 7:39-46.
- Honorato, R., H. Silva, y C. Bonomelli. 1988. Efecto del suelo en el patrón de enraizamiento y productividad de la vid. *Ciencia e Investigación Agraria* 15:159-169.
- INIA-ODEPA. 2000. Proyecto sistemas de validación y transferencia de tecnologías de riego sector regado de las provincias de San Felipe y Los Andes. 52 p. Convenio INIA-ODEPA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. p. 635-662. *In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods.* Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.* 1:277-294.
- Meyer, W., and D.C. Reickosky. 1985. Enclosing leaves for water potential measurements and its effects on interpreting soil induced water stress. *Agric. Meteorol.* 35:187-192.
- Richards, D. 1983. The grape root system. *Hortic. Rev.* 5:127-168.
- Román, S. 2000. Fertilizantes solubles y fertirriego en Chile. p. 1-38. Primer Seminario Internacional de Fertirriego, Santiago, Chile, 28-30 de agosto de 2000. SOQUIMICH, Santiago, Chile.

- Ruiz, R. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del valle central regado de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 60:379-398.
- Santibáñez, F., y M. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. 65 p. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería de Suelos, Santiago, Chile.
- Sellés, G., and A. Berger. 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Hort.* 278: 87-100.
- Silva, H., R. Honorato, y C. Bonomelli. 1991. Crecimiento radical y desarrollo de la vid, variedad Thompson Seedless. *ACONEX* 34:14-21.
- Tosso, J., y P. Torres. 1986. Relaciones hídricas de la vid, bajo diferentes niveles de riego, usando goteo, aspersión y surcos. 1. Evapotranspiración y eficiencia de uso del agua. *Agricultura Técnica (Chile)* 46:193-198.
- Unger, P.W., and T.C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth. *Agron. J.* 86:759-766.

AHORA REVISTA COMPLETA ON LINE

AGRICULTURA TÉCNICA

en tres sitios:

<http://www.inia.cl/at/agritec.htm>

<http://www.scielo.cl>

<http://www.bioline.org.br/at/>